

**Verbreitung und Eigenschaften von  
Massenverlagerungsgebieten an der Wellenkalk-Schichtstufe  
im Thüringer Becken unter besonderer Berücksichtigung  
geomorphologischer und klimatologischer  
Steuerungsfaktoren**

**Dissertation**



Zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.)

vorgelegt der

Mathematisch-Naturwissenschaftlich-Technischen Fakultät  
(mathematisch-naturwissenschaftlicher Bereich)  
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg



**von Ingo Beyer**

geb. am: 19.01.1973 in: Wippra (Sachsen-Anhalt, BRD)

**Gutachter:**

1. Prof. Dr. Karl-Heinz Schmidt  
(Institut für Geographie, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg)
2. Prof. Dr. Jörg Grunert  
(Institut für Geographie, Johannes Gutenberg-Universität Mainz)
3. Prof. Dr. Michael Becht  
(Institut für Geographie, Georg-August-Universität Göttingen)

**verteidigt am: 26.11. Halle (Saale), ( 2002 )**

## Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand am Institut für Geographie des Fachbereiches Geowissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg. Die der Untersuchung zu Grunde liegenden Geländearbeiten erfolgten in den Jahren 1997 bis 2001 im Rahmen des, von der DFG geförderten Forschungsprojektes „Massenbewegungen an der Muschelkalk-Schichtstufe in Nordhessen und Thüringen“, welches Bestandteil des MABIS-Programms (Massenbewegungen in Süd- und Westdeutschland) war. Für die damit verbundene Finanzierung bin ich der DFG sehr dankbar. Während des vierjährigen Bearbeitungszeitraumes standen mir zahlreiche Menschen und Institutionen hilfreich zur Seite, denen ich an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte.

Meinem Betreuer, Herrn Prof. Dr. K.-H. SCHMIDT (Institut für Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg), bin ich für die weit über die fachliche Beratung hinausgehende Betreuung der Arbeit zu tiefstem Dank verpflichtet. Seine Hinweise, die zahlreich geführten Diskussionen und nicht zuletzt die gemeinsamen Geländeaufenthalte gaben mir immer wieder die Gelegenheit, aus seinem reichen wissenschaftlichen Erfahrungsschatz zu profitieren. Ferner bedanke ich mich für die Freiheit, die er mir bei der Bearbeitung der Thematik ließ sowie für das stets kollegiale Arbeitsverhältnis.

Herrn Prof. Dr. M. FRÜHAUF (Institut für Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg) und Herrn Prof. Dr. GRUNERT (Institut für Geographie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz) danke ich sehr für die Übernahme der weiteren Gutachten.

Für anregende fachliche Hinweise sowie die hilfsbereite Unterstützung bei der Durchführung von Scherversuchen möchte ich Herrn Prof. Dr. Ch. LEMPP und Herrn Dr. Ch. HECHT (beide Institut für Geologische Wissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg) meinen besonderen Dank aussprechen. Herrn Prof. Dr. PÖLLMANN und Frau STELLER (Institut für Geologische Wissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg) sei an dieser Stelle für die Durchführung röntgenographischer Analysen gedankt.

Für die tatkräftige Mitarbeit bei zahlreichen Geländeeinsätzen bin ich Herrn Dipl. Geogr. O. KUMPERT zu besonderem Dank verpflichtet. Ebenso möchte ich Herrn Dipl. Geogr. M. UNBENANT herzlichst danken. Seine freundschaftlichen Ratschläge, Hinweise und die hilfsbereite Unterstützung hinsichtlich des Umgangs mit der GIS Software haben sehr zum Gelingen der Arbeit beigetragen. Für zahlreiche anregende Hinweise, die für Bearbeitung der Thematik sehr förderlich waren, möchte ich meinen Kollegen Frau Dipl. Geogr. D. KLEY, Herrn Dr. T. VETTER und insbesondere Herrn Dr. M. ZIERDT an dieser Stelle meinen Dank aussprechen. Ferner danke ich

Frau Dipl. Ing. U. NOCKER, Herrn Dr. K. THÜRKOW und Herrn Dipl. Geogr. J. BIRGER für die wertvollen Hinweise hinsichtlich computerkartographischer Arbeitsmethoden sowie Frau E. SCHRÖTER für die Erstellung von Abbildungen und Frau K. SCHULTZ (Labor des Institutes für Geographie der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg) für die Durchführung von Korngrößenanalysen.

Zahlreiche Studenten haben während der Bearbeitungszeit im Rahmen von Diplom-, Projektarbeiten und studentischen Hilfskrafttätigkeiten bei der Klärung wichtiger Fragestellungen sowie bei den zahlreichen Geländeeinsätzen mitgewirkt. Deren Engagement hat bedeutend zu einer umfangreichen Datenbasis beigetragen. FRAU F. BUKOWSKI, Frau S. LORENZ, Frau C. THIELE, Herrn I. SAHLING, Herrn W. KÖNIG, Herrn CH. HEIDUCK, Herrn M. EICHHORN und Frau K. ZENNER sei dafür herzlichst gedankt.

Dank gebührt Herrn Dr. H. GÄRTNER für die interessanten Diskussionen und Hinweise während gemeinsamer Geländeaufenthalte und Herrn Dipl. Geol. G. JOHNSEN für hilfreiche Hinweise im Zusammenhang mit der Durchführung von Bewegungsmessungen. Herrn Prof. Dr. W. POHL (Technische Universität Braunschweig) danke ich für die Übermittlung von unveröffentlichten Diplomarbeiten sowie Herrn Prof. Dr. J. VÖLKE (Friedrich-Schiller-Universität Jena) für die hilfreichen Informationen zu den vorgefundenen Deckschichtenkomplexen.

Für die kostengünstige Erteilung von Fahrgenehmigungen für den Untersuchungsraum möchte ich ein besonderes Dankeschön an die Forstämter Leinefelde, Jena, Rudolstadt, Oldisleben, Sondershausen, Heiligenstadt, Ilmenau, Ershausen, Creuzburg und Bleicherode richten.

Ferner möchte ich mich beim DWD für die kostengünstige Bereitstellung von Niederschlagsdaten und ebenso beim Thüringischen Landesvermessungsamt für die Bereitstellung von DHM und Rasterdaten Daten hiermit in aller Form bedanken.

Für zahlreiche Hinweise, Einsichten in Akten und unveröffentlichte Manuskripte danke ich Frau Dipl. Geol. FLOHN (Umweltamt Sondershausen), Herrn Dipl. Ing. KELTERBORN und Dipl. Ing. P. RAABE (beide Zementwerk Deuna).

Nicht zuletzt gebührt besonderer Dank meiner Familie, die durch Ihre Unterstützung maßgeblich zum Gelingen der Arbeit beigetragen hat.

Ingo Beyer, Halle (Saale) 2002

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1. Einführung</b> .....	1
1.1 Vorbemerkungen .....	1
1.2 Ursachen der Massenverlagerungen .....	3
1.3 Terminologie und Klassifikation von Massenverlagerungen .....	5
1.4 Stand der Forschung .....	7
1.5 Untersuchungsziele .....	14
<b>2. Das Untersuchungsgebiet</b> .....	17
2.1 Vorbemerkungen .....	17
2.2 Abgrenzung und Grundzüge der geologischen Entwicklung des Thüringer Beckens .....	17
2.3 Die Wellenkalk-Schichtstufe .....	21
2.3.1 Lage und Abgrenzung .....	21
2.3.2 Geologische Charakteristik des Wellenkalk-Schichtstufenhanges .....	23
2.3.2.1 Vorbemerkungen .....	23
2.3.2.2 Obere Buntsandstein (Röt) .....	24
2.3.2.3 Der Untere Muschelkalk (Wellenkalk) .....	28
2.3.3 Morphologisch-morphometrische Charakteristik der Wellenkalk-Schichtstufe .....	29
2.3.3.1 Einleitung .....	29
2.3.3.2 Der Stufenhang .....	30
2.3.3.3 Die Stufenfläche .....	34
2.3.3.4 Die Fußfläche .....	35
2.3.3.5 Zeugenberge und Auslieger .....	36
2.3.3.6 Die Buchtung der Schichtstufen- und Schichtkammhänge .....	37
2.3.3.7 Neigungsrichtung und Neigungswinkel der Stufenhänge .....	39
2.3.3.8 Die Exposition der Schichtstufen- und Schichtkammhänge .....	43
2.3.4 Klimatische Verhältnisse des Untersuchungsgebietes .....	46
2.3.4.1 Niederschlagsverteilung .....	46
2.3.4.2 Verteilung von Starkniederschlägen .....	51
2.3.4.3 Temperaturverhältnisse .....	53
2.3.5 Hydrologische Charakteristik des Untersuchungsgebietes .....	53
2.3.5.1 Fließgewässer .....	53
2.3.5.2 Quellen .....	56
2.3.5.3 Die räumliche Verbreitung der Fließgewässer und Quellen .....	56
<b>3. Allgemeine Charakteristik der Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken</b> .....	61
3.1 Verlagerungsmechanismen .....	61

3.2	Formenschatz .....	62
3.3	Formenassoziationen, Untergliederung und Ausmaße der Massenverlagerungsgebiete .....	67
3.4	Alterseinordnung der Massenverlagerungen.....	69
<b>4.</b>	<b>Methodische Vorgehensweisen bei der Erkundung und Analyse der Massenverlagerungsgebiete und der zu untersuchenden Steuerungsfaktoren .....</b>	<b>73</b>
4.1	Vorbemerkungen .....	73
4.2	Feldarbeiten.....	73
4.3	Ableitung der Steuerungsfaktoren aus Karten und anderen Quellen.....	76
4.4	Laboranalysen .....	84
4.4.1	Bestimmung der Korngrößenverteilung .....	84
4.4.2	Qualitative Tonmineralbestimmung.....	84
4.5	Auswertungs- und Darstellungsmethoden .....	84
<b>5.</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>86</b>
5.1	Vorbemerkungen .....	86
5.2	Charakteristik der kartierten Massenverlagerungsgebiete .....	86
5.2.1	Anzahl und räumliche Verbreitung der Massenverlagerungsgebiete.....	86
5.2.2	Die von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen.....	88
5.2.3	Morphometrische Ausprägung der Massenverlagerungsgebiete.....	89
5.2.3.1	Die Breite der Massenverlagerungsgebiete.....	89
5.2.3.2	Die mittlere Länge der Massenverlagerungsgebiete.....	93
5.2.3.3	Das Längen-/Breitenverhältnis der Massenverlagerungsgebiete.....	94
5.2.3.4	Die mittleren Flächengrößen der Massenverlagerungsgebiete.....	97
5.2.4	Morphologische Ausprägung der Massenverlagerungsgebiete.....	102
5.2.4.1	Häufigkeit und regionale Verbreitung des Massenverlagerungsformenschatzes.....	102
5.2.4.1.1	Die Häufigkeit der Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen.....	104
5.2.4.1.2	Die Häufigkeit der Massenverlagerungsgebiete mit Sturzfließungen .....	106
5.2.4.1.3	Die Breite der Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen und Sturzfließungen.....	109
5.2.4.2	Vergesellschaftungen des Massenverlagerungsformenschatzes innerhalb der Massenverlagerungsgebiete .....	111
5.2.4.3	Die Anzahl unterschiedlicher Massenverlagerungsformen innerhalb der Massenverlagerungsgebiete .....	113
5.2.4.4	Die Staffelanzahl der Massenverlagerungsgebiete.....	118
5.2.4.5	Zusammenfassende Betrachtung der bisheriger Ausführungen ....	124
5.2.5	Die Ausprägung der Abrißwände der Massenverlagerungsgebiete .....	126
5.2.5.1	Der Stufenhangabschluss (Stufenhangtyp) im Abrißwandbereich	126
5.2.5.2	Die Lage des Top der Abrißwand zum Stufenhangabschluss.....	127

---

5.2.5.3	Die Stratigraphische Lage der oberen Abrißwandbereiche.....	130
5.3	Der Einfluss der betrachteten dispositiven Steuerungsfaktoren auf die räumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete .....	131
5.3.1	Vorbemerkungen .....	131
5.3.2	Lithologisch-strukturelle Eigenschaften des Stufenbildners (1) und lithologisch-strukturelle Eigenschaften des Sockelgesteins (2) .....	132
5.3.3	Die Mächtigkeit des Stufenbildners (3) .....	132
5.3.4	Die Mächtigkeit des Sockelgesteins (4).....	135
5.3.5	Die Mächtigkeitsrelation von Stufenbildner und Sockelgestein (5).....	138
5.3.6	Der Schichtneigung (6).....	142
5.3.7	Die Neigungsrichtung (7) .....	147
5.3.8	Der Einfluss der Rötgipssubrosion nach morphologischen Befunden (8) ....	151
5.3.9	Morphometrische Lage zur Erosionsbasis (9).....	155
5.3.10	Lage im Stufengrundriss (10) .....	168
5.3.11	Exposition (11).....	172
5.3.12	Lage zum Gewässernetz (12).....	179
5.3.13	Häufung von Hangquellen (13).....	185
5.3.14	Mittlere jährliche Niederschlagshöhe und Niederschlagsverteilung (14).....	190
5.3.15	Höhe und Verteilung von Starkniederschlägen (15) .....	200
5.3.16	Zusammenfassende Betrachtung der untersuchten Steuerungsfaktoren.....	209
5.4	Beurteilung des Gefährdungsrisikos im Umfeld von Mauerschollengebieten .....	212
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>219</b>
<b>7.</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>223</b>
<b>8.</b>	<b>Verwendetes Kartenmaterial</b>	
<b>9.</b>	<b>Anhang</b>	

## Abbildungsverzeichnis

Seite

Abb. 1.1:	Aufwendige Sanierungsarbeiten an der B4 bei Arnstadt (Lokalität Ritterstein) infolge akuter Massenverlagerungsgefahr (Quelle: FREIES WORT 1994a).....	3
Abb. 2.1:	Geologische Übersicht des Thüringer Beckens (ohne Quartär) (nach PATZELT 1994, verändert) .....	18
Abb. 2.2:	Geologisch-struktureller Aufbau des Thüringer Beckens (Quelle: WAGENBRETH & STEINER 1990).....	19
Abb. 2.3:	Der stratigraphische Aufbau der Muschelkalk- und Wellenkalk-Schichtstufe .....	24
Abb. 2.4:	Die Korngrößenverteilung (ohne Skelettanteil) zweier Pelitrötproben vom Dün südlich der Ortschaft Deuna (Analyse: Geographisches Labor der MLU Halle-Wittenberg) .....	26
Abb. 2.5:	Mineralogische Zusammensetzung einer Pelitrötprobe von einem Wellenkalk-Schichtstufenabschnitt am Dün südl. der Ortschaft Deuna (Analyse: Mineralogisches Labor MLU Halle-Wittenberg) .....	27
Abb. 2.6:	Reliefelemente der Schichtstufenlandschaft (nach SCHMIDT 1988a verändert).....	30
Abb. 2.7:	Stufenhangtypen im Untersuchungsgebiet.....	31
Abb. 2.8:	Rezente Erdfallbildungen auf der Fußfläche der Wellenkalk-Schichtstufe nahe der Ortschaft Lutter im Oberen Eichsfeld [Quelle: Thüringer Allgemeine (1992a)] .....	35
Abb. 2.9:	Die Ermittlung des Buchtungsindex an kompakten Stufenhängen und an Zeugenbergen .....	38
Abb. 2.10:	Neigungsrichtung der Schichten an Front-, Achter- und Diagonalstufenhängen.....	40
Abb. 2.11:	Prozentuale Einteilung der untersuchten Schichtstufenhänge in Front-, Diagonal- und Achterstufenabschnitte (ohne Schichtkämme) .....	42
Abb. 2.12:	Die Expositionsverteilung der Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammhänge des Untersuchungsgebietes .....	44
Abb. 2.13:	Prozentuale Zuordnung der Stufenhanglängen der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte zu den Klassen der mittleren jährlichen Niederschlagshöhe im Bereich der Trauf-proximalen Stufenfläche.....	48
Abb. 2.14:	Der Jahresgang der Niederschläge im Untersuchungsgebiet, dargestellt am Beispiel verschiedener Klimastationen .....	50
Abb. 2.15:	Der Zusammenhang zwischen durchschnittlicher Jahresniederschlagshöhe und der Dichte von Quellen und Fließgewässern erster und zweiter Ordnung im Bereich der Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte.....	58
Abb. 3.1:	Blockverlagerungstypen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken .....	61
Abb. 3.2:	Der Formenschatz der Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe .....	63
Abb. 3.3:	Spaltenhöhle an der Thomasbrücke bei Martinfeld (Oberes Eichsfeld) .....	64

Abb. 3.4:	Beispiele für Abrißwände an Massenverlagerungsgebieten an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken.....	65
Abb. 3.5:	Eine Fußscholle und deren Lagerungsverhältnisse am Stirnberg nordöstlich der Ortschaft Rödelwitz (Ilm-Kalk-Platte).....	66
Abb. 3.6:	Unterteilung eines Massenverlagerungsgebietes nach KLENGEL & PASEK (1974) (Quelle: Wenzel 1991) .....	68
Abb. 3.7:	Typische mehrgliedrige Deckschichtenkomplexe auf Fußschollen.....	72
Abb. 4.1:	Ermittlung der morphometrischen Parameter eines Massenverlagerungsgebietes .....	74
Abb. 4.2:	Exemplarische Hangprofile von Massenverlagerungsgebieten an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken.....	77
Abb. 4.3:	Ermittlung morphometrischer Parameter an den von Massenverlagerungen betroffenen Wellenkalk-Schichtstufenhängen des Untersuchungsgebietes (abgewandelt nach SCHUNKE 1968).....	78
Abb. 4.4:	Lage der auf die Hangneigungsverteilung untersuchten DHM 25.....	80
Abb. 4.5:	Der Grundriss der Wellenkalk-Schichtstufe.....	82
Abb. 5.1:	Die von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte, geordnet nach abnehmender Massenverlagerungsbeeinflussung .....	88
Abb. 5.2:	Einteilung der Massenverlagerungsgebiete nach Breitenklassen .....	90
Abb. 5.3:	Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen mit der Dichte von Massenverlagerungsgebieten der Breitenklassen 500 – 6000 m.....	92
Abb. 5.4:	Einteilung der Massenverlagerungsgebiete nach Längensklassen .....	93
Abb. 5.5:	Die mittleren Flächengrößen der Massenverlagerungsgebiete der einzelnen Untersuchungsabschnitte, geordnet nach abnehmender Flächengröße .....	97
Abb. 5.6:	Einteilung der Massenverlagerungsgebiete nach Flächengrößenklassen.....	98
Abb. 5.7:	Zusammenhang zwischen Breite der Massenverlagerungsgebiete und deren Flächenausdehnung.....	100
Abb. 5.8:	Zusammenhang zwischen der mittleren Länge der Massenverlagerungsgebiete und deren Flächenausdehnung .....	100
Abb. 5.9:	Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen mit der Dichte von Massenverlagerungsgebieten der mittleren Flächengrößenklassen 50000 – > 500000 m <sup>2</sup> .....	101
Abb. 5.10:	Häufigkeit des Massenverlagerungsformenschatzes in den Massenverlagerungsgebieten.....	102
Abb. 5.11:	Zusammenhang zwischen den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen und der Dichte von Mauerschollengebieten innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte .....	106



Abb. 5.12:	Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit der Dichte der Sturzfließungen und Mauerschollengebiete .....	109
Abb. 5.13:	Die Breitenausdehnungen der Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen und Sturzfließungen bezogen auf die Anzahl der Massenverlagerungsgebiete in den jeweiligen Breitenklassen .....	110
Abb. 5.14:	Die Häufigkeit unterschiedlicher Massenverlagerungsformen innerhalb der Massenverlagerungsgebiete an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken .....	113
Abb. 5.15:	Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit der Dichte der auftretenden Massenverlagerungsgebiete mit 6 - 7 Massenverlagerungsformen .....	115
Abb. 5.16:	Die Breitenausdehnung der Massenverlagerungsgebiete mit 6 - 7 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen.....	116
Abb. 5.17:	Die Formenschatzhäufigkeit in den Massenverlagerungsgebieten mit Mauerschollen und Sturzfließungen .....	117
Abb. 5.18:	Die Staffelanzahl der Massenverlagerungskörper in den Massenverlagerungsgebieten des Untersuchungsgebietes .....	119
Abb. 5.19:	Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit der Dichte der auftretenden Massenverlagerungsgebiete mit 5 - 7 Staffelabfolgen .....	120
Abb. 5.20:	Die Breitenausdehnung der Massenverlagerungsgebiete mit 5 - 7 Staffelabfolgen .....	121
Abb. 5.21:	Beispiele für die staffelartige Anordnung von Massenverlagerungskörpern .....	123
Abb. 5.22:	Zusammenfassender Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen mit den betrachteten Dichteindexwerten .....	124
Abb. 5.23:	Durch Massenverlagerungen gebildete markante Traufstufenhangabschlüsse.....	129
Abb. 5.24:	Die stratigraphische Lage der oberen Abrißwandbereiche in den Massenverlagerungsgebieten des Untersuchungsraumes.....	130
Abb. 5.25:	Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen (%) der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit der untersuchungsabschnittsbezogenen, durchschnittlichen Stufenbildnermächtigkeit der Massenverlagerungsgebiete.....	134
Abb. 5.26:	Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen (%) der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit der untersuchungsabschnittsbezogenen, durchschnittlichen Sockelgesteinsmächtigkeit der Massenverlagerungsgebiete.....	137
Abb. 5.27:	Die Mächtigkeitsrelation von Sockelgestein und Stufenbildner an den Massenverlagerungsgebieten an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken .....	139

Abb. 5.28:	Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit den durchschnittlichen Mächtigkeitsverhältniszahlen .....	140
Abb. 5.29:	Die relative Stufenhöhe an den Massenverlagerungsgebieten, gemessen vom 4° Fußpunkt bis zum Top der Abrißwand (unterteilt nach Stufenhöhenklassen) .....	141
Abb. 5.30:	Modellversuch zur unterschiedlichen Massenverlagerungsbeeinflussung an Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammhängen in Abhängigkeit von der Schichtneigung.....	145
Abb. 5.31:	Prozentualer Anteil der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen in Front-, Diagonal- und Achterstufenpositionen.....	148
Abb. 5.32:	Schematisches Grundprinzip der Rötgipssubrosion und deren morphologischen Folgen .....	152
Abb. 5.33:	Vergleich der Horizontal- (dS) und Vertikalentfernungen (dF) gemessen vom 4° Fußpunkt zur Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen .....	156
Abb. 5.34:	Vergleich der Horizontal- (dH) und Vertikalentfernungen (dV), gemessen vom 4° Fußpunkt zur zum Top der Abrißwand an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen .....	156
Abb. 5.35:	Vergleich der Horizontal- (dR) und Vertikalentfernungen (dA), gemessen von der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze zum Top der Abrißwand an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen .....	157
Abb. 5.36:	Durch künstliche Hangversteilung verursachte Massenverlagerung im Tagebau Deuna .....	161
Abb. 5.37:	Exemplarische Habgneigungskarten an von Massenverlagerungen betroffenen Wellenkalk-Schichtstufenabschnitten im Thüringer Becken (Gebiete: III - Hainleite/X - Ilm-Kalk-Platte).....	163
Abb. 5.38:	Vergleichende Histogramme der Häufigkeit der Hangneigungsklassen am Gesamtstufenhang und innerhalb der Massenverlagerungsgebiete am Beispiel der DGM III, V, VIII, X .....	164
Abb. 5.39:	Der prozentuale Anteil der > 36° geneigten Stufenhangflächen der Massenverlagerungsgebiete von der Gesamtfläche der Stufenhänge die > 36° Hangneigungen aufweisen .....	167
Abb. 5.40:	Die Lage der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen im Grundriss .....	168
Abb. 5.41:	Vergleich der Buchtungsindexwerte der Untersuchungsabschnitte mit den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen (ohne Dün) .....	171
Abb. 5.42:	Vergleich der Expositionsverteilung der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge mit der Expositionsverteilung der Gesamtstufenhänge .....	172
Abb. 5.43:	Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen mit der Dichte der Fließgewässer, ausgedrückt als Dichteindex .....	181

Abb. 5.44:	Vergleich der untersuchungsabschnittsbezogenen Mauerschollengebietsdichten mit der Dichte der Fließgewässer, ausgedrückt als Dichteindex.....	183
Abb. 5.45:	Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen mit der Dichte der Quellen, ausgedrückt als Dichteindex.....	188
Abb. 5.46:	Die mittlere Jahresniederschlagshöhe an den Gesamtstufenhängen und den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen des Untersuchungsgebietes .....	190
Abb. 5.47:	Der prozentuale Anteil der von Massenverlagerungen betroffenen Gesamtstufenhanglängen innerhalb der Klassen der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen .....	193
Abb. 5.48:	Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen mit den untersuchungsabschnittsbezogenen, durchschnittlichen Jahresniederschlagshöhen .....	197
Abb. 5.49:	Starkniederschlagsverteilung an den Gesamtstufenhängen und den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen des Untersuchungsgebietes (betrachteter Intervall: Dauer: 60 min / Wiederkehrzeitraum: 1 a) .....	201
Abb. 5.50:	Starkniederschlagsverteilung an den Gesamtstufenhängen und den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen des Untersuchungsgebietes (betrachteter Intervall: Dauer: 48 min / Wiederkehrzeitraum: 50 a).....	202
Abb. 5.51:	Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit den untersuchungsabschnittsbezogenen, gemittelten Starkniederschlagsintensitäten (betrachteter Intervall: Dauer: 1 h / Wiederkehrzeitraum: 1 a).....	204
Abb. 5.52:	Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit den untersuchungsabschnittsbezogenen, gemittelten Starkniederschlagsintensitäten (betrachteter Intervall: Dauer: 48 h / Wiederkehrzeitraum: 50 a).....	205
Abb. 5.53:	Zusammenfassende Darstellung des Einflusses der Steuerungsfaktoren: jährliche mittlere Niederschlagshöhe sowie Fließgewässer- und Quelldichte auf die Massenverlagerungsbeeinflussung der Stufenhänge und deren morphologischen Besonderheiten.....	211
Abb. 5.54:	Gefährdete Objekte im Vorland von Mauerschollen im Falle einer Sturzfließung.....	216

## Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1.1:	Beispiele für dokumentierte Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken (nach SCHMIDT & BAUM 1998)..... 2
Tab. 1.2:	Klassifikation von Massenverlagerungen nach UNESCO WORKING PARTY FOR WORLD LANDSLIDE Inventory (1993) ..... 6
Tab. 1.3:	Die untersuchten permanent-dispositiven Steuerungsfaktoren..... 15
Tab. 2.1:	Bezeichnung und Länge der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte ..... 23
Tab. 2.2:	Die Mächtigkeiten der Wellenkalk- und Rötsedimente im Thüringer Becken (zusammengestellt nach SEIDEL 1992, ZIEGENHARDT & JUNGWIRTH 1971, DOCKTER 1966)..... 25
Tab. 2.3:	Prozentualer Anteil der traufbildenden Härtlingszonen an den Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitten des Untersuchungsgebietes ..... 32
Tab. 2.4:	Die mittlere und maximale absolute Höhenlage der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte..... 33
Tab. 2.5:	Die größeren Erosionsreste bzw. Zeugenberge des Untersuchungsgebietes und deren Entfernung von den kompakten Wellenkalk-Schichtstufenhängen..... 36
Tab. 2.6:	Der Buchtungsindex der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte ..... 38
Tab. 2.7:	Länge, Schichtneigung und Neigungsrichtung der Wellenkalk-Schichtkämme des Untersuchungsgebietes..... 41
Tab. 2.8:	Starkniederschlagsintensitäten verschiedener Dauerstufen und Wiederkehrzeiträume an den Wellenkalk-Schichtstufen und Schichtkammabschnitten des Untersuchungsgebietes, bezogen auf die Längen der Untersuchungsabschnitte in Prozent (Datengrundlage: DEUTSCHER WETTERDIENST 1997) ..... 52
Tab. 2.9:	Anzahl von Fließgewässern und Quellen im Bereich der Wellenkalk-Stufenhangabschnitte des Untersuchungsgebietes und das Verhältnis Stufenhanglänge zur Fließgewässer- bzw. Quellhäufigkeit (ohne Schichtkämme)..... 57
Tab. 2.10:	Durchschnittliches potentielltes Gesamtwasserdargebot der einzelnen Untersuchungsabschnitte in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Jahresniederschlag bei einer realen Gebietsverdunstung von 400 mm/a ..... 59
Tab. 5.1:	Die Anzahl der Massenverlagerungsgebiete im Untersuchungsgebiet ..... 87
Tab. 5.2:	Anzahl und Dichte der Massenverlagerungsgebiete der Breitenklassen 500 – 6000 m innerhalb der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte im Thüringer Becken ..... 91
Tab. 5.3:	Das Längen-/Breitenverhältnis der Massenverlagerungsgebiete im Untersuchungsraum ..... 96

Tab. 5.4:	Anzahl, Nummer und Dichte der Mauerschollengebiete an den Wellenkalk-Schichtstufenabschnitten im Thüringer Becken .....	105
Tab. 5.5:	Lage, Lokalbezeichnungen und Breitenausdehnungen der Sturzfließungen im Untersuchungsgebiet.....	107
Tab. 5.6:	Anzahl und Dichte der Mauerschollengebiete an den Wellenkalk-Schichtstufenabschnitten im Thüringer Becken .....	108
Tab. 5.7:	Anzahl und Dichte der Massenverlagerungsgebiete mit 6 - 7 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen .....	114
Tab. 5.8:	Anzahl und Dichte der Massenverlagerungsgebiete mit 5 - 7 Staffelnabfolgen .....	120
Tab. 5.9:	Der Stufenhangtyp im Bereich der Massenverlagerungsgebiete.....	126
Tab. 5.10:	Lage vom Top der Abrißwand im Vergleich zum Steilabfall der Trauf.....	128
Tab. 5.11:	Die durchschnittlichen Mächtigkeiten des Stufenbildners im Bereich der Massenverlagerungsgebiete der einzelnen Untersuchungsabschnitte.....	133
Tab. 5.12:	Die durchschnittlichen Mächtigkeiten des Sockelgesteins im Bereich der Massenverlagerungsgebiete der einzelnen Untersuchungsabschnitte.....	136
Tab. 5.13:	Massenverlagerungsgebiete, deren Stufenhänge Schichtneigungen > 10° aufweisen .....	143
Tab. 5.14:	Die beobachteten und theoretisch erwarteten Häufigkeiten von Massenverlagerungsereignissen in den entsprechenden Neigungsrichtungen am Stufenhang .....	150
Tab. 5.15:	Die Häufigkeit von lokalen, atektonischen Schichtdeformationen und Erdallbildungen im Bereich der Massenverlagerungsgebiete .....	154
Tab. 5.16:	Die Anstiegswinkel der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge der einzelnen Untersuchungsabschnitte.....	158
Tab. 5.17:	Vergleich der durchschnittlichen Anstiegswinkel der Massenverlagerungsgebiete, die Mauerschollen und Sturzfließungen aufweisen, mit allen übrigen Massenverlagerungsgebieten .....	159
Tab. 5.18:	Die durchschnittlichen Anstiegswinkel an den Stufenhängen der Massenverlagerungsgebiete, die Mauerschollen aufweisen.....	160
Tab. 5.19:	Die durchschnittlichen Hangneigungen der untersuchten Stufenhangabschnitte (getrennt für Gesamtstufenhang und Massenverlagerungsgebiete).....	165
Tab. 5.20:	Häufigkeitsverteilung der Sonnen- und Schattenseiten an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen und Gesamtstufenhängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte.....	175
Tab. 5.21:	Die beobachteten und theoretisch erwarteten Häufigkeiten von Massenverlagerungsereignissen in den entsprechenden Expositionsrichtungen am Stufenhang.....	177
Tab. 5.22:	Die Fließgewässerhäufigkeit an den Stufenhängen der Massenverlagerungsgebiete.....	180
Tab. 5.23:	Die Häufigkeit von Hangquellen an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen .....	185

---

Tab. 5.24:	Vergleich der Quellhäufigkeit an den Gesamtstufenhängen mit der Quellhäufigkeit an den von Massenverlagerungen betroffenen Untersuchungsabschnitten.....	187
Tab. 5.25:	Die mittleren jährlichen Niederschlagshöhen an den Massenverlagerungsgebieten mit Mauerschollen und Sturzfließungen .....	195
Tab. 5.26:	Die Niederschlagsintensitäten der betrachteten Starkniederschlagsintervalle an den Massenverlagerungsgebieten mit Mauerschollen und Sturzfließungen .....	207
Tab. 5.27:	Die maximalen horizontalen Fahrbahnlängen der Sturzfließungsgebiete im Untersuchungsraum .....	213
Tab. 5.28:	Klassifizierung des Gefährdungspotentials bezogen auf zu erwartende materielle Schäden im Umfeld der Mauerschollen .....	214
Tab. 5.29:	Die gefährdeten Objekte innerhalb der höchsten materiellen Gefährdungsstufe und deren Entfernung zu den Mauerschollen.....	215

## Kartenverzeichnis

- Karte 1: Lage und Bezeichnung der Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte im Thüringer Becken
- Karte 2: Front-, Diagonal- und Achterstufenhänge an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken
- Karte 3: Exposition der Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte im Thüringer Becken
- Karte 4: Karte der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen im Thüringer Becken
- Karte 5: Die Verteilung von Starkniederschlägen im Thüringer Becken (Dauer: 60 min / Wiederkehrzeitraum: 1a)
- Karte 6: Die Verteilung von Starkniederschlägen im Thüringer Becken (Dauer: 48 h / Wiederkehrzeitraum: 50 a)
- Karte 7: Das Flussnetz im Thüringer Becken
- Karte 8: Die Massenverlagerungsgebiete an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken
- Karte 9: Massenverlagerungsgebiete mit Absatzschollen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken
- Karte 10: Massenverlagerungsgebiete mit Rückenschollen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken
- Karte 11: Massenverlagerungsgebiete mit Fußschollen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken
- Karte 12: Massenverlagerungsgebiete mit Wallschollen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken
- Karte 13: Massenverlagerungsgebiete mit Spaltenbildungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken
- Karte 14: Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen und Sturzfließungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken
- Karte 15: Die Anzahl unterschiedlicher Massenverlagerungsformen in den Massenverlagerungsgebieten an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken
- Karte 16: Die Staffelanzahl von Massenverlagerungskörpern innerhalb der Massenverlagerungsgebiete an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken
- Karte 17: Das Gefährdungspotential der Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken

# 1. Einführung

## 1.1 Vorbemerkungen

Massenverlagerungen werden allgemein als hangabwärts gerichtete Bewegungen von Locker- oder Festgesteinen infolge der Schwerkraft definiert (KRAUTER 1990: in SMOLTCZYK 1990). Von den Massentransporten unterscheiden sie sich durch die an der Verlagerung nur untergeordnete Beteiligung von Transportmedien wie Wasser und Eis (PASEK 1974, LESER 1992, GRUNERT & HARDENBICKER 1993). Wasser darf in der Regel jedoch nicht fehlen, da es als ein wichtiger Steuerungsfaktor im Massenverlagerungsprozess fungiert. Generell sind Massenverlagerungen das Resultat komplexer Prozesse die überall dort auftreten können, wo ein hinreichend topographisches Relief vorhanden ist (BRABB 1991).

In vielen Naturräumen der Erde, insbesondere in den Hoch- und Mittelgebirgsregionen, sind Massenverlagerungen Bestandteil der natürlichen Morphodynamik. In verschiedenen Gebieten stellen sie gleichzeitig beträchtliche Naturgefahren dar, die im Kontaktbereich zu menschlichen Nutzungsaktivitäten katastrophale soziale und materielle Schäden nach sich ziehen können (MÜNCHNER RÜCKVERSICHERUNG 2000). Aus den letzten Jahrzehnten sind weltweit zahlreiche Beispiele dafür bekannt geworden (vgl. PLATE et al. 1993; DIKAU & GLADE 2002).

Im Rahmen der Internationalen Dekade für die Reduzierung von Naturkatastrophen (IDNDR) wurde deutlich, dass die Gefährdung durch gravitative Massenverlagerungen bislang unterschätzt wurde (vgl. DIKAU & GLADE 2002). Nach KRAUTER (1990: in SMOLTCZYK 1990) stehen die weltweit durch Massenverlagerungen verursachten Schäden bereits an dritter Stelle hinter denen durch Überschwemmungen und Erdbeben, wobei allein die finanziellen Verluste auf jährlich 15 bis 20 Milliarden US-Dollar geschätzt werden (KRAUTER 1998). Bereits in Deutschland betragen die entstehenden Kosten ca. 100 Millionen DM pro Jahr (KRAUTER 1994). Mit der Ausweitung der Landnutzung durch den Menschen wird das Schadensrisiko in vielen Gebieten weiterhin steigen, womit das Problem auch aus versicherungstechnischer Sicht zunehmend an Bedeutung gewinnt (vgl. MÜNCHNER RÜCKVERSICHERUNG 2000). Vor diesem Hintergrund stellt die Ausweisung der massenverlagerungsanfälligen Naturräume und die Ergründung der ursächlichen Zusammenhänge in deren Auftreten eine bedeutende wissenschaftliche und praxisrelevante Herausforderung dar.

Von der Fläche der Bundesrepublik Deutschland sind nach KRAUTER et al.(1996) ca. 8 Prozent als potentiell massenverlagerungsgefährdet zu bezeichnen. Zu diesen massenverlagerungsgefährdeten Gebieten gehören neben dem Alpenraum (HEIM 1882, 1932, ABELE 1994, MOSER 1999, 2001), dem Rheinischen Schiefergebirge (HEITFELD 1978, KRAUTER 1987, GRUNERT & HARDENBICKER 1991) v.a. auch die in der BRD weit verbreiteten Schichtstufenlandschaften der Trias-, Jura- (HAMMER 1984, BIBUS 1986, SCHÄDEL & STOBER 1988, BIBUS & TERHORST 1999, KALLINICH



1999) und Kreide-Formationen (JOHNSEN 1984b, KLENGEL & RICHTER 1992). In den ausgedehnten Verbreitungsgebieten der Trias ist neben der süddeutschen Keuper-Schichtstufe (TRAUZETTEL 1962, EISENBRAUN & ROMMEL 1986, GLASER & SPONHOLZ 1993), der Muschelkalk-Schichtstufe Unterfrankens (HEIMBACH 1962), v.a. auch die Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken als sehr massenverlagerungsanfällig bekannt (ACKERMANN 1958, JOHNSEN 1974, SCHMIDT 1988b, PRINZ 1997). Die hier vorkommenden Massenverlagerungen sind der Gegenstand der vorliegenden Untersuchung.

Massenverlagerungen gehören zur natürlichen Morphodynamik am Wellenkalk-Schichtstufenhang und sind seit alters her bekannt. Wie Archivauswertungen verdeutlichen [JOHNSEN (1974), SCHMIDT (1988a), SCHMIDT & BAUM (1998)], sind aus historischer Zeit (1600 - 1850) bis hin zur Gegenwart größerer Massenverlagerungen dokumentiert (Tab. 1.1). Eingang in die Archive fanden v.a. spektakuläre Felsstürze im Umfeld besiedelter Räume.

Tab. 1.1: Beispiele für dokumentierte Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken (nach SCHMIDT & BAUM 1998)

Jahr	Hochwert	Rechtswert	Lokalität
1640	5674658	4373842	„Plesse“ bei Wanfried (Nordhessen)
1835	5654773	4373994	„Kielforst“ bei Herleshausen (Nordhessen)
1880	5702386	4397519	„Krajaer Kopf“ bei Kraja („Bleicheröder Berge“ Nordthüringen)
1895	5665247	4368743	„Manrod“ im Königental bei Eschwege (Nordhessen)
1925	5666393	4367005	„Rabenkuppe“ bei Grabburg (Nordhessen)
1956	5663041	4360235	„Schickeberg“ bei Eschwege („Ringgau“ Nordhessen)
1985	5681524	4362685	„Hörne“ nördlich von Eschwege („Gobert“ Nordhessen)

Einige hundert Mal häufiger als diese Sturzereignisse sind sogenannte Blockverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe zu finden (vgl. BEYER 2002). Diese sind definiert als Verlagerungen von Randblöcken einer mächtigen, mehr oder weniger horizontal gelagerten Felsgesteinsplatte im oberen Teil eines Hanges über veränderlich festen tonigen Gesteinen (ZARUBA & MENCEL 1969). Im Mechanismus und Formenschatz unterscheiden sich diese grundlegend von den genannten Felssturzereignissen, wobei sie aber oftmals die Ausgangsformen für diese bilden. Die diesbezüglichen Eigenschaften und Unterschiede werden in Kapitel 3 ausführlicher dargestellt.

Morphodynamisch betrachtet, haben die Massenverlagerungen einen bedeutenden Einfluss auf die Formung des Wellenkalk-Schichtstufenhanges. Nach SCHMIDT (1988b) sind sie der Motor für die Stufenrückverlegung. Gleichzeitig bergen sie ein hohes Gefahrenpotential für vorhandene und noch entstehende Infrastruktur (Siedlungs-, Straßen-, Wege- Versorgungsleitungsbau etc.). Wie die

Vergangenheit zeigte, führen Bauvorhaben im Bereich der von Massenverlagerungen betroffenen Wellenkalk-Stufenhänge immer wieder zu Komplikationen im Baugeschehen (vgl. JOHNSEN 1974, KRÜMMLING u.a. 1975). Ein Beispiel aus jüngster Zeit ist vom einem Massenverlagerungsgebiet bei Arnstadt (Lokalität: „Ritterstein“) bekannt geworden (vgl. Abb. 1.1). Hier musste 1994 die Bundesstraße 4, die unmittelbar unterhalb des „Ritterstein“ verläuft und die Ortschaften Arnstadt und Plaue verbindet, infolge akut bestehender Massenverlagerungsgefahr, durch umfangreiche und kostenintensive Sanierungsmaßnahmen gesichert werden (FREIES WORT 1994 a, b, c; BERGMANN 1996, HÖHNE 1996).

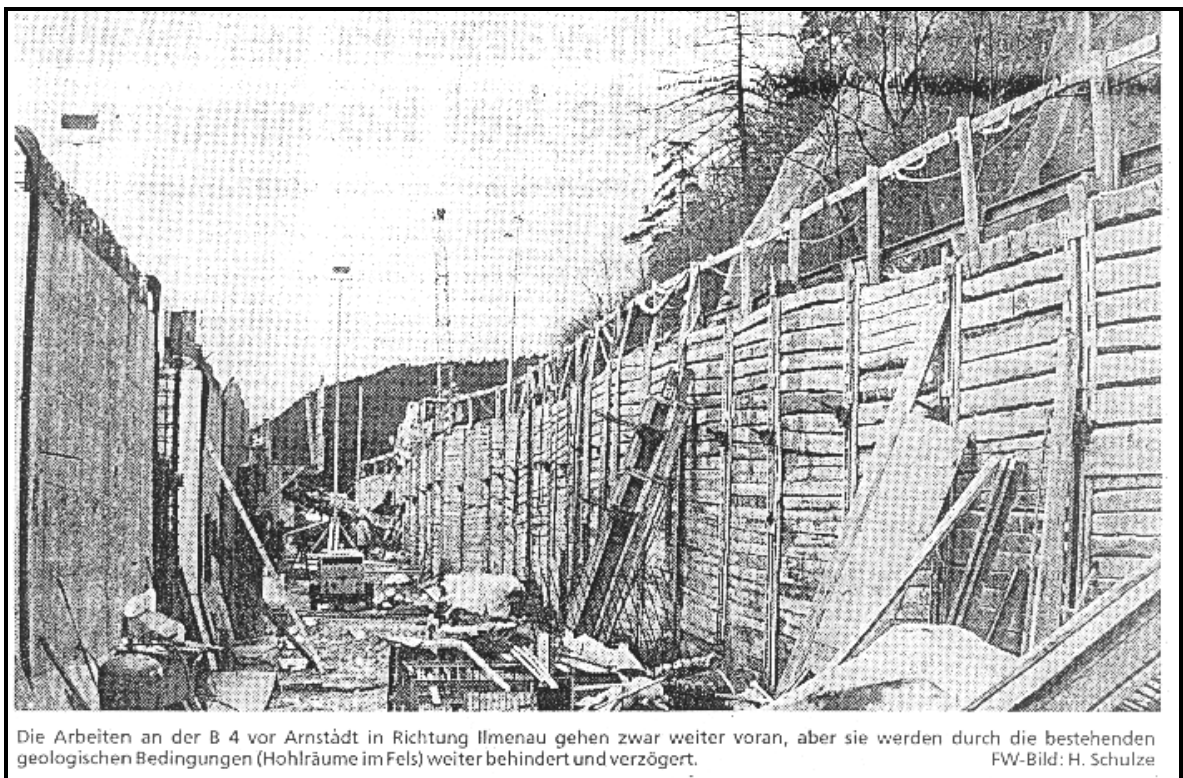


Abb. 1.1: Aufwendige Sanierungsarbeiten an der B4 bei Arnstadt (Lokalität „Ritterstein“) infolge akuter Massenverlagerungsgefahr (Quelle: FREIES WORT 1994a)

## 1.2 Ursachen der Massenverlagerungen

Die Ursachen aller Massenverlagerungen sind stets Veränderungen des Gleichgewichts zwischen rückhaltenden und angreifenden Kräften im Hangsystem (HAMMER 1985, KRAUTER 1990: in SMOLTCZYK 1990). Dieses Gleichgewicht kann geomechanisch als das Verhältnis von rückhaltend wirkender Scherfestigkeit (Scherwiderstand des Materials z.B.: Reibung und Kohäsion) und der angreifend bzw. abschiebend wirkenden Scherspannung (Schwerkraft, Gewichtskraft, Oberflächenlasten) betrachtet werden, wobei der Quotient aus Scherwiderstand und Scherspannung die Standsicherheit der Hänge beschreibt (KNOBLICH 1971). Eine Erhöhung der Scherspannung

bzw. Verminderung des Scherwiderstand bedingt Gleichgewichtsänderungen im Hangsystem, die schließlich zu Massenverlagerungen führen können.

Das Auftreten und die Art und Weise einer Massenverlagerung wird durch eine Vielzahl von Faktoren gesteuert, wobei immer mehrere Faktoren gleichzeitig wirken und sich gegenseitig beeinflussen, so dass komplexe Wirkungsbeziehungen entstehen (HAMMER 1985). Nach KRAUTER (1994) sind generell folgende Faktoren zu unterscheiden:

- Morphologie: Höhe, Neigung, Form
- Geologie: Gestein, Lagerung, Tektonik
- Hydrogeologie: Wasserwegsamkeit, Grundwasserstand
- Klima: Niederschlag, Temperatur,
- Biologie: Vegetation
- Zeit

Hinzu kommt der Einfluss des wirtschaftenden Menschen, der durch sein Handeln die Veränderung der genannten Faktoren bewirkt und damit das Auftreten von Massenverlagerungen in zunehmenden Maße beeinflusst.

Generell lassen sich die massenverlagerungsbeeinflussenden Faktoren in permanent (langfristig) wirkende, die nach SCHMIDT (1988b) auch als dispostiv vorbereitende Faktoren bezeichnet werden, und in episodisch (kurzeitig) wirkende Faktoren unterteilen, wobei alle anthropogenen Einflüsse den episodischen Faktoren zuzuordnen sind (KRAUTER 1990: in SMOLTCZYK 1990). Wird eine Massenverlagerung im Wesentlichen durch einen einzelnen Faktor initiiert und besteht ein zeitlich enger Bezug zum Ereignis, ist dieser als auslösender Faktor zu bezeichnen (KRAUTER 1990: in SMOLTCZYK 1990). Auslösende episodische Faktoren sind u.a. seismische Aktivitäten (PLATE et al. 1993), extreme meteorologische Ereignisse (Starkniederschläge bzw. langanhaltende Niederschläge mit großer Intensität) (HAMMER 1985, BIBUS 1986, KRAUTER 1987, SCHMIDT 1988b, BRUNSDEN 1993, GRUNERT & HARDENBICKER 1991, 1993, CROZIER 1999 u .a.) bzw. daraus resultierende stark wechselnde Hangwasserregime (THORNES & AYALA 1998, TILCH 1999, GLADE 2000) sowie menschliche Eingriffe (KRAUTER 1990: in SMOLTCZYK 1990).

Die permanent wirkenden, die Disposition zu Massenverlagerungen begünstigenden Faktoren sind jene natürlichen Faktoren, die indirekt und langfristig gesehen die Verlagerungssensibilität eines Hanges und die Art und Weise einer Massenverlagerung beeinflussen (SCHMIDT 1988b, KRAUTER 1990: in SMOLTCZYK 1990). Diese Faktoren können in verschiedenen Naturräumen in unterschiedlicher Gewichtung und Kombination das Auftreten von Massenverlagerungen

bestimmen, wobei der Einfluss einzelner Faktoren bzw. Faktorenkomplexe, im Vergleich zum auslösenden Faktor oftmals viel schwerer zu ermitteln ist. Als allgemeine Faktoren dieser Art gelten u.a. Erosion, Verwitterung, Schwerkraft, die geologisch-strukturellen und geometrischen (morphometrischen) Eigenschaften des Hangsystems sowie die klimatischen Verhältnisse (Niederschlagshöhe, Niederschlagsverteilung) eines Gebietes (SCHMIDT 1988b, GRUNERT & SCHMANKE 1997, PRINZ 1997, SCHMIDT & BEYER 2001).

Die lithologisch-strukturellen Materialeigenschaften der Gesteine bilden die stets notwendigen Grundvoraussetzungen für die Massenverlagerungsprozesse (vgl. PRINZ 1997). Besonders anfällig sind die in der Natur häufig anzutreffenden lithologischen Konstellationen „Hart“ auf „Weich“ d.h., harte, gut wasserwegsame Gesteinsschichten (Kalke, Sandsteine) auf weichen, leicht deformierbaren Gesteinen (Tone, Mergel) (vgl. POISEL & EPPENSTEINER 1983). Derartige Konstellationen sind v.a. auch für Schichtstufenlandschaften typisch, mit der Konsequenz, dass diese immer wieder Schauplatz von Massenverlagerungen sind (vgl. u.a. ACKERMANN 1958, JOHNSEN 1974, 1984b, TRAUZETTEL 1962, HAMMER 1984, BIBUS 1986, EISENBRAUN & ROMMEL 1986, SCHÄDEL & STOBER 1988, SCHMIDT 1988b, KLENGEL & RICHTER 1992, GLASER & SPONHOLZ 1993, BIBUS & TERHORST 1999, KALLINICH 1999).

Der Faktor Klima macht sich langfristig u.a. im Wasserhaushalt und in der Verwitterung des Gebirges bemerkbar, was sich letztendlich in einer meist verminderten Gebirgsscherfestigkeit ausdrückt (KRAUTER 1990: in SMOLTCZYK 1990, TILCH 1999). Da das Klima, insbesondere die Ausprägung der Klimaelemente (z.B. Niederschlagshöhe, Niederschlagsverteilung) v.a. in größeren Untersuchungsgebieten z.T. erheblich variieren können, ist gerade auch von dieser unterschiedlichen Ausprägung eine Beeinflussung auf die räumliche Variabilität von Massenverlagerungen zu erwarten.

### **1.3 Terminologie und Klassifikation von Massenverlagerungen**

Wie der umfangreichen Literatur der letzten hundert Jahre zu entnehmen ist (HEIM 1882, POLLACK 1925, SKEMTON & HUTCHINSON 1969, PASEK 1974, VARNES 1978, HUTCHINSON 1988, REUTER et al 1991, KRAUTER 1990: in SMOLTCZYK 1990, CANADIEN GEOTECHNICAL SOCIETY 1993, DIKAU et al 1996), existieren weltweit zahlreiche Klassifikationsmöglichkeiten für Massenverlagerungen. Kriterien dieser Klassifikationsvorschläge sind u.a. die äußeren Erscheinungsformen, die Art der Bewegung, die Geschwindigkeit der Verlagerung sowie die Art des verlagerten Materials. Aufgrund der unterschiedlichen Gewichtung einzelner Klassifikationskriterien sind die verschiedenen Klassifikationsvorschläge nur bedingt kompatibel. Zudem finden in der Natur oftmals progressive Hangentwicklungen statt, die im Einzelnen durch

verschiedenartige Massenverlagerungsteilprozesse mit verschiedenen Bewegungsarten, Geschwindigkeiten und Materialien zu verschiedenen Zeiträumen gekennzeichnet sind (vgl. TILCH 1999). Eine eindeutige Massenverlagerungstypisierung wird damit oftmals erschwert. Um eine Übertragbarkeit der im Rahmen der Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse auf andere Untersuchungsgebiete zu gewährleisten und um falsche terminologische Analogieschlüsse zu vermeiden, werden die hier vorzustellenden Massenverlagerungen in das internationale Klassifikationsmodell der UNESCO WORKING PARTY FOR WORLD LANDSLIDE INVENTORY (1993) eingeordnet. Hiernach werden die in Table 1.2 wiedergegebenen Grundtypen von Massenverlagerungen unterschieden.

Tab. 1.2: Klassifikation von Massenverlagerungen nach UNESCO WORKING PARTY FOR WORLD LANDSLIDE INVENTORY (1993)

Type	Rock	Debris	Soil
<b>FALL</b>	rock fall	debris fall	soil fall
<b>TOPPLE</b>	rock topple	debris topple	soil topple
<b>SLIDE</b> <u>rotational</u>	single (slump) multiple	single multiple	single multiple
<u>translational</u> <i>non-rotational</i> <i>Planar</i>	successive  block slide rockslide	successive  block slide debris slide	successive  slab slide mudslide
<b>LATERAL</b> <b>SPREADING</b>	rock spreading	debris spread	soil (debris) spreading
<b>FLOW</b>	rock flow	debris flow	soil flow
<b>COMPLEX</b>	e.g. rock avalanche	e.g. flow slide	e.g. slumpearthflow

Die hierbei unterschiedenen 5 Haupttypen sind dabei wie folgt definiert:

**Fallen (*fall*):** beginnt mit dem Lösen von Boden- oder Felsmaterial in einem steilen Hang entlang einer Fläche, auf der geringe oder keine Scherbewegungen stattfinden. Das Material stürzt dann größtenteils frei fallend, springend oder rollend ab.

- Kippen (*topple*):** ist eine Vorwärtsrotation aus dem Hang heraus von Blöcken aus Fels- oder kohäsiven Bodenmaterial um einen Punkt oder eine Achse unterhalb ihres Schwerpunktes
- Gleiten (*slide*):** ist eine hangabwärts gerichtete Bewegung von Boden- oder Felsmassen auf Gleitflächen oder auf verhältnismäßig dünnen Zonen intensiver Scherverformung
- Driften (*lateral spreading*):** ist eine laterale Bewegung von Fels- oder kohäsiven Bodenmassen bei einem gleichzeitigen Einsinken in die liegenden, weniger kompetenten Schichten. Eine intensive Scherung auf Gleitflächen findet nicht statt. Diese Bewegung kann durch Liquifaktion oder Fließen des liegenden, weniger kompetenten Materials entstehen.
- Fließen (*flow*):** ist eine räumliche, kontinuierliche Bewegung bei der Scherflächen nur kurzzeitig vorhanden und gewöhnlich nicht erhalten sind. Die Geschwindigkeitsverteilung der bewegten Massen gleicht der einer viskosen Flüssigkeit.

## 1.4 Stand der Forschung

Mit Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken beschäftigen sich zahlreiche v.a. geologisch-morphologisch orientierte Untersuchungen. Neben allgemeinen Formenklassifikationen, zeitlichen Zuordnungen, ingenieurgeologischen Sachverhalten und Bewegungsmessungen sind Untersuchungen zu möglichen Steuerungsfaktoren, die das Auftreten von Massenverlagerungen begünstigen und deren räumliche Variabilität beeinflussen, die zentralen Inhalte dieser Arbeiten. Die Untersuchungen konzentrieren sich dabei i.d.R. auf einzelne Massenverlagerungen bzw. einige wenige Massenverlagerungsgebiete an regional engräumig begrenzten Wellenkalk-Schichtstufenabschnitten. Eine flächendeckende, systematische Erfassung der Massenverlagerungsgebiete an den Wellenkalk-Schichtstufenhängen im Thüringer Becken lag bislang nicht vor. Dementsprechend fehlen bis heute gesicherte Informationen zum Ausmaß der großräumigen Verbreitung der Massenverlagerungen sowie zu möglicherweise bestehenden regionalen Unterschieden. Auch die morphometrischen und morphologischen Eigenschaften der Massenverlagerungsgebiete (Breiten, Längen, Flächen, Formenschatz) und deren regionalen Besonderheiten sind, abgesehen von wenigen Ausnahmen, bislang nur sehr unzulängliche bekannt.

Entsprechend dieser Informationsdefizite werden v.a. die, die räumliche Variabilität der Massenverlagerungen beeinflussenden Steuerungsfaktoren mitunter äußerst kontrovers diskutiert.

Der Formenschatz der Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken wurde qualitativ von PLASSE (1924), KIRBIS (1950) und ACKERMANN (1953, 1958) klassifiziert. An ihrer Formenbeschreibung orientieren sich viele folgende Arbeiten.

ACKERMANN (1958, 1959, 1977), JOHNSEN (1974), SCHMIDT & BAUM (1998), BAUM & SCHMIDT (2001) sowie SAHLING (2002) untersuchten die zeitliche Zuordnung der Massenverlagerungen an Teilabschnitten der Wellenkalk-Schichtstufe in Thüringen, Südniedersachsen und Nordhessen. ACKERMANN (1958, 1959, 1977) hat anhand von morphologischen Befunden den Versuch unternommen, eine zeitliche Gliederung der Massenbewegungen für das Jungpleistozän und Holozän auszuarbeiten. Er gliedert mehrere Phasen verstärkter Massenbewegungsaktivität aus, die er auf Zeiten erhöhten Feuchtigkeitsangebotes zurückführt. Im Einzelnen unterscheidet er zwischen einer Jungpleistozänen Fußschollengeneration, einer Älteren Generation des frühen Holozäns und einer Historischen Generation. Letztere entspricht in etwa der kleinen Eiszeit von 1600 - 1900. Die rezente Phase, die nach ihm Mitte des vorigen Jahrhunderts begann und bis heute andauert, ist eine Phase der Formungsruhe. Heute auftretende Massenverlagerungen sieht er als Nachläufer seiner Historischen Generation (ACKERMANN 1959). Auch SCHUNKE (1971), ZIEGENHARDT & JUNGWIRTH (1991) sowie KRÜMMLING et al. (1975) halten die Gegenwart für eine Zeit geringerer Bewegungsaktivität. Demgegenüber halten WEBER (1929), KIRBIS (1950) JOHNSEN (1981) und JOHNSEN & SCHMIDT (2001) die Gegenwart für eine Zeit rezenter Massenverlagerungsaktivität.

Durch Archivauswertungen konnten JOHNSEN (1974), SCHMIDT & BAUM (1998) sowie BAUM & SCHMIDT (2001) den Zeitpunkt einzelne Massenverlagerungen (i.d.R. größere Felsstürze) im Bereich der Wellenkalk-Schichtstufe rekonstruieren (Tab. 1.1). Zurückverfolgen ließen sich einzelne Ereignisse bis in das 12. Jahrhundert (JOHNSEN 1974). Die Recherchen ergaben, dass Angaben zu Massenverlagerungen vor dem 16. Jahrhundert relativ selten sind, die Datenlage sich aber ab 1850 verbessert. Wie SCHMIDT & BAUM (1998) betonen, kann aus der höheren Dichte der verzeichneten Massenverlagerungen im 20. Jahrhundert nicht automatisch eine erhöhte Massenverlagerungsaktivität im Vergleich zu anderen Zeiträumen abgeleitet werden. Vielmehr ist davon auszugehen, dass aus den vorherigen Jahrhunderten die Daten unzureichend überliefert wurden, verloren gingen oder primär nicht registriert wurden. Entsprechend der archivierten Massenverlagerungen konnte aber aufgezeigt werden, dass die Zeit seit 1850 nicht als die von ACKERMANN (1959) postulierte rezente Phase der Stabilität bezeichnet werden kann.

BAUM & SCHMIDT (2001) versuchen mit Hilfe von dendrochronologischen und pollenanalytischen Verfahren einzelne Massenverlagerungen zu datieren. Durch die unzureichende Qualität und Quantität des vorzufindenden Probenmaterials und nur wenigen geeigneten Beprobungsstellen ist die Anwendbarkeit dieser Datierungsverfahren an den Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe begrenzt (BAUM & SCHMIDT 2001). Zudem ist bei pollenanalytischen Datierungen zu bedenken, dass i.d.R. nicht das Ereignis selbst datiert wird, sondern die im Anschluss erfolgte Sedimentablagerung (BAUM & SCHMIDT 2001). Trotz der genannten Schwierigkeiten weisen die Ergebnisse auf eine Zunahme der Massenbewegungen im Subboreal, während der kleinen Eiszeit und in den letzten 50 Jahren hin.

SAHLING (2002) unternahm mit Hilfe dendrochronologischer Methoden den Versuch, anhand von Baumwurzeln und Baumstämmen die Öffnungsraten von Spalten an einem Massenverlagerungsgebiet zu rekonstruieren. Dabei konnte nachgewiesen werden, dass sich Bewegungsphasen in Wuchsanomalien der Jahrringe der Baumwurzeln und Stämme, die sich im unmittelbaren Kontaktbereich zur Spalte befinden, widerspiegeln. Im Einzelnen konnten mehrere Aktivitätsphasen jahrgenau ausgegliedert werden, wobei diese mit überdurchschnittlichen Niederschlagseinträgen dieser Zeiträume korrelieren (SAHLING 2002).

Mit ingenieurgeologischen Fragestellungen an Massenverlagerungsgebieten der Wellenkalk-Schichtstufe beschäftigten sich u.a. BERNHARD (1967, 1968), JOHNSEN (1972, 1974, 1978, 1980), JOHNSEN & KLENGEL (1972, 1973), BACHMANN et al. (1974), KRÜMMLING et al. (1975), FISCHER et al. (1975), BRUNHOF (1983), SCHENK (1983), WITTE (1995b). Neben der Beschreibung der Verlagerungsmechanismen werden v.a. Angaben zu bodenmechanischen Sachverhalten, wie Scherwinkelbestimmung (WITTE 1995b, HAß 1996), Konsistenzgrenzenbestimmungen von Fließ-, Ausrollgrenze, Plastizitätszahlen (WITTE 1995b, HAß 1996), Bestimmung der stratigraphischen Lage der Gleitfläche (JOHNSEN u.a. 1978), kluftstatistische Untersuchungen (BACHMANN et al. 1974, WENZEL 1991), Gefüge- und Bindungsformänderungen (BRUNHOF 1983, SCHENK 1983), tonmineralogische Untersuchungen (BRUNHOF 1983, SCHENK 1983, WENZEL 1991, WITTE 1995b, HAß 1996) sowie hydrogeologische Untersuchungen (KRÜMMLING et al. 1975) gemacht. Darüber hinaus liefern diese Arbeiten wichtige baupraktische Hinweise und Empfehlungen sowie allgemeingültige Sachverhalte zur weiteren Bearbeitung der Thematik. Aufgrund der aufwendigen Feld- und Laboranalysen bleiben diese Untersuchungen jedoch auf einige wenige exemplarische Massenverlagerungsgebiete beschränkt.

Mit Bewegungsmessungen und dem damit verbundenen Nachweis der rezenten Aktivität von Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe beschäftigten sich u.a. JOHNSEN (1981) und JOHNSEN & SCHMIDT (2001). An 4 exemplarischen Massenverlagerungsgebieten wurden über 25



Jahre (ab 1973) systematische Stahlbandmessungen durchgeführt. Die im Messzeitraum aufgezeichneten Bewegungsbeträge zeigen, dass die Bewegungen kontinuierlich mit Phasen der Beschleunigung und Verlangsamung erfolgten (JOHNSEN & SCHMIDT 2001). Zwischen den Gebieten, aber auch innerhalb eines Gebietes, gibt es, bezogen auf einen gleichen Zeitraum, Unterschiede in den Bewegungsraten. Die Bewegungsgeschwindigkeiten liegen in Größenordnungen von wenigen Millimetern bis einigen Zentimetern pro Jahr. Auch WENZEL (1991) kommt im Rahmen von Bewegungsmessungen an Massenverlagerungsgebieten in Nordhessen zu ähnlichen Ergebnissen. Wie sich bei den Untersuchungen von JOHNSEN (1981) und JOHNSEN & SCHMIDT (2001) zeigte, besteht ein auffälliger Zusammenhang zwischen Perioden erhöhter Niederschläge und Bewegungsbeschleunigungen (JOHNSEN 1981, JOHNSEN & SCHMIDT 2001). Die Beschleunigungen können dabei phasenverschoben zum Niederschlagsereignis einsetzen (JOHNSEN 1981). Zu analogen Feststellungen kommen MORTENSEN & HÖVERMANN (1956) durch Beobachtungen an einem Wellenkalk-Stufenhang bei Göttingen. Zudem wird dieser Zusammenhang durch Bewegungsmessungen in stratigraphisch anderen Massenverlagerungsgebieten bestätigt (GLAWE & MOSER 1989, 1993, MOSER 1999, MOSER & GLAWE 1994, TILCH 1999).

Der Einfluss verschiedener Steuerungsfaktoren, die das Auftreten von Massenverlagerungen begünstigen und deren räumliche Variabilität beeinflussen, bildet einen Schwerpunkt zahlreicher Untersuchungen (vgl. oben). Dabei wird die Bedeutung einzelner, permanent wirkender Steuerungsfaktoren (z.B. Exposition, Schichtneigung und Neigungsrichtung) z.T. sehr kontrovers diskutiert (vgl. auch SCHMIDT 1988b), während morphoklimatische Einflussfaktoren wie z.B. die jährliche Niederschlagshöhe und Niederschlagsverteilung bislang fast gänzlich unberücksichtigt blieben.

WEBER (1929), MÜCKE (1962) und HAß (1996) halten die Auslaugung der Rötgipse für den bestimmenden Faktor der Massenverlagerungsanfälligkeit. Auch JOHNSEN (1974), JOHNSEN & KLENGEL (1972) KRÜMLING et al. (1975) sowie WITTE (1995b) erkennen darin einen begünstigenden Faktor. Demgegenüber sehen KIRBIS (1950), MORTENSEN & HÖVERMANN (1956), MORTENSEN (1960; 1963), ACKERMANN (1959) und SCHUNKE (1971) darin keine notwendige Voraussetzung für das Auftreten von Massenverlagerungen. SCHNEIDER (1968) konnte durch Bohrungen nachweisen, dass die Gipssubrosion in vielen Fällen zwar massenverlagerungsbegünstigend wirkt, dass aber aufgrund des Vorkommens von Massenverlagerungen über intakten Salinarzyklen, die Rötgipssubrosion keine generelle Voraussetzung für das Auftreten von Massenverlagerungen darstellt. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt TILCH (1999). STEINMÜLLER (1968) wiederum hält die Subrosion im Zechsteinsalinar in Verbindung mit der Ausbildung eines Salzhanges für einen massenverlagerungssteuernden Faktor.

Bezüglich des im Zusammenhang mit Massenverlagerungen generell kontrovers diskutierten Expositionseinflusses (vgl. CARRARA et al. 1991) halten KIRBIS (1950), DEUBEL (1964), WENZEL (1991) und KÖNIG (2001) v.a. West-, Nord- und Nordwest-exponierte Hänge, infolge der stärkeren Beschattung und den damit verbundenen größeren Feuchteangebot, für massenverlagerungsbegünstigend. Demgegenüber hält ACKERMANN (1959) Nord- und Nordost-exponierte Hänge für verlagerungsanfälliger. Nach Untersuchungen von SCHMIDT (1988b) und BEYER & SCHMIDT (1999) an kleineren Teilabschnitten der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken, konnte aus der räumlichen Verbreitung der Massenverlagerungsgebiete bislang keine signifikant bevorzugte Expositionsrichtung nachgewiesen werden.

Nach PLASSE (1924), SCHRÖDER (1929), ACKERMANN (1959), DOCKER (1963), DEUBEL (1964) ZIEGENHARDT & JUNGWIRTH (1971), SEIDEL & STEINMÜLLER (1993) und GRUNDMANN (1998) wirkt ein talwärtiges Schichteinfallen massenverlagerungsbegünstigend. WEBER (1929) lehnt einen derartigen Zusammenhang ab. Auch im Untersuchungsgebiet von BEYER & SCHMIDT (1999) konnte von der Neigungsrichtung der Schichten bislang keine steuernde Beeinflussung der Massenverlagerungshäufigkeit abgeleitet werden. Als massenverlagerungshemmend sehen ACKERMANN (1959), SPÖNEMANN (1966) und SCHUNKE (1968, 1971) große hangwärtige Schichtneigungen ( $> 12^\circ$ ) an. Zu analogen Ergebnissen kommen SCHMIDT (1988b), BEYER (2002), und in stratigraphisch anderen Gebieten u.a. TILCH (1999).

PASSARGE (1914), PLASSE (1924) und HEMPEL (1955) messen der Auflast und damit der Mächtigkeit des Wellenkalkes über dem Rötgestein eine wesentlich massenverlagerungssteuernde Bedeutung bei. SCHUNKE (1968), SCHMIDT (1988b) und SCHMIDT & BEYER (2001) konnten in Ihren Untersuchungsgebieten einen derartigen Zusammenhang nicht nachweisen. Auch KÖNIG (2001) kommt an dem von ihm untersuchten Wellenkalk-Schichtstufenabschnitt im Gebiet um Jena zu selbigem Ergebnis. Demgegenüber hält KÖNIG (2001) Stufenhänge, die durch eine erhöhte Mächtigkeit des Rötsockelhanges im Vergleich zur Wellenkalkmächtigkeit des Oberhanges gekennzeichnet sind, für massenverlagerungsanfälliger.

SCHMITTHENNER (1920) und KRÜMMLING et al. (1975) sowie in stratigraphisch anderen Gebieten auch TILCH (1999) sehen in der Quellerosion eine steuernde Beeinflussung für das Auftreten von Massenverlagerungen. In den untersuchten Gebieten von SCHUNKE (1968, 1971), SCHMIDT (1988b) und BEYER (1997) (kleinere Teilabschnitte der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken) konnten einen derartigen Zusammenhang bislang nicht festgestellt werden.

ACKERMANN (1958) hält Massenverlagerungen an Bergvorsprüngen für Ausnahmeerscheinung. Zu ähnlichen Ergebnissen kommt MARTIN (1965), der als Ursache die verkleinerten

Wassereinzugsgebiete im Vorsprungsbereich ansieht. Demgegenüber konnten SCHMIDT (1988b) und BEYER (1997; 2002) aufzeigen, dass v.a. die Vorsprungsbereiche der Wellenkalk-Schichtstufe, bevorzugt deren Flanken, von Massenverlagerungen betroffen sind. Zu analogen Ergebnissen an Massenverlagerungsgebieten der Jura-Schichtstufe an der Schwäbischen Alb kommt TERHORST (1997), KRAUT (1995) und KALLINICH (1999).

In allen Untersuchungen bislang unberücksichtigt blieb der Einfluss der im Untersuchungsgebiet stark variierenden, klimatischen dispositiven Faktoren: jährliche Niederschlagshöhe und jährliche Niederschlagsverteilung. Dies ist um so verwunderlicher, da bereits ACKERMANN (1959) betonte, dass eine verstärkte Massenverlagerungsaktivität an der Wellenkalk-Schichtstufe an ein längerfristig erhöhtes Feuchteangebot gebunden ist. Wie in stratigraphisch vergleichbar aufgebauten Untersuchungsgebieten die Arbeiten von HAMMER (1985), GLASER & SPONHOLZ (1993), MEITZ (1998), THORNES & AYALA 1998, SCHMIDT & MEITZ (2000 a,b) sowie von ZERZERE et al. (1999) und VAN ASCH et al. (1999) verdeutlichen, ist von diesen externen Einflussgrößen unter sonst ähnlichen geologisch-morphologischen Ausgangsbedingungen eine differenzierende morphoklimatische Steuerung der räumlichen Variabilität von Massenverlagerungen zu erwarten.

Wie bereits SCHMIDT (1988b) betont, resultiert das aufgezeigte Bild der unterschiedlichen Einschätzungen aus den nur engräumig begrenzten Untersuchungsgebieten und dem Fehlen einer systematischen quantitativen Untersuchungsgrundlage. Relative Einigkeit besteht lediglich hinsichtlich der von JOHNSEN (1974) zusammengefassten Grundvoraussetzungen: das Vorhandensein relativ flach lagernder, kompetenter Schichten (Muschelkalk) über tonreichen, gut plastifizierbaren, inkompetenten Schichten (Röt) und die Durchschneidung des Schichtkomplexes mindestens bis in das Hangende der inkompetenten Schichten. Bestätigt werden diese allgemeinen Grundvoraussetzungen durch Untersuchungen in strukturell ähnlich aufgebauten Gebieten (vgl. u.a. TRZCINSKI 1974, REMMELE 1984, EISENBRAUN & ROMMEL 1986, CARRARA ET AL. 1991, GLASER & SPONHOLZ 1993, TILCH 1999 u.a.). Zudem ist allgemein anerkannt, dass als Auslöser der Massenverlagerungen oftmals Starkniederschläge oder langanhaltende Niederschläge mit hoher Intensität fungieren (JOHNSEN 1974,1984, JOHNSEN & KLENGEL 1972, BACHMANN et al. 1974, SCHMIDT 1988b, WENZEL 1991 u.a.). Auch dieser Zusammenhang wird durch zahlreiche Arbeiten aus anderen Untersuchungsgebieten bestätigt (vgl. HAMMER 1985, BIBUS 1986, SCHÄDEL & STOBER 1988, GRUNERT & HARDENBICKER 1991, BERRISFORD & MATTHEWS 1997, MOSER 1999, TILCH 1999, VAN ASCH et al 1999, ZERZERE et al, 1999, IRIGARAY et al. 1999, CLERICI & PEREGO 2000).

SCHMIDT (1987, 1988a) untersuchte an Schichtstufengebieten des Colorado Plateaus (USA) den steuernden Einfluss verschiedener, dispositiv vorbereitender, lithologisch-struktureller und morphometrischer Faktoren auf die Morphodynamik an Schichtstufenhängen. Die dort ausgearbeitete Systematik übertrug SCHMIDT (1988b) auf Massenverlagerungsgebiete an Teilabschnitten der Wellenkalk-Schichtstufe in Nordhessen mit dem Ziel, die Faktoren zu extrahieren, welche sich beeinflussend auf das Auftreten und die räumliche Verbreitung der Massenverlagerungen auswirken. Im Einzelnen wurden von SCHMIDT (1988b) die dispositiv-vorbereitenden Faktoren: lithologische Eigenschaften des Stufenbildners, lithologische Eigenschaften des Sockelgesteins, Mächtigkeit des Stufenbildners, Mächtigkeit des Sockelgesteins, Mächtigkeitsrelation, Schichtneigung, Neigungsrichtung, Lage zum Gewässernetz und zur Erosionsbasis, Lage im Stufengrundriss und die Exposition näher untersucht. Der methodische Ansatz beruht auf einem regionalen Dispositionsverfahren (vgl. GRUNERT & SCHMANKE 1997, THEIN 1999) Hierbei wird versucht, anhand von kartierten Massenverlagerungsgebieten die Ausprägung der verschiedenen Faktoren zu analysieren um daraus mittels Häufigkeitsverteilungen zu überprüfen, wie oft und in welcher Ausprägung die verschiedenen Faktoren an Massenverlagerungen gebunden sind (Black-Box-Modell). Der von SCHMIDT (1988b) ausgearbeitete Ansatz wurde vom Autor (BEYER 1997) auf einen Teilabschnitt der Wellenkalk-Schichtstufe im südöstlichen Thüringer Becken (nördl. Rudolstadt) übertragen. Die hier verfolgten Teilaspekte zeigten in ihren Ergebnisse gute Übereinstimmungen und werden, da sie in die vorliegende Arbeit mit einfließen, im Ergebnisteil näher vorgestellt. Mit ähnlichen Ansätzen in stratigraphisch vergleichbaren Untersuchungsgebieten beschäftigten sich u.a. HAMMER (1985), EISENBRAUN & ROMMEL (1986), KRAUT (1995), KALLINICH (1999) und THEIN (1999 in: BIBUS & THERHORST 1999).

Wie die Untersuchungen von CARRARA et al. (1991), GRITZNER et.al. (2001), KÖNIG (2001) und MENENDEZ et al. (2002) zeigen, ist es bei derartigen Fragestellungen von Vorteil, die Faktorenausprägung innerhalb der Massenverlagerungsgebiete mit der Faktorenausprägung vom betrachteten Gesamtgebiet, d.h. auch von jenen Gebieten ohne Massenverlagerungen, zu vergleichen. Diese Vorgehensweise ermöglicht es zu überprüfen, ob die Ausprägung der Steuerungsfaktoren innerhalb der Massenverlagerungsgebiete sich signifikant von der Faktorenausprägung des Gesamtgebietes unterscheiden. Damit können Zufälligkeiten in der Ausprägung der betrachteten Faktoren innerhalb Massenverlagerungsgebieten erkannt und die sich maßgeblich auf die räumliche Variabilität der Massenverlagerungen auswirkenden Steuerungsfaktoren bzw. Faktorenkomplexe klarer selektiert werden. Durch die Nutzung von Geographischen Informationssystemen (GIS) kann diese bislang sehr zeit- und arbeitsaufwendige Parameterbestimmung v.a. für größere Untersuchungsräume erleichtert werden (vgl. CARRARA et al. 1991).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass trotz der Anzahl von Untersuchungen quantitative Informationen über Lage, Größe, Formeninventar und Morphometrie der Massenverlagerungsgebiete bislang nur von sehr wenigen kleineren Teilabschnitten der Thüringer-Wellenkalkschichtstufe vorliegen (ACKERMANN 1953, 1958, JOHNSEN 1984a, SCHMIDT 1988b, WENZEL 1991, SCHENK 1992, BEYER 1997). Auch die geologischen Übersichtskarten (GK25), die größtenteils Ende des 19. Anfang des 20. Jahrhundert erstellt wurden, geben über die Verbreitung der Massenverlagerungsgebiete nur sehr unzureichend Aufschluss. Angaben über Formeninventar und Ausprägung fehlen hier gänzlich. Erst durch die großflächige systematische Aufnahme der Massenverlagerungsgebiete und deren Eigenschaften in Verbindung mit der Aufnahme potentieller Steuergrößen, können die sich maßgeblich beeinflussend auswirkenden Faktoren klarer herausgestellt sowie Unterschiede in den regionalen Verteilungsmustern aufgezeigt und erklärt werden. Darauf aufbauend besteht die Möglichkeit, die Hangbereiche, von denen eine besonders hohe massenverlagerungsbedingte Gefährdung für Mensch und Infrastruktur ausgeht, als potentielle Risikogebiete auszuweisen. Aus den bisherigen Darlegungen leitet sich die Zielstellung der vorliegenden Untersuchung ab.

## **1.5 Untersuchungsziele**

Die vorliegende Arbeit beinhaltet die Analyse der großräumigen Verbreitung von Massenverlagerungsgebieten an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken und deren Eigenschaften unter besonderer Berücksichtigung von morphometrischen und klimatologischen Steuerungsfaktoren.

Grundlage der Untersuchung bildet die erstmalige flächendeckende Erfassung der Massenverlagerungsgebiete an großen zusammenhängenden, tektonisch weitgehend ungestörten Teilabschnitten der Wellenkalk-Schichtstufe in Verbindung mit der systematischen Aufnahme der in Tabelle 1.3 aufgeführten permanent-dispositiven, geologisch-morphologischen und klimatologischen Steuerungsfaktoren. Diese Faktoren bieten den Vorteil, dass sie für die Vielzahl der Massenverlagerungsgebiete relativ unkompliziert und quantitativ hinreichend genau im Gelände, aus topographischen und geologischen Kartenmaterialien sowie aus weiteren Datenquellen (z.B. Deutsche Wetterdienst) ermittelt werden können.

Tab. 1.3: Die untersuchten permanent-dispositiven Steuerungsfaktoren

(1)	Lithologisch-strukturelle Eigenschaften des Stufenbildners
(2)	Lithologisch-strukturelle Eigenschaften des Sockelgesteins
(3)	Mächtigkeit des Stufenbildners
(4)	Mächtigkeit des Sockelgesteins
(5)	Mächtigkeitsrelation
(6)	Schichtneigung
(7)	Neigungsrichtung
(8)	Einfluss der Rötgipssubrosion nach morphologisch Befunden
(9)	Morphometrische Lage zur Erosionsbasis (Horizontal-, Vertikaldistanzen, Anstiegswinkel)
(10)	Lage im Stufengrundriss
(11)	Exposition
(12)	Lage zum Gewässernetz
(13)	Häufigkeit von Hangquellen
(14)	Jährliche mittlere Niederschlagshöhe und Niederschlagsverteilung
(15)	Höhe und Verteilung von Starkniederschlägen

Entsprechend der Untersuchungen von CARRARA et al. (1991), GRITZNER et al. (2001) und MENENDEZ et al. (2002) (vgl. Kap. 1.4) war es dabei wichtig, nicht nur die Ausprägung der Faktoren innerhalb der Massenverlagerungsgebiete, sondern auch die Ausprägung der Faktoren am Gesamtstufenhang, d.h. auch an jenen Stufenhangabschnitten ohne Massenverlagerungen zu erfassen. Auf der Grundlage der vorliegenden Datenbasen konnte dies mit hinreichender Genauigkeit für die Faktoren (1), (2), (6), (7), (11), (12), (13), (14) und (15) erfolgen (vgl. Tab. 1.3). Für die Faktoren (3), (4), (5), (8), (9) war ein solch flächendeckender Vergleich aufgrund der damit verbundenen, sehr aufwendigen Datenerhebung (z.B. morphometrische Lagebeziehungen zur Erosionsbasis) sowie dem Fehlen geeigneter Datenbasen (z.B. flächendeckende DGM) im Rahmen der Untersuchung nicht möglich. Die Analyse und Diskussion beschränkt sich hierbei auf den direkten Vergleich der in den Massenverlagerungsgebieten vorzufindenden Faktorenausprägungen.

Basierend auf den erhobenen Daten, werden im Einzelnen folgende Zielstellungen verfolgt:

1. *Aufgabenspezifische Analyse und summarische Beschreibung der morphometrischen und klimatologischen Merkmalsausprägungen der zu untersuchenden Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte*

2. *Erstmaliges Aufzeigen der großräumigen Verbreitung der Massenverlagerungsgebiete und Herausarbeiten von räumlichen Verteilungsmustern*
3. *Summarischen Beschreibung der wesentlichen morphologischen und morphometrischen Eigenschaften der Massenverlagerungsgebiete und deren regionale Besonderheiten*
4. *Analyse und Beurteilung des Einflusses der zu untersuchenden Steuerungsfaktoren auf die räumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete und deren Eigenschaften*
5. *Erstmalige Ausweisung besonders massenverlagerungsgefährdeter Risikogebiete im Umfeld von Siedlungen und Infrastruktureinrichtungen als mögliche Grundlage für zukünftige landschaftsplanerische Vorhaben*

## **2. Das Untersuchungsgebiet**

### **2.1 Vorbemerkungen**

Die Wellenkalk-Schichtstufe ist eine Strukturformenlandschaft, die in ihrer Lage und Entstehung eng mit der geologischen Entwicklung des Thüringer Beckens verbunden ist. Aus diesem Grunde folgen in diesem Kapitel zunächst einige Angaben zum erdgeschichtlichen Werdegang dieses Großraumes. Danach werden die geologischen und schwerpunktmäßig die für den Gesamtstufenhang zu analysierenden morphologischen, klimatologischen und hydrologischen Verhältnisse aufgabenspezifisch dargelegt. Diesbezüglich werden in diesem Kapitel bereits eigene Ergebnisse und methodische Vorgehensweisen vorgestellt, was hinsichtlich der später darzustellenden Einordnung der Massenverlagerungen in das physisch-geographische Faktorengefüge von Vorteil ist, da doppelte Ausführungen somit vermieden werden können.

### **2.2 Abgrenzung und Grundzüge der geologischen Entwicklung des Thüringer Beckens**

Im Zentrum Deutschlands gelegen, gehört das Thüringer Becken administrativ zu den Bundesländern Thüringen, Hessen und Sachsen-Anhalt. Mit einer Fläche von ca. 9909 km<sup>2</sup> (MEYNEN & SCHMIDTTHÜSEN 1959 - 1969) hat es zwischen 51° 28' und 51° 38' nördlicher Breite und 10° 00' und 11° 55' östlicher Länge eine maximale Ost-West-Erstreckung von ca. 155 km bei einer Nord-Süd-Erstreckung von ca. 100 km. Die geologische Begrenzung erfolgt durch die saxonisch gehobenen Grundgebirgshorste des Harzes im Norden und des Thüringer Waldes im Süden und Südwesten. Im Nordosten wird das Thüringer Becken durch die Hermundurische Scholle mit dem Kyffhäuser und durch die Finnestörung, sowie im Osten durch den Übergang zur Leipziger Tieflandsbucht begrenzt. Die südöstliche Begrenzung bildet das Thüringische Schiefergebirge, die nordwestliche die Eichsfeldschwelle, welche Richtung Westen an den Leinetalgraben grenzt und zur Hessischen Senke überleitet (SEIDEL 1992) (Abb. 2.1).

Geologisch gehört das Thüringer Becken zum mesozoischen Tafelgebirgsstockwerk (WALTER 1995) und wird hauptsächlich von den verschieden resistent triassischen Sedimenten Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper aufgebaut. Unterlagert werden diese insgesamt bis über 1500 m mächtigen Sedimentstapel von paläozoischen Ablagerungen des Perm (Rotliegend und v.a. Zechstein) und älterer Abteilungen (SEIDEL 1992).



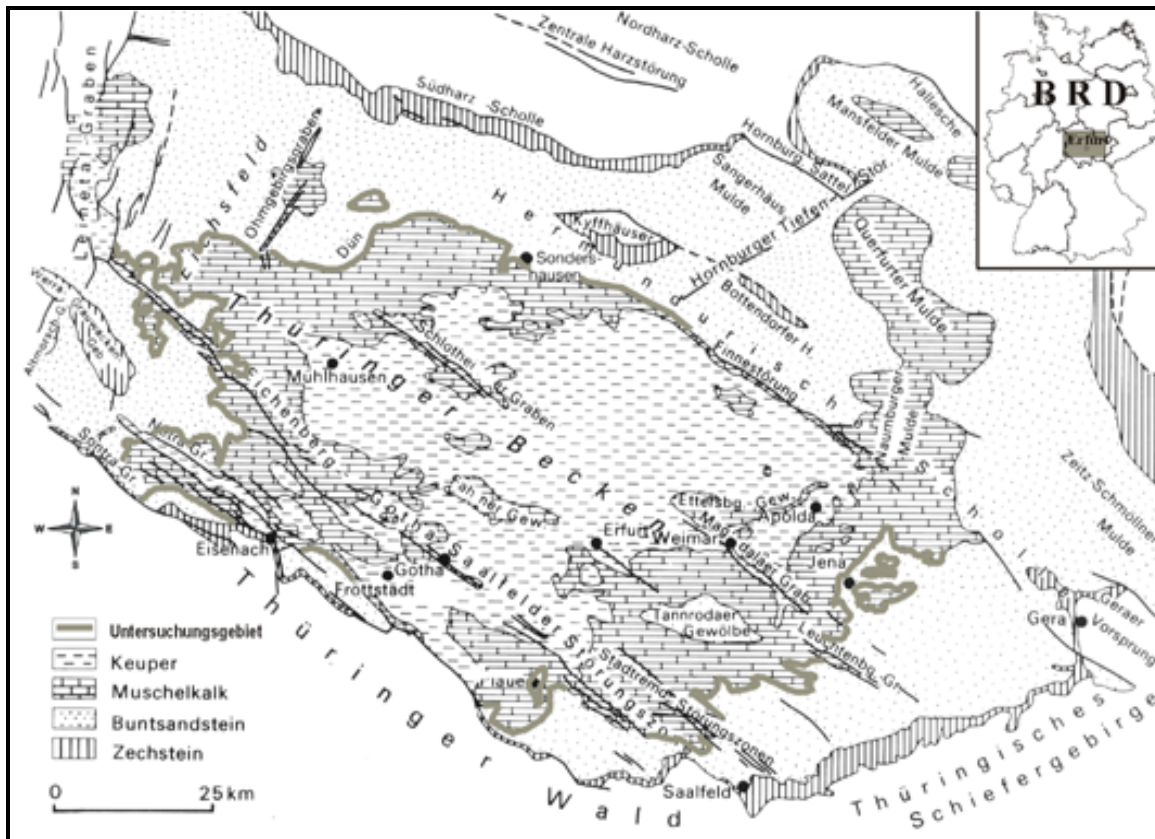


Abb. 2.1: Geologische Übersicht des Thüringer Beckens (ohne Quartär) (nach PATZELT 1994, verändert)

Die geologische Entwicklung des Tafelgebirgsstockwerkes im Thüringer Becken begann mit der Zechsteintransgression in das weiträumig tektonische Senkungsgebiet des Germanischen Beckens (DOCKTER & STEINMÜLLER 1993). Dieses Senkungsgebiet blieb während der gesamten Trias bestehen und ist verantwortlich für die große Mächtigkeit der abgelagerten Sedimente. Innerhalb des Thüringer Beckens sind drei Sedimentationsbereiche zu unterscheiden: *Eichsfeldschwelle*, *Thüringische Senke* und *Ostthüringisches Randgebiet* (MERZ 1987). Diese sind durch fazielle Mächtigkeitsunterschiede der Zechstein und Triassedimente, die aus epirogen verschiedenen Hebungs- und Senkungsbeträgen resultieren, charakterisiert. Allgemein zeichnet sich die Thüringische Senke durch erhöhte Sedimentmächtigkeiten gegenüber der Eichsfeldschwelle und dem Ostthüringischen Randgebiet aus (MERZ 1987, SEIDEL 1992).

Nach der marinen, zyklisch-salinaren Sedimentation der bis 800 m mächtigen Zechsteinsedimente (SEIDEL 1992, DOCKTER & STEINMÜLLER 1993) kam es während der Buntsandsteinzeit infolge einer Meeresregression zur Ablagerung faziell stark gegliederter, klastischer Sedimente unter wechselnden fluviatilen, limnischen, litoralen und terrestrischen Bedingungen (WALTER 1995). Mit Beginn der Muschelkalkepoche erfolgte eine erneute, langanhaltende Meeresregression. Hier lagerten sich unter flach marinen Schelfmeerbedingungen die bis zu 300 m mächtigen Muschelkalkschichten ab (SEIDEL 1992, PATZELT 1994). Eine erneute Meeresregression zur

Keuperzeit führte unter wechselnden Milieubedingungen zur vielgestaltigen Ablagerung des bis 640 m mächtigen Keupersedimentes (PATZELT 1992, WAGENBRETH & STEINER 1990).

Die ehemalige Verbreitung der Jura und Kreidesedimente im Thüringer Becken ist nicht sicher zu rekonstruieren. In tektonischen Grabenzonen zwischen Arnstadt, Gotha und Eisenach (Abb. 2.1) erhaltene gebliebene Sedimente des Unteren Jura (Lias) dokumentieren die Transgression eines Meeresarmes von Westen in das Gebiet (WAGENBRETH & STEINER 1990, PATZELT 1994). Sedimente der untersten Oberkreide sind lediglich im Ohmgebirgsgraben (nordwestliches Thüringer Becken) (Abb.2.1) nachzuweisen (vgl. LANGBEIN & SEIDEL 1960), so dass davon ausgegangen wird, dass ab der Unterkreide die größte Fläche des Thüringer Beckens Festland und damit Abtragsgebiet war (PATZELT 1994).

Der heutige strukturelle Bau des Thüringer Beckens wurde stark von der saxonischen Tektonik im Rahmen der alpidischen Gebirgsbildung bestimmt, wobei sich nach SEIDEL (1992) v.a. die orogenen Phasen des Oberen Juras und der Kreide auswirkten. Hierbei kam es im Spannungsfeld zwischen den sich hebenden Grundgebirgsschollen des Harzes und des Thüringer Waldes zur Absenkung und flachen, herzynisch-schüsselförmigen Einmuldung der ehemals horizontal abgelagerten Zechstein und Triasschichten (Abb. 2.2).

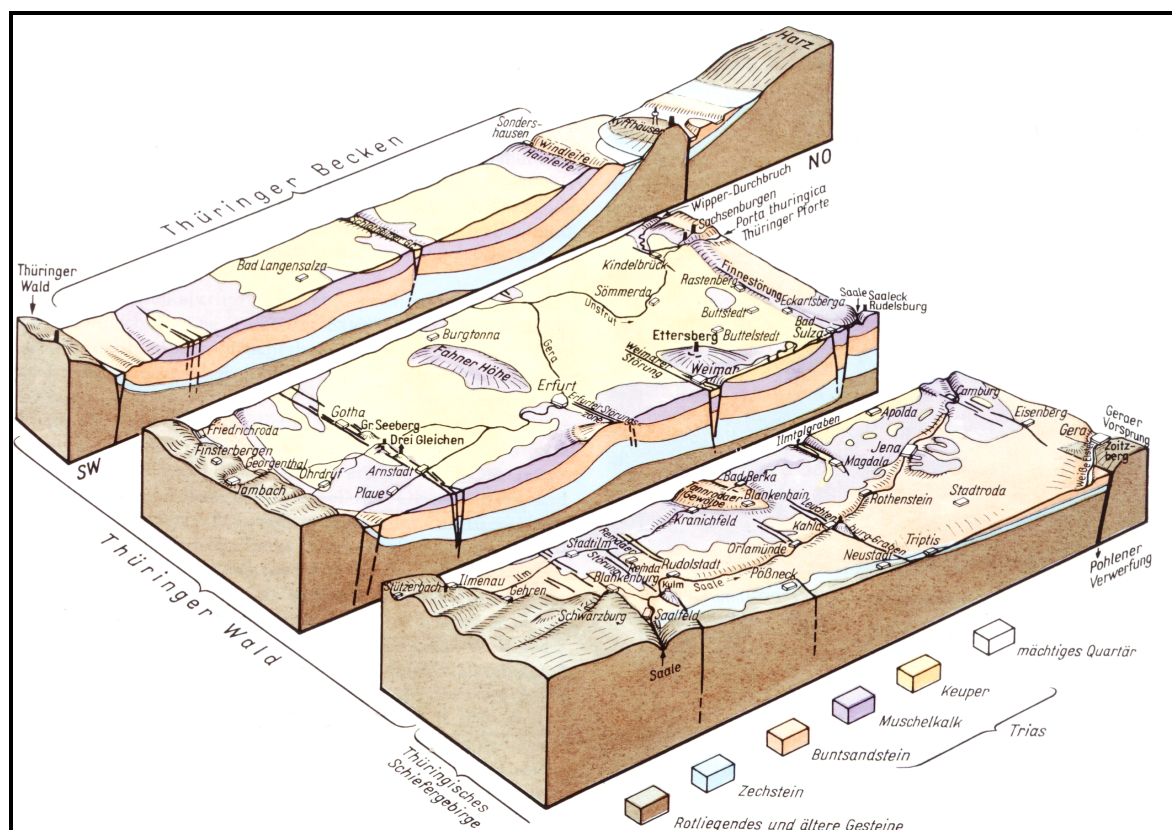


Abb. 2.2: Geologisch-struktureller Aufbau des Thüringer Beckens (Quelle: WAGENBRETH & STEINER 1990)

Die stärksten Schichtabsenkungen erfolgten im Zentrum der Mulde nördlich von Erfurt (ROSENKRANZ 1966). Die Einmuldung der Schichten hat zur Folge, dass die stratigraphisch jüngeren Ablagerungen (Keuper) im Muldeninneren und die älteren Schichten (Muschelkalk, Buntsandstein) an den Randbereichen der Mulde flach zur Erdoberfläche ausstreichen (Abb.2.1 und 2.2). Damit waren die strukturellen Grundvoraussetzungen [Ausstrich verschieden resistenter Gesteinsschichten mit gering bis mäßig geneigte Schichtlagerung (vgl. BLUME 1987)] für die Bildung einer Schichtstufenlandschaft geschaffen.

Mit der tektonischen Formung verbunden war die Anlage weitgespannter Sattel- und Muldenstrukturen sowie herzynisch- (NW-SE) bis rheinisch (NNE-SSW) streichender Störungszonen, die das Thüringer Becken im Einzelnen weiter untergliedern (herzynische Störungen: z.B.: Eichenberg-Gotha-Saalfelder-Störungszone, Netraer Graben, Magdalaer Graben, rheinische Störungen: z.B.: Ohmgebirgsgraben) (Abb.2.1 und 2.2).

Das Tertiär ist im Thüringer Becken durch festländische, fluviatile bis limnische Sedimentationsbedingungen gekennzeichnet. Im südlichen (bei Plaue) und nordöstlichen Thüringen Becken (bei Jena) konnten Reste tertiärer Landoberflächen mit intensiven Verwitterungsbildungen nachgewiesen werden (FREYBERG 1923, UNGER & SCHRAMM 1968, ROSENKRANZ 1978, GRUNDMANN 1998). Nach der im Tertiär allmählich abklingenden saxonischen Tektonik, setzten ab dem Pliozän, neotektonische Prozesse ein, die neben epirogenen Senkungen und Hebungen v.a. durch reguläre und irreguläre Ablaugungen des Zechsteinsalinars im Sinne von WEBER (1951) gekennzeichnet sind (SEIDEL 1995). Damit verbunden war die Anlage mehr oder weniger großräumiger Senkungs- und Aufwölbungsstrukturen (z.B. Fahner Höhe, Tannrodaer Gewölbe) (Abb.: 2). Neben dem südlichen Harzvorland (Goldene Aue zwischen Kyffhäuser und Harz) und dem Werra-Kaligebiet in Südwest-Thüringen ist das zum Untersuchungsraum gehörende Gebiet um Arnstadt - Plaue (Ohrdruffer Platte) (Abb.2.1 und 2.2) das bedeutendsten Auslaugungsgebiet im Thüringer Becken (SEIDEL 1995).

Im Pleistozän wurde das Thüringer Becken in unterschiedlichen Maße von den pleistozänen Inlandvereisungen überfahren. Während lückenhafte Ablagerungen des Elstereises (Bändertone, Beckensande, Geschiebemergel etc.) im nordöstlichen und zentralen Thüringer Becken entlang der Linie Mühlhausen, Erfurt, Jena nachzuweisen sind (SEIDEL 1995), gehörten die nordwestlichen, westlichen und südlichen Bereiche des Thüringer Beckens während des gesamten Pleistozäns zum Periglazialraum. Vom Saaleeis wurden nur noch die nordöstlichen Randbereiche (Naumburger Mulde Abb.2.1) des Thüringer Beckens überfahren, die Weichselvereisung erreichte das Gebiet nicht (SEIDEL 1992, THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG WEIMAR 1994). Das bereits im ausgehenden Tertiär in seinen Grundzügen angelegte Flussnetz wurde im Pleistozän

infolge der elster- und saalezeitlichen Eisplombierung teilweise umgestaltet und weiter eingetieft (SEIDEL 1995). In Abhängigkeit von den geologisch-tektonischen Strukturen wurde im Laufe des Quartärs die heutige Oberfläche des Thüringer Beckens und damit auch die Wellenkalk-Schichtstufe gebildet.

## **2.3 Die Wellenkalk-Schichtstufe**

### **2.3.1 Lage und Abgrenzung**

Die Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken gehört morphographisch zum Thüringer Trias-Schichtstufenland (WEBER 1951) und wird naturräumlich den Kalkrandplatten in der Umrahmung des Thüringer Beckens zugeordnet (MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1959 - 1969). Im Ausstrichsbereich der verschieden resistenten, flach lagernden, triassischen Gesteinsschichten Oberer Buntsandstein (Röt) und Unterer Muschelkalk (Wellenkalk) erhebt sich die Wellenkalk-Schichtstufe als markantes Landschaftselement mit bis über 200 m Höhenunterschied zum Vorland. Die Ausstrichsbereiche dieser Schichten befinden sich entsprechend der schüsselförmig strukturellen Lagerung der Gesteine (vgl. Kap. 2.2) v.a. in der Umrahmung des Thüringer Beckens (Abb. 2.1).

Mit einer Gesamtlänge von über 1000 km läßt sich die Wellenkalk-Schichtstufe naturräumlich in mehrere Teilabschnitte untergliedern, wobei die einzelnen Abschnitte partiell von tektonischen Störungszonen unterbrochen werden bzw. dort aussetzen, wo der Röt unter die Erdoberfläche taucht (vgl. Karte 1). Zudem sind einige, auf steilere Schichtneigung zurückzuführende Sonderformen des Schichtstufenreliefs vorzufinden. Hierbei handelt es sich um Schichtkämme, die entsprechend der Nomenklatur von SCHUNKE & SPÖNEMANN (1972) durch hangwärts gerichteten Schichtneigungen  $> 10 - 12^\circ$  gekennzeichnet sind. In ihrer morphologischen Ausprägung unterscheiden sich diese deutlich von der Wellenkalk-Schichtstufenlandschaft, worauf im Einzelnen in diesem Kapitel noch eingegangen wird.

Im Norden des Thüringer Beckens befindet sich der Schichtkamm der Schmücke, der naturräumlich durch den Flusslauf der Unstrut von der sich im Westen anschließenden Hainleite getrennt wird (vgl. Karte 1). Die Hainleite ist in ihrem östlichen Abschnitt zunächst noch als Schichtkamm und südlich von Bad Frankenhausen dann als Schichtstufe ausgebildet. Nach Westen geht die Hainleite ohne landschaftlich markante Grenze in den Schichtstufenabschnitt des Dün über. Nördlich des Dün, von diesem durch den Flusslauf der Wipper getrennt, befinden sich die größeren isolierten Erosionsreste: Bleicheröder Berge, Ohmgebirge und drei kleinere Zeugenberge westlich der Bleicheröder Berge (Hasenburg, Haaburg, Hubenberg) (vgl. Karte 1).

Die westliche Umrahmung des Thüringer Beckens bilden die Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte des Oberen Eichsfeldes und des Hainichs, denen im Einzelnen drei kleinere Schichtkammabschnitte zwischengeschaltet sind (vgl. Karte 1). Der Wellenkalk-Schichtstufenhang des Oberen Eichsfeldes ist vom Dün durch einen rheinisch streichenden Störungsausläufer der Ohmgebirgsgrabenzone getrennt. Südlich von Leinefelde beginnend geht das Obere Eichsfeld westlich von Mühlhausen ohne scharfe Grenze in den Hainich über (KAISER 1904). Aufgrund der naturräumlich gleichen Lage wurden im Rahmen der Arbeit beide Gebiete zu einem Untersuchungsabschnitt zusammengefasst, der im Folgenden kurz als Oberes Eichsfeld & Hainich bezeichnet wird (vgl. Karte 1).

Vom Oberen Eichsfeld & Hainich, durch die Eichenberg-Gothaer-Saalfelder-Störungzone getrennt (vgl. Abb. 2.1), befindet sich, in westlicher Richtung vorgelagert, der größere Erosionsrest der Gobert. Südwestlich vom Oberen Eichsfeld & Hainich liegt der durch die Werra abgetrennte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitt des Ringgau, dessen Stufenhänge durch verschiedene herzynische Störungszonen (Netra-Graben, Sontra-Graben) unterbrochen werden.

Die südliche Kalktafelumrahmung des Thüringer Beckens bilden der Schichtkamm der Hörselberge östlich von Eisenach, die Ohrdruffer Platte südlich von Arnstadt, Teile der Ilm-Kalk-Platte nördlich von Bad Blankenburg sowie ein westlich der Ilm-Kalk-Platte gelegener Zeugenberg (Singener Berg) (vgl. Karte 1). Die Fortführung der insgesamt häufig von Störungszonen unterbrochenen Ilm-Kalk-Platte (vgl. Karte 1), der Tautenburger Forst sowie die Zeugenberge des Mittleren Saaletales (Hufeisen, Wöllmisse, Gleißberg) bilden die östlichen, das Thüringer Becken umrahmenden Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte.

Im Nordosten befinden sich Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte im Gebiet der Querfurter Platte, die nach Osten in Richtung Halle-Leipziger-Tieflandsbucht teilweise durch tertiäre und pleistozäne Sedimente verklebt, d.h. durch Akkumulationsmassen verschüttet sind (vgl. SCHMITTHENNER 1937). Innerhalb des Thüringer Beckens befinden sich Wellenkalk-Schichtstufenhänge an den Flanken der salztektonischen Aufwölbungsstruktur des Tannrodaer Gewölbes.

Von den genannten Teilabschnitten wurden alle Gebiete bis auf das Ohmgebirge, die östlichen Bereiche der Schmücke, das Tannrodaer Gewölbe und die Querfurter Platte (vgl. Karte 1) bezüglich auftretender Massenverlagerungen kartiert. Nicht berücksichtigt wurden dabei die in tektonischen Störungszonen liegenden Stufenhangabschnitte (vgl. Kap. 1.5).

Die Gesamtlänge der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufen- (958,2 km) und Schichtkammhänge (21,8 km) beträgt 980 km. Die Teillängen der einzelnen Abschnitte sind in Tabelle 2.1 aufgeführt.

Tab. 2.1: Bezeichnung und Länge der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte

<b>Wellenkalk-Schichtstufen- bzw. Schichtkammabschnitte</b>	<b>Länge (km)</b>
<b>Schmücke</b> (Schichtkamm)	5
<b>Hainleite</b>	98
<b>Dün</b>	43
<b>Bleicheröder Berge</b>	26
<b>Oberes Eichsfeld &amp; Hainich</b> (3 kleinere Schichtkämme)	293,8 $\Sigma$ 5,2
<b>Gobert</b>	41
<b>Ringgau</b>	71
<b>Hörselberge</b> (Schichtkamm)	7
<b>Ohrdrufer-Platte</b>	65
<b>Ilm-Kalk-Platte</b>	236
<b>Tautenburger Forst</b>	25
<b>Zeugenberge Mittleres Saaletal</b>	64
$\Sigma$ Schichtstufenabschnitte	958,2
$\Sigma$ Schichtkammabschnitte	21,8
<b>Gesamt</b>	<b>980</b>

### 2.3.2 Geologische Charakteristik des Wellenkalk-Schichtstufenhanges

#### 2.3.2.1 Vorbemerkungen

Die Wellenkalk-Schichtstufe ist eine an die Gesteinsverhältnisse angepasste Strukturform, die an die Ausstrichsbereiche der Schichtenfolge Röt (Oberer Buntsandstein) und Wellenkalk (Unterer Muschelkalk) gebunden ist (vgl. Abb. 2.3). Innerhalb dieses Zweischichtkomplexes fungiert der inkompetente Obere Buntsandstein (Röt) als Sockelgestein und bildet den unteren Teil des Stufenhanges. Der kompetentere Untere Muschelkalk (Wellenkalk) ist der den Oberhang aufbauende Stufenbildner.

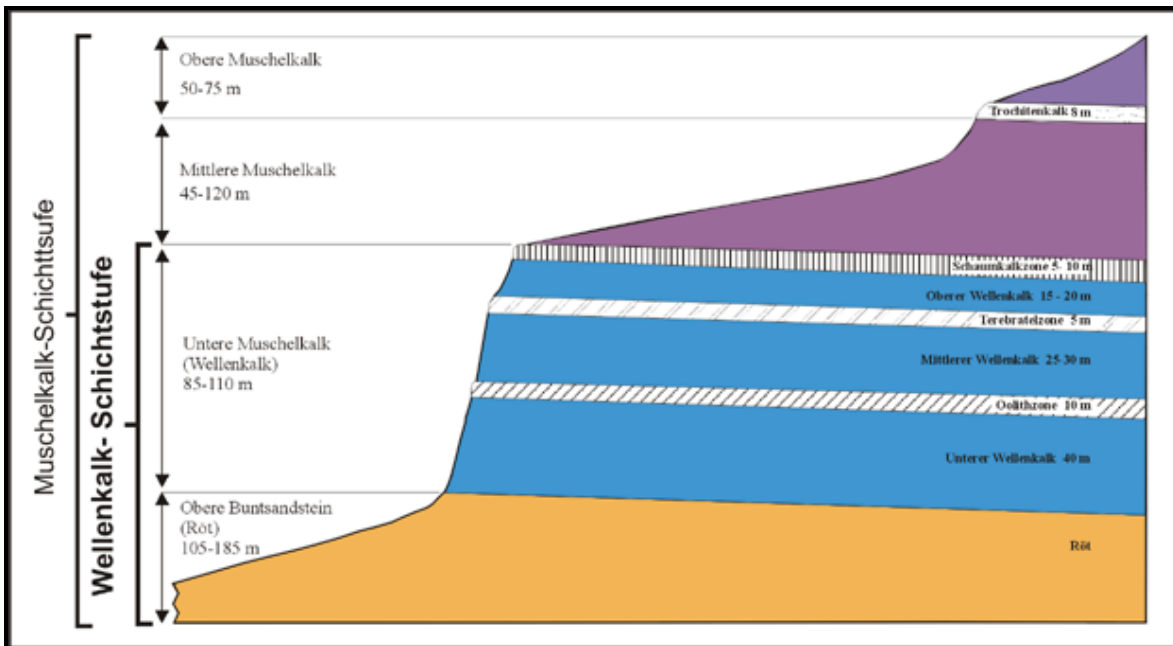


Abb. 2.3: Der stratigraphische Aufbau der Muschelkalk- und Wellenkalk-Schichtstufe

Im Hangenden folgen der zur Flächenbildung neigende saline Mittlere Muschelkalk und der im Bereich der Trochitenkalke stufenbildende Oberer Muschelkalk (vgl. Abb. 2.3). Letztere Schichtkomplexe bedingen die morphologische Mehrgliedrigkeit der Muschelkalkschichtstufe, haben aber, da sie außerhalb des zu untersuchenden Wellenkalk-Schichtstufenhanges liegen, für die Untersuchung keine weitere Bedeutung.

### 2.3.2.2 Der Obere Buntsandstein (Röt)

Der Obere Buntsandstein (Röt) besteht aus einer Wechsellagerung litoraler, fluviatiler und limnischer Sedimente (HOPPE & SEIDEL 1974) und ist im Untersuchungsgebiet in Abhängigkeit von den paläogeographischen Ablagerungsbedingungen (*Eichsfeld-Schwelle*, *Ostthüringisches Randgebiet*, *Thüringer Senke*; vgl. Kap. 2.2) zwischen 105 und 185 m mächtig (vgl. Tab. 2.2).

Die Ablagerung erfolgte in drei Zyklen, die als Unterer- (Salinarröt), Mittlerer- (Pelitröt) und Oberer Röt (Myophorienfolge) bezeichnet werden (SEIDEL 1965) und sich im Einzelnen weiter untergliedern (vgl. LANGBEIN & SEIDEL 1976).

Tab. 2.2: Die Mächtigkeiten der Wellenkalk- und Rötsedimente im Thüringer Becken (zusammengestellt nach: SEIDEL 1992, ZIEGENHARDT & JUNGWIRTH 1971, DOCKTER 1966)

	<b>Eichsfeldschwelle</b> (Oberes Eichsfeld & Hainich) (m)	<b>Nordrand Th. B.*</b> (Hainleite, Dün) (m)	<b>Südliches Th. B.</b> (Ohrdrufer Platte) (m)	<b>Ostthüringisches Randgebiet</b> (Ilm-Kalk-Platte) (m)	<b>Thüringische Senke</b> (Zentrum Th. B.) (m)
<b>Σ Wellenkalk</b>	<b>103</b>	<b>93-106</b>	<b>85-92</b>	<b>105</b>	<b>108</b>
<i>Schaumkalkzone</i>	5	9-10	7-8	12	8
<i>Oberer Wellenkalk</i>	19	16-19	19-20	20	20
<i>Terebratelzone</i>	8	6-8	2-4	3	4
<i>Mittlerer Wellenkalk</i>	28	18-20	19-20	26	30
<i>Oolithzone</i>	7	7-9	8	8	7
<i>Unterer Wellenkalk</i>	36	37-40	30-32	36	40
<b>Σ Röt</b>	<b>117</b>	<b>130</b>	<b>105-112</b>	<b>123-136</b>	<b>185</b>
<i>Myophorien-Folge</i>	7	10	15	16-18	20
<i>Pelitröt-Folge</i>	78	85	60-65	90	98
<i>Salinarröt-Folge</i>	32	35	30-32	18-28	67
* Th.B.: Thüringer Becken					

Lithologisch besteht das Röt aus grauen, rotbraunen bis violett gefärbten Ton-Mergelsteinen mit Einlagerungen von Sandstein, Dolomit und bis 10 m mächtigen Knollen- und Fasergipsbänken (PUFF 1963). Mächtige Gipse sind v.a. im Salinarröt zu finden (Basisgipse). Weniger mächtige Knollen- und Fasergipslagen sind auch im Pelitröt enthalten (MORGENEYER 1963, SEIDEL 1992). Die Rötgipse sind subrosionsanfällig, so dass es durch Auslaugungsprozesse zu Massendefiziten kommen kann, in dessen Folge die hangenden Schichten nachsacken und atektonische Schichtdeformationen, die bis in den Wellenkalk reichen können, entstehen. Zudem bedingen diese Vorgänge die Ausbildung von Erdfällen, wie sie im Verbreitungsgebiet des Röts häufig zu finden sind (vgl. SCHNEIDER 1968, MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1959 - 1962).

Die Korngrößenzusammensetzung der vielgestaltigen Rötablagerungen ist in Abhängigkeit von der stratigraphischen Position im Röt sehr variabel. Als Beispiel ist in Abbildung 2.4 die Korngrößenzusammensetzung (ohne Skelettanteil) zweier in unterschiedlicher Höhenlage vom oberen Pelitröt (nach LANGBEIN & SEIDEL 1976: Obere Bunte Folge) gewonnenen Proben an einem Massenverlagerungsgebiet vom Dün südöstlich der Ortschaft Leinefelde angeführt (Karte 1).



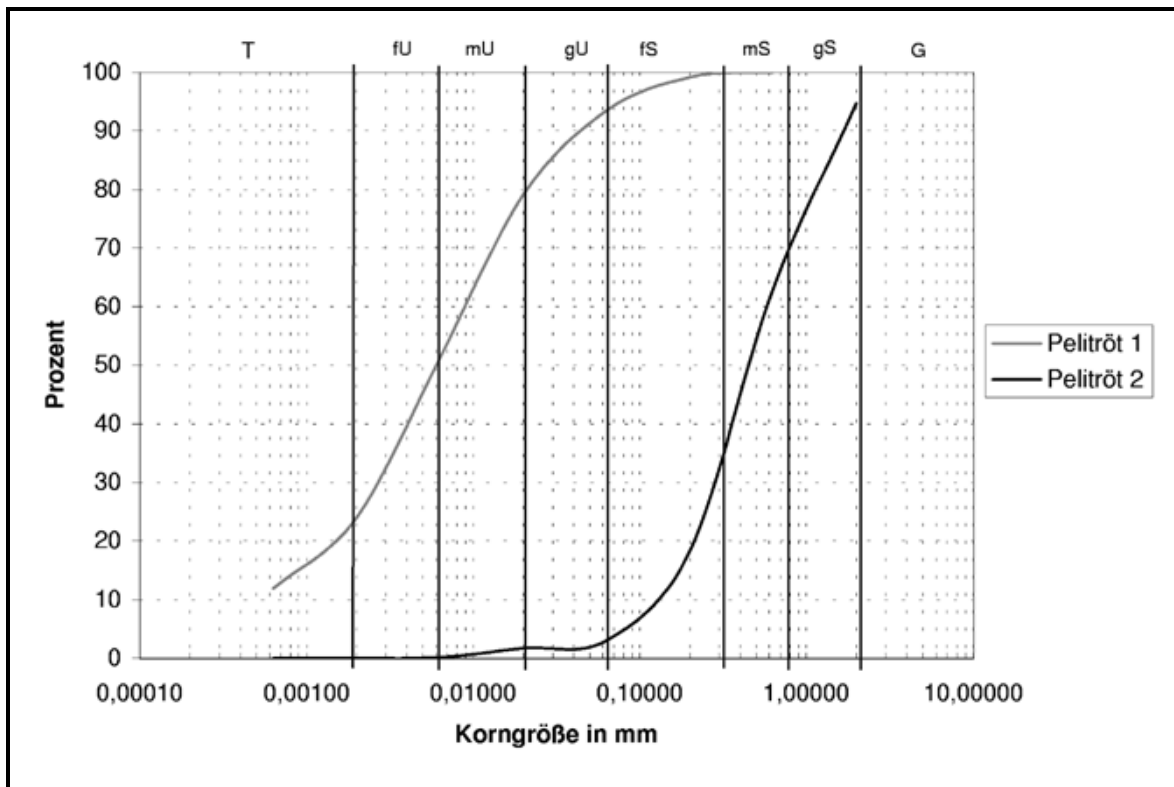


Abb. 2.4: Die Korngrößenverteilung (ohne Skelettanteil) zweier Pelitrötproben vom Dünen südlich der Ortschaft Deuna (Analyse: Geographisches Labor der M-L-U Halle)

Während die Pelitrötprobe 1 eine schluffige-tonige Korngrößenverteilung zeigt, ist die nur 3 m tiefer gewonnene Pelitrötprobe 2 zu 95 % fein bis mittelsandig ausgebildet. Ähnliche Korngrößenzusammensetzungen konnte WITTE (1995b) im Pelitröt eines von Massenverlagerungen betroffenen Wellenkalk-Schichtstufenhanges bei Holzminden (Niedersachsen) nachweisen.

Nach HOPPE & SEIDEL (1974) sind im Röt v.a. die Tonminerale Illit und Glimmer vorhanden. Für LIPPMANN (1956) und BRUNHOFF (1983) ist das nach BACKHAUS (1987) für das Rötmeer charakteristische mixed-layer-Mineral Corrensit das dominierende Röttonmineral. Eigene qualitative tonmineralogische Untersuchungen im Pelitröt eines Massenverlagerungsgebietes am Dünen südöstlich der Ortschaft Leinefelde (vgl. oben) zeigten, dass es sich hierbei um ein tonreiches Quarz-Dolomit Gemisch handelt, wobei neben dem Dreischichttonmineral Illit v.a. auch Montmorillonit als wichtigster Vertreter der Smectitgruppe, sowie das mixed-layer-Mineral Corrensit und das Zweischichttonmineral Kaolinit vorkommen (vgl. Abb. 2.5). Zu ähnlichen Feststellungen kommen BÜHMANN & RAMBOW (1979) sowie WENZEL (1991).

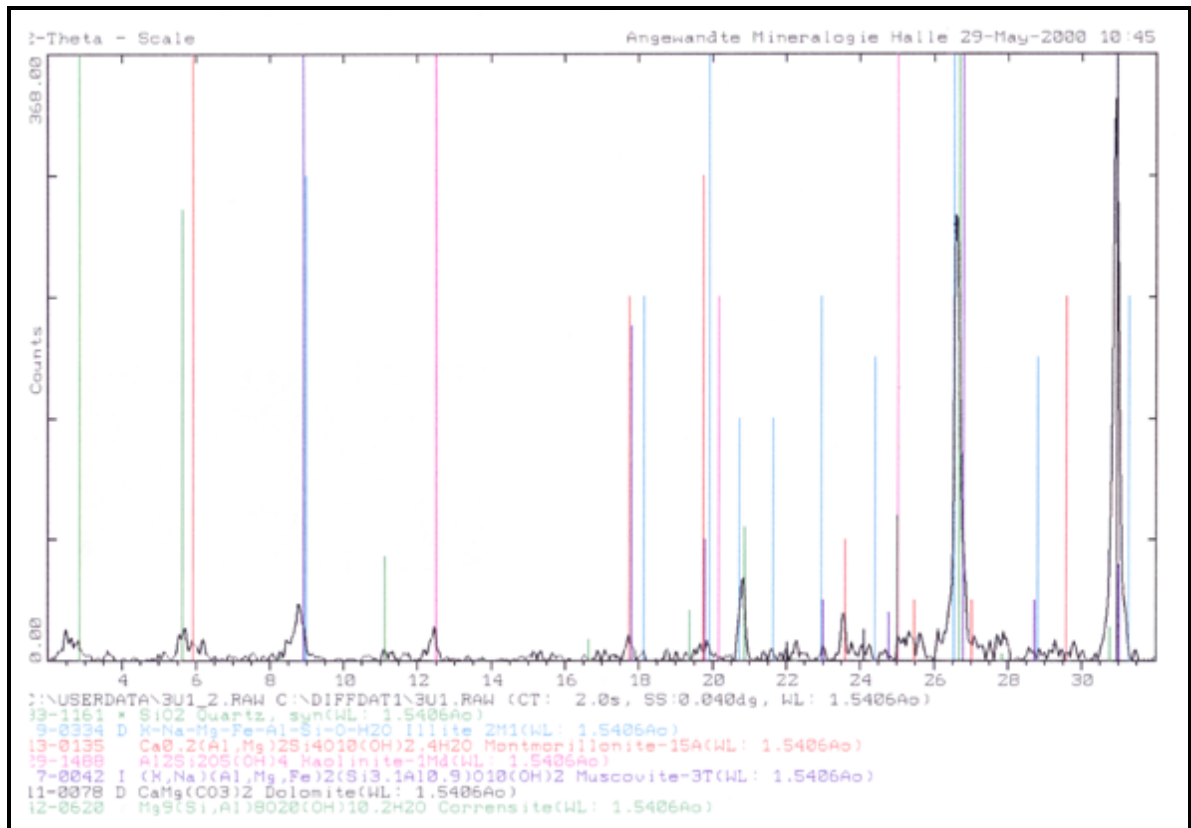


Abb. 2.5: Mineralogische Zusammensetzung einer Pelitrotprobe von einem Wellenkalk-Schichtstufenabschnitt am Dün südl. der Ortschaft Deuna (Analyse: Mineralogisches Labor M-L-U Halle)

Infolge des Tonreichtums neigen die Rötsschichten bei Wasserzutritt zur Plastifizierung und bei Trockenheit zur Ausbildung von bis mehrere Dezimeter tief reichender Trockenrisse, die bei Niederschlägen das Wasser sehr schnell in das Hangsystem abführen können, was aus geomechanischer Sicht zu einer ungünstigen Beeinflussung der Scherfestigkeit führen kann (vgl. TILCH 1999). Hydrogeologisch ist der Röt durch seine primär tonig-mergelige Ausbildung allgemein als wasserstauend zu bezeichnen. Eine Grundwasserführung im Röt ist im Wesentlichen an das Kluftvolumen der den Ton- und Mergelsteinen eingelagerten Sandsteine, Dolomite und Gipse gebunden (HOPPE & SEIDEL 1974).

Geomechanisch ist das Röt ein Halbfestgestein, für dessen mechanisches Verhalten in Abhängigkeit von den wasserstauenden Eigenschaften, der Quelfähigkeit und Plastizität der Tone sowie der Subrosionsanfälligkeit der Gipse, bodenmechanische Gesetzmäßigkeiten gelten (JOHNSON & KLENGEL 1972, JOHNSON 1974). Die Ton-Mergelsteine sind stark überkonsolidiert (SCHENK 1983) und mit Kluftabständen < 0,1 m engständig geklüftet (WENZEL 1991). Die Klüfte sind oft horizontspezifisch und nur wenige Zentimeter lang.

Die Ausstrichsbreite des Röt beträgt im Untersuchungsgebiet durchschnittlich 800 - 1200 m. In Abhängigkeit von der Schichtlagerung variiert diese im Einzelnen aber stark. So betragen die

Ausstrichsbreiten im Bereich von Schichtkämmen (z.B. Schmücke, Hörselberge) lediglich 100 - 200 m, wohingegen im Umland von Zeugenbergen, wie beispielsweise an den Zeugenbergen im Mittleren Saaletal (Hufeisen, Wöllmisse) oder zwischen dem Ohmgebirge und den Bleicheröder Bergen, maximale Ausstrichsbreiten von 3600 m zu verzeichnen sind. Damit verbunden ist eine spezifische Morphometrie der Stufenhänge an den Zeugenbergen, worauf im Einzelnen in Kapitel 2.3.3.5 eingegangen wird.

#### 2.3.2.3 Der Untere Muschelkalk (Wellenkalk)

Der Untere Muschelkalk (Wellenkalk) stellt ein marines chemisches bis organogenes Schelfmeersediment dar. Entsprechend den paläogeographischen Ablagerungsbedingungen schwankt seine Mächtigkeit im Untersuchungsgebiet zwischen 85 und ca. 110 m (vgl. Tab. 2.2). Unterteilt wird der Untere Muschelkalk in die drei Hauptglieder: Unterer, Mittlerer und Oberer Wellenkalk (vgl. Abb. 2.3). Die Unterteilung erfolgt durch drei Bankzonen: die Oolith-, Terebratel- und Schaumkalkzone. Die Bankzonen bestehen aus stark zementierten, oolithisch kristallinen Kalken ohne größere tonige Verunreinigungen (LANGBEIN et al. 1983) und entsprechen den Bereichen höchster Verwitterungsresistenz im Wellenkalk. Einzelnen betrachtet, bestehen die Zonen aus zwei bis drei kristallinen Bänken, die durch Mergelzwischenhorizont voneinander getrennt sind, und genauer u.a. von HOPPE & SEIDEL (1974) beschrieben werden. Der  $\text{CaCO}_3$ -Gehalt dieser kristallinen Kalkbänke beträgt rund 95 - 100 %, was zu einer stärkeren physikochemischen Verkettung dieser Zonen, ähnlich einem steigenden Kalkanteil im Beton, führt (LANGBEIN & SCHWAN 1983). Hierauf begründet sich die hohe Verwitterungsresistenz dieser Bankzonen und die damit verbundenen morphologischen Eigenschaften (Härtlingsbildner) und Nutzungsmöglichkeiten (z.B. Werksteinabbau).

Der Wellenkalk selbst besteht aus kompaktierten, grauen, ebenschichtig bis knauerigen, plattig bis bankigen Mergelkalken mit teilweise starken tonigen Verunreinigungen, wobei die unruhigen Schichtoberflächen namensgebend für den Wellenkalk sind (RÜGER 1937). Neben den knauerig-konglomeratreichen Zonen (vgl. AS- SARUI & LANGBEIN 1987) besteht der Wellenkalk vornehmlich aus einer Art verfestigten Kalkschlamms, der je nach Korngröße als Lutit ( $< 0,063$  mm) bzw. Arenit (0,063 - 2 mm) bezeichnet wird (LANGBEIN & SCHWAN 1983).

Chemisch setzt sich der Wellenkalk zu ca. 75 % aus  $\text{CaCO}_3$  zusammen, wobei bei steigendem Tonanteil der  $\text{CaCO}_3$ -Anteil bis auf 50 % abnehmen kann (LANGBEIN & SCHWAN 1983). Im Vergleich zur Oolith-, Terebratel- und Schaumkalkzone ist der Wellenkalk wesentlich verwitterungsanfälliger, was sich in der im Gelände oftmals zu beobachtenden Hohlkehlenbildung im Wellenkalk widerspiegelt.

Geomechanisch ist der Untere Muschelkalk als Festgestein zu bezeichnen, für dessen mechanisches Verhalten ein engständiges, orthogonales Kluftsystem mit hohem Durchtrennungsgrad verantwortlich ist (JOHNSEN & KLENGEL 1973, WENZEL 1991). Dieses bewirkt eine primäre Entfestigung des Gesteinsverbandes und fördert den Wasserzutritt zu den liegenden, wasserstauenden, plastifizierbaren und subrosionsanfälligen Rötschichten. Im Gegensatz zum Röt, ist der Wellenkalk aufgrund seiner intensiven Klüftung als ein ausgesprochener Aquifer zu bezeichnen. Er besitzt innerhalb der Festgesteinsablagerungen im Thüringer Beckens mit durchschnittlich:  $1,8 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \text{ H}_2\text{O/s}$  die höchsten Transmissivitätswerte und ist damit einer der wichtigsten Grundwasserleiter Thüringens (THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT 1996). Insgesamt hat der Untere Muschelkalk eine durchschnittliche Dichte von  $2,44 \text{ g/cm}^3$  (LANGBEIN et al. 1983) und neigt aufgrund seines hohen Kalkgehaltes zur Verkarstung.

Die Röt-/Muschelkalkgrenze, die stratigraphisch an die ca. 1 m mächtige und bereits zum Unteren Wellenkalk gehörende, sogenannte Gelbe Grenzbank gelegt wird (vgl. SEIDEL 1992), ist annähernd vollständig von mehreren Metern mächtigen Muschelkalkschutt verhüllt. Dies erschwert mitunter eine eindeutige Grenzziehung zwischen den Gesteinsschichten.

Abgesehen von den paläogeographisch bedingten Mächtigkeitsunterschieden der abgelagerten Röt- und Wellenkalksedimente bestehen innerhalb des Untersuchungsgebietes keine für die Großform Wellenkalk-Schichtstufe bedeutsamen Unterschiede in der lithologischen Beschaffenheit der Gesteine (vgl. SCHMIDT 1988b).

### **2.3.3 Morphologisch-morphometrische Charakteristik der Wellenkalk-Schichtstufe**

#### **2.3.3.1 Einleitung**

Im morphologischen Bau der Wellenkalk-Schichtstufe sind die wesentlichen Reliefelemente der Schichtstufenlandschaft wiederzufinden (vgl. Abb. 2.6). Die Benennung der einzelnen Reliefelemente erfolgt in Anlehnung an die in der Literatur verwendete Terminologie von BLUME (1971), SCHUNKE & SPÖNEMANN (1972) und SCHMIDT (1988a).

Die Wellenkalk-Schichtstufe ist das landschaftsbestimmende Segment innerhalb der durch die Überlagerung vom Mittleren- und Oberen Muschelkalk doppelt ausgebildeten Muschelkalk-Schichtstufe (vgl. Abb. 2.3 und 2.6). Sie besteht aus drei unterschiedlichen Reliefelementen, einem Steilreliefteil und zwei Flachreliefteilen. Das flächenhafte Reliefelement im Hangenden des Wellenkalkes wird als Stufenfläche, das flächenhafte Reliefelement im Röt als Fußfläche bezeichnet. Das Bindeglied zwischen diesen beiden Flachreliefteilen ist der Stufenhang, der die

eigentliche Geländestufe darstellt. Als Ausgangspunkt der Massenverlagerungen ist dieser für die Untersuchung von besonderer Bedeutung.

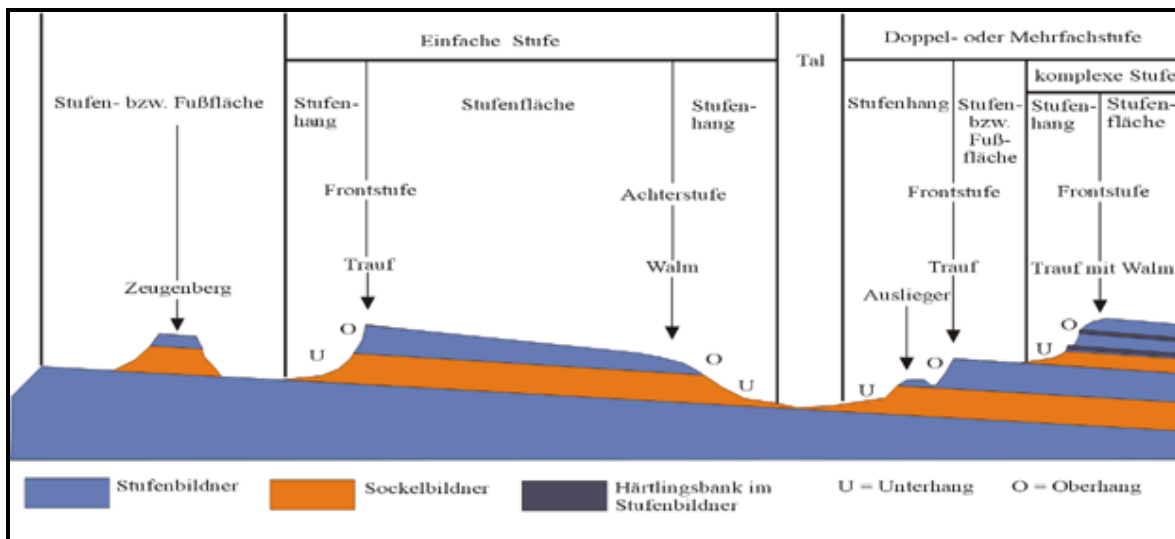


Abb. 2.6: Reliefelemente der Schichtstufenlandschaft (nach SCHMIDT 1988a verändert)

### 2.3.3.2 Der Stufenhang

Bedingt durch den geologischen Aufbau ist der Wellenkalk-Schichtstufenhang morphologisch deutlich zweigegliedert. Der durchschnittlich  $35 - 40^\circ$  geneigte, teilweise auch wandartig verstellte Oberhang befindet sich im stratigraphischen Niveau des kompetenten Unteren Muschelkalkes (Wellenkalk). Häufig bedingen die dem Wellenkalk eingeschalteten Härtingsbänke (Oolith-, Terebratel-, Schaumkalkzone) (vgl. Kap. 2.3.2.3) die Ausbildung markant vorspringender Hangleisten, die den Oberhang, im Detail betrachtet, weiter untergliedern.

Der Unterhang der Wellenkalk-Schichtstufe ist im stratigraphischen Niveau des inkompetenten Röt ausgebildet und ist mit durchschnittlich  $10 - 20^\circ$  Hangneigung wesentlich geringer geneigt als der Oberhang. Im Einzelnen sind im heterogen zusammengesetzten Rötsockel auch steilere Abschnitte ( $> 20^\circ$ ) eingeschaltet, die mit leistenbildenden Härtingszonen [u.a. Sandsteinlagen, Gipse, Dolomitlagen (vgl. Kap. 2.3.2.2)] koinzidieren. Im Übergangsbereich zur der bis zu mehreren Metern verhüllten Röt-/Muschelkalkgrenze steigen die Hangneigungen im Röt auf ca.  $20 - 25^\circ$  an (vgl. SCHUNKE 1968).

An Schichtkämmen, die im humiden Mitteleuropa entsprechend der Definition von SCHUNKE & SPÖNEMANN (1972) durch ein hangwärtiges Schichteinfallen größer  $10 - 12^\circ$  gekennzeichnet sind (vgl. Kap. 2.3.1), wird der Stufenhang als Stirnhang bezeichnet. Stirnhänge befinden sich an den bereits erwähnten Hörselbergen, der Schmücke und an kleineren Teilabschnitten vom Oberen Eichsfeld & Hainich (vgl. Karte 1).

Den Stufenhangabschluss des Oberhanges bildet der Trauf. Der Trauf entspricht dem mehr oder weniger markanten Übergang vom steil geneigtem Oberhang zur flach geneigten Stufenfläche. Dieser Übergang ist im Untersuchungsgebiet hauptsächlich als Trauf mit Walm [Oberhang und Stufenfläche verschneiden sich in einem  $< 18^\circ$  geneigtem Hangsegment (SCHUNKE & SPÖNEMANN 1972) (vgl. Abb. 2.7b)] oder als Trauf [Oberhang und Stufenfläche verschneiden sich im First, dem orometrisch höchsten Punkt der Stufe (vgl. Abb. 2.7a)] ausgebildet. Reine Walmstufenhänge, die durch mäßig ( $< 18 - 20^\circ$ ) geneigte konvexe Oberhänge gekennzeichnet sind, (vgl. Abb. 2.7c) kommen im Untersuchungsgebiet relativ selten vor und sind nur im Scheitelpunktbereich der tief in die Wellenkalk-Schichtstufe eingreifenden Buchten zu finden (vgl. BEYER & SCHMIDT 1999). Insgesamt charakterisiert der Stufenhangabschluss den Stufenhangtyp (z.B. Traufstufenhang, Walmstufenhang).

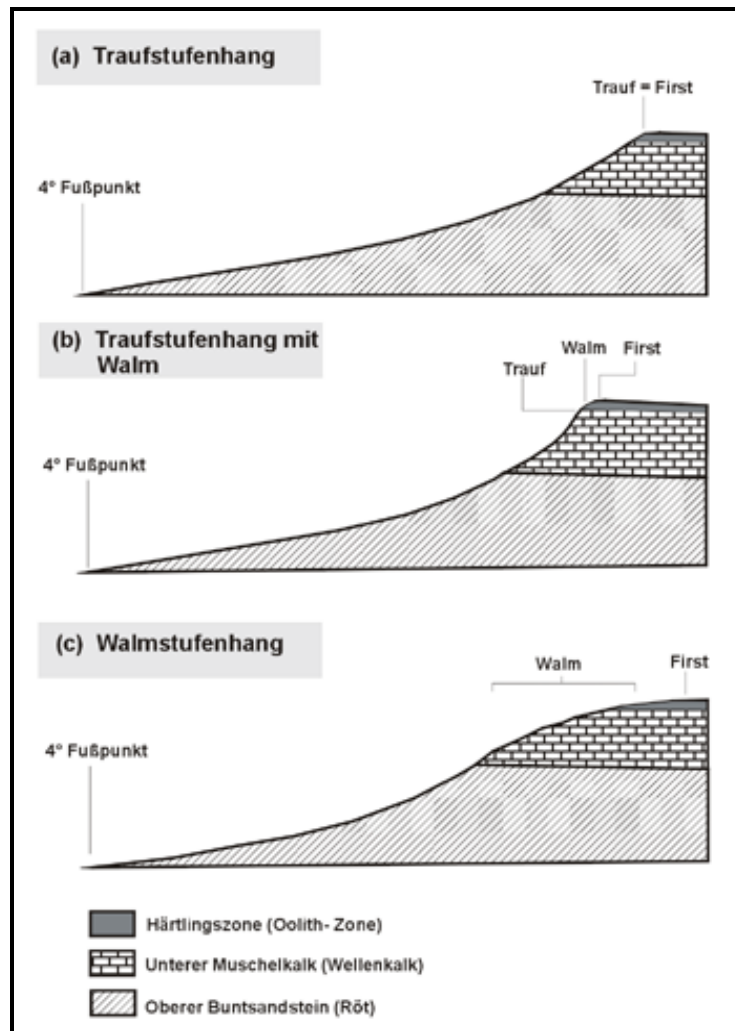


Abb. 2.7: Stufenhangtypen im Untersuchungsgebiet

Stratigraphisch liegt der Trauf im Untersuchungsgebiet vornehmlich in einer der Härtlingszonen, wohingegen die Wellenkalk-Schichtglieder (Unterer-, Mittlerer-, Oberer Wellenkalk) mit ca. 5 % der Gesamtstufenhanglänge nur in wenigen Fällen traufbildend in Erscheinung treten.

Entsprechend der aus den geologischen Karten (GK 25) abgeleiteten stratigraphischen Lage der Trauf, ist im Gesamtgebiet zu 54 % die Terebratel-Zone, zu 22 % die Oolith-Zone und zu 19 % die Schaumkalkzone die traufbildende Gesteinsschicht. Innerhalb der einzelnen Wellenkalk-Schichtstufenteilabschnitte ergeben sich diesbezüglich jedoch Unterschiede, die zusammengefasst in Tabelle 2.3 dargestellt sind.

Tab. 2.3: Prozentualer Anteil der traufbildenden Härtlingszonen an den Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitten des Untersuchungsgebietes

Wellenkalk-Schichtstufen- bzw. Schichtkammabschnitte	Länge (km)	Stratigraphische Position der Trauf innerhalb der Härtlingszonen (% von Gesamtlänge der Teilabschnitte)		
		Oolith-Zone	Terebratel-Zone	Schaumkalk-Zone
Schmücke	5	0	100	0
Hainleite	98	10	60	28
Dün	43	79	5	0
Bleicheröder Berge	26	90	0	0
Oberes Eichsfeld & Hainich	299	15	60	20
Gobert	41	40	53	6
Ringgau	71	26	60	11
Hörselberge	7	59	6	34
Ohrdrufer-Platte	65	4	40	34
Ilm-Kalk-Platte	236	13	62	23
Tautenburger Forst	25	17	61	6
Zeugenberge Mittl. Saaletal	64	37	34	10
<b>Gesamt</b>	<b>980</b>	<b>22</b>	<b>54</b>	<b>19</b>

So ist am Dün, an den Bleicheröder Bergen und an den Zeugenbergen des Mittleren Saaletales die Oolith-Zone die dominierende traufbildene Gesteinsschicht, wohingegen bei allen anderen Teilabschnitten die Terebratelzone als solche fungiert (vgl. Tab. 2.3). Die Schaumkalkzone ist in keinem der Teilgebiete der dominierende Traufbildner, wenngleich sie auch an der Hainleite, im Obereichsfeld & Hainich, an den Hörselbergen, an der Ohrdrufer Platte sowie der Ilm-Kalk-Platte die zweitwichtigste, traufbildene Härtlingszone darstellt. In einigen Untersuchungsabschnitten sind auch größere Anteile der Wellenkalk-Schichtglieder am stratigraphischen Aufbau der Stufentrauf zu verzeichnen. So sind, bezogen auf die Stufenhanglängen der Teilabschnitte, ca. 22 % der Ohrdrufer Platte, ca. 19 % der Zeugenberge Mittleres Saaletales sowie je 16 % vom Tautenburger Forst und Dün im stratigraphischen Niveau der Wellenkalk-Schichtglieder (Oberer-, Mittlerer-

bzw. Untere Wellenkalk) gelegen. In wenigen Einzelfällen befindet sich der Trauf bereits im stratigraphischen Niveau des Mittleren Muschelkalkes, wie es bspw. lokal an einigen Stufenhängen der Untersuchungsabschnitte Hainleite, Oberes Eichsfeld & Hainich, der Ilm-Kalk-Platte und am Tautenburger Forst zu beobachten ist.

Während der Trauf zur Stufenfläche überleitet, bildet nach der Definition von SCHUNKE (1968) der am Ende des Unterhanges gelegene 4° Fußpunkt (4° Böschungslinie) die Begrenzung des Stufenhanges zur vorgelagerten Fußfläche (vgl. Abb. 2.7). Ist der Stufe vor Erreichen der 4° Böschungslinie eine Tiefenlinie vorgelagert, so bildet diese die Begrenzung des Stufenhanges (vgl. BEYER & SCHMIDT 1999). In Abhängigkeit der stratigraphischen Position der Trauf und der erosiv bedingten Lage des Fußpunktes, der sich vornehmlich im Röt teilweise aber auch im Mittleren Buntsandstein befinden kann, erreicht die Stufe hauptsächlich Höhen zwischen 100 und 150 m, wobei aber auch Höhen unter 50 m und über 150 m beobachtet werden können. Die mit 260 – 270 m höchsten Stufenhänge im Untersuchungsgebiet befinden sich am nördlichen Ringgau (Lokalität: Heldrastein) und an der Westseite der Gobert (Lokalität: Hohestein).

Die mittleren absoluten Höhenlagen der Wellenkalk-Schichtstufen- bzw. Schichtkammabschnitte im Thüringer Becken liegen zwischen 280 und 500 m über NN und sind in Tabelle 2.4 enthalten.

Tab. 2.4: Die mittlere und maximale absolute Höhenlage der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte

<b>Wellenkalk-Schichtstufen- bzw. Schichtkammabschnitte</b>	<b>mittlere Höhenlage Trauf</b> (m über NN)	<b>max. Höhenlage Trauf</b> (m über NN)
Schmücke	290	380
Hainleite	370	440
Dün	470	522
Bleicheröder Berge	440	460
Oberes Eichsfeld & Hainich	450	493
Gobert	500	569
Ringgau	450	513
Hörselberge	430	484
Ohrdrufer-Platte	500	604
Ilm-Kalk-Platte	390	582
Tautenburger Forst	270	339
Zeugenberge Mittleres Saaletal	280	404
<b>Gesamt</b>	<b>280 - 500</b>	<b>604</b>



Während der Tautenburger Forst und die Schmücke die niedrigsten mittleren und absoluten Höhenwerte erreichen, ist im Teilabschnitt der Ohrdruffer Platte (Karte 1) (Gebiet der Reinsberge bei Plaue) mit einer absoluten Höhenlage von 604 m über NN der orographisch höchstgelegene Wellenkalk-Schichtstufenabschnitt im gesamten Thüringer Becken zu finden.

Im Profil zeigt sich der Stufenhang als konkaves Reliefelement (vgl. Abb. 2.7), wobei sich der Bereich der maximalen Konkavität im Unterhang und nur sehr selten im Bereich der Röt-Wellenkalk-Schichtgrenze befindet (BEYER & SCHMIDT 1999). Die Konkavität der Wellenkalk-Schichtstufenhänge ist nach SCHUNKE (1968) und GRUNDMANN (1998) das Ergebnis der pleistozän-versteilend wirkenden Formungsprozesse im Unterhangbereich. Im Detail betrachtet, sind dem Stufenbildner auch konvexe Bereiche eingeschaltet, die mit den ausstreichenden Härtlingszonen koinzidieren bzw. sich im Bereich des Walms befinden (BEYER & SCHMIDT 1999). Die von Massenverlagerungen betroffenen Wellenkalk-Schichtstufenhänge sind nicht durchgehend konkav, sondern besitzen im Akkumulationsbereich des verlagerten Materials engräumig, stark wechselnde Wölbungen und werden deshalb analog ACKERMANN (1959) als "Buckelhänge" bezeichnet. Auch im Unterhangbereich des Rötsockels sind mitunter wechselnde Kurvaturen zu verzeichnen, die auf Erdfallbildungen infolge der Rötgipssubrosion zurückzuführen sind.

#### 2.3.3.3 Die Stufenfläche

Die Stufenfläche ist das sich oberhalb an den Stufenhang anschließende, flächenhaft ausgebildete Reliefelement (vgl. Abb. 2.6). Sie bildet eine mehr oder weniger weit ausgedehnte, ebene bis leicht gewellte, i.d.R. durch abflusslose Muldentäler zertalte Hochfläche mit geringer Reliefenergie. Die Genese der Stufenfläche wurde in der Literatur oft im Zusammenhang mit der Rumpfflächenbildung im Tertiär bzw. im Zusammenhang mit einer zweizyklischen Entwicklung des Schichtstufenreliefs diskutiert. Diesbezüglich sei auf die Untersuchungen von FREYBERG (1923) und ROSENKRANZ (1978) verwiesen.

Die Abdachung der Stufenfläche folgt in der Regel flach geneigt dem regionalen Schichteinfallen, wobei mitunter annähernd horizontale Flächenabschnitte eingeschaltet sind. Die traufproximalen Stufenflächenbereiche befinden sich in einer der traufbildenden Härtlingszonen (Oolith-, Terebratel-, Schaumkalkzone). Wo im Hangenden der Obere Muschelkalk noch erhalten ist, leitet die Stufenfläche über den Mittleren Muschelkalk in den Stufenhang der Trochitenkalkstufe, dem zweitwichtigsten Stufenbildner innerhalb der doppelt ausgebildeten Muschelkalk-Schichtstufe, über (vgl. Abb. 2.3). Dies ist u.a. an Teilabschnitten der Hainleite und der Ilm-Kalk-Platte sehr deutlich zu beobachten.

Im Bereich der durch steiler geneigtes, hangwärtiges Schichteinfallen gekennzeichneten Schichtkämme ( $> 12^\circ$  vgl. oben) fehlen die flachen Stufenflächen. Hier sind stärker geneigte, dem Schichteinfallen folgende Stufenrückhänge mit höherer Reliefenergie ausgebildet (vgl. BLUME 1987). Insgesamt sind die Stufenflächen bzw. Stufenrückhänge die orographisch höchsten Bereiche der Wellenkalk-Schichtstufe. Als bedeutendste Flächen des Niederschlagseintrages und der Grundwasserneubildung im Schichtstufenrelief übernehmen sie eine wichtige Funktion im Hinblick auf die hydrologisch gesteuerte Prozeßmorphodynamik des Stufenhangsystems.

#### 2.3.3.4 Die Fußfläche

Die im Röt, teilweise aber auch im Mittleren Buntsandstein ausgebildete Fußfläche ist das orographisch am tiefsten gelegene Formenelement der Wellenkalk-Schichtstufe. Im Gegensatz zur Stufenfläche ist diese stärker zertalt und weniger großflächig ausgebildet. Die stärkere Zertalung resultiert aus dem engeren und weiter verzweigten Talnetz infolge der zunehmenden Linearerosion im tonig-mergelig ausgebildeten, wasserstauenden und weniger resistenten Röt. Ähnlich dem Unterhang wird die unruhige Morphologie der Fußfläche auch hier durch die auf die Rötgipssubrosion zurückzuführende Ausbildung von Erdfällen verstärkt, wie sie u.a. am Dün aber auch im Oberen Eichsfeld häufig zu beobachten sind (vgl. Abb 2.8).

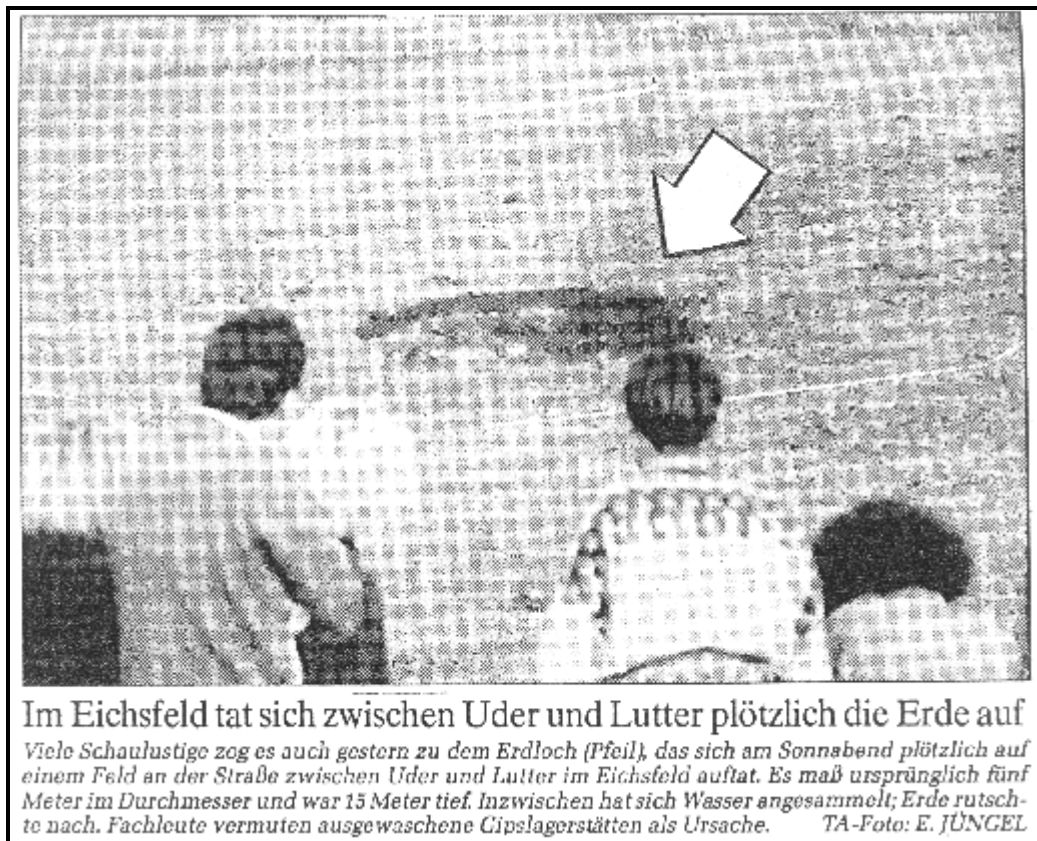


Abb. 2.8: Rezente Erdfallbildungen auf der Fußfläche der Wellenkalk-Schichtstufe nahe der Ortschaft Lutter im Oberen Eichsfeld [Quelle: Thüringer Allgemeine (1992a)]

### 2.3.3.5 Zeugenberge und Auslieger

Im Umland einiger Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte befinden sich die schon mehrfach erwähnten größeren Erosionsreste bzw. Zeugenberge (vgl. Karte 1). Diese sind durch allseits stark zerlappte Stufenhänge, die keinerlei Verbindung mehr zu den vorgelagerten, zusammenhängenden Wellenkalkmassiven haben, charakterisiert. Insgesamt wurden 11 dieser in unterschiedlicher Entfernung vom kompakten Stufenhang entfernt liegenden Gebiete in die Untersuchung einbezogen (vgl. Tab. 2.5). Die Zeugenberge befinden sich dabei generell im Vorland von Stufenabschnitten mit flacher Schichtlagerung, wohingegen sie analog der Beobachtungen von SCHUNKE & SPÖNEMANN (1972) im Vorland der durch hohe Einfallswinkel charakterisierten Schichtkämme nicht vorkommen.

Tab. 2.5: Die größeren Erosionsreste bzw. Zeugenberge des Untersuchungsgebietes und deren Entfernung von den kompakten Wellenkalk-Schichtstufenhängen

<b>Größere Erosionsreste bzw. Zeugenberge</b> (Anzahl)	<b>vorgelagerte Wellenkalkmassive</b>	<b>kleinste Entfernung zum vorgelagerten Wellenkalkmassiv (m)</b>
Zeugenberg südl. Sondershausen (1)	Hainleite	275
Bleicheröder Berge inkl. der drei westl. gelegenen Zeugenberge (4)	Dün	2500 - 6900
Gobert (1)	Oberes Eichsfeld	4000
Zeugenberg östl. der Ohrdruffer-Platte (1)	Ohrdruffer-Platte	600
Singener Berg westl. der Ilm-Kalk-Platte (1)	Ilm-Kalk-Platte	3150
Zeugenberge Mittleres Saaletal (3)	Ilm-Kalk-Platte	2150 - 4500

Die starke Zerlappung der Stufenhänge dokumentiert die fortgeschrittene Auflösung der Zeugenberge. Die Auflösung des Stufenhanges erfolgt auf Kosten der Stufenfläche und zu Gunsten der im stratigraphischen Niveau des Röt ausgebildeten Fußfläche. So sind die Stufenflächen der Zeugenberge im Vergleich zu den kompakten Wellenkalk-Schichtstufenabschnitten generell kleinflächiger. Demgegenüber erreichen die Fußflächen im Umland der Zeugenberge ihre größte Flächenausdehnung, was sich hier in den bereits beschriebenen, maximalen Ausstrichsbreiten des Röt widerspiegelt (vgl. Kap. 2.3.2.2).

Die Trennung der Zeugenberge von den kompakten Wellenkalk-Massiven erfolgte im Laufe der Reliefentwicklung durch die erosive Tätigkeit der Flüsse (z.B. Zeugenberge Mittleres Saaletal, Bleicheröder Berge) im Zusammenhang mit der denudativen Hangentwicklung. Dabei wurde die Abtrennung dieser Gebiete durch tektonischen Störungen teilweise begünstigt, wie es bspw. an der

Gobert der Fall ist (vgl. Karte 1). Die Existenz dieser Erosionsreste belegt jedoch eine ehemals großflächigere Verbreitung der Triassedimente und dokumentiert damit die Dynamik der Schichtstufenentwicklung. Aufgrund der Tatsache, dass in den erodierten Zwischenräumen pleistozäne Sedimente (z.B. Schotterkörper in den Tälern oder Lößaufwehungen an den Hängen) abgelagert worden sind, liegt das Mindestalter der Durchtrennung im Pleistozän.

Eine Vorstufe der Zeugenberge sind die sogenannten Auslieger (vgl. Abb. 2.6). Diese befinden sich im unmittelbaren Vorland des Stufenhanges, besitzen aber im Unterschied zu den Zeugenbergen noch eine Verbindung zum stufenbildenden Gestein (vgl. BLUME 1987, SCHMIDT 1988a). Auslieger sind im Untersuchungsgebiet v.a. an erniedrigten, langen Vorsprüngen stark zertalter Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte zu finden. Besonders häufig kommen diese u.a. im Oberen Eichsfeld & Hainich sowie im Bereich der Ilm-Kalk-Platte vor (vgl. BEYER 1997).

#### 2.3.3.6 Die Buchtung der Schichtstufen- und Schichtkammhänge

Im Grundriss betrachtet, sind die einzelnen Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte unterschiedlich stark durch Taleinschnitte in Buchten und Vorsprünge gliedert. Daneben gibt es eine Anzahl relativ geradlinig verlaufender bzw. nicht bis wenig stark gebuchteter Abschnitte (vgl. Karte 1). Die Zertalung der Stufenhänge erfolgt vornehmlich durch kerb- bis kerbsohlentalförmige Trockentäler mit teilweise episodischer Wasserführung.

Die Buchtung des Stufenhanges ist morphometrisch durch den Buchtungsindex nach SCHMIDT (1988a) fassbar. Dieser beschreibt das Verhältnis von wahrer Stufenhanglänge eines Abschnittes zwischen einem Anfangs- und einem Endpunkt, gemessen am Verlauf der Trauf, zur Luftliniendistanz zwischen diesen beiden Punkten (vgl. Abb. 2.9). An Zeugenbergen, die durch eine allseitige Ausbildung von Stufenhängen charakterisiert sind, muss die Luftliniendistanz zwischen dem Anfangs- und Endpunkt in die Berechnung doppelt einfließen. Um die Vergleichbarkeit der Zeugenberge zu den kompakten Stufenhängen zu bewahren, wurde die Lage von Anfangs- und Endpunkt so gewählt, dass sich eine maximale Luftliniendistanz zwischen diesen Punkten ergibt (vgl. Abb. 2.9). Die für die einzelnen Untersuchungsabschnitte und für das Gesamtgebiet ermittelten Buchtungsindizes sind in Tabelle 2.6 dargestellt.

Für die insgesamt 980 km langen Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammhänge des Untersuchungsgebietes ergibt sich ein durchschnittlicher Buchtungsindex von 3,1, d.h. auf einem Kilometer Luftlinie erreicht die Stufe eine Länge von durchschnittlich 3,1 km. Innerhalb der einzelnen Teilgebiete ergeben sich, in Abhängigkeit von der hier gewählten naturräumlichen Begrenzung der Untersuchungsabschnitte, z.T. erhebliche Unterschiede (vgl. Tab. 2.6).

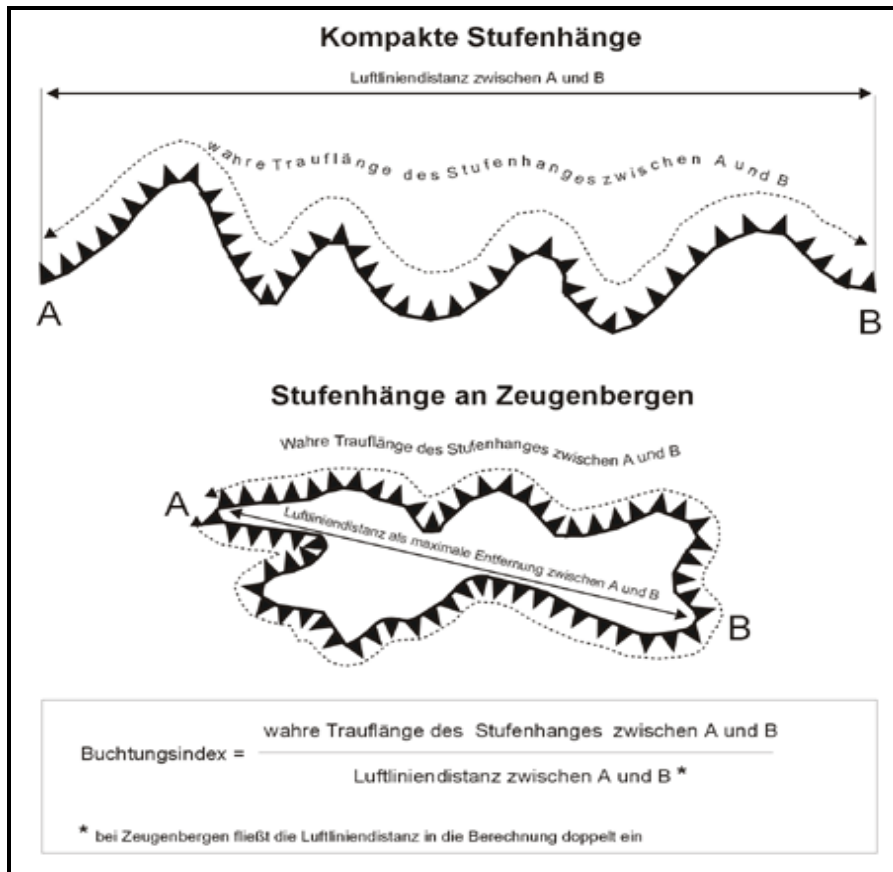


Abb. 2.9: Die Ermittlung des Buchtungsindex an kompakten Stufenhängen und an Zeugenbergen

Tab.2.6: Der Buchtungsindex der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte

Wellenkalk-Schichtstufen- bzw. Schichtkammabschnitte	Länge (km)	Buchtungsindex
Schmücke	5	1,2
Hainleite	98	2,4
Dün	43	1,8
Bleicheröder Berge	26	4,1
Oberes Eichsfeld & Hainich	299	3,9
Gobert	41	4,4
Ringgau	71	3,0
Hörselberge	7	1,1
Ohrdruffer-Platte	65	3,1
Ilm-Kalk-Platte	236	3,0
Tautenburger Forst	25	2,7
Zeugenberge Mittleres Saaletal	64	4,4
<b>Gesamt</b>	<b>980</b>	<b>3,1</b>

Wie bereits der Karte 1 zu entnehmen ist, sind die Schichtkammabschnitte Schmücke und Hörselberge mit Buchtungsindizes um 1 am geringsten gebuchtet, wohingegen das Obere Eichsfeld & Hainich mit Buchtungsindizes von 3,9 gefolgt von der Ohrdruffer Platte (Buchtungsindex 3,1) Ilm-Kalk-Platte und dem Ringgau (Buchtungsindex 3,0) die am stärksten gebuchteten kompakten Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte im Thüringer Becken darstellen (vgl. Tab. 2.6).

Die höchsten Buchtungswerte ( $> 4$ ) zeigen die größeren Erosionsreste und Zeugenberge im Umfeld der Wellenkalk-Schichtstufe wie Bleicheröder Berge, Gobert und Zeugenberge Mittleres Saaletal. Dies resultiert aus der bereits erwähnten Tatsache, dass an Zeugenbergen i.d.R. allseits stark zerlappte Stufenhänge ausgebildet sind (vgl. Kap. 2.3.3.5), die die fortgeschrittene Auflösung dieser Erosionsreste dokumentieren. Die geringsten Buchtungswerte im Bereich der Schichtkämme sind auf das stärkere Schichteinfallen in Verbindung mit einer Abnahme der grundwasserbedingten Formung und der damit einhergehenden geringeren Zerschneidung des Stirnhanges zurückzuführen (SCHUNKE & SPÖNEMANN 1972, SCHMIDT 1988a). Der Dün hat innerhalb der Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte mit einem Buchtungsindex von 1,8 den geradlinigsten Stufenverlauf. Dieser im Vergleich zu den anderen Wellenkalk-Schichtstufenabschnitten geringste Buchtungswert ist möglicherweise auf die Ausbildung eines Salzhanges im Zechsteinsalinar zurückzuführen, der sich nach STEINMÜLLER (1968) hier direkt unterhalb des Stufenhanges befindet. Alle übrigen Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte weisen Buchtungswerte zwischen 2 und 3 auf und sind somit als normalausgebildet zu bezeichnen.

#### 2.3.3.7 Neigungsrichtung und Neigungswinkel der Stufenhänge

Im Rahmen der Untersuchung zu analysierende, morphologisch wichtige Merkmale von Schichtstufenlandschaften sind die Neigungsrichtung und der Neigungswinkel der am Stufenaufbau beteiligten Gesteinsschichten (vgl. BLUME 1987). Letzterer bedingt die bereits beschriebene Unterscheidung zwischen Schichtstufen- und Schichtkammhängen.

Nach dem großräumig regionalen Schichteinfallen (Neigungsrichtung) können die Schichtstufenhängen grundsätzlich in Front-, Achter- und Diagonalstufenhängen unterteilt werden (BLUME 1987, SCHMIDT 1988a) (vgl. Abb. 2.6 und 2.10). Die Frontstufenhängen sind durch ein hangeinwärts gerichtetes Schichteinfallen charakterisiert, während bei Achterstufenhängen das Schichteinfallen hangauswärts gerichtet ist. Die Diagonalstufenhängen befinden sich, im Stufengrundriss betrachtet, an den Flanken der mehr oder weniger senkrecht in die Front- oder Achterstufen eingeschnittenen Täler und damit senkrecht zur regionalen Einfallrichtung der Gesteinsschichten (BLUME 1987) (vgl. Abb.2.10).

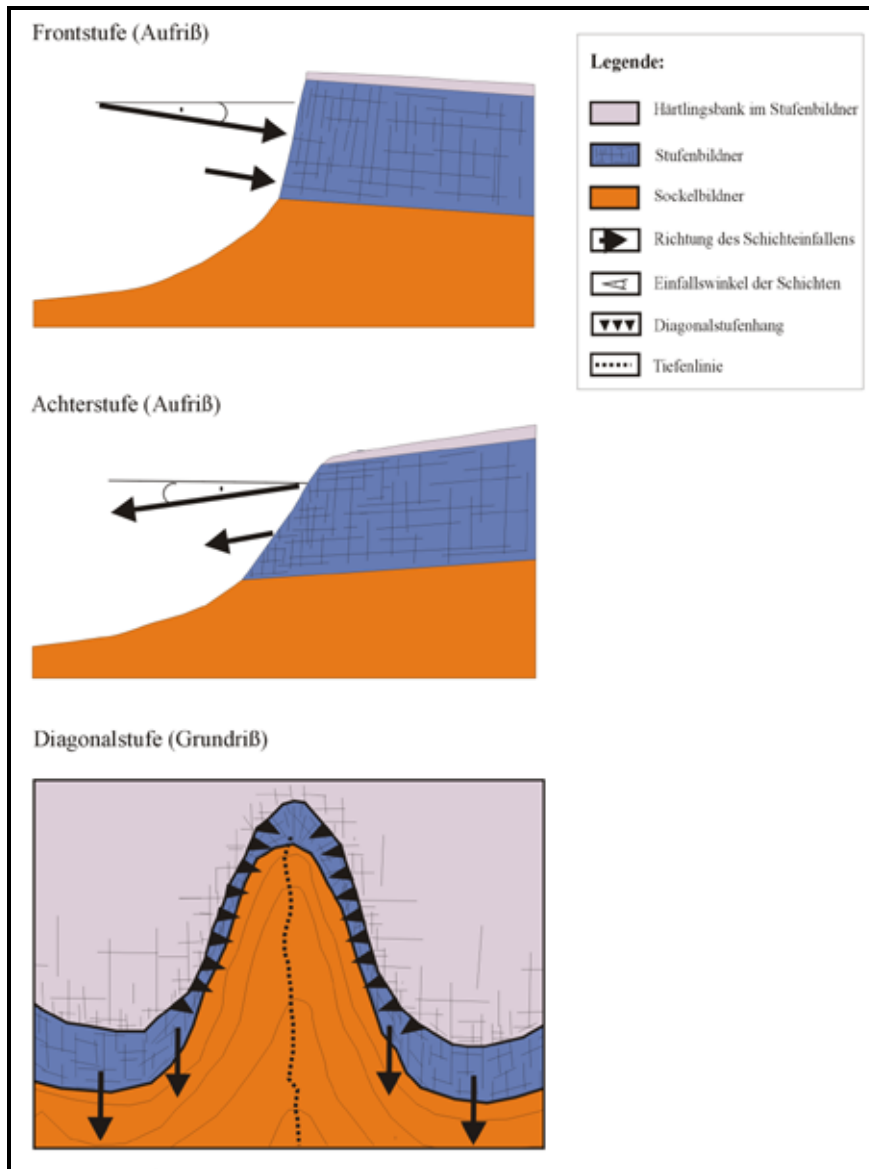


Abb. 2.10: Neigungsrichtung der Schichten an Front-, Achter- und Diagonalstufenhängen

Die großräumige Schichtneigung und Neigungsrichtung der Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte ist durch die bereits beschriebene, tektonisch bedingte, schüsselförmig strukturelle Lagerung der triassischen Gesteinsschichten im Thüringer Becken vorgegeben (vgl. Kap. 2.2). So fallen die Röt-Wellenkalkschichten der einzelnen Untersuchungsabschnitte hauptsächlich mit Neigungen zwischen 2 und 8° flach zum Zentrum des Thüringer Beckens ein (ROSENKRANZ 1966). Im Detail betrachtet, ergibt sich dabei folgendes Bild: An der Hainleite ist das großräumige Schichteinfallen mit 3 - 5° nach Süd bis Südwest gerichtet (DOCKTER 1962, 1963, DOCKTER & STEINMÜLLER 1993). Am Dün und an den Bleicheröder Bergen fallen die Schichten schwach nach Süd bis Südost ein (GIEBELHAUSEN 1872, NAUMANN 1904), wohingegen im Oberen Eichsfeld & Hainich ein flaches Schichteinfallen nach Ost bis Ostnordost (KAISER 1904, NAUMANN 1907) und im Bereich der Ohrdruffer Platte flach nach Nord bis Nordost (SCHMID 1889, ZIEGENHARDT & JUNGWIRTH 1968) vorherrscht. Der 236 km lange Wellenkalk-

Schichtstufenabschnitt der Ilm-Kalk-Platte ist im westlichen Bereich durch ein 2 - 8° Nord bis Nordost gerichtetes Schichteinfallen gekennzeichnet (FRITSCH 1892, ZIMMERMANN 1892, PUFF 1963). Im Gebiet südlich Jena ändert sich die Einfallrichtung auf 1 - 3° Nordwest (SCHRÖDER 1929, GRUNDMANN 1998), um schließlich bei Jena und an den Zeugenberge des Mittleren Saaletales flach nach Westnordwest umzubiegen (NAUMANN 1915, DEUBEL 1964). Die triassischen Sedimente im Gebiet des Tautenburger Forstes besitzen ein flaches Nordwest- bis Nord-gerichtetes Schichteinfallen (SEIDEL & STEINMÜLLER 1993).

An den Wellenkalk-Schichtkämmen des Untersuchungsgebietes [Schmücke, östliche Hainleite, Teilbereiche des Oberen Eichsfeld & Hainich, Hörselberge (Karte 1)] steigen die Neigungswerte der Schichten auf über 20 ° an (vgl. Tab.2.7), wobei die Neigungsrichtung zum Zentrum des Thüringer Beckens zeigt und damit dem großräumigen Bild der strukturell-schüsselförmigen Gesteinslagerung entspricht. Aufgrund der an Schichtkämmen generell steil (> 10 - 12°) hangwärts einfallenden Schichtlagerung in Verbindung mit dem geradlinigen Verlauf dieser Abschnitte (vgl. Karte 2 und Kap. 2.3.3.6), sind die Stirnhänge als Sonderformen der Frontstufenhänge aufzufassen.

Tab. 2.7: Länge, Schichtneigung und Neigungsrichtung der Wellenkalk-Schichtkämme des Untersuchungsgebietes

Wellenkalk-Schichtkämme	Länge (km)	Schichtneigung/Neigungsrichtung (° / Himmelsrichtung)
<b>Schmücke</b>	5,0	28° / SW
<b>Schichtkamm östl. Bereich der Hainleite</b>	4,6	24° / SW
<b>Oberes Eichsfeld &amp; Hainich</b>	Σ 5,2	
nördlicher Schichtkamm (vgl. Karte 1)		20° / NE
mittlerer Schichtkamm (vgl. Karte 1)		20° / E
südlicher Schichtkamm (vgl. Karte 1)		27° / N
<b>Hörselberge</b>	7,0	25° / NE

Großräumigere Abweichungen von der hauptsächlich zum Zentrum des Thüringer Beckens gerichteten Schichtlagerung sind am Ringgau und im Bereich der Gobert zu verzeichnen (vgl. Karte 1). Der Ringgau ist in seinem Zentrum durch einen tektonischen Grabenbruch (Netra-Graben) geliedert, zu dem die Schichteinfallrichtung orientiert ist. Infolgedessen weist die Nordflanke des Ringgaus ein südwestwärts gerichtetes, die Südflanke ein nord- bis nordostwärts gerichtetes und die Westflanke ein süd- bis südwestwärts gerichtetes Schichteinfallen auf (MOESTA 1876). Die Gobert befindet sich zwischen den tektonischen Linien des Unterwerra-Sattels im Westen und dem Eichenberg-Gothaer Graben im Osten. Ihre Schichtlagerung ist durch zahlreiche Aufsattelungen und Einmuldungen modifiziert (vgl. KIRBIS 1950, RÖSING & WENZEL 1989,



SCHEIN 1992). Neben diesen großräumigeren Abweichungen vom normalen Schichtlagerungsbild, kommt es durch Subrosionserscheinungen im Bereich der Rötgipse mitunter zu kleinräumigeren atektonischen Schichtdeformationen (vgl. SCHNEIDER 1968). Auf diesen Sachverhalt wird im Ergebnissteil näher eingegangen.

Aus dem skizzierten Bild des regional großräumigen Schichteinfalles lassen sich durch untersuchungsabschnittsbezogene, einheitliche Expositionsklassifizierungen den Stufenhängen die entsprechenden Neigungsrichtungen zuordnen. Bezugspunkt dieser Zuordnung bildet der auf der Basis der topographischen Karte 1 : 10.000 ermittelte Verlauf des Steilabfalls der Trauf, der aufgrund der Buchtung des Stufenhanges einen mehr oder weniger unregelmäßigen Verlauf aufweist. So sind bspw. die Süd- bis Südwest-exponierten Stufenhänge der Hainleite, entsprechend des hier vorherrschenden Süd- bis Südwest-gerichteten Schichteinfalles (vgl. oben), als Frontstufen ausgebildet, während die Nord- bis Nordost-exponierten Hänge Achterstufen und die Südwest- bis Nordwest- bzw. die Nordost- bis Südost-exponierten Hänge Diagonalstufen darstellen. Das sich entsprechend dieser Zuordnung für die einzelnen Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte ergebende Verteilungsmuster von Front-, Diagonal- und Achterstufen ist in Karte 2 und Abbildung 2.11 dargestellt. Die Schichtkämme wurden aufgrund ihrer generell fronstufenähnlichen Ausbildung dabei nicht berücksichtigt.

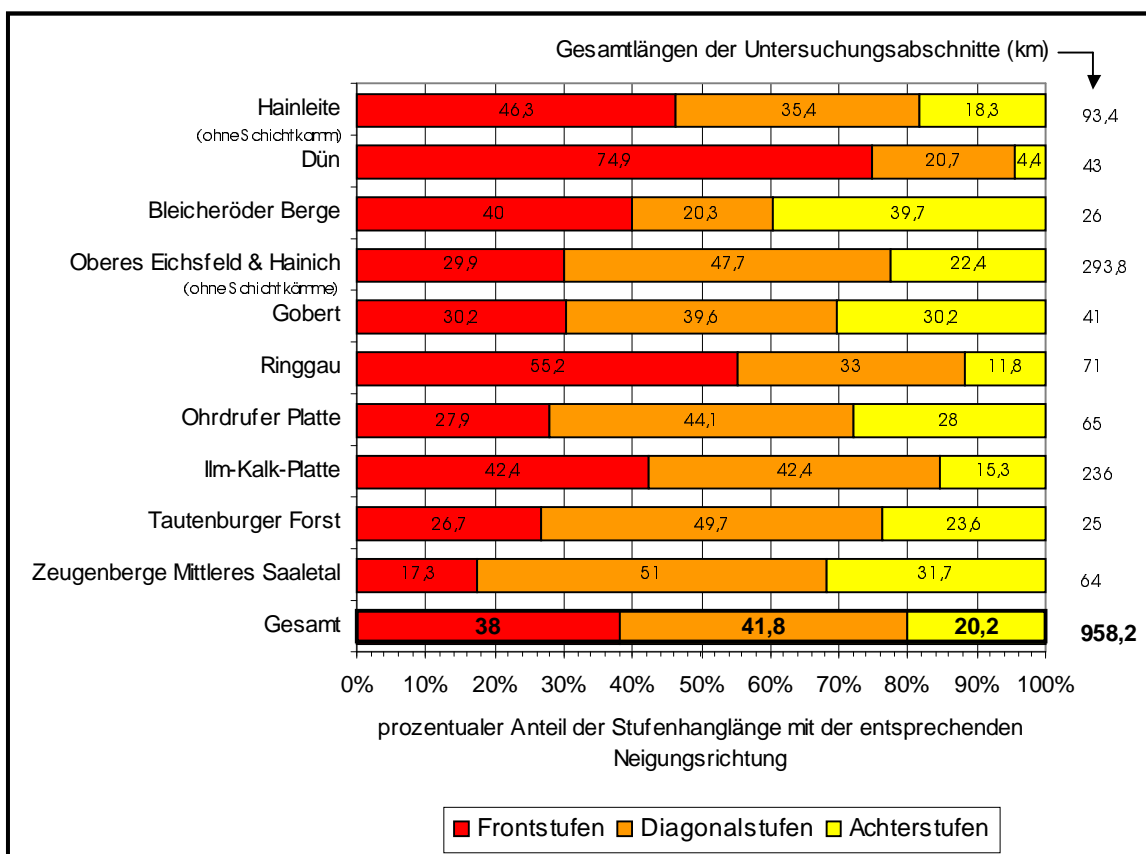


Abb. 2.11: Prozentuale Einteilung der untersuchten Schichtstufenhänge in Front-, Diagonal- und Achterstufenabschnitte (ohne Schichtkämme)

Im Gesamtgebiet dominieren mit ca. 42 % ( ca. 402 km) die Diagonalstufenhänge, gefolgt von den Frontstufenhängen, die ca. 38 % (ca. 372 km) der Stufenhänge bilden. Achterstufenhänge (20 % = 206 km) treten demgegenüber deutlich zurück (vgl. Abb. 2.11). Innerhalb der Teilgebiete zeigt sich teilweise ein anderes Verteilungsbild. So sind an der Hainleite, dem Dün und dem Ringgau v.a. Frontstufen ausgebildet. An den Bleicheröder Bergen sind Front- und Achterstufen mit je 40 % Längenanteil gleich verteilt. Ähnlich verhält es sich an der Gobert, wo Front- und Achterstufenhänge je 30 % Längenanteil einnehmen. An der Ilm-Kalk-Platte sind mit je ca. 42 % die Front- und Diagonalstufenhänge gleichmäßig verteilt. In allen anderen Teilgebieten zeigt sich das für das Gesamtgebiet typische Verteilungsmuster mit einer Dominanz der Diagonalstufen, gefolgt von den Front- und Achterstufen.

#### 2.3.3.8 Die Exposition der Schichtstufen- und Schichtkammhänge

Die Exposition der Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammhänge des Untersuchungsgebietes ist eine im Zusammenhang mit der räumlichen Variabilität der Massenverlagerungen äußerst kontrovers diskutierte Einflussgröße, die es entsprechend der Aufgabenstellung der Arbeit zu untersuchen gilt. Die Exposition der Stufenhänge wurde analog der Front-, Diagonal- und Achterstufen am Verlauf der Stufentrauf bestimmt. Die Zuordnung der Stufenhänge erfolgte nach den unten aufgeführten üblichen 8 Expositionsklassen, die eine Breite von jeweils 45° aufweisen (vgl. BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE 1994).

*Expositionsklassen nach Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (1994):*

<b>Norden</b>	0 - 22,5° / > 237,5 - 360°	<b>Süden</b>	> 157,5 - 202,5°
<b>Nordosten</b>	> 22,5 - 67,5°	<b>Südwesten</b>	> 202,5 - 247,5°
<b>Osten</b>	> 67,5 - 112,5°	<b>Westen</b>	> 247,5 - 292,5°
<b>Südosten</b>	> 112,5 - 157,5°	<b>Nordwesten</b>	> 292,5 - 337,5°

In Karte 3 ist die Exposition der Schichtstufen- und Schichtkammhänge des Untersuchungsgebietes räumlich dargestellt. Für die einzelnen Untersuchungsabschnitte prozentual zusammengefasst, ergibt sich dabei das in Abbildung 2.12 aufgezeigte Verteilungsbild.

Entsprechend der naturräumlichen, annähernd ovalen Anordnung der Untersuchungsabschnitte in der Umrahmung des Thüringer Beckens (vgl. Karte 3) zeigt sich in der Expositionsverteilung der Stufenhänge für das gesamte Untersuchungsgebiet ein recht ausgeglichenes Bild (vgl. Abb. 2.12).

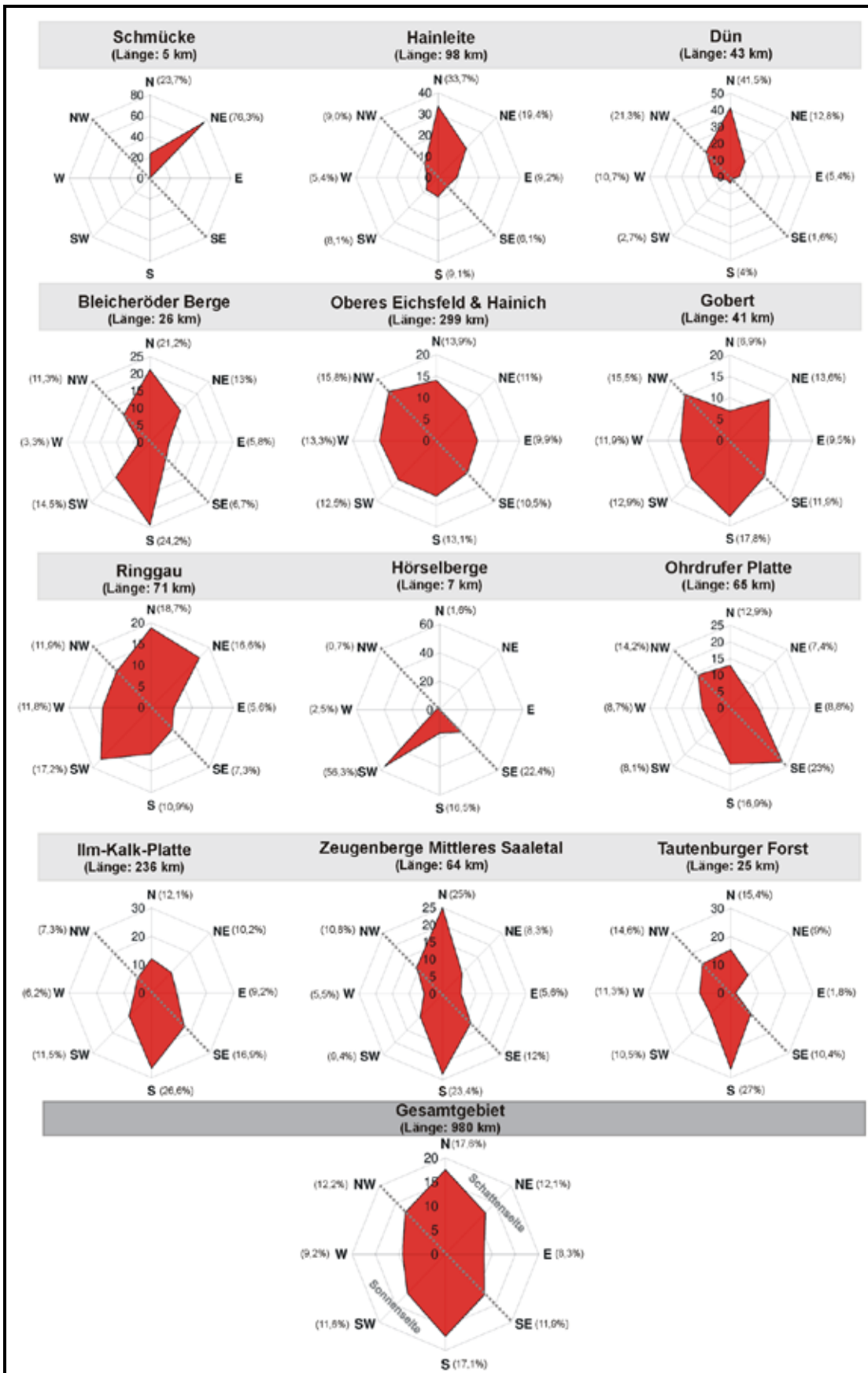


Abb. 2.12: Die Expositionsverteilung der Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammhänge des Untersuchungsgebietes

So sind die Stufenhänge mit den sich jeweils gegenüberliegenden Expositionsrichtungen prozentual relativ gleich häufig vertreten, was sich auch beim Vergleich der in Abbildung 2.12 enthaltenen Sonnen- und Schattenseiten widerspiegelt (49,8 % = 488 km der Stufenhanglänge zur Sonnenseite; 50,2 % = 492 km zur Schattenseite exponiert).

Dabei ist im gesamten Untersuchungsgebiet (980 km Stufenhanglänge) eine leichte Dominanz der Nord- (17,6 % = ca. 172,5 km) und Süd-exponierten Stufenhänge (17,1 % = ca. 167,5 km) zu verzeichnen. Demgegenüber sind die Ost- und die West-exponierten Stufenhänge mit 8,3 % (ca. 81 km) bzw. 9,2 % (ca. 90 km) am seltensten vertreten.

Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte ist die Expositionsverteilung erheblich differenzierter. Neben der Lage der einzelnen Abschnitte im Thüringer Becken ist hierfür die Art der Untersuchungsabschnitte (Zeugenberge, Schichtkämme) und in diesem Zusammenhang die Buchtung der Stufenhänge maßgeblich verantwortlich. Nord-exponierte Hänge dominieren an der Hainleite, am Ringgau und an den Zeugenbergen des Mittleren Saaletales. Die Südexposition dominiert an den Stufenhängen der Bleicheröder Berge, an der Gobert, an der Ilm- Kalk-Platte und am Tautenburger Forst. An der Ohrdruffer Platte ist die Mehrzahl der Stufenhänge nach Südost-exponiert. Nordwest-exponierte Stufenhänge dominieren im Oberen Eichsfeld & Hainich.

Auffällig ist, dass mit Ausnahme der Gobert die größeren Erosionsreste Bleicheröder Berge und Zeugenberge Mittleres Saaletal, aufgrund ihrer allseits ausgebildeten Stufenhänge eine ähnlich symmetrische Variation der Expositionsverteilung wie das Gesamtgebiet aufweisen (vgl. Abb. 2.12). Demgegenüber sind die annähernd geradlinig verlaufenden Schichtkämme Schmücke und Hörselberge mit jeweils nur einer dominierenden Expositionsrichtung (Schmücke NE; Hörselberge SW) durch die geringste Variation der Expositionsverteilung gekennzeichnet. Ähnlich, wenn auch nicht ganz so deutlich, verhält es sich am gering gebuchteten Stufenhang des Dün, an dem 41 % der Stufenhänge nach Norden exponiert sind.

Bei der Betrachtung der Expositionsunterschiede zwischen Sonnen- und Schattenseite zeigt sich, dass sowohl an der Schmücke (100 % der Schichtkammlänge), am Dün (81 %), an der Hainleite (71,3 %) als auch am Ringgau (52,8 %) die zur Schattenseite exponierten Stufenhänge vorherrschen. Demgegenüber sind im Gebiet der Hörselbergen (97,7 %), der Ilm-Kalk-Platte (61,2 %), am Tautenburger Forst (59,2 %), an der Ohrdruffer Platte (56,7 %) und an der Gobert (54,5 %) die Mehrzahl der Stufen- bzw. Stirnhänge zur Sonnenseite exponiert. Im Gebiet Oberes Eichsfeld & Hainich sowie an den Zeugenbergen des Mittleren Saaletales sind die zur Schatten- bzw. Sonnenseite exponierten Stufenhänge annähernd gleich verteilt (vgl. Abb. 2.12).

### 2.3.4 Klimatische Verhältnisse des Untersuchungsgebietes

#### 2.3.4.1 Niederschlagsverteilung

Das im Übergangsbereich vom maritim getönten Westeuropa zum kontinental bestimmten Osteuropa gelegene Untersuchungsgebiet wird dem Klimagebiet der deutschen Mittelgebirgsschwelle, speziell dem Klimabezirk des Mitteldeutschen Berg- und Hügellandklimas zugeordnet (HENDL 1994 IN: LIEDTKE & MARCINEK 1994). Dabei ist das Untersuchungsgebiet durch die Abnahme des ozeanischen Einflusses mit zunehmender Entfernung vom Atlantik von West nach Ost, den hypsometrischen Wandel der thermischen und hygrischen Verhältnisse sowie durch die im Großraum ausgeprägten Luv-Lee-Effekte gekennzeichnet (vgl. METEOROLOGISCHER UND HYDROLOGISCHER DIENST DER DDR 1953). Letztere resultieren aus der Beeinflussung der zu allen Jahreszeiten vorherrschenden, feuchtigkeitsbringenden Westwinde durch die orographischen Hindernisse der umgebenden, höheren Mittelgebirgsbereiche (Thüringer Wald, Harz, Oberes Eichsfeld) (vgl. KOCH 1953). Für die klimatische Kenngröße des mittleren Jahresniederschlags, der entsprechend der Fragestellung der Arbeit eine wichtige Rolle spielt, ergibt sich damit im großräumigen Untersuchungsgebiet ein differenziertes Bild, welches genauer in Karte 4 dargestellt ist. Die Darstellung basiert auf geokodierten, digitalen Niederschlagsdaten des DWD von 307 Stationen der Zeitreihen 1961 - 1990. Die Stationsniederschläge wurden mittels des Programms REGNIE (**REG**ionalisierung räumlicher **NIE**derschlagsverteilungen) entfernungsabhängig für Rasterfelder von 1 km<sup>2</sup> räumlich interpoliert. Das Berechnungsverfahren beinhaltet die orographische Höhe, die geographische Breite und Höhe, die Exposition des Geländes und berücksichtigt die Korrektur des Windfehlers (schriftl. Mitt. des DWD 2000).

Der mittlere Jahresniederschlag erreicht auf den Stufenflächen des Untersuchungsgebietes Werte zwischen > 800 mm an den westlich und südwestlich gelegenen Schichtstufenabschnitten (Dün, Oberes Eichsfeld & Hainich, Ringgau, Ohrdruffer Platte) und 500 bis teilweise < 500 mm an den östlich gelegenen Gebieten (Schmücke, Hainleite, Ilm-Kalk-Platte nördl. Jena) (vgl. Karte 4). Die mit > 900 mm höchsten mittleren Jahresniederschläge werden an westlich gelegenen Gobert erreicht, wohingegen die großräumig geringsten Jahresniederschläge (< 500 mm) im Gebiet der Schmücke zu verzeichnen sind. Die westlichen Gebiete mit ihren Höhenlagen bis über 500 m NN (vgl. Tab. 2.4) und ihren West- bis Nordwest-exponierten Stufenhangabschnitten befinden sich im Luv der atlantisch getönten West-Winde und erhalten damit 200 - 300 mm, z.T. bis über 400 mm mehr Jahresniederschlag als die östlicher gelegenen, kontinentaler geprägten Gebiete (Schmücke, Hainleite, Ilm-Kalk-Platte), die sich im Regenschatten vom Harz, Oberen Eichsfeld und Thüringer Wald befinden (MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1959 - 1962). Die Leelage dieser östlichen Abschnitte wird jedoch durch den markanten Anstieg der Wellenkalk-Schichtstufe bis auf Höhenlagen um 400 - 500 m NN (vgl. Tab. 2.4) teilweise kompensiert, so dass die Stufenhänge und Stufenflächen im Vergleich zu ihren orographisch tiefer gelegeneren Vorländer durchschnittlich 50 - 200 mm mehr

Jahresniederschlag erhalten (vgl. Karte 4). Der im ausgesprochenen Lee zum Thüringer Wald und Oberen Eichsfeld & Hainich gelegene, orographisch tiefe zentrale Bereich des Thüringer Beckens (Straußfurt 145 m NN) ist mit mittleren Jahresniederschlägen unter 500 mm ( Station Straußfurt: 475 mm) teilweise unter 450 mm (Station Arten: 444 mm) nicht nur der trockenste Raum innerhalb des Thüringer Beckens, sondern nach dem Gebiet um Aseleben im östlichen Harzvorland, auch das zweitrockensten Gebiete Deutschlands (KOCH 1953).

In Abbildung 2.13 sind, bezogen auf die Gesamtlänge der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte (980 km), die Unterschiede der mittleren Jahresniederschlagshöhen der Trauf-proximalen Stufenflächen, aufgeteilt in Niederschlagsklassen mit 50 mm-Intervallen, quantitativ zusammengefasst. Zudem sind die durchschnittlichen mittleren Jahresniederschlagshöhen der einzelnen Teilabschnitte, gewichtet nach den Längenanteilen innerhalb der entsprechenden Niederschlagsklassen, in dieser Abbildung aufgeführt. Für das Gesamtgebiet gilt, dass von den maximalen (> 900 mm) und minimalen (450 – 500 mm) mittleren Jahresniederschlägen im Untersuchungsgebiet generell nur sehr kurze, wenige Kilometer lange Teilabschnitte der Wellenkalk-Schichtstufe bzw. Schichtkämme betroffen sind. Demgegenüber empfängt die Mehrzahl der Trauf-proximalen Stufenflächen Jahresniederschläge von 600 - 850 mm. Insgesamt erhalten 62 % bzw. ca. 607 km der untersuchten Abschnitte durchschnittliche Jahresniederschläge von mehr als 700 mm, wohingegen 48 % bzw. ca. 373 km weniger als 700 mm Jahresniederschlag erhalten. Die durchschnittliche Jahresniederschlagshöhe, bezogen auf das gesamten Untersuchungsgebiet, beträgt 740 mm (vgl. Abb. 2.13).

Innerhalb der untersuchten Teilabschnitte kristallisieren sich deutlich die Gebiete mit höheren durchschnittlichen Jahresniederschlägen in der Reihenfolge: Gobert (840 mm), Dün (800 mm), Ringgau (795 mm), Bleicheröder Berge (780 mm) sowie Oberes Eichsfeld & Hainich (780 mm), Ohrdrufer Platte (755 mm) und Hörselberge (730 mm) heraus. Demgegenüber sind die Untersuchungsabschnitte Zeugenberge Mittleres Saaletal (675 mm), Hainleite (665 mm), Ilm-Kalk-Platte (650 mm), Tautenburger Forst (640 mm) und Schmücke (515 mm) durch z.T. wesentlich geringere durchschnittliche Jahresniederschläge gekennzeichnet. Innerhalb der Teilabschnitte hat die 98 km langen Hainleite Anteile an 7 Niederschlagsklassen (450 - 800 mm) und ist damit, bezogen auf ihre Gesamtlänge, der Stufenabschnitt mit der größten Jahresniederschlagsvariabilität (350 mm). Dies resultiert aus dem Südwest - Nordost gerichteten Verlauf dieses Stufenabschnittes von sehr geringen Niederschlägen südlich von Bad Frankenhausen zu den atlantisch getönten, höher gelegenen und stärker beregneten Abschnitten im Übergang zum Dün. Die mit maximal 100 mm geringsten Jahresniederschlagsvariabilitäten weisen die nur wenige Kilometer langen Teilabschnitte der Hörselberge und Schmücke auf (vgl. Abb.2.13).

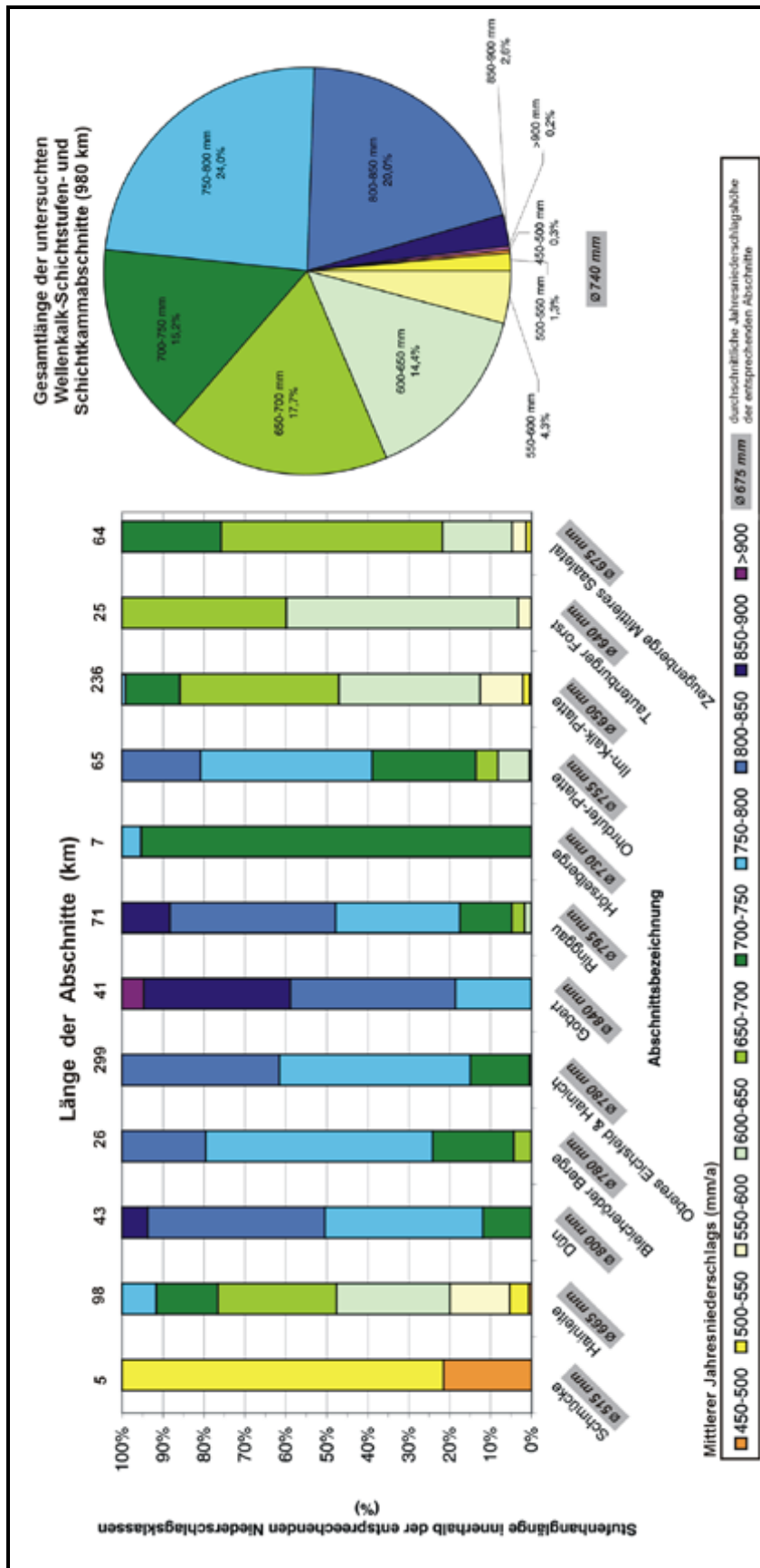


Abb. 2.13: Prozentuale Zuordnung der Stufenhanglängen der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte zu den Klassen der mittleren jährlichen Niederschlagshöhe im Bereich der Trauf-proximalen Stufenfläche

Der Jahresgang der Niederschläge im Untersuchungsgebiet ist am Beispiel verschiedener Klimastationen im Umfeld des Untersuchungsgebietes in Abbildung 2.14 dargestellt. Da der Hauptniederschlagsinput in das Stufenhangsystem v.a. auf der Stufenfläche erfolgt (vgl. Kap. 2.3.3.3), sollten sich die gewählten Klimastationen vorzugsweise auf dieser orographisch höher gelegenen und damit stärker beregneten Reliefeinheit befinden. Derartige Stationen standen jedoch nicht für alle Stufenhangabschnitte zur Verfügung, so dass auch Klimastationen in Tallagen mit berücksichtigt werden mussten. Demnach sind kleinere Abweichungen von der reellen durchschnittlichen jährlichen Niederschlagsverteilung am Stufenhang möglich. Um die Unterschiede der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte zum zentralen Bereich des Thüringer Trockengebietes zu verdeutlichen, ist zudem eine im Zentrum des Thüringer Beckens gelegene Vergleichsstation aufgeführt. Die einzelnen Stationen wurden nummeriert (A - L) und sind entsprechend ihrer Lage in Karte 4 wiederzufinden.

Der Jahresgang der Niederschläge zeigt im gesamten Untersuchungsgebiet ein deutliches Maximum in den Sommermonaten Juni und Juli, wohingegen die geringsten Niederschläge in allen untersuchten Teilgebieten in den Monaten Februar bzw. März fallen (Abb. 2.14). Daneben ist v.a. an den atlantisch getönten, westlicheren Stufenhangabschnitten (Ringgau, Eichsfeld & Hainich, Dün) ein deutlich sekundäres Wintermaximum in den Monaten Dezember und Januar zu verzeichnen. Dieses tritt jedoch Richtung Zentrum des Thüringer Beckens deutlich zurück (vgl. Station H, L). Zum Teil ist ein weiteres sekundäres Maximum im Oktober zu erkennen, welches sich deutlich an den Stationen D, E, I, J, K abzeichnet.

Insgesamt nimmt der größte Bereich des Untersuchungsgebietes eine Zwischenstellung zwischen dem dominanten Sommerregentyp des Zentralen Thüringer Beckens zum Winterregentyp der höheren Mittelgebirge ein (vgl. DIETZE 1947). Dies verdeutlicht sich auch beim Vergleich der prozentualen Sommer (Mai - Oktober) und Winterniederschläge (November - April). Während in den atlantisch getönten bzw. gebirgsrandnäheren, westlich und südwestlich gelegenen Untersuchungsabschnitten 40 bis fast 50 % der Jahresniederschläge vom November bis April fallen, sind dies an den östlichen bzw. zentraler gelegenen Bereichen nur noch um die 35 % (vgl. Abb. 2.14).

Die Sommerniederschläge sind v.a. auf konvektive Niederschlagsereignisse infolge des Einströmens feuchtkühler Meeresluft aus westlichen Richtungen in das überhitzte Festland zurückzuführen (METEOROLOGISCHE UND HYDROLOGISCHER DIENST DER DDR 1953), wohingegen die Winterniederschläge aus frontengebundenen Advektivniederschlägen resultieren. Dabei sind die Sommerniederschläge sehr intensiv aber nur von kurzer Dauer, während die Winterniederschläge i.d.R. wesentlich länger anhaltend sind (KOCH 1953).



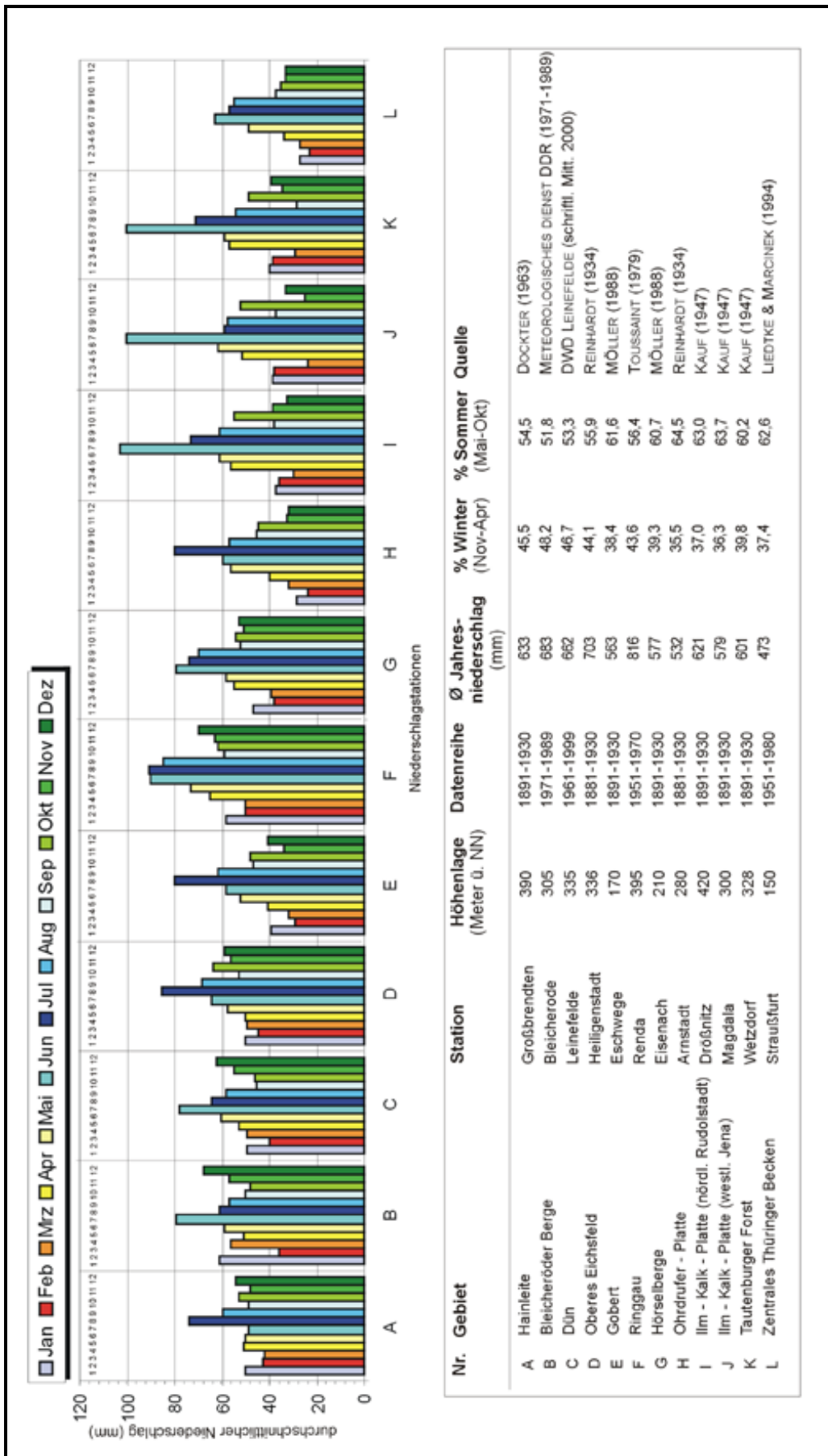


Abb. 2.14: Der Jahresgang der Niederschläge im Untersuchungsgebiet, dargestellt am Beispiel verschiedener Klimastationen

#### 2.3.4.2 Verteilung von Starkniederschlägen

Neben der mittleren jährlichen Niederschlagshöhe ist die Verbreitung von Starkniederschlägen eine sich auf Massenverlagerungen auswirkende, klimatische Einflussgröße (vgl. Kap. 1.2). Starkniederschläge sind nach DYCK & PESCHKE (1995) Niederschläge, die im Verhältnis zur Niederschlagsdauer eine hohe Intensität haben und damit selten auftreten, z.B. durchschnittlich höchstens zweimal jährlich. Vom Untersuchungsgebiet existieren vom DEUTSCHEN WETTERDIENST (1997) hochauflösende (8,5 x 8,5 km) statistisch berechnete Starkniederschlagsdaten mit verschiedenen Intensitäten, Dauerstufen und Wiederkehrzeiträumen, die im Rahmen der Erstellung des KOSTRA-Atlas (vgl. DWD 1997) erhoben wurden. Die Berechnungen basieren auf Niederschlagsmessungen im Zeitintervall von 5 Minuten von deutschlandweit rund 3000 Stationen der Zeitreihe 1961 - 1990, die extremwertstatistisch ausgewertet und analog der mittleren Jahresniederschlagshöhe unter Berücksichtigung orographischer Gegebenheiten flächendeckend regionalisiert wurden (schriftl. Mitt. DWD 2000). Es liegen Niederschlagsintensitäten (in mm) für die Dauerstufe von 15 Minuten bis zu 72 Stunden und berechneten Wiederkehrzeiträumen von 1 bis 100 Jahren vor, wobei die Niederschlagsintensitäten innerhalb einer Dauerstufe mit steigender Wiederkehrzeit zunehmen. Da aus Kostengründen nicht alle Dauerstufen und Wiederkehrzeiträume der Starkniederschläge berücksichtigt werden konnten, wurden im Rahmen der Untersuchung zwei Intervalle näher analysiert. Zum einen wurden ein Starkniederschlagsereignis mit einer kurzen Dauer von 1 Stunde und einem Wiederkehrzeitraum von 1 Jahr, zum anderen ein Ereignis mit einer langanhaltenden Niederschlagsdauer von 48 Stunden und einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren berücksichtigt. Dabei ist der erste Intervall typisch für die häufig auftretenden konvektiven Sommerniederschläge, wohingegen der zweite ein advektives, häufig im Winterhalbjahr auftretendes Starkniederschlagsereignis repräsentiert. Das räumliche Verteilungsbild der verschiedenen Niederschlagsintensitäten im Untersuchungsgebiet geht aus Karte 5 (Dauer: 1 h; Wiederkehrzeitraum: 1 a) und aus Karte 6 (Dauer: 48 h; Wiederkehrzeitraum: 50 a) hervor. Bezogen auf die Länge der Untersuchungsabschnitte ist dieses Verteilungsbild in Tabelle 2.8 quantitativ genauer dargestellt.

Wie die Karte 5 und Tabelle 2.8 verdeutlichen, sind innerhalb der für konvektive, sommerliche Starkniederschläge repräsentativen Dauerstufe von 1 Stunde und den Wiederholungszeitraum von 1 Jahr die Gebiete höchster Niederschlagsintensität die Stufenhänge vom Oberen Eichsfeld & Hainich, gefolgt von der Gobert, dem Ringgau und der Ohrdruffer Platte während die Schmücke, die Hainleite und der Tautenburger Forst die Untersuchungsgebiete mit dem geringsten Starkniederschlagsintensitäten dieser Dauerstufe darstellen. Im Zentrum des Thüringer Beckens werden die minimalsten Niederschlagsintensitäten dieses Dauerstufen-/Wiederkehrintervalls

erreicht und das, obwohl hier sommerliche Starkniederschläge den größten jährlichen Niederschlagsinput bewirken (vgl. oben). Die am Hainich zu verzeichnenden Maximalintensitäten (vgl. Karte 5) resultieren nach KOCH (1953) aus den häufig zu beobachtenden Aufschauklungseffekten bei Südwestgewittern im Lee des Thüringer Waldes und das Maximum der Ohrdruffer-Platte aus der unmittelbaren Nachbarschaft zu den gewitterreichen Gebirgsflanken des Thüringer Waldes. Insgesamt befinden sich von den 980 km langen untersuchten Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitten 26 % bzw. 255 km Stufenhanglänge innerhalb der Intensitätsklasse 14 - 15 mm, 32,7 % (rund 320 km Stufenhanglänge) in der Klasse 15 - 16 mm, 34,1 % ( 335 km) in der Klasse 16 - 17 mm und nur 7,2 % (70 in der im Untersuchungsgebiet höchsten Intensitätsklasse von 17 - 18 mm.

Tab. 2.8: Starkniederschlagsintensitäten verschiedener Dauerstufen und Wiederkehrzeiträume an den Wellenkalk-Schichtstufen und Schichtkammabschnitte des Untersuchungsgebietes, bezogen auf die Längen der Untersuchungsabschnitte in Prozent (Datengrundlage: DEUTSCHER WETTERDIENST 1997)

Starkniederschlagsintensitäten verschiedener Dauerstufen (D) und Wiederkehrzeiträume (T) (mm)	Anteil der Starkniederschlagsintensitäten der entsprechenden Dauerstufen und Wiederkehrzeiträume an den Wellenkalk-Schichtstufen und Schichtkammabschnitten des Untersuchungsgebietes (%)											
	Schmücke (5 km)	Hainleite (98 km)	Bleicheröder Berge (26 km)	Dün (43 km)	Oberes Eichsfeld & Hainich (299km)	Gobert (41 km)	Ringgau (71 km)	Hörselberge (7 km)	Ohrdruffer-Platte (65 km)	Ilm-Kalk-Platte (236 km)	Zeugenberge Mittleres Saaletal (64 km)	Tautenburger Forst (25 km)
<b>(D) 1Stunde / (T) 1Jahr</b>												
14 - 15	100	100	62,3	61,2	0	0	0	0	0,90	33,5	5,7	100
15 - 16	0	0	37,7	38,8	7,1	0	16,3	100	58,0	66,5	94,3	0
16 - 17	0	0	0	0	69,5	100	83,7	0	40	0	0	0
17 - 18	0	0	0	0	23,4	0	0	0	1,1	0	0	0
<b>(D) 48 Stunden / (T) 50 Jahre</b>												
70 - 90	100	73,0	53,2	32,2	0	0	29,2	100	100	100	100	72
90 - 110	0	27,0	46,8	67,8	100	100	70,8	0	0	0	0	28

Ein ähnliches, wenn auch insgesamt homogeneres Bild zeigt das Starkniederschlagsereignis mit der Dauerstufe von 48 Stunden und dem Wiederholungszeitraum von 50 Jahren (vgl. Karte 6, Tab. 2.8). Bezogen auf die Stufenhänglängen der Gebiete sind auch hier die Gobert und das Obere Eichsfeld & Hainich (je 100 %) gefolgt vom nördlichen Bereich des Ringgau (70,8 %) und den westlichen Gebieten des Dün (67,8 %) sowie der Bleicheröder Berge (46,8 %) durch höhere Starkniederschlagsintensitäten gekennzeichnet. Abgesehen von der Schmücke sind demgegenüber die Hainleite, die Hörselberge, die Ilm-Kalk-Platte, die Zeugenberge des Mittleren Saaletales, die größten Gebiete des Tautenburger Forstes sowie die Ohrdruffer Platte, deren gebirgsrandnahen Schichtstufenhänge innerhalb des einstündigen Niederschlagsintervalls noch maximale Starkniederschläge erhalten haben (vgl. oben), die Gebiete mit den geringen Niederschlagsintensitäten des für die advektiven Starkniederschläge typischen Intervalls.

#### 2.3.4.3 Temperaturverhältnisse

Die jährlichen Durchschnittstemperaturen nehmen von  $> 8,5$  °C im zentralen Thüringer Becken (MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1959 - 1962) zu den randlichen und orographisch höher gelegenen Wellenkalk-Schichtstufenhängen verschieden stark ab. Während der östliche Abschnitt der Hainleite, die Schmücke und die Stufenhangabschnitte im thermisch begünstigten Mittleren Saaletal (vgl. GRUNDMANN 1998) noch Jahresdurchschnittstemperaturen von knapp über 8 °C aufweisen, sind die Stufenhänge der Ilm-Kalk-Platte nördlich von Rudolstadt mit Durchschnittstemperaturen von 7 – 8 °C gekennzeichnet. Das Obere Eichsfeld & Hainich sowie die Stufenhangabschnitte der Thüringer Wald nahen Ohrdruffer-Platte sind mit Jahresdurchschnittstemperatur von  $< 7$  °C die kältesten Gebiete des Untersuchungsraumes (MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1959 - 1962, PUFF 1968). Von hieraus steigen die Jahresdurchschnittstemperaturen zum Dün, zum Ringgau und den Hörselbergen auf Werte von 7 - 7,8 °C an (MEYNEN & SCHMITHÜSEN 1959 - 1962).

### 2.3.5 Hydrologische Charakteristik des Untersuchungsgebietes

#### 2.3.5.1 Fließgewässer

Das großräumige Untersuchungsgebiet gehört anteilig zu zwei überregional bedeutenden Einzugsgebieten: dem Elbe- und dem Wesersystem. Die Entwässerung erfolgt damit insgesamt in die Nordsee. Die Oberflächenwasserscheide zwischen beiden Flusssystemen verläuft durch die westlichen Bereiche des Untersuchungsgebietes (vgl. Karte 7). Aufgrund der hier anstehenden verkarstungsanfälligen Muschelkalk- bzw. Wellenkalkgesteine ist dabei zu beachten, dass die

Oberflächenwasserscheide nicht identisch sein muss mit der unterirdischen Wasserscheide des Karstentwässerungssystems.

Bezogen auf die Lage der Oberflächenwasserscheide gehören die Wellenkalk-Schichtstufen- und Stirnhänge der Untersuchungsabschnitte Oberes Eichsfeld & Hainich, Hörselberge, Ringgau und der Gobert zum Einzugsgebiet des Wesersystems, während die Stufenhänge der Ohrdruffer-Platte, der Ilm-Kalk-Platte, des Tautenburger Forstes, der Zeugenberge des Mittleren Saaletals, des Düns, der Hainleite, der Bleicheröder Berge sowie der Schichtkamm der Schmücke zum Einzugsgebiet der Elbe gehören (vgl. Karte 7). Von der Gesamtlänge der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufenhänge und Stirnhangabschnitte sind demnach 418 km (43 %) dem Wesersystem tributär und 562 km (57 %) dem Elbesystem tributär.

Die das Untersuchungsgebiet hydrologisch trennende Wasserscheide hat im Untersuchungsgebiet einen sehr ungleichmäßigen Verlauf (vgl. Karte 7). Im Norden tritt sie innerhalb des Ohmgebirgsgrabens in das großräumige Untersuchungsgebiet ein, verläuft dann weiterhin an diese Störungszone gebunden durch das flach gewellte Bundsandsteingebiet bei Leinefelde, um dann südlich von Leinefelde am tektonisch gestörten Stufenhang das Obere Eichsfeld vom Dün zu trennen. Im zentralen Oberen Eichsfeld & Hainich verläuft die Wasserscheide sehr nahe der Stufentrauf. Hier verschiebt sich aufgrund der hohen Reliefenergieverhältnisse der Stufenhänge zur Werra das Wesersystem auf Kosten des Elbesystems. Südlich von Mühlhausen biegt der Verlauf der Wasserscheide nach Südost um und erreicht hier fast die westliche Stadtgrenze von Erfurt (vgl. Karte 7). Damit hat das Einzugsgebiet der Weser über die Flüsse Hörsel und Nesse ihren östlichsten Vorposten im Untersuchungsgebiet erreicht und greift damit bereits weit in das zentrale Thüringer Becken ein.

Die Entwässerung des Untersuchungsgebietes erfolgt durch größere Vorfluter von regionaler Bedeutung. So sind die Wellenkalk-Schichtstufenhänge des Dün, der Bleicheröder Berge und der Hainleite dem Flusslauf der Wipper tributär. Die Entwässerung des Stirnhanges der Schmücke erfolgt über kleinere Nebenbäche unmittelbar in die Unstrut, die schließlich nach Querung der Querfurter Platte, nördlich von Naumburg, in die Saale mündet. Die Stufenhänge der Ilm-Kalk-Platte entwässern bis auf kleinere Stufenhangabschnitte bei Stadtilm und dem Zeugenberg Singener Berges (alle nordwestliches Ende der Ilm-Kalk-Platte vgl. Karte 1) in den Flusslauf der Saale. Die Saale als größter Flusslauf im elbetributären Untersuchungsgebiet entwässert die östlich der Saale gelegenen Zeugenberge des Mittleren Saaletales ( Wöllmisse, Hufeisen, Gleißberg), den Tautenburger Forst sowie die westlich gelegene Ilm-Kalk-Platte. Dort, wo bei Dornburg der Röt unter die Erdoberfläche abtaucht, verlässt die Saale die Wellenkalk-Schichtstufenhänge der Ilm-Kalk-Platte und des Tautenburger Forstes, um nach der Durchquerung des engen, im Muschelkalk

angelegten, mäandrierenden Durchbruchstal bei Naumburg wieder in die Wellenkalk-Schichtstufenlandschaft einzutreten. Die Ilm entwässert den bereits erwähnten Zeugenberg des Singener Berges und einen kleineren Stufenhangabschnitt bei der Ortslage Stadtilm (nordwestlicher Bereich der Ilm-Kalk-Platte). Die Wellenkalk-Schichtstufenhänge der Ohrdruffer-Platte entwässern direkt oder über kleiner Flussläufe (Wipfra) in die Gera, die südlich der Ortslage Plaue aus der Vereinigung von Zahmer und Wilder Gera hervorgeht und nördlich von Erfurt in die Unstrut mündet. Der Stirnhang der Hörselberge ist der westlich von Eisenach in die Werra mündende Hörsel tributär und gehört damit bereits zum Einzugsgebiet der Weser. Ebenfalls zum Einzugsgebiet der Weser gehörend, entwässern die Stufenhänge des Ringgau in die Werra. Gleiches gilt für den Erosionsrest der Gobert und für die stark zerlappten Stufenhänge vom Oberen Eichsfeld & Hainich. Dabei übernimmt die südwestlich des Ohmgebirges in unmittelbarer Nachbarschaft zur Wasserscheide des Elbesystems entspringende Leine die Entwässerung der stark zergliederten Stufenhänge des nordöstlichen und nördlichen Oberen Eichsfeld.

Die Anbindung der meisten Stufen- bzw. Stirnhänge an das regionale Entwässerungsnetz erfolgt durch kleinere episodische oder perennierende Bachläufe vornehmlich der 1. bis 2. Ordnung entsprechend des Strahlerschen Ordnungsprinzipes. Diese können auf der Stufenfläche in Form weitgespannter Talmulden beginnen, die sich dann mit dem Eintritt in den Stufenhang zu Tiefenlinien mit kerbsohlen- bis kerbtalförmigen Querschnitt wandeln. Im Einzelnen können die den Stufenhang gliedernden Täler in Stirn- und Hangtäler unterteilt werden, wobei die Stirntäler von der Fußfläche aus weit in das Hangsystem eingreifen und damit maßgeblich die bereits beschriebene Buchtung der Stufenhänge beeinflussen während die Hangtäler lediglich auf den Stufenhang beschränkt bleiben (vgl. SCHUNKE 1968). Generell sind perennierend wasserführende Täler im Bereich des Oberhanges der Wellenkalk-Schichtstufe sehr selten. Vielmehr sind hier die meisten Tiefenlinien als Trockentäler ausgebildet, die nur bei langanhaltenden Niederschlägen oder Starkniederschlagsereignissen eine zeitlich begrenzte Entwässerungsfunktion übernehmen (vgl. BEYER 1997).

Auf den tonig-mergelig ausgebildeten, wasserstauenden Rötsockelhängen nimmt die Wasserführung der Täler zu. Hier entspringt die Mehrzahl der kleineren Fließgewässer erster und zweiter Ordnung.

### 2.3.5.2 Quellen

Die Speisung der kleineren Fließgewässer im Sockelhang erfolgt v.a. durch zahlreiche Quellaustritte im Bereich der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze. Die große Häufigkeit der Quellaustritte macht diesen lithologischen Grenzbereich zum bedeutendsten Quellhorizont im Thüringer Becken (MEYNEN & SCHMITHYSEN 1959 -1962, HOPPE & SEIDEL 1974). Das im verkarstungsanfälligen Muschelkalk schnell in den Klüften versinkende Niederschlagswasser wird im Bereich des tonigen Röt gestaut und kann dann an der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze (nach HECHT 1966 im Bereich der Myophorienschichten) als Schichtquelle oder als talwärts verschleppte Schuttquelle zu Tage treten. Die Quellaustritte sind dabei durch bandartig diffuse oder punktiert konzentrierte, perennierende oder episodische Wasseraustritte charakterisiert. Morphologisch treten diese oftmals als nischenartige Buchten mit halbkreisförmigen Grundriss in Erscheinung, deren Entstehung auf die Quellerosion zurückzuführen ist.

Die Quellen zeigen für Karstquellen typische niederschlagsabhängige, schnell verlaufenden Schüttungsschwankungen (vgl. SOLLING 1963 IN: PUFF 1963, ZIEGENHARTD & JUNGWIRTH 1968, , JORDAN & WEDER 1995, SEIDEL 1995). Diese beruhen auf der hohe Kommunikation von Oberflächen und Grundwasser infolge des großvolumigen und durch Verkarstungsprozesse erweiterten Kluftsystem im Wellenkalk, in dem das auf die Stufenfläche auftreffende Niederschlagswasser schnell versinken kann. Die innerhalb des Wellenkalk-Schichtstufenreliefs am stärksten beregnete Stufenfläche übernimmt damit eine wichtige Funktion für die Grundwasserneubildung im Stufenhangsystem, wobei sie selbst ein ausgesprochenes Wassermangelgebiet darstellt (vgl. SEIDEL 1995).

Hydrochemisch spiegelt sich in den Quellen der Röt-/Muschelkalkgrenze die lithologische Beschaffenheit der Muschelkalk- bzw. Wellenkalk- und Rötsedimente wider. Die Mineralisation der Wässer ist dabei in Abhängigkeit vom Grad der Ablaugung der Rötgipse und vom Ausmaß der Verkarstung des Muschelkalkes z.T. erheblichen Schwankungen unterworfen. Die Wässer sind mit Härtegraden zwischen  $< 40^\circ$  bis  $> 70^\circ$  insgesamt als hart bis sehr hart zu bezeichnen. Diesbezüglich weitführende Untersuchungen liegen u.a. von HECHT (1966), ZIEGENHARDT & JUNGWIRDT (1968), SEIDEL (1995), BEYER (1997) sowie von JORDAN & WEDER (1999) vor.

### 2.3.5.3 Die räumliche Verbreitung der Fließgewässer und Quellen

Die räumliche Verbreitung der Fließgewässer und Quellen an den Wellenkalk-Schichtstufenhängen des Untersuchungsgebietes ist in Karte 7 dargestellt, deren Anzahl und Dichte bezogen auf die Stufenhanglänge der einzelnen Untersuchungsabschnitte in Tabelle 2.9.

Tab. 2.9: Anzahl von Fließgewässern und Quellen im Bereich der Wellenkalk-Stufenhangabschnitte des Untersuchungsgebietes und das Verhältnis Stufenhanglänge zur Fließgewässer- bzw. Quellhäufigkeit (ohne Schichtkämme)

Untersuchungs- abschnitt  (Länge in km)	Anzahl Fließgewässer	Anzahl Quellen	Verhältnis Stufenhanglänge zur Fließgewässerhäufigkeit  (km Stufenhang / 1 Fließgewässer)	Verhältnis Stufenhanglänge zur Quellhäufigkeit  (km Stufenhang / 1 Quelle)
Hainleite (93,4) (ohne Schichtkamm)	16	18	5,8	5,1
Dün (43)	32	30	1,3	1,4
Bleicheröder Berge (26)	17	20	1,3	1,3
Oberes Eichsfeld & Hainich (293,8) (ohne Schichtkämme)	113	126	2,6	2,3
Gobert (41)	33	42	1,2	0,9
Ringgau (71)	28	45	2,5	1,6
Ohrdrufer Platte (65)	36	40	1,8	1,6
Ilm-Kalk-Platte (236)	55	59	4,3	4,0
Tautenburger Forst (25)	4	3	6,3	8,3
Zeugenberge Mittl. Saaletal (64)	27	17	2,4	3,7
<b>Gesamt (958,2)</b>	<b>361</b>	<b>400</b>	<b>2,7</b>	<b>2,4</b>

Großräumig betrachtet zeigt sich, dass in den Gebieten mit höheren durchschnittlichen Jahresniederschlägen (Dün, Gobert, Oberes Eichsfeld & Hainich, Ohrdrufer Platte) (vgl. Kap. 2.3.4.1) mehr Quellen und mehr perennierende Fließgewässer im Sockelhangbereich als in den Gebieten mit geringeren mittleren jährlichen Niederschlägen (Hainleite, Schmücke, Ilm-Kalk-Platte, Tautenburger Forst und Zeugenberge Mittleres Saaletal) (vgl. Karte 7) zu verzeichnen sind. In Abbildung 2.15 ist dieser Zusammenhang als Vergleich der durchschnittlichen Jahresniederschläge der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit dem Dichteindex der Quellen- bzw. Fließgewässerhäufigkeit (Anzahl der Quellen bzw. Fließgewässer erster und zweiter Ordnung im Bereich der Röt-/Wellenkalkschichtgrenze dieser Abschnitte, bezogen auf 1 km Stufenhanglänge) quantitativ zusammengefasst.



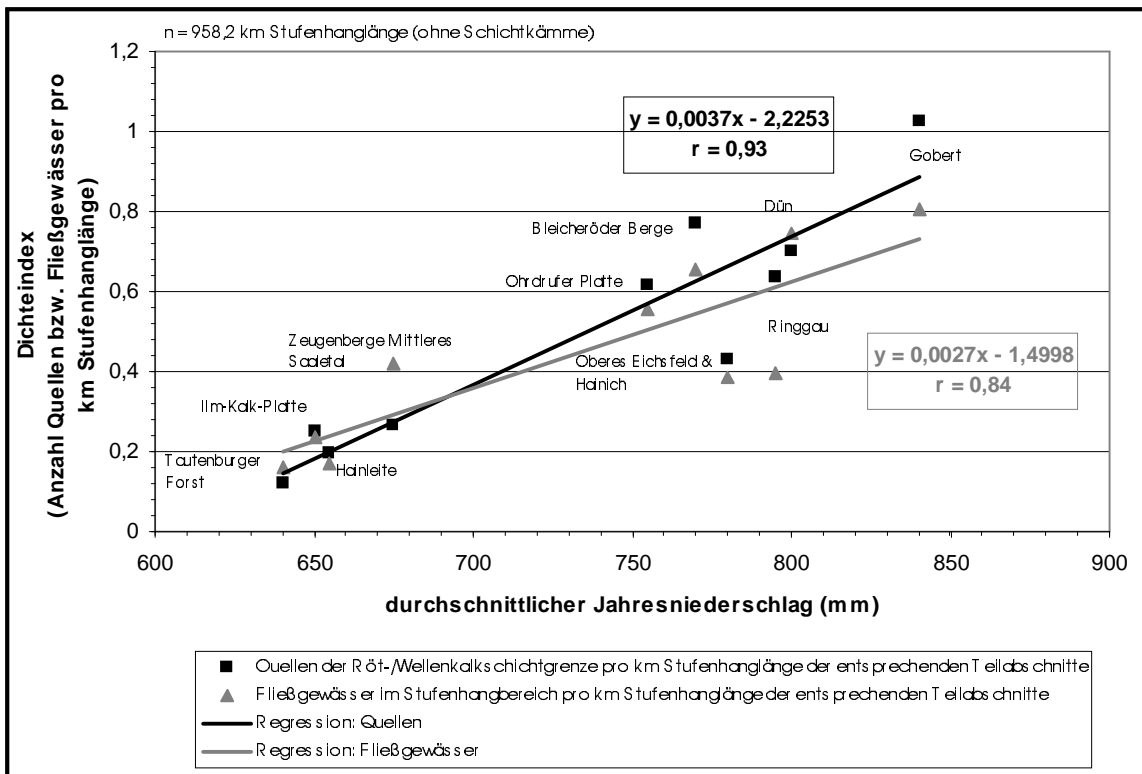


Abb. 2.15: Der Zusammenhang zwischen durchschnittlicher Jahresniederschlagshöhe und der Dichte von Quellen und Fließgewässern erster und zweiter Ordnung im Bereich der Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte

Wie daraus hervorgeht, nimmt mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,84$  die Anzahl der Fließgewässer erster und zweiter Ordnung und mit einem  $r = 0,93$  die Anzahl der Quellen mit zunehmenden mittleren Jahresniederschlagshöhen zu (vgl. Abb. 2.16). Demnach ist das niederschlagsreichste Gebiet der Gobert gleichzeitig durch die höchste und das niederschlagsarme Gebiet des Tautenburger Forstes durch die geringste Quell- bzw. Flussdichte gekennzeichnet (vgl. Tab. 2.9). Abweichungen von diesem generellen Bild ergeben sich lediglich an den Schichtkammabschnitten des Untersuchungsgebietes. Hier fließt das Wasser den steilen hangwärts gerichteten Schichteinfällen folgend, entgegengesetzt der Stirnhänge unterirdisch ab. Dadurch sind Stirnhänge, selbst in Gebieten mit höheren mittleren Jahresniederschlägen (z.B. Oberes Eichsfeld & Hainich), generell arm an Fließgewässern bzw. Quellen. Aus diesem Grund wurden in Tabelle 2.9 bzw. Abbildung 2.15 die Schichtkämme auch nicht berücksichtigt.

Die regionalen Häufigkeitsunterschiede der Grund- bzw. Karstwasser gespeisten Quellen und Fließgewässer beruhen auf regional unterschiedlichen Grundwasserneubildungsraten. Die Grundwasserneubildungsrate, ausgedrückt in Millimeter pro Jahr, resultiert aus dem unterirdischen Abflussanteil des potentiellen Gesamtwasserdargebotes, d.h. jener theoretischen Summe, die sich aus der Differenz der mittleren jährlichen Gebietsniederschlagshöhe und der jährlichen Gebietsverdunstung (Evapotranspiration) ergibt. Bei einer für das Untersuchungsgebiet

charakteristischen mittleren jährlichen Gebietsverdunstung von ca. 400 mm (vgl. THÜRINGISCHER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT 1996) ergeben sich für die lithologisch-strukturell ähnlich aufgebauten Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte des Untersuchungsgebietes, großräumig betrachtet, die gleichen Unterschiede im potentiellen Gesamtwasserdargebot wie bei der bereits geschilderten Verteilung der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen. Für die einzelnen Untersuchungsabschnitte ist dieser Zusammenhang in Tabelle 2.10. verdeutlicht.

Tab. 2.10: Durchschnittliches potentielltes Gesamtwasserdargebot der einzelnen Untersuchungsabschnitte in Abhängigkeit vom durchschnittlichen Jahresniederschlag bei einer realen Gebietsverdunstung von 400 mm/a

<b>Untersuchungsabschnitte</b>	<b>Ø Jahres- niederschlagshöhe</b> (mm/a)	<b>Ø potentielltes Gesamtwasserdargebot</b> (mm/a)
<b>Schmücke</b>	515	115
<b>Hainleite</b>	655	255
<b>Dün</b>	800	400
<b>Bleicheröder Berge</b>	770	370
<b>Oberes Eichsfeld &amp; Hainich</b>	780	380
<b>Gobert</b>	840	440
<b>Ringgau</b>	795	395
<b>Hörselberge</b>	730	330
<b>Ohrdrufer-Platte</b>	755	355
<b>Ilm-Kalk-Platte</b>	650	250
<b>Tautenburger Forst</b>	640	240
<b>Zeugenberge Mittleres Saaletal</b>	675	275
<b>Gesamt</b>	<b>740</b>	<b>340</b>

Wie daraus hervorgeht, sind die Gebiete die sich durch hohe mittlere Jahresniederschläge auszeichnen (Gobert, Dün, Ringgau), auch die Gebiete, die ein höheres potentielltes Gesamtwasserdargebot aufweisen.

Vom jährlichen potentielltes Gesamtwasserdargebot stehen im Mittel für Thüringen ca. 30 % der Grundwasserneubildung zur Verfügung (THÜRINGISCHER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT 1996). Auf den verkarstungsanfälligen, stark geklüfteten Wellenkalken, in dem das Niederschlagswasser schnell in das Hangsystem versinken kann, ist die

Grundwasserneubildungsrate jedoch wesentlich größer. Wie Untersuchungen vom THÜRINGISCHEN MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT (1996) zeigen, gehen hier nahezu 100 % des potentiellen Gesamtwasserdargebotes in die Karst- bzw. Grundwasserneubildung über. Morphologisch äußert sich dies darin, dass perennierende Fließgewässer im Bereich der für den Niederschlagsinput bedeutenden Stufenfläche weitgehend fehlen (vgl. Kap. 2.3.3.3).

Entsprechend der vom Jahresniederschlag abhängigen Unterschiede im potentiellen Gesamtwasserdargebot (vgl. Tab. 2.10) ist auch die Grundwasserneubildungsrate regional verschieden. So sind die Gebiete, die durch hohe mittlere Jahresniederschläge gekennzeichnet sind, großräumig betrachtet auch die Gebiete, die höhere Grundwasserneubildungsraten aufweisen (vgl. THÜRINGISCHER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT 1996). Bezogen auf die einzelnen Untersuchungsabschnitte, nehmen dabei von der Schmücke (~ 100 mm/a) über den Tautenburger Forst, die Ilm-Kalk-Platte, die Hainleite, die Zeugenberge des Mittleren Saaletales, die Hörselberge, die Ohrdruffer Platte, die Bleicheröder Berge, das Obere Eichsfeld & Hainich, den Ringgau, den Dün und die Gobert (> 400 mm/a) die Grundwasserneubildungsraten zu. Dies spiegelt sich schließlich in den beschriebenen Häufigkeitsunterschieden der Quellen und Fließgewässer im Untersuchungsgebiet wider (vgl. Abb. 2.15).

### 3. Allgemeine Charakteristik der Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken

#### 3.1 Verlagerungsmechanismen

An den Massenverlagerungen der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken sind entsprechend der Terminologie der UNESCO (1993) (vgl. Kap. 1.3) Sturz-, Kipp-, Gleit- (Rutsch), Drift- (Kriech), Fließbewegungen und deren Kombinationen beteiligt. Die am häufigsten vorkommenden Verlagerungsarten sind Gleit- und Driftbewegungen (vgl. BEYER 2002). Hierbei bewegen sich mehr oder weniger große Wellenkalkblöcke auf der plastifizierten Rötunterlage mit meist kriechender Geschwindigkeit im Millimeterbereich pro Jahr talwärts. Die Driftbewegungen sind in ihrem Anfangsstadium durch eine fast ausschließlich horizontale Bewegungskomponente charakterisiert. Bei den Gleitungen lassen sich je nach Bewegung der Blöcke, Kippung, Rotation und komplex-interne Bewegungen unterscheiden (vgl. Abb. 3.1) (BEYER & SCHMIDT 1999). Bei letzteren aber auch bei fortgeschrittenen Driftbewegungen können neben den einfachen lateralen bzw. vertikalen Bewegungsrichtungen weitere, schräg zu diesen Grundrichtungen ausgerichtete Bewegungskomponenten auftreten (vgl. Abb. 3.1). Wie die Geländebefunde zeigen, ist letzteres die Regelaussage.

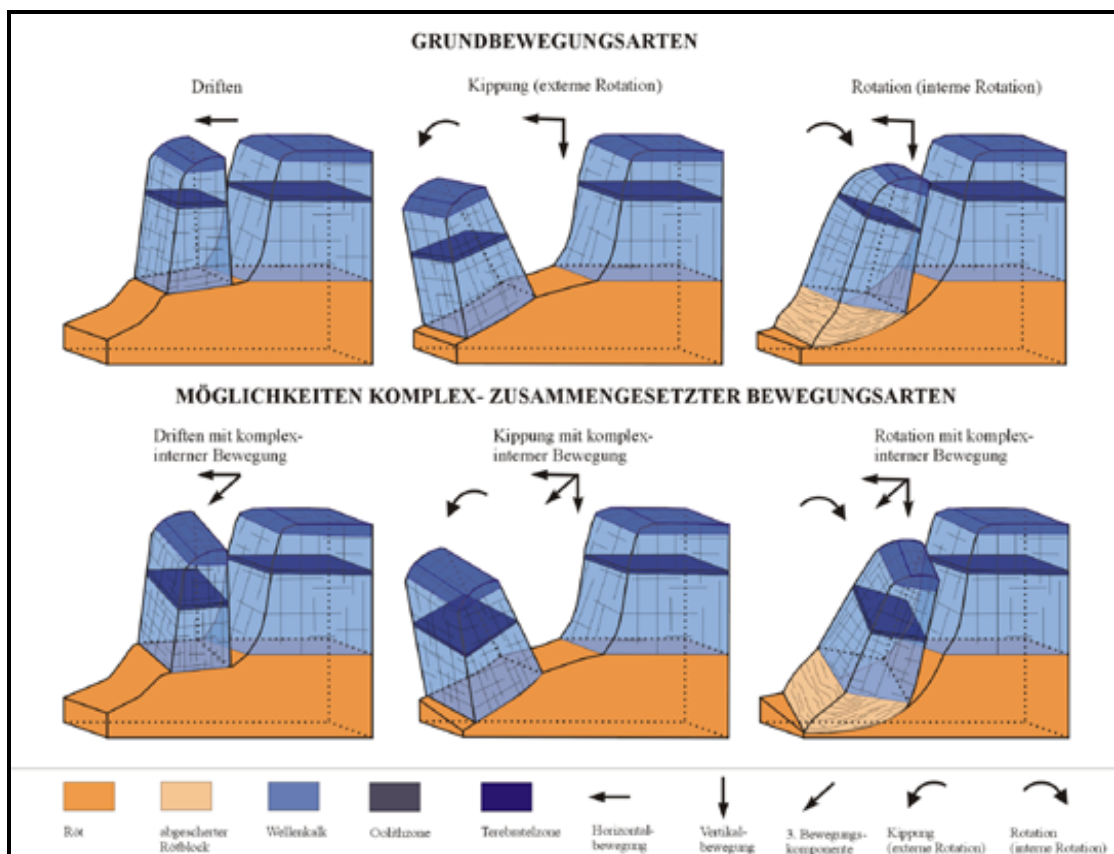


Abb. 3.1: Blockverlagerungstypen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken

Nach JOHNSEN & KLENGEL (1973) werden die Gleit- und Driftbewegungen zusammengefasst auch als Blockverlagerungen bezeichnet. Entsprechend der Tiefenlage der Gleitfläche, die sich im Röt und damit bis mehrere zehn Meter unter der Geländeoberfläche befindet, handelt es sich bei den Blockverlagerungen um tiefe bis sehr tiefe Massenverlagerungen (vgl. ZARUBA & MENCEL 1961). Wie Untersuchungen von BERRISFORD & MATTHEWS (1997), von VAN ASCH et al. (1999) und von TILCH (1999) verdeutlichen, sind tiefe Massenverlagerungen v.a. dadurch charakterisiert, dass sie in ihrer Kinematik stark abhängig sind von den absoluten jährlichen Niederschlagseinträgen in das Hangsystem und damit v.a. vom jährlichen Grundwasserdargebot und weniger vom oberflächennah anstehenden Wasser, welches eher für flache Massenverlagerungen von Bedeutung ist.

Fließbewegungen erfolgen an der Wellenkalk-Schichtstufe ausschließlich im plastifizierten Rötmaterial, wobei sie aber auch Bewegungen im hangenden Wellenkalk induzieren können. Bei diesem Massenverlagerungstyp kann sich oberflächennahes Wasser beeinflussend auswirken.

Sturzverlagerungen in Form von Steinschlag oder Felsstürzen sind an Steilwände im Wellenkalkmassiv bzw. letztere an exponierte Blockschollen gebunden (BEYER & SCHMIDT 1999). Spektakuläre Felsstürze stehen oft im Zusammenhang mit Kipp- und Gleitereignissen, sind aber im Vergleich zu den Blockverlagerungen insgesamt seltenere Erscheinungen (vgl. WEBER 1951, ACKERMANN 1959, MÜCKE 1962). Aufgrund der sehr schnellen Verlagerung großer Massen (bis > 200000 m<sup>3</sup>) bergen sie im Bereich der Wellenkalk-Schichtstufe jedoch das größte Gefahrenpotential für Mensch und Infrastruktur.

### **3.2 Formenschatz**

Die Verlagerungsmechanismen bedingen einen typisch morphologischen Formenschatz, der u.a. von KIRBIS (1950), ACKERMANN (1959) und JOHNSEN & KLENGEL (1973) beschrieben wurde. In Abbildung 3.2 ist der an der Wellenkalk-Schichtstufe anzutreffende Hauptformenschatz der Massenverlagerungen zusammengefasst dargestellt. Weiterführende fotodokumentarische Beispiele sind im Anhang A aufgeführt.

Als erste Anzeichen von Blockbewegungen öffnen sich 5 - 20 m, in Ausnahmefällen bis über 100 m hinter dem Stufenrand, sogenannte Zerr- oder Abrißspalten mit Öffnungsweiten bis zu 2 m und Tiefen bis > 10 m. Die Spalten können über 100 m Länge erreichen und verlaufen subparallel bis spitzwinklig zur Trauf. Oftmals sind die Spalten von Baumwurzeln überspannt (vgl. Anhang A) oder aber auch von Humus überdeckt. Durch Humus verhüllte Spalten treten in Form morphologisch weniger deutlicher, linear aneinander gereihter Depressionen im Gelände meist deutlich in Erscheinung.

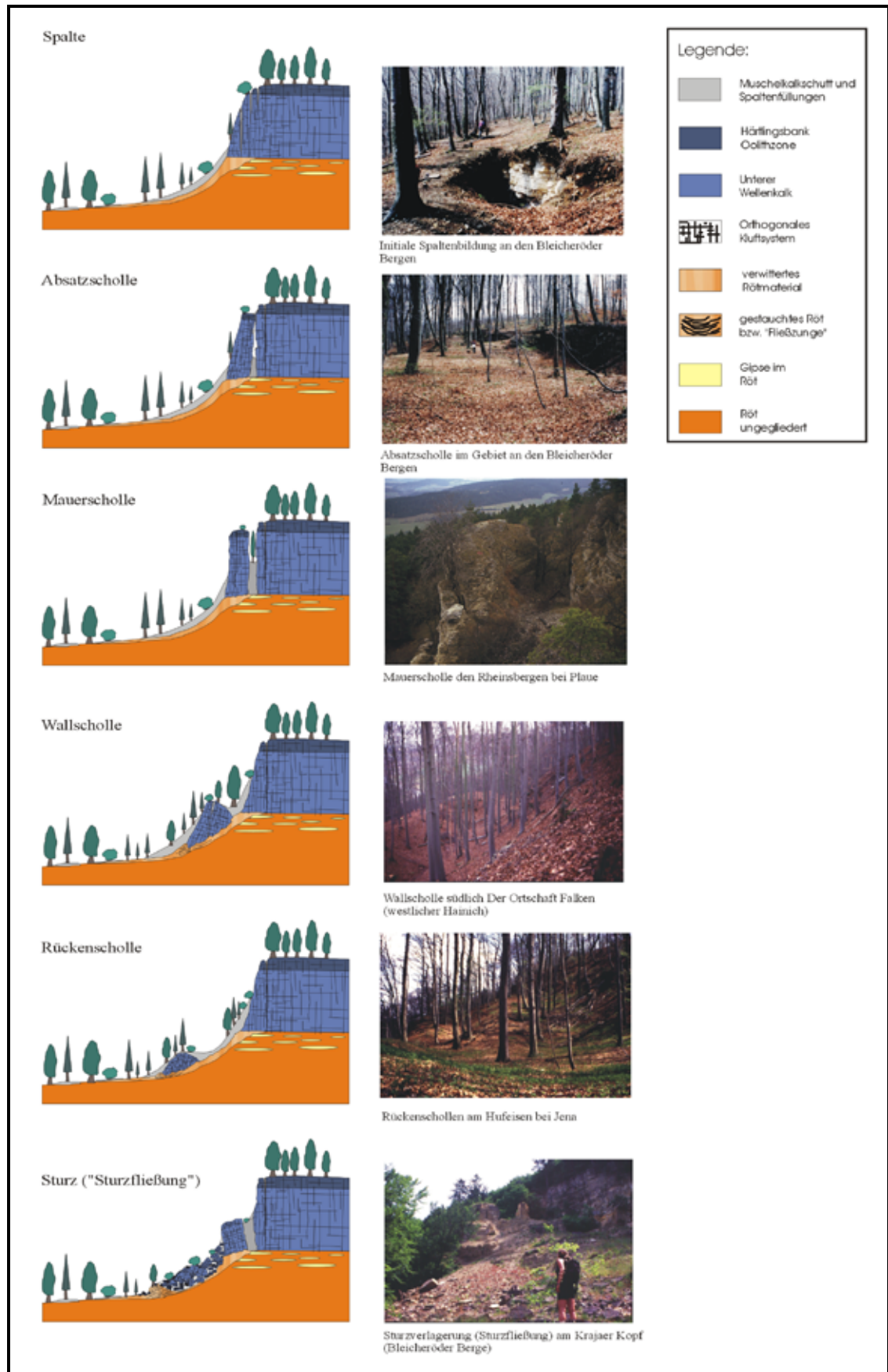


Abb. 3.2: Der Formenschatz der Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe

Mechanisch sind die Spaltenbildungen auf initiale translative Driftbewegungen zurückzuführen, die durch fehlende bzw. geringe Vertikalversatzbeträge und nicht vorhandene Schichtumorientierungen im Vergleich zum festen Massiv gekennzeichnet sind (Abb. 3.1).

Bei gleichzeitigem Einsinken der Schollen in das plastifizierte Rötmaterial, wie es für fortgeschrittene Driftbewegungen charakteristisch ist (UNESCO 1993), entstehen sogenannte Treppenstufen mit Vertikalversatzbeträgen im Dezimeterbereich (vgl. KIRBIS 1950). Diese seltenen, i.d.R. an Gebiete mit intensiven Spaltenbildungen gebundenen Massenverlagerungskörper ähneln in ihrer Form den noch zu beschreibenden Absatzschollen. Eilt bei diesen Bewegungen der Fuß der Scholle dem noch am Massiv angelehnten Top voraus, können Spaltenhöhlen entstehen (vgl. Abb. 3.3; Anhang A). Beispiele dafür sind u.a. im Oberen Eichsfeld (z.B.: Thomasbrücke bei Martinfeld) (Abb. 3.3.) oder im Gebiet der Ohrdruffer Platte (z.B.: Kammerlöcher bei Angelroda) zu finden. Bekannter sind die außerhalb des Untersuchungsgebietes gelegene Goetz-Höhle bei Meiningen oder die Eisgrube am eingefallenen Berg bei Themar (vgl. JOHNSEN 1984).

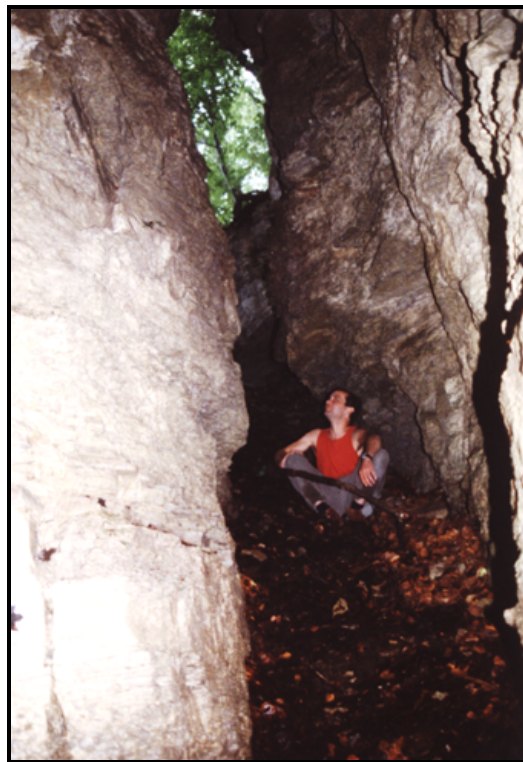


Abb. 3.3: Spaltenhöhle an der Thomasbrücke bei Martinfeld (Oberes Eichsfeld & Hainich)

Der genannte Formenschatz ist typisch für die initialen Bewegungsphasen am Wellenkalk-Schichtstufenhang. Die Bewegungen können Jahrzehnte bis Jahrhunderte dauern (JOHNSEN 1984) und sind auf den unmittelbaren Bereich der Wellenkalksteilkante beschränkt. Mit steigenden

Bewegungsbeträgen ändern sich der Formenschatz und die Kinematik der sich verlagernden Blöcke. Die Bewegungen sind meist komplexer Natur und generell durch Schichtumorientierungen und Lagerungsstörungen im Vergleich zum festen Massiv gekennzeichnet. Zudem können sich die Verlagerungsgeschwindigkeiten erhöhen (vgl. JOHNSEN 1984).

Die bereits erwähnten Absatzschollen sind sehr häufig auftretende Massenverlagerungsformen am Wellenkalk-Schichtstufenhang, die morphologisch den seltener auftretenden Treppenstufen ähneln. Diese, als Flachformen zu beschreibenden Verlagerungskörper, sind durch das Fehlen hangwärtiger Hohlformen, durch interne Rotationen (vgl. Abb. 3.1) und, im Unterschied zu den Treppenstufen, durch größere Flächenausdehnungen und Volumina bei gleichzeitig größeren Vertikalversatzbeträgen charakterisiert. Ähnlich der Treppenstufen sind Absatzschollen sowohl in den abrißwandnahen Oberhangbereichen (vgl. Abb. 3.2) im Unterschied zu diesen v.a. aber auch im Mittel- und Unterhangbereich zu finden (vgl. Anhang A).

Aus den Zerrspalten können sich mit zunehmenden Verlagerungsbeträgen bis über 20 m tiefe Abrißschluchten mit markant hangwärtigen Abrißwänden (vgl. Abb. 3.4) und talwärtig vorgelagerten, felsbastionsähnlich aufragenden Blockschollen entwickeln. Letztere werden entsprechend ihrer akzentuierten Morphologie als „Mauerschollen“ bezeichnet (KIRBIS 1950). Besitzen die Mauerschollen noch eine einseitige Verbindung zur Abrißwand, werden diese in der Literatur auch als Türschollen aufgeführt (vgl. ACKERMANN 1959). Markante Abrißschluchten sind in den topographischen Karten oftmals als „Teufels-“ oder „Diebeskrippen“ bzw. als „Schwedenlöcher“ aufgeführt. Der als Top bezeichnete, oberste Bereich der Abrißwand kann mit dem Steilabfall der Trauf identisch sein (vgl. Abb. 3.4 - linkes Bild), oder er liegt einige Meter tiefer als dieser (vgl. Abb. 3.4 – rechtes Bild).

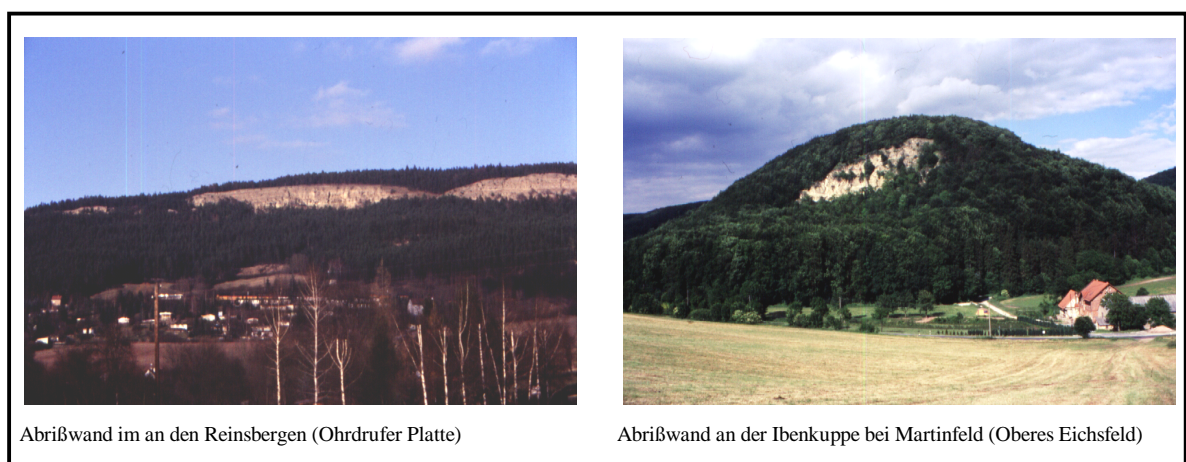


Abb. 3.4: Beispiele für Abrißwände an Massenverlagerungsgebieten an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken



Mit fortschreitender Bewegung gleiten die Blöcke zunehmend in Richtung Unterhang. Zudem werden mit höherem Alter und der damit verbundenen Erosion die Formen abgerundeter und ausgeglichener. Aus den „Mauern“ entstehen sogenannte „Wallschollen“ mit hangwärtigen „Gräben“ und schließlich „Rückenschollen“ mit hangwärtigen „Mulden“ (Terminologie nach KIRBIS 1950) (Abb. 3.2). Die Vertikalversatzbeträge dieser Massenverlagerungskörper können bis über 80 m, die Horizontalversatzbeträge bis über 250 m erreichen.

Die von der Mauer- zur Rückenscholle abnehmende Schroffheit der Formen ist im Gelände deutlich an abnehmenden Höhendifferenzen vom Top der Scholle zur hangwärtigen Hohlform und an abnehmenden Flankeninklinationen zu erkennen. Damit verbunden, nimmt die Schuttummantelung, die Bodenbildung und die Vegetationsbedeckung von der Mauer- zur Rückenscholle zu. So streichen an den akzentuierteren Wällen die verlagerten Gesteinspakete noch oberflächennah aus, wohingegen die Rückenschollen bereits gänzlich von Schutt verhüllt sind.

Die mit teilweise > 300 m Horizontal- und > 100 m Vertikaldistanz am weitesten von der Trauf bzw. der Abrißwand entfernt liegenden Verlagerungskörper sind die nach ACKERMANN (1958) als „Fußschollen“ bezeichneten Massenverlagerungsformen (vgl. auch HAß 1996). Diese, wie Inseln bereits weit im Unterhang liegenden großvolumigen Blockschollen, machen sich durch eine vom Sockelhang stark abweichende, schanzentischartige Morphologie (steile talwärtige Flanke und flach hangwärts einfallender schanzentischartiger Top) im Gelände deutlich bemerkbar (vgl. Abb. 3.5 und Anhang A). Fußschollen sind generell durch stark interne Rotationen (asequente Rutschungen) auf kreiszylindrischen Gleitflächen im Röt gekennzeichnet (Abb. 3.1). Erkennbar ist dies an der Schichtlagerung mit teilweise über 30° steilem hangwärtigen Schichteinfallen.

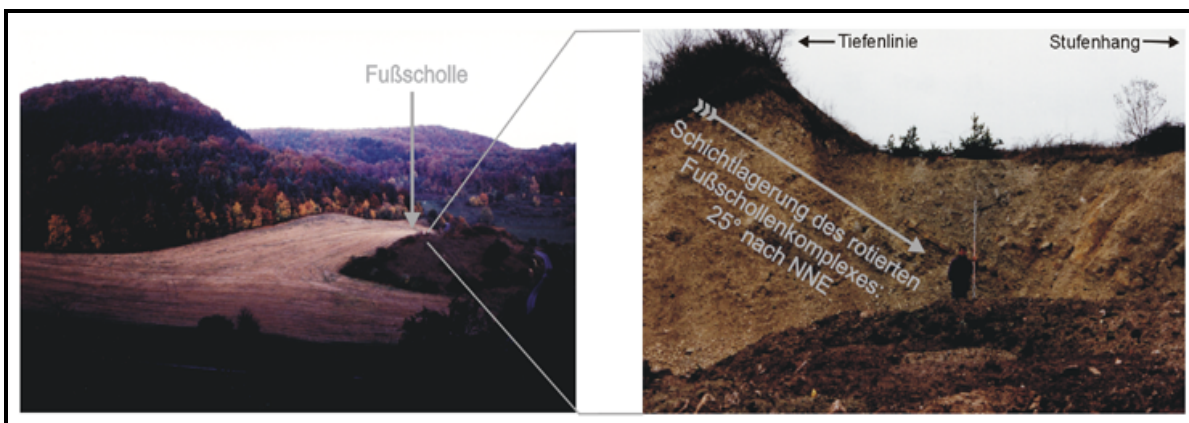


Abb. 3.5: Eine Fußscholle und deren Lagerungsverhältnisse am Stirnberg nordöstlich der Ortschaft Rödelwitz (Ilm-Kalk-Platte)

Die bereits erwähnten Sturzverlagerungen (Felsstürze) bilden die spektakulärsten und gleichzeitig gefährlichsten Massenverlagerungen am Wellenkalk-Schichtstufenhang. In ihrem Auftreten sind

sie an exponierte, talwärts gekippte Mauerschollen gebunden, deren obere Bereiche abstürzen (vgl. SCHUNKE 1971). Dabei erreichen die Sturzbahnen Längen bis zu 350 m, bei verlagerten Volumen in Größenordnungen bis  $> 200000 \text{ m}^3$ . Nach der Sturzverlagerung bleibt von der ehemaligen Mauerscholle ein von Blöcken und Schutt ummantelter Schollenstumpf stehen (vgl. Abb. 3.2), wobei die abgestürzten Massen chaotisch gelagerte Blockhalden bilden. Schlagen die verstürzten Wellenkalkblöcke auf einen durchfeuchteten Sockelhang, kann es durch die Wucht des Aufpralls zu Fließbewegungen im Rötmaterial kommen (undrained loading). Dabei wird das Rötmaterial ausgepresst und schiebt sich als Fließzunge, erdgletscherartig talwärts (vgl. MARTIN 1965). Kombinierte Verlagerungen dieser Art (Sturz- und Fließbewegungen) werden nach ACKERMANN (1958) auch als „Sturzfließungen“ bezeichnet. Die Sturzfließungen erfolgen meist im Zusammenhang mit extremen meteorologischen Ereignissen (vgl. ACKERMANN 1958, JOHNSEN & KLENGEL 1973, SCHMIDT 1988b).

Als Ausgangsform für Sturzverlagerungen sind die Massenverlagerungsgebiete, in denen Mauerschollen auftreten, die Bereiche am Wellenkalk-Schichtstufenhang, von denen ein besonders hohes potentielles Gefahrenrisiko ausgeht. Im Hinblick auf die in dieser Arbeit vorzunehmende Beurteilung des Gefahrenpotentials in Verbindung mit der Ausweisung von Risikogebieten (vgl. Kap. 1.5), ist die Kenntnis der Lage der Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen von besonderer Bedeutung.

### **3.3 Formenassoziationen, Untergliederung und Ausmaße der Massenverlagerungsgebiete**

Der in Abbildung 3.2 dargestellte Formenschatz kann sich in einem Massenverlagerungsgebiet sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Abfolge vergesellschaften. Dabei weisen die Massenverlagerungskörper in ihrer vertikalen Abfolge eine staffelartige Anordnung auf (vgl. BEYER 2002). Insgesamt können die einzelnen Formen in unterschiedlicher Kombination auftreten, wobei innerhalb eines Massenverlagerungsgebietes nicht alle Formen vorkommen müssen. Einzelne, v.a. breitere Verlagerungskörper weisen z.T. unterschiedliche Bewegungsrichtungen auf. So kann eine Mauerscholle einseitig kippen, während ein anderer Bereich rotiert. Dabei können die Schollen zerreißen, wobei sich sekundäre Abrißwände und Tochterschollen bilden (vgl. BEYER 1997).

Entsprechend der allgemeinen vertikalen Untergliederung eines Massenverlagerungsgebietes nach KLENGEL & PASEK (1974) in (A) Abrißgebiet, (B) Mittlere Bewegungszone und (C) Massenverlagerungsfuß ergibt sich hinsichtlich der beschriebenen Formen am Wellenkalk-Schichtstufenhang das in Abbildung 3.6 dargestellte Bild.

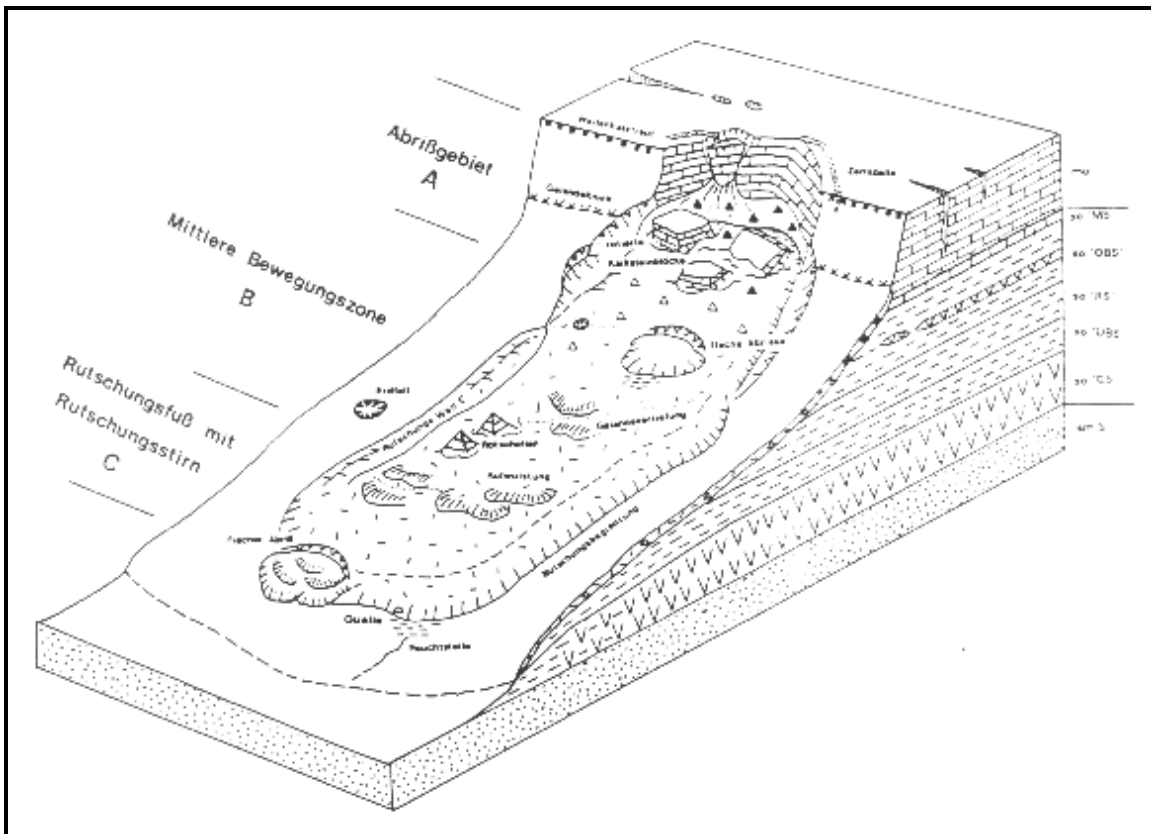


Abb. 3.6: Unterteilung eines Massenverlagerungsgebietes nach KLENGEL & PASEK (1974)  
(Quelle: WENZEL 1991)

Das Abrißgebiet (A) befindet sich im Oberhangbereich und ist durch steile und oftmals vegetationslosen Abrißwände mit fehlender oder initialer Bodenbildung sowie durch die unmittelbar vorgelagerten Schollenformen (Spalten, Treppenstufen und Mauerschollen) gekennzeichnet. Im Bereich von Sturzfließungen befinden sich in Zone (A) die Schollenstümpfe als Relikte ehemaliger Mauerschollen, deren oberer Bereiche abgestürzt sind. I.d.R. sind die abrißwandnahen Formen die schroffsten im gesamten Massenverlagerungsgebiet, was insbesondere für die Mauerschollen zutrifft. Häufiger fehlen aber auch die frischen Formen und Abrißwandproximal befinden sich weniger akzentuierte Absatz-, Wall- oder Rückenschollen. In solchen Bereichen ist die Abrißwand meist weniger markant ausgebildet, die Bodenbildung und die Vegetationsbestockung ist weiter fortgeschritten, was insgesamt auf ein erhöhtes Alter dieser Massenverlagerungen hindeutet.

Die Mittlere Bewegungszone (B) entspricht dem flacheren unteren Oberhang bzw. Mittelhangbereich (Grenzbereich Röt/Wellenkalk). In vielen Massenverlagerungsgebieten ist hier die Mehrzahl der Verlagerungskörper lokalisiert. Der Formenschatz dieser Zone besteht hauptsächlich aus weniger akzentuierten und insgesamt älter wirkenden Absatz-, Wall- und Rückenschollen bzw. im Bereich von Sturzfließungen aus verstürzten Blöcken. Verallgemeinert ist diese Zone durch eine unübersichtliche Anordnung der Verlagerungskörper gekennzeichnet, was

u.a. auf sekundäre Abrisse und Zerreißungserscheinungen zurückzuführen ist. Die Formen sind teilweise mit bis zu mehreren Meter mächtigen Wellenkalkschutt verhüllt. Die Boden- und Vegetationsentwicklung ist im Vergleich zur Zone (A) weiter vorgeschritten.

An der sich anschließenden Massenverlagerungsstirn (C) sind morphologisch deutlich ausgeprägte Schollen mit Ausnahme von Fuß- und Absatzschollen seltener. Häufiger treten wulstartige Aufschiebungen und Auspressungen von Rötmaterial auf, die auf hangaufwärtig erfolgte Schollenbewegungen zurückzuführen sind. Morphologisch besonders markant und großflächig sind solche Formen an der Massenverlagerungsstirn von Sturzfließungen zu finden. Insgesamt erfolgt in Zone C der Übergang zu den flacher geneigten Stufensockelbereichen. An der Stirn der Massenverlagerungsgebiete können Schuttquellen auftreten (vgl. WENZEL 1991).

Die Massenverlagerungsgebiete erstrecken sich Trauf-parallel zusammenhängend auf Breiten zwischen mehreren 10 m bis zu mehreren Kilometern, wobei die Länge der Gebiete, gemessen vom Abriß zur Massenverlagerungsstirn bis über 300 m betragen kann. Dementsprechend betragen die Flächen zwischen mehreren tausend bis zu mehreren hunderttausend Quadratmetern. Die innerhalb eines Massenverlagerungsgebietes verlagerten Volumina bzw. Massen können dabei erheblich sein. So sind Größenordnungen von mehreren Millionen Kubikmetern bzw. mehreren Millionen Tonnen verlagerten Materials keine Seltenheit. Wie Untersuchungen von BEYER (1997) zeigen, kann bereits eine Mauerscholle ein Volumen von 300000 m<sup>3</sup> und ein Gewicht von 750000 Tonnen erreichen. Fußschollen können diese Dimensionen bei weitem übertreffen (vgl. GRABNER 1970, ZIEGENHARDT & JUNGWIRTH 1971).

### **3.4 Alterseinordnung der Massenverlagerungen**

Eine zeitgenaue absolute Alterseinordnung der Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken ist mit Schwierigkeiten verbunden (vgl. Kap. 1.4). Die morphologischen Befunde in Verbindung mit den Ergebnissen vorliegender dendrochronologischer, pollenstratigraphischer Untersuchungsmethoden (vgl. BAUM & SCHMIDT 2001) erlauben jedoch einige allgemeingültige Aussagen. Ausgehend von den morphologischen Befunden zeigen dies bereits ACKERMANN (1959, 1977) für Massenverlagerungskörper an der Wellenkalk-Schichtstufe sowie EISENBRAUN & ROMMEL (1986) für Massenverlagerungskörper an Keuper-Schichtstufenhängen in Baden-Württemberg auf.

Die im Abrißgebiet am Oberhang gelegenen Mauerschollen und Spaltenbildungen sowie die dazugehörigen schroffen, wandartig versteilten Abrißwände sind entsprechend ihrer frisch akzentuierten Morphologie mit Böschungen bis 90°, der fehlenden Bodenbedeckung und der nur

schütterer Vegetation als die jüngsten Zeugnisse der Massenverlagerungsprozesse anzusprechen. Wie Bewegungsmessungen von JOHNSEN 1981; JOHNSEN & SCHMIDT 2001 sowie WENZEL (1991) belegen, sind an Mauerschollen und Spalten rezente Bewegungen zu verzeichnen, die die Aktualität dieser jungen Verlagerungsformen belegen. SAHLING (2002) konnte mit Hilfe dendrochronologischer Methoden frühere Bewegungsaktivitäten an Spalten datieren, wobei die zeitlich jüngeren Verlagerungsaktivitäten weiter aufgelöst werden konnten (vgl. Kap. 1.4). Auch Säbelwuchs und umgestürzte Bäume bilden zusätzliche Indikatoren, die auf rezente Aktivität dieser Massenverlagerungsformen hinweisen (vgl. SCHMIDT 1988b). Entsprechend der insgesamt frischen Morphologie der Mauerschollen, Spaltenbildungen und Abrißwände sind ca.  $\leq 200$  Jahre als grober Richtwert des Maximalalters dieser Formen zu veranschlagen. Damit sind diese Formen in Anlehnung an ACKERMANN (1959, 1977) als rezent bis subrezent zu bezeichnen.

Die an Mauerschollen gebundenen, morphologisch heute noch deutlich in Erscheinung tretenden Sturzfließungen gehören ebenfalls zu den jüngeren Verlagerungsformen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken. In Chroniken ist der Zeitpunkt einzelner Verlagerungen mitunter jahres- oder tagesgenau belegt (vgl. JOHNSEN 1974, SCHMIDT 1988b, SCHMIDT & BAUM 1998). In Tabelle 1.1 sind diesbezüglich einige historische und rezente Beispiele aufgeführt (vgl. Kap. 1.1). Auch die Bestockung des Sturzmaterials mit Bäumen liefert wichtige Hinweise zur Feststellung eines Mindestalters. Zudem bilden von erdgletscherartigen Fließungen umflossene Bäume weitere Anhaltspunkte der Alterseinordnung. Die heute noch sichtbaren Sturzverlagerungen sind i.d.R. als historische ( ab dem 15. Jh.) bis rezente Massenverlagerungsformen anzusprechen (vgl. ACKERMANN 1959).

Problematischer ist die Alterseinordnung der Absatz-, Wall- und Rückenschollen sowie der Spaltenbildungen in Form verhüllter Depressionen. Aufgrund ihrer durch die Schuttverhüllung weniger akzentuierten Morphologie, den damit verbundenen geringeren Böschungswinkeln der Verlagerungskörper und der Abrißwände (i.d.R.  $< 35^\circ$ ), der i.d.R. geschlossenen Vegetationsbedeckung (i.d.R. Waldbestockung älter 100 a) und der fortgeschritteneren Bodenbildung und Humusakkumulation sind diese Massenverlagerungsformen im Vergleich zu den Mauerschollen und frischen Spaltenbildungen generell als älter einzuschätzen. Die genannten Verlagerungskörper sind rezent inaktiv, können aber unter bestimmten Umständen (z.B. Hangversteilung, Abtragen des Widerlagers) reaktiviert werden (vgl. JOHNSEN 1974b, KRÜMMLING et al 1975). Nach exemplarisch pollenanalytischen Untersuchungen von SCHMIDT & BAUM (1998) und BAUM & SCHMIDT (2001) konnte das Mindestalter von Rückenschollen mit jünger als Subboreal (ab 2500 v Chr.) datiert werden, wobei davon auszugehen ist, dass der eigentliche Verlagerungsakt noch wesentlich früher erfolgte (SCHMIDT & BAUM 1998, S. 41). Nach ACKERMANN (1959, 1977) sind die weniger akzentuierten Rücken- und Absatzschollen

sowie Spaltenbildungen in Form schuttverhüllter Depressionen als alte Massenverlagerungsgenerationen des frühen Holozäns anzusprechen, die damit einige tausend Jahre älter als die historischen bis rezenten Formen sind. Die Wallschollen weisen jedoch im Vergleich zu den Rückenschollen steilere Böschungen ( $> 30^\circ$ ), weniger Schuttummantelung und somit auch weniger intensive Vegetationsbedeckung auf. Sie sind damit in ihrem Habitus insgesamt stärker akzentuiert, womit sie rein morphographisch als genetisch jüngerer einzuschätzen sind. Nach ACKERMANN (1959) entsprechen diese Formen der jüngeren Generation der historischen Massenverlagerungen, die in ihrer Entstehung möglicherweise mit der kleinen Eiszeit (1550 - 1850 n.Chr.), welche nach jüngeren Untersuchungen von BERRISFORD & MATTHEWS (1997) in Nordeuropa eine Phase erhöhter Massenverlagerungsaktivität war, in Verbindung zu bringen sind. Demnach müsste das Alter der Wallschollen zwischen 450 und 150 Jahren betragen.

Die nachweislich ältesten Verlagerungskörper an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken sind die Fußschollen (vgl. ACKERMANN 1958, 1959, 1977). Sofern diese Verlagerungskörper singulär auftreten, sind in den Massenverlagerungsgebieten deutlich ausgebildete Abrißwände nicht mehr zu verzeichnen. Die wichtigsten Anhaltspunkte der Alterseinordnung der Fußschollen sind erhalten gebliebene, z.T. mehrere Meter mächtige, vielgliedrige Deckschichtenkomplexe und oder in situ erhalten gebliebene Lößaufwehungen. Lößaufwehungen über Massenverlagerungskörpern werden u.a. von DOCKER & STEINMÜLLER (1993) von Massenverlagerungsgebieten der westlichen Hainleite südlich der Ortschaft Hainrode beschrieben. Deckschichtenkomplexe an den bis über 300 m vom Stufenhang entfernt liegenden Fußschollen sind oftmals als Schuttquellen für Wegebaumaßnahmen gut aufgeschlossen. In Abbildung 3.7 sind diesbezüglich zwei Beispiele aufgeführt. Das linke Foto in Abbildung 3.7 zeigt einen auf einer Fußscholle aufgeschlossenen Deckschichtenkomplex an der Lokalität Zietschuppe, nördlich der Ortschaft Löberschütz (Tautenburger Forst), das rechte Bild einen auf einer Fußscholle gelegenen Deckschichtenkomplex an der Lokalität Stirnberg, nordöstlich der Ortschaft Rödelwitz (Ilm-Kalk-Platte).

Der Habitus der Deckschichtenkomplexe weist auf die typisch periglazialmorphologischen Bildungsbedingungen hin. So sind die Längsachsen der Skelettschuttstücke parallel zum Hanggefälle eingeregelt, was auf solifluidalen Transport hindeutet (vgl. SEMMEL 1985). Innerhalb der vielschichtigen Ablagerungen lassen sich Schichten mit gröberen Skelettkomponenten und stärker löß(lehm)-befrachteten Schichten, die mitunter von humosen Steinsohlen abgeschlossen sind, erkennen. Die lößhaltigen Schichtglieder weisen auf äolische Prozesse, die lößlehmhaltigen- auf nachträgliche solifluidale Umlagerungen hin.

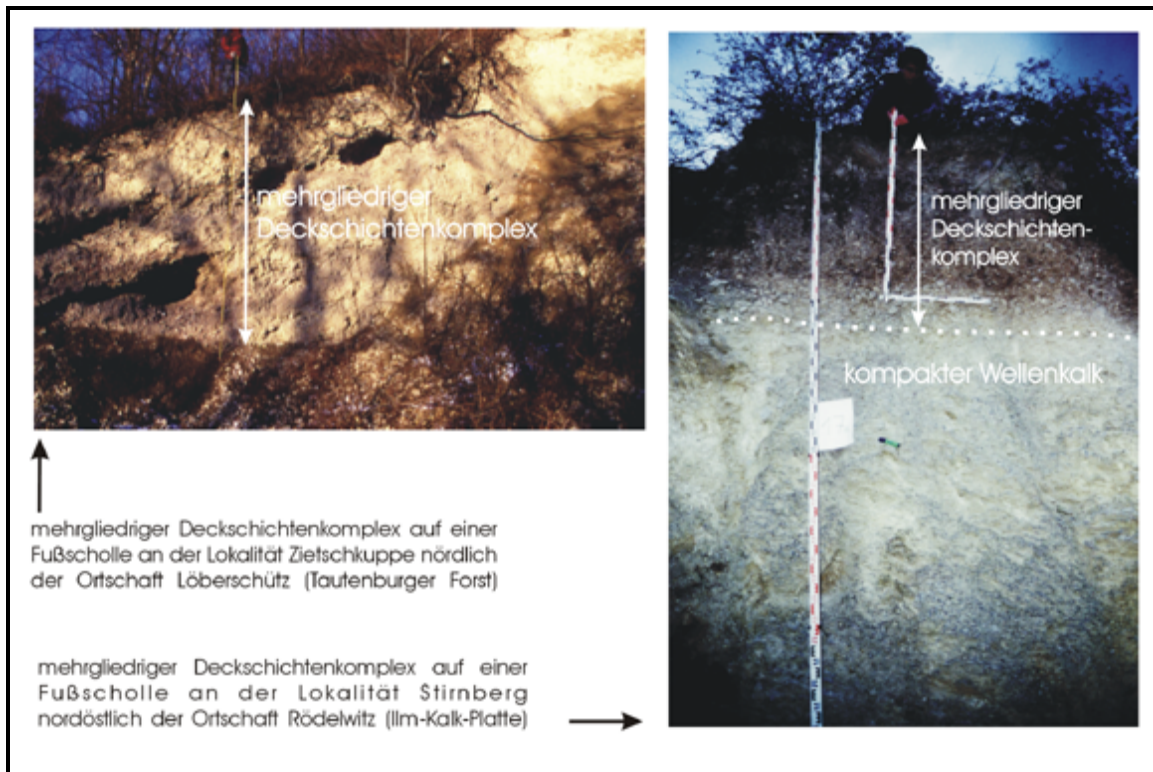


Abb. 3.7: Typische mehrgliedrige Deckschichtenkomplexe auf Fußschollen

Nach VÖLKEL ( frdl. schriftl. Mitt. vom 08.05.2000) sind die im Bereich der in Abbildung 3.7 im linken Foto dargestellten Fußschollen vorgefundenen vielgliedrigen Deckschichtenkomplexe Anzeichen für deutlich ältere Bildungszeiten als LGM (Last Glacial Maximum). Wie Untersuchungen von SEMMEL (1985) und FRÜHAUF (1991, 1992) verdeutlichen, können löß(lehm) befrachtete Deckschichtenkomplexe auch am Ende des Pleistozäns, insbesondere jungdryaszeitlich entstanden sein. Bezogen auf die Alterseinordnung der Fußschollen ergibt sich damit ein Mindestalter von ca. 11000 Jahren. Diesbezüglich weiterführende Untersuchungen stehen bislang noch aus.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass in der Reihenfolge: Spaltenbildungen (in Form frischer Öffnungen), Mauerschollen, Sturzfließungen, gefolgt von Wallschollen, gefolgt von Rücken- und Absatzschollen, das als grober Richtwert aufzufassende, morphographisch abgeleitete Alter der Massenverlagerungsformen zunimmt, wobei die Entstehungszeit dieser Formen insgesamt im Holozän zu suchen ist. Die nachweislich ältesten Massenverlagerungsformen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken sind die Fußschollen, deren Entstehungsalter im Pleistozän liegt. Entsprechend der Assoziation verschieden alter Massenverlagerungsformen in einem Massenverlagerungsgebiet (vgl. Kap. 3.2) müssen die Massenverlagerungsgebiete zu verschiedenen Zeiten wiederholt aktiv gewesen sein. Auf ähnliche Sachverhalte in stratigraphisch vergleichbaren Untersuchungsgebieten weisen u.a. KRAUTER & STEINGÖTTER (1983), CARRARA et al. (1991), THEIN (1999 in: BIBUS & TERHOSRT 1999) und TILCH (1999) hin.

## **4. Methodische Vorgehensweisen bei der Erkundung und Analyse der Massenverlagerungsgebiete und der zu untersuchenden Steuerungsfaktoren**

### **4.1 Vorbemerkungen**

Entsprechend der Zielstellung der Arbeit musste sowohl die Lage, die Ausdehnung, das Formeninventar als auch die Ausprägung der zu analysierenden potentiellen Steuerungsfaktoren von jedem Massenverlagerungsgebiet ermittelt werden. Zusätzlich sollte auch der Gesamtstufenhang, d.h. auch jene Hangabschnitte ohne Massenverlagerungen hinsichtlich der Ausprägung einzelner Faktoren näher charakterisiert werden (vgl. Kap. 1.5). Diesbezüglich wurden bereits in Kapitel 2 ausführlichere Angaben gemacht.

Die für die Untersuchung erforderlichen Daten wurden im Gelände und unter Einbeziehung weiterer Datenquellen erhoben. Die angewandten Methoden der Datenerhebung und Datenverarbeitung werden im Folgenden vorgestellt.

### **4.2 Feldarbeiten**

Die Grundlage der Untersuchung bildete die Geländekartierung der Massenverlagerungsgebiete an den Wellenkalk-Schichtstufenhängen des Untersuchungsgebietes. Luftbildkartierungen erwiesen sich aufgrund der mit durchschnittlich 92 % annähernd geschlossenen Waldbedeckung des Stufenhanges (vgl. Kap. 2.3.7) und der damit im Zusammenhang stehenden Verhüllung der Massenverlagerungsformen als nicht geeignet. Auch die für das Untersuchungsgebiet im Maßstab 1:25.000 flächendeckend vorliegenden geologischen Karten (GK25) bildeten keine zufriedenstellende Basis für die Lageerkundung der Massenverlagerungsgebiete (vgl. Kap. 1.4).

Im Rahmen der Geländekartierungen wurden alle morphologisch deutlich in Erscheinung tretenden Massenverlagerungsgebiete, die Trauf-parallel breiter als 10 m sind und sich außerhalb von größeren tektonischen Störungen befinden, aufgenommen. Die Ausgrenzung der tektonisch gestörten Gebiete erfolgte in Anlehnung an die GK 25 bzw. in Anlehnung an die tektonischen Karten von WEBER (1955) und SEIDEL (1995). Die Kartiergrundlagen bildeten topographische Karten im Maßstab 1:10 000 (TK 10) (vgl. Kap. 8). Kartiert wurde nach der Querprofilmethode von DEMECK (1976), wobei der Stufenhang sowohl an der Trauf, als auch im Mittel- bzw. Unterhangbereich begangen und damit mindestens zweimal traversiert wurde. Um spätere Zuordnungen zu ermöglichen, wurden die aufgenommenen Gebiet durchgehend nummeriert. Im Gelände wurden von jedem Massenverlagerungsgebiet folgende Parameter erfasst:



- geometrische Grundgrößen (*Länge, Breite, Fläche*)
- Ausprägung der Massenverlagerungskörper (*Formenschatz*) sowie deren Lagebeziehungen (*Staffelanzahl*)
- Ausprägung des Stufenhanges (*Stufenhangtyp, Lage der Abrißwand, Schichtneigung und Neigungsrichtung*)
- hydrologische Gegebenheiten (*Quellen*) und Anzeichen von Subrosionserscheinungen im Röt (*Erdfälle in Verbindung mit atektonischen Lagerungstörungen*)
- Lagebeziehungen zu infrastrukturellen Gegebenheiten (*Straßen, Wege, Versorgungsleitungen etc.*)

Die Aufnahme der geometrischen Grundgrößen der Massenverlagerungsgebiete erfolgte mittels eines Lasermessgerätes der Marke LEM 300-GEO der Firma Jenoptik. Die Grundgrößen wurden dabei wie folgt bestimmt (vgl. Abb. 4.1).

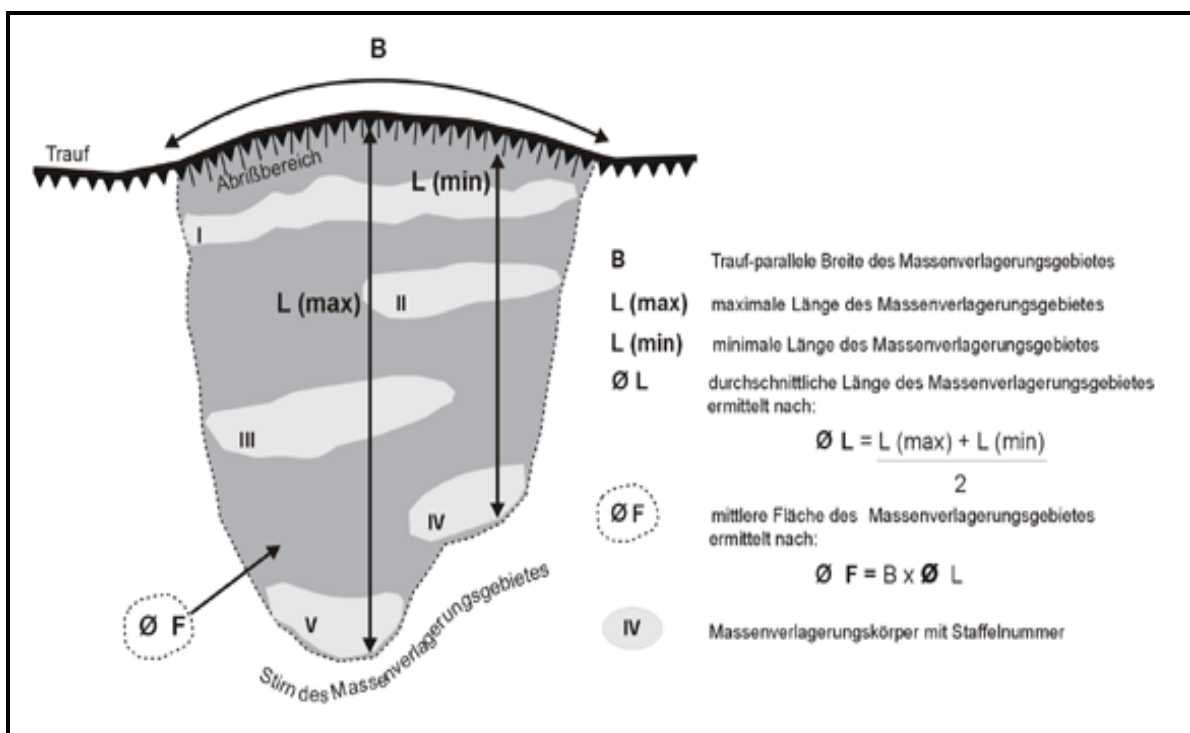


Abb. 4.1: Ermittlung der morphometrischen Parameter eines Massenverlagerungsgebietes

Die Breite der Massenverlagerungsgebiete (B) wurden Trauf-parallel im Bereich der Abrißwand gemessen. Die Längen (L) der Massenverlagerungsgebiete, bezogen auf die Horizontale, wurde von der Abrißwand zur Massenverlagerungsstirn bestimmt (vgl. Abb. 4.1). In Gebieten wo die Massenverlagerungsstirn einen sehr unregelmäßigen Verlauf hat, was v.a. bei sehr breiten Massenverlagerungsgebieten häufig zu verzeichnen ist, wurde die kürzeste (Lmin) und längste (Lmax) horizontale Distanz zur Stirn ermittelt. Aus diesen Werten wurde eine durchschnittliche Länge (ØL) der Gebiete errechnet. Aus der Länge bzw. durchschnittlichen Länge und der Breite

der Massenverlagerungsgebiete konnte die mittlere Flächegröße ( $\bar{F}$ ) für jedes Gebiet errechnet werden (vgl. Abb. 4.1).

Die Aufnahme des Massenverlagerungsformenschatzes erfolgte in Anlehnung an die, in Kapitel 3 dargestellten Klassifizierung, wobei im Einzelnen zwischen den 7 Massenverlagerungsformen Spalten, Mauer-, Wall-, Rücken-, Absatz- und Fußschollen sowie Sturzfließungen unterschieden wurde. Dabei musste überprüft werden, welche der entsprechenden Massenverlagerungsformen in einem Massenverlagerungsgebiet vorkommen. Zudem wurde versucht, die in vertikaler Abfolge häufig vorzufindende staffelartige Anordnung der Massenverlagerungskörper (vgl. Kap. 3) zu erfassen (vgl. Abb. 4.1). Ausgewiesen wurde jeweils die in einem Gebiet maximal zu beobachtende Staffelanahl. In sehr breiten, unübersichtlichen Gebieten mit einer großen Anzahl chaotisch gelagerter Massenverlagerungskörper war dies teilweise mit Schwierigkeiten verbunden, so dass die hier ausgewiesene Staffelanahl als Richtwert aufzufassen ist.

Die Bestimmung der Ausprägung des Stufenhanges an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhangabschnitten erfolgte in Anlehnung an die in Kapitel 2.3.3 vorgestellte Nomenklatur. Hinsichtlich der Art des Stufenhangtyps wurde generell zwischen Trauf-, Trauf mit Walm- und Walm-Stufenhang unterschieden (vgl. Kap. 2.3.3.2). Die Höhenlage der Abrißwand wurde parallel zum Steilabfall der Trauf (Hangneigungen  $> 18^\circ$ ) entweder direkt mittels eines Höhenmessers (Thommen Classic) bzw. indirekt mittels dem LEM 300-GEO bestimmt. Die lokalen Schichtneigungen der Abrißwände wurde mit einem  $360^\circ$  Geologenkompasses der Firma FPM Holding GmbH bestimmt. Ermittelt wurden der Fallwinkel (in Grad) und die Fallrichtung (in Grad) (Clar-Wert) (z.B.  $10/270$ , d.h. die Schichten fallen mit  $10^\circ$  nach Westen ein). In sehr breiten Massenverlagerungsgebieten wurden mehrere Messungen durchgeführt und wenn möglich, ein für das Gebiet typischer Mittelwert gebildet. In einer Anzahl von Massenverlagerungsgebieten konnten aufgrund schlechter Aufschluss- bzw. engräumig stark wechselnder Lagerungsverhältnisse die Schichtlagerung nicht bestimmt werden.

Sowohl Quellen und Anzeichen von Subrosionserscheinungen (Erdfälle) als auch infrastrukturelle Gegebenheiten wie Straßen, Wege, oberirdische Versorgungsleitungen, Siedlungs- und Nutzbauten die im Bereich der Massenverlagerungsgebiete vorkommen, wurden, sofern sie nicht in den 1:10.000 Karten enthalten waren, bei der Geländekartierung aufgenommen. Die Infrastruktureinrichtungen wurden insbesondere im Bereich der Mauerschollengebiete berücksichtigt, da diese aufgrund ihrer Morphologie die Ausgangsformen für spektakuläre Felsstürze bzw. Sturzfließungen sind (vgl. Kap. 3) und damit die Bereiche mit der höchsten potentiellen Gefährdung für Mensch und Infrastruktur darstellen.

Um die Lagebeziehungen der einzelnen Massenverlagerungskörper am Stufenhang zu verdeutlichen, wurden von zwei exemplarischen Massenverlagerungsgebietsausschnitten mit Hilfe eines elektronischen Tachymeters (Rec Elta RL) der Firma Zeiss hochauflösende 3D-Modelle erstellt. Die Vermessungen erfolgten mittels der Anpeilung von Prismenreflektoren, mit denen das Gelände in ca. 5 m Abständen abgerastert wurde.

### 4.3 Ableitung der Steuerungsfaktoren aus Karten und anderen Quellen

Von jedem Massenverlagerungsgebiet und teilweise auch vom Gesamtstufenhang wurden folgende, bereits in Kapitel 1.3 erwähnte, potentielle, geologisch-morphologische und klimatologische Steuerungsfaktoren ermittelt (vgl. Kap. 1.5):

- (1) *Lithologisch-strukturelle Eigenschaften des Stufenbildners\**
- (2) *Lithologisch-strukturelle Eigenschaften des Sockelgesteins\**
- (3) *Mächtigkeit des Stufenbildners*
- (4) *Mächtigkeit des Sockelgesteins*
- (5) *Mächtigkeitsrelation*
- (6) *Schichtneigung\**
- (7) *Neigungsrichtung\**
- (8) *Einfluss der Rötgipssubrosion nach morphologischen Befunden*
- (9) *Morphometrische Lage zur Erosionsbasis (Vertikal-, Horizontalabstände, Anstiegsverhältnisse)*
- (10) *Lage im Stufenrundriss*
- (11) *Exposition\**
- (12) *Lage zum Gewässernetz\**
- (13) *Häufigkeit von Hangquellen\**
- (14) *Mittlere jährliche Niederschlagshöhe und –Niederschlagsverteilung\**
- (15) *Höhe und Verteilung von Starkniederschlägen\**

(\* Die grau hinterlegten Parameter wurden vom Gesamtstufenhang, d.h. auch jenen Stufenhangabschnitten ohne Massenverlagerungen bestimmt) (vgl. Kap. 1.5)

Die bereits beschriebenen, großräumig identischen, lithologisch-strukturellen Eigenschaften von Stufenbildner (1) und Sockelgestein (2), wurden aus den geologischen Erläuterungen (z.B. PUFF 1963, DOCKTER & STEINMÜLLER 1993 u.a.) bzw. aus weiterführender Literatur (z.B. SEIDEL 1992) entnommen. An einem exemplarischen Massenverlagerungsgebiet erfolgten quantitative Untersuchungen zur Korngrößenzusammensetzung im Röt und qualitative Untersuchungen zur Tonmineralogie, deren Ergebnisse bereits im Kap. 2.3.2.2 dargestellt wurden. Die diesbezüglich angewandten Labormethoden werden abschließend in diesem Kapitel kurz vorgestellt.

Zur Bestimmung der Faktoren: (3) Mächtigkeit des Stufenbildners, (4) Mächtigkeit des Sockelgesteins, (5) Mächtigkeitsrelation und (9) geometrische Lage zur Erosionsbasis wurden von jedem Massenverlagerungsgebiet Hangprofile erstellt, in denen der gesamte Stufenhang vom 4° Fußpunkt (untere Begrenzung des Stufenhanges im Bereich der 4° Böschungslinie bzw. vorgelagerten Tiefenlinie) bis zur Trauf (obere Begrenzung des Stufenhanges am > 18° Steilabfall) (vgl. Kap. 2.3.3.2) erfasst ist. Abbildung 4.2 zeigt zwei Beispielprofile, weitere sind in Anhang B aufgeführt.

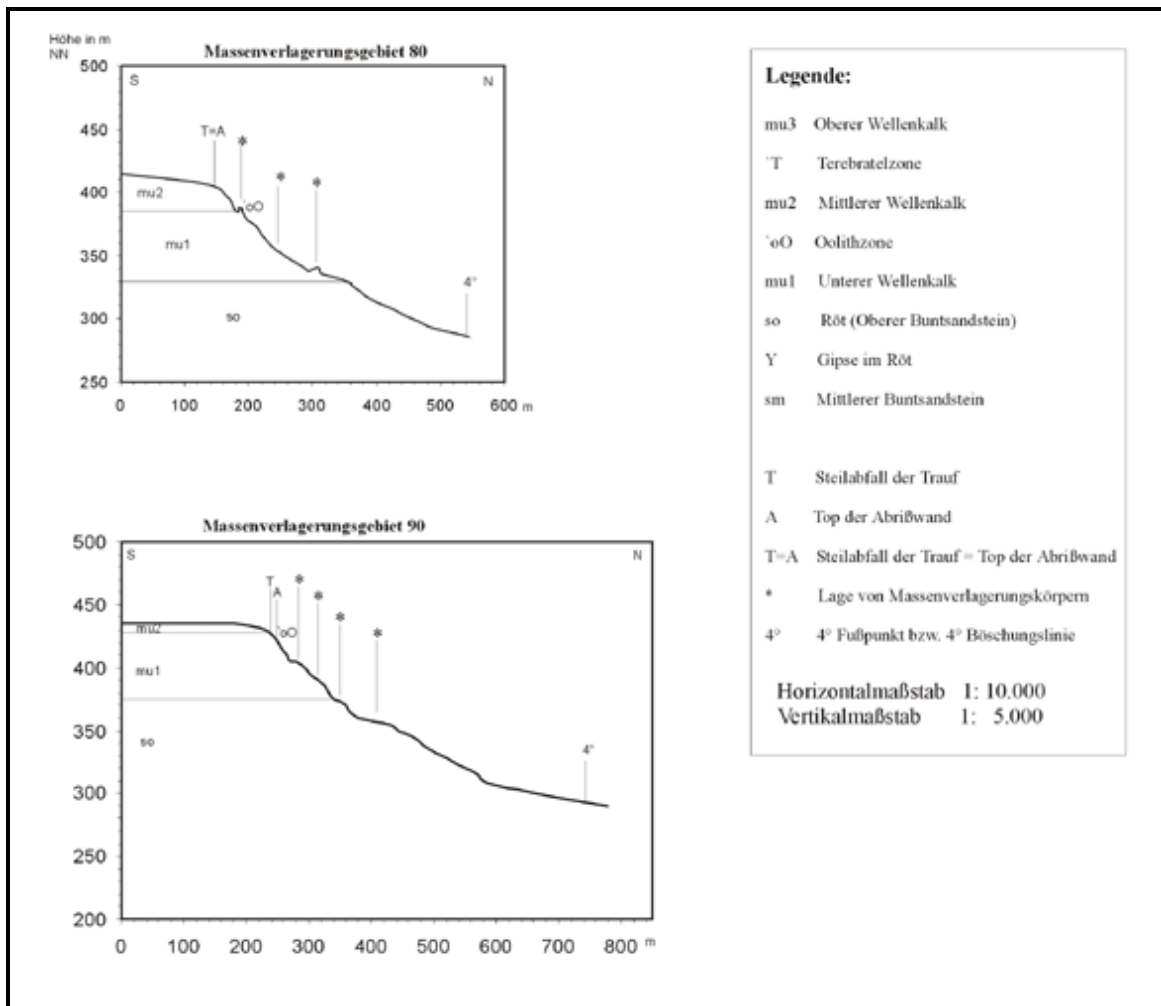


Abb. 4.2: Exemplarische Hangprofile von Massenverlagerungsgebieten an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken

Alle Profile wurden einheitlich in die Zentren der jeweilige Massenverlagerungsgebiete gelegt, und mit der Profilorientierung der Anfangs- und Endpunkte sowie der Gebietsnummer vermerkt. Die Profile wurden auf der Basis der TK 10 konstruiert und teilweise durch tachymetrische Vermessungen im Gelände ermittelt. Die graphische Profilerstellung erfolgte in Excel, die einheitliche Skalierung (Längenmaßstab: 1:10.000, Höhenmaßstab: 1:5.000) in Corel Draw. Die Profile wurden sowohl mit den Geländebefunden (Lage der Massenverlagerungskörper, Lage der

Abrißwand) als auch mit den geologischen Merkmalen dieser Hangabschnitte (stratigraphische Lage der Abrißwand, Lage der Röt Wellenkalk-Schichtgrenze), welche von den entsprechenden geologischen Karten (GK 25) übernommen wurden, verschnitten (vgl. Abb. 4.2). Mögliche Ungenauigkeiten können sich hierbei aus der Lage der i.d.R. schuttverhüllten Röt-/Wellenkalkschichtgrenze ergeben (vgl. Kap. 2.3.2.3).

Anhand der erstellten Profile konnten mit Hilfe der orometrischen Stufenhanganalyse nach SCHUNKE (1968), die im Rahmen der Untersuchung aufgabenspezifisch abgewandelt wurde, die morphometrischen Steuerungsfaktoren (3), (4), (5) und (9) und damit im Zusammenhang stehende weitere morphometrische Kenngrößen abgeleitet werden (vgl. Abb. 4.3).

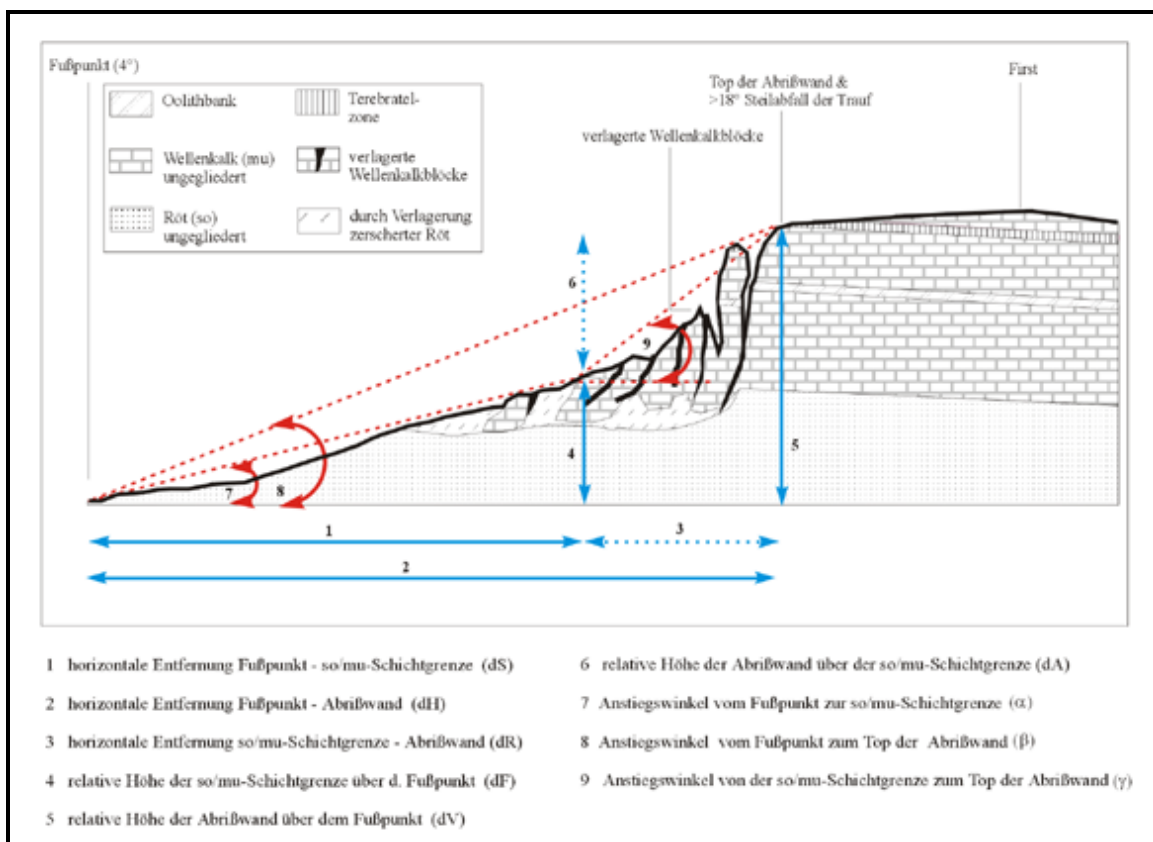


Abb. 4.3: Ermittlung morphometrischer Parameter an den von Massenverlagerungen betroffenen Wellenkalk-Schichtstufenhängen des Untersuchungsgebietes (abgewandelt nach SCHUNKE 1968)

Die Unterschiede zur orometrischen Stufenhanganalyse von SCHUNKE (1968) bestehen im Wesentlichen darin, dass der First als orographisch höchster Punkt der Schichtstufe nicht berücksichtigt wurde, weil dieser sich im Untersuchungsgebiet oftmals weit im Bereich der Stufenfläche befindet und damit für die unmittelbare Stufenhangmorphometrie keine weitere Bedeutung hat (vgl. BEYER 1997 und Abb. 4.3). Anstelle des Firstes wurde die im Gelände ermittelte Lage vom Top der Abrißwand als geometrischer Fixpunkt in die Analyse einbezogen.

Dieser Fixpunkt kann mit dem  $> 18^\circ$  Steilabfall der Trauf identisch sein (vgl. Abb. 4.3) oder er befindet sich orometrisch tiefer als dieser (vgl. Kap. 3.3). Unabhängig davon, bezieht sich die morphometrische Profilanalyse bei allen Massenverlagerungsgebieten auf den Top der Abrißwand. Entsprechend der Abbildung 4.3 wurden auf der Basis der erstellten Profile die zu untersuchenden Parameter (3), (4) und (5) wie folgt abgeleitet:

Die Mächtigkeit des Sockelgesteins (4) entspricht der relativen Höhe der Röt-/Wellenkalkschichtgrenze über dem den Stufenhang begrenzenden  $4^\circ$  Fußpunkt (dF). Die Mächtigkeit des Stufenbildners (3) entspricht der relativen Höhe vom Top der Abrißwand zur der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze (dA) und ergibt sich demnach aus der Differenz der relativen Höhe der Abrißwand über dem  $4^\circ$  Fußpunkt (dV) und der relativen Höhe der Röt-/Wellenkalkschichtgrenze über dem  $4^\circ$  Fußpunkt (dF) (vgl. Abb. 4.3).

Die relative Höhe der Abrißwand über dem  $4^\circ$  Fußpunkt (dV) entspricht gleichzeitig der relativen Stufenhöhe, gemessen bis zur Abrißwand. Sind die obersten Bereiche der Abrißwand mit dem  $> 18^\circ$  Steilabfall der Trauf identisch (vgl. Abb.4.3), entspricht die relative Höhe des  $4^\circ$  Fußpunktes über der Abrißwand (dV) gleichzeitig auch der relativen Stufenhöhe, gemessen bis zum Steilabfall der Trauf (dT). Liegt der Trauf höher als der Top der Abrißwand (vgl. Abb. 4.2 unteres Profil) ist  $dT > dV$ .

Aus dem Quotienten von Mächtigkeit des Sockelgesteins (4) und Mächtigkeit des Stufenbildners (3) wurde die Mächtigkeitsrelation (5) ermittelt (vgl. SCHMIDT 1988a). Zudem konnte aus der Differenz von der Horizontalentfernung vom  $4^\circ$  Fußpunkt zur Abrißwand (dH) und der Horizontalentfernung vom  $4^\circ$  Fußpunkt zur Röt-/Wellenkalk-Sichtgrenze (dS) die horizontale Entfernung von der Abrißwand zur Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze (dR) bestimmt werden.

Die geometrische Lage der Stufenhänge zur Erosionsbasis (9) beinhaltet verschiedene Parameter, die den Stufenhang im Aufriss näher charakterisieren. Morphometrisch fassbar sind diese, durch die genannten Horizontal- und Vertikaldistanzen zwischen dem  $4^\circ$  Fußpunkt und den Fixpunkten Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze und Top der Abrißwand. Aus diesen Distanzen wurden über trigonometrische Funktionen (ArcTan) die mittleren Anstiegswinkel vom Fußpunkt zur Schichtgrenze ( $\alpha$ ), vom Fußpunkt zur Abrißwand ( $\beta$ ) und von der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze zur Abrißwand ( $\gamma$ ) bestimmt (vgl. Abb. 4.3). Diese Winkel ermöglichen einen direkten Vergleich der Ausprägung der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge.

Die genannten Parameter wurden aufgrund ihrer aufwendigen Ermittlung und im Hinblick auf das großräumige Untersuchungsgebiet nur an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen

bestimmt. Die daraus ableitbaren Erkenntnisse basieren demnach auf dem direkten Vergleich der Massenverlagerungsgebiete untereinander. Ein auf die Fläche bezogener Vergleich zwischen Massenverlagerungs- und nicht Massenverlagerungsgebieten erfolgte für die Hangneigung. Diesbezüglich konnte 12 digitale Höhenmodelle (DHM 25, Rasterauflösung 20 x 20 m, Höhengenaugigkeit  $\pm 3$  m) vom Thüringer Landesvermessungsamt (TLVA 2000) erworben werden, deren Lage so gewählt wurde, dass von fast jedem Untersuchungsabschnitt ein repräsentativer Teilbereich erfasst ist (vgl. Abb.: 4.4). Nicht berücksichtigt werden konnten die Untersuchungsabschnitte Ringgau und Gobert, da von diesen Gebieten zum Zeitpunkt des Erwerbes noch keine DGM 25 vorlagen

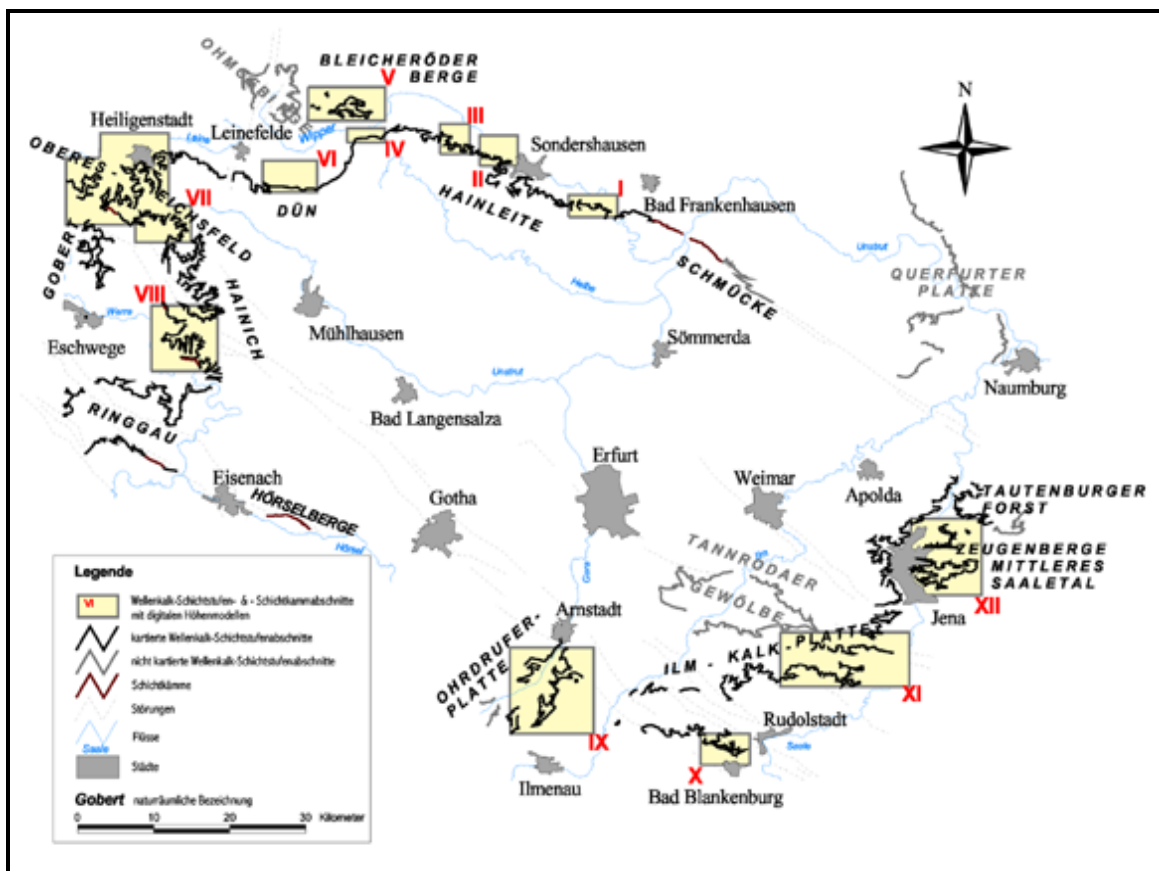


Abb. 4.4: Lage der auf die Hangneigungsverteilung untersuchten DHM 25

Die Ableitung der Hangneigung erfolgte im GIS ArcView der Firma ESRI, speziell mit dem Erweiterungstool 3D-Analyst. Auf der Basis der DHM 25 GRID-Daten (20 m Maschenweite) erfolgte mittels des in ArcView verfügbaren Algorithmus zur Hangneigungsableitung nach Horn, die rasterbezogene Ableitung und Klassifizierung der Hangneigung.

Um die differenziert morphologische Ausprägung der Wellekalk-Schichtstufe möglichst repräsentativ abzubilden, wurde von den üblichen Hangneigungsklassifizierungen für Mittelgebirgsbereiche (vgl. GÖBEL, LESER & STÄBLEIN 1973, KUGLER 1982) abgewichen und eine

eigene Hangneigungsunterteilung entwickelt. Insgesamt wurden 8 Hangneigungsklassen ( $0 - 4^\circ$ ,  $5 - 7^\circ$ ,  $8 - 18^\circ$ ,  $19 - 25^\circ$ ,  $26 - 35^\circ$ ,  $36 - 45^\circ$ ,  $46 - 60^\circ$ ,  $61 - 90^\circ$ ), die die Ausprägung der Reliefelemente der Wellenkalk-Schichtstufe gut widerspiegeln, unterschieden. Um separate statistische Berechnungen zu ermöglichen, musste der Stufenhang am  $4^\circ$  Fußpunkt ( $4^\circ$  Böschungslinie) und am Steilabfall der Trauf ( $> 18^\circ$  Böschungslinie) von den übrigen Reliefelementen isoliert werden, was mit Hilfe der im ArcView verfügbaren Option Geoprocessing erfolgte. Des Weiteren wurden die mittleren Flächen der Massenverlagerungsgebiete vom Top der Abrißwand bis zur Massenverlagerungsstirn in die Neigungskarte eindigitalisiert. Um auch hier separate statistische Berechnungen zu ermöglichen, wurden die Massenverlagerungsgebiete ebenfalls mittels der GIS Option Geoprocessing vom übrigen Stufenhang isoliert. Somit war es einerseits möglich, Unterschiede der Hangneigungsausprägung zwischen den einzelnen Stufenhangabschnitten und andererseits Unterschiede zwischen der Hangneigungsausprägung der Massenverlagerungsgebiete und den nicht von Massenverlagerungen beeinflussten Stufenhängen zu analysieren.

Die großräumigen Schichtneigungs- (6) und Neigungsrichtungsverhältnisse (7) der einzelnen Untersuchungsabschnitte wurden bereits im Kapitel 2.2.3.7 beschrieben (vgl. Abb. 2.10, vgl. Karte 2). Die Ableitung der Front-, Diagonal- und Achterstufenhänge (Neigungsrichtung) erfolgte in Abhängigkeit von den aus der Literatur entnommenen, großräumig regionalen Schichteinfallmustern der einzelnen Untersuchungsabschnitte und ergab sich damit aus der entsprechenden Klassifikation der an der Trauf ermittelten Stufenhangexposition der jeweiligen Untersuchungsabschnitte (vgl. Kap. 2.3.3.7). Die Massenverlagerungsgebiete wurden entsprechend ihrer Lage am Hang in dieses Schema eingeordnet. Die Angaben beziehen sich auf Kilometer Stufenhanglänge in der entsprechenden Neigungsrichtungskategorie. Sehr breite Massenverlagerungsgebiete, die Anteil an mehreren Neigungsrichtungen haben, wurden metrisch unterteilt und der entsprechenden Neigungsrichtung zugeordnet.

Zur Beurteilung des Einflusses der Rötigipssubrosion (8) wurden die an den Abrißwänden der Massenverlagerungsgebiete aufgenommenen lokalen Schichtneigungen und Neigungsrichtungen mit dem großräumigen Schichtneigungsmuster der Stufenhänge (Front-, Diagonal-, Achterstufenhänge) verglichen, um zu überprüfen, ob diesbezüglich Unterschiede bestehen. Zudem wurden die in den TK 10 und GK 25 ausgewiesenen bzw. während der Geländekartierungen ermittelten, morphologisch deutlich in Erscheinung tretenden Erdfallbereiche zur Lage der Massenverlagerungsgebiete in Beziehung gesetzt. Weiterführende Untersuchungen waren aufgrund der Großräumigkeit des Untersuchungsgebietes im Rahmen der Arbeit nicht möglich.



Die Lage im Stufenquerschnitt (10) ergibt sich aus der für das Untersuchungsgebiet bereits beschriebenen Buchtung des Stufenhanges (vgl. Kap. 2.3.3.6). Die morphometrische Ermittlung der Buchtung erfolgte auf der Basis der TK 10 in Anlehnung an den Buchtungsindex von SCHMIDT (1988a) (vgl. Abb. 2.9, Kap. 2.3.3.6). Entsprechend der Buchtung des Stufenhanges ergeben sich für die Massenverlagerungen verschiedene Lagemöglichkeiten im Stufenquerschnitt. Dabei kann man grundsätzlich zwischen Buchtanlage, Lage an einem gestreckten Abschnitt und der Lage an einem Stufenvorsprung unterscheiden, wobei bei Letzteren zwischen Lage an der Vorsprungsflanke und Lage an der Vorsprungsstirn unterschieden wurde. Dabei sind die Vorsprünge durch begrenzende Täler aus der Stufe herausmodellerte Ausbuchtungen des Stufenhanges. Die Stirnlage am Vorsprung entspricht dem vordersten, horizontal konvex gekrümmten Stufenhangbereich. Die Stirnlage geht in die Vorsprungsflanken über, wenn der Trauf geradlinig verläuft. Die Buchtanlage entspricht den horizontal konkav gekrümmten Talschlüssen. Gestreckte Abschnitte sind geradlinig verlaufende Stufenhänge ohne Buchten und Vorsprünge. In Abbildung 4.5 sind die verschiedenen Lagemöglichkeiten schematisch dargestellt.

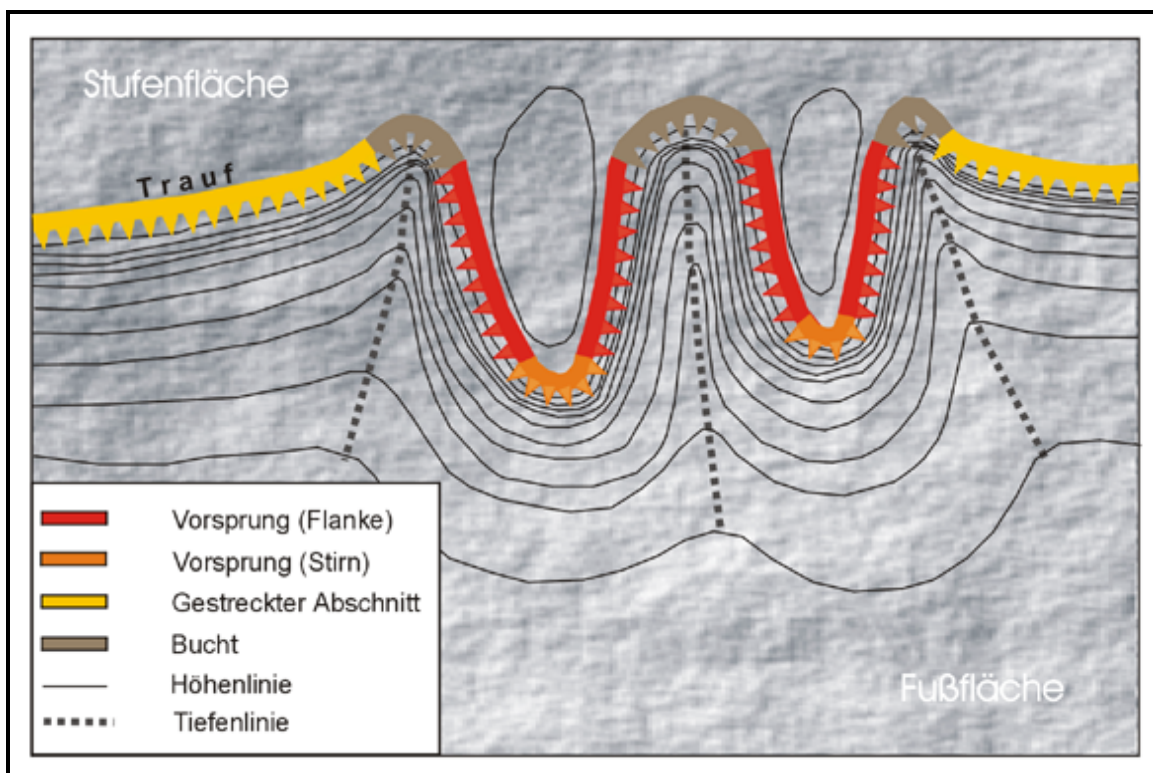


Abb. 4.5: Der Grundriss der Wellenkalk-Schichtstufe

Die Zuordnung der Massenverlagerungsgebiete zur Lage im Stufenquerschnitt erfolgte auf der Basis der TK 10, wobei als Zuordnungsbasis auch hier der Verlauf des Steilabfalls der Trauf diente. Sehr breite Massenverlagerungsgebiete, die Anteil an mehreren Lagemöglichkeiten aufwiesen, wurden entsprechend ihrer Ausdehnung im jeweiligen Grundrissbereich metrisch unterteilt. Die Angaben

beziehen sich auch hier auf Massenverlagerungsgebietsbreite (m) in der entsprechenden Grundrisslage.

Die Expositionverteilung (11) wurde ähnlich der Neigungsrichtung für das gesamte Untersuchungsgebiet, d.h. sowohl für die von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhangabschnitte als auch für die nicht von Massenverlagerungen beeinflussten Stufenhänge untersucht. Analog der für den Gesamtstufenhang in Kapitel 2.3.3.8 dargestellten Vorgehensweise (vgl. Karte 3) erfolgte die Expositionsklassifizierung nach den üblichen 8 Expositionsklassen. Die Ableitung erfolgte auf der Basis der TK 10 entlang des Steilabfalls der Trauf, wobei sich die Angaben wiederum auf Stufenhanglänge in Kilometern in der entsprechenden Expositionsklasse beziehen. Massenverlagerungsgebiete, die in Abhängigkeit vom Verlauf der Trauf Anteil an mehreren Expositionsklassen haben, wurden metrisch unterteilt und den entsprechenden Expositionsklassen zugeordnet.

Bezüglich der Analyse der Faktoren: Lage zum Gewässernetz (12) und Häufigkeit von Hangquellen (13) wurde überprüft, ob innerhalb der Massenverlagerungsgebiete bzw. unmittelbar an die von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge angrenzend (vorgelagerte Sockelhang- und Tiefenlinienbereiche), Quellen und / oder perennierende Fließgewässer auftreten. Die Überprüfung erfolgte in Ergänzung zu den Geländekartierungen auf der Basis der TK 10. Das großräumige Verteilungsbild der Fließgewässer- und Quellhäufigkeit der verschiedenen Untersuchungsabschnitte wurde bereits in Kapitel 2.3.5 beschrieben.

Die für das Untersuchungsgebiet bereits ausführlicher beschriebenen, durchschnittlichen jährlichen Niederschlagshöhen und deren Verteilung (14) (vgl. Kap. 2.3.4.1 und Karte 4) sowie die Starkniederschlagshöhe und deren Verteilung (15) (vgl. Kap. 2.3.4.2 und Karte 5 - 6) basieren auf digitaler Daten des Deutschen Wetterdienstes, die im Einzelnen bereits näher charakterisiert wurden. Für die Bearbeitung der Thematik wurden die Daten mittels ArcView zunächst in ein TIN Format (Triangulated Irregular Network) konvertiert um dieses anschließend in ArcInfo in ein Polygoncoverage umzuwandeln. Nach dem Export in das Programm ArcView konnten mit der Option Geoprocessing die mittleren jährlichen Niederschlagshöhen bzw. die gewählten statistisch berechneten Starkniederschlagshöhen der verschiedenen Dauerstufen-/Wiederkehrzeiträume (vgl. Karte 5 und 6) mit den Stufenhängen bzw. den Massenverlagerungsgebieten des Untersuchungsgebietes verschnitten werden. Basis für die Verschneidung bildete jeweils der im Bereich der niederschlagsreicheren Stufenfläche gelegene Trauf. Damit konnten jedem Stufenhangabschnitt und jedem Massenverlagerungsgebiet die entsprechenden mittleren Jahresniederschläge bzw. die berechneten Starkniederschlagsverteilungen eindeutig zugewiesen

werden. Für die Stufenhänge der einzelnen Untersuchungsabschnitte wurde dies bereits beschrieben (vgl. Kap. 2.3.4.1 und 2.3.4.2).

#### **4.4 Laboranalysen**

Zur näheren Charakterisierung der lithologischen Eigenschaften des Sockelbildners im Bereich der Massenverlagerungsgebiete wurden von einem exemplarischen Gebiet (Gelände des Zementwerkes Deuna am Dün) im Bereich der von Wellenkalkmaterial überfahrenen, im Pelitröt gelegenen Gleitfläche sowohl die Korngrößenzusammensetzung als auch qualitativ die Tonmineralogie bestimmt (vgl. Kap.2.3.2.2). Die Probenanalysen erfolgten im physisch-geographischen Labor (Korngröße) bzw. im mineralogischen Labor (qualitative Tonmineralbestimmung) des Fachbereiches Geowissenschaften der Martin- Luther-Universität Halle-Wittenberg.

##### **4.4.1 Bestimmung der Korngrößenverteilung**

Von den luftgetrockneten Rötproben wurde zunächst der Feinboden < 2,00 mm durch Trockensiebung abgetrennt. Die Korngrößenbestimmung des Feinbodens erfolgte mittels eines Laserdiffraktometers (Mastersizer, Fa. Malvern Instruments).

##### **4.4.2 Qualitative Tonmineralbestimmung**

Die qualitativ tonmineralogische Bestimmung der Proben erfolgte am Röntgendiffraktometer D5000 der Firma Siemens (Geräteparameter: Winkel: 2 - 32/Bestrahlungszeit: 2 s/ Schrittweite: 0,04/ Blende: V20 ohne Rotation). Das Probenmaterial, jeweils 5 mg der Korngrößenfraktion 63 - 20 µm, wurde mit 500 µl H<sub>2</sub>O und mit 0,5 Tropfen Ethylenglykol versetzt und auf ein Glasblättchen pipettiert. Die Messungen erfolgten mit einer Kupferröhre (Wellenlänge 1,5 Å°).

#### **4.5 Auswertungs- und Darstellungsmethoden**

Zur Beurteilung des Faktoreinflusses wurde ein erweitertes regionales Dispositionsverfahren verwendet (vgl. Kap. 1.4), mit Hilfe dessen überprüft werden sollte, wie oft und in welcher Ausprägung die einzelnen Faktoren an Massenverlagerungen gebunden sind und ob Unterschiede zur Ausprägung der Faktoren am Gesamtstufenhang, d.h. auch jenen Abschnitten ohne Massenverlagerungen, bestehen. Letzteres erfolgte für die Faktoren (1), (2), (6), (7), (11), (12),

(13), (14) und (15) (vgl. Tab. 1.3, Kap. 1.5). Die diesbezüglich quantitative Auswertung der Daten erfolgte in Form üblicher statistischer Verfahren (z.B.: prozentuale Häufigkeiten, Korrelationen, Regressionen) sowie verschiedener statistische Tests (z.B.  $\chi^2$ -Test, T-Test), deren Berechnungen mittels der Software SPSS und EXCEL durchgeführt wurde.

Die Karten wurden mittels dem GIS ArcView sowie der Graphiksoftware Corel Draw erstellt. Für die Bearbeitung und Darstellung der tachymetrisch vermessenen Geländemodelle wurde das Programm Surfer 7.0 verwendet. Die Ergebnisse werden in Diagramm- und Tabellenformat summarisch sowohl für das Gesamtgebiet als auch für die ausgewiesenen Teiluntersuchungsabschnitte vorgestellt. Auf die Darstellung der einzelnen Massenverlagerungsgebiete wird weitgehend verzichtet. Diesbezüglich sei auf den Anhang C verwiesen, in dem für jedes Massenverlagerungsgebiet sowohl die Lage (Hoch- und Rechtswerte der Gebietszentren), die geometrischen Grundgrößen (Breite, mittlere Länge, mittlere Flächengröße), das Formeninventar, morphologische Merkmale der Stufenhänge und Abrißwände (Stufenhangtyp, Lage des Top der Abrißwand) als auch die Ausprägung des wesentlichen morphologisch-morphometrischen Steuerungsfaktoren (Schichtmächtigkeiten, Anstiegsverhältnisse, Schichtlagerung) aufgeführt sind. Zudem sind in Anhang A, in Ergänzung zu Abbildung 3.2 (vgl. Kap. 3), weiterführende fotodokumentarische Abbildungen des Formenschatzes einzelner Massenverlagerungsgebiete dargestellt.

## **5. Ergebnisse**

### **5.1 Vorbemerkungen**

Entsprechend der in Kapitel 1.5 formulierten Aufgabenstellungen ist dieses Kapitel thematisch dreigeteilt. Zunächst werden die kartierten Massenverlagerungsgebiete bezüglich ihrer Häufigkeit, ihrer regionale Verbreitungsmuster, ihrer morphometrischen Kenngrößen (Breiten, mittlere Längen, mittlere Flächenausdehnungen) und Merkmalsausprägungen (Formenschatz, Staffelanahl, Eigenschaften der Abrißbereiche) sowie daraus ableitbare Beziehungen näher charakterisiert. Danach sind die zu betrachtenden Steuerungsfaktoren (vgl. Tab. 1.3) und deren Ausprägung unter Berücksichtigung der in Kapitel 2 beschriebenen Merkmalsausprägungen vom Gesamtstufenhang zu analysieren und zu diskutieren. Abschließend erfolgt eine Bewertung des Massenverlagerungsrisikos, wobei v.a. die Massenverlagerungsgebiete aufgezeigt werden sollen, von denen eine besonders hohe Gefahr für Mensch und Infrastruktur ausgeht.

### **5.2 Charakteristik der kartierten Massenverlagerungsgebiete**

#### **5.2.1 Anzahl und räumliche Verbreitung der Massenverlagerungsgebiete**

An den insgesamt 980 km langen Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitten des Untersuchungsgebietes konnten 744 morphologisch deutlich in Erscheinung tretende Massenverlagerungsgebiete ausgewiesen werden. Die räumliche Lage der einzelnen Gebiete ist in der beigelegten Karte 8 und deren Anzahl, bezogen auf die jeweiligen Untersuchungsabschnitte, in Tabelle 5.1 dargestellt.

Wie aus Karte 8 bzw. Tabelle 5.1 hervorgeht, ist die Anzahl der vorgefundenen Gebiete innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte verschieden. Bis auf die Teiluntersuchungsgebiete Schmücke und Hörselberge konnten an allen Untersuchungsabschnitten Massenverlagerungsgebiete vorgefunden werden. Dabei ist der 299 km langen Stufenhangabschnitt Oberen Eichsfeld & Hainich das Gebiet mit der größten Anzahl auftretender Massenverlagerungsgebiete (257 Gebiete), wohingegen am Tautenburger Forst die wenigsten Massenverlagerungsgebiete (6 Gebiete) zu verzeichnen sind (vgl. Tab. 5.1). Insgesamt nimmt in der Reihenfolge der Stufenhangabschnitte: Oberes Eichsfeld & Hainich, Hainleite (99 Gebiete), Ilm-Kalk-Platte (90 Gebiete), Bleicheröder Berge (58 Gebiete), Ringgau (52 Gebiete), Gobert und Ohrdruffer Platte (jeweils 47 Gebiete), Dün (46 Gebiete), Zeugenberge Mittleres Saaletal (42 Gebiete), Tautenburger Forst die Anzahl der vorzufindenden Massenverlagerungsgebiete ab.

Tab. 5.1: Die Anzahl der Massenverlagerungsgebiete im Untersuchungsgebiet

Untersuchungsabschnitte	Länge (km)	Anzahl der Gebiete	Nr. der Gebiete (vgl. Karte 8)
Schmücke	5	0	-
Hainleite	98	99	1 - 88; 147 - 157
Dün	43	46	158 - 203
Bleicheröder Berge	26	58	89 - 146
Oberes Eichsfeld & Hainich	299	257	204 - 444; 497 - 512
Gobert	41	47	513 - 559
Ringgau	71	52	445 - 496
Hörselberge	7	0	-
Ohrdrufer-Platte	65	47	560 - 606
Ilm-Kalk-Platte	236	90	607 - 696
Tautenburger Forst	25	6	697 - 700; 702 - 703
Zeugenberge Mittleres Saaletal	64	42	701; 704 - 744
<b>Gesamt</b>	<b>980</b>	<b>744</b>	<b>1 - 744</b>

Wie Karte 8 verdeutlicht, sind auch innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte räumliche Unterschiede im Auftreten der Massenverlagerungsgebiete zu verzeichnen. So nimmt an der Hainleite die Massenverlagerungshäufigkeit von Ost nach West, insbesondere ab der Ortschaft Sondershausen zu. Am Dün ist v.a. der zentral gelegene Stufenhangabschnitt südlich der Ortschaften Vollenborn und Kleinbartloff besonders stark von Massenverlagerungen betroffen. Im Untersuchungsabschnitt Oberes Eichsfeld & Hainich sind hauptsächlich die Stufenhangabschnitte östlich von Heiligenstadt, westlich der Ortschaft Großbartloff und nördlich der Ortschaft Falken (Werra) durch eine geringere Anzahl von Massenverlagerungsgebieten im Vergleich zu den übrigen Stufenhangbereichen gekennzeichnet. Demgegenüber ist das räumliche Verteilungsbild an den Bleicheröder Bergen sowie an der Gobert ausgeglichener. Auffällige Massenverlagerungshäufigkeitsunterschiede sind hier zunächst nicht festzustellen (vgl. Karte 8). Anders verhält es sich wiederum am Ringgau, an dessen nördlichen und westlichen Stufenhangabschnitten (südlich der Ortschaft Weißenborn bzw. westlich von Grandenborn) (vgl. Karte 8) Massenverlagerungen häufiger auftreten als an den südlichen. Im Teiluntersuchungsgebiet der Ohrdrufer Platte sind v.a. die zentral gelegenen Stufenhangabschnitte westlich der Ortschaft Plaue verstärkt von Massenverlagerungen betroffenen. Im Gebiet der Ilm-Kalk-Platte nimmt die Anzahl der Massenverlagerungsgebiete, ähnlich der Hainleite, von Ost nach West zu, wobei eine erhöhte Massenverlagerungskonzentration v.a. nördlich von Bad Blankenburg zu verzeichnen ist. An den östlich der Saale gelegenen Zeugenberge Mittleres Saaletal sind v.a. die nord- und

nordwestlichen Stufenhangbereiche durch eine größere Anzahl von Massenverlagerungsgebieten gekennzeichnet.

### 5.2.2 Die von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen

Die Anzahl der Massenverlagerungsgebiete eines Untersuchungsabschnittes allein gibt noch keine Auskunft über das Ausmaß der Beeinflussung der Stufenhänge durch Massenverlagerungsprozesse, da die Größen, insbesondere die Breiten der einzelnen Gebiete erheblich variieren können. Bezieht man die summierte Gesamtbreite der vorgefundenen Massenverlagerungsgebiete eines Stufenhangabschnittes auf dessen Stufenhanglänge, ergibt sich die Trauf-parallel von Massenverlagerungen betroffene Stufenhanglänge, die ausgedrückt in Prozent als Maß für die Massenverlagerungsbeeinflussung geeignet ist.

Die 744 Massenverlagerungsgebiete des Untersuchungsgebietes haben eine Trauf-parallele Gesamtbreite von 224 km. Bezogen auf die an der Trauf ermittelte Gesamtstufenhanglänge von 980 km, sind demnach durchschnittlich 22,8 % von Massenverlagerungen betroffen. Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte ergeben sich hierbei jedoch erhebliche Unterschiede. Diese sind geordnet nach abnehmenden von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen in Abbildung 5.1 dargestellt.

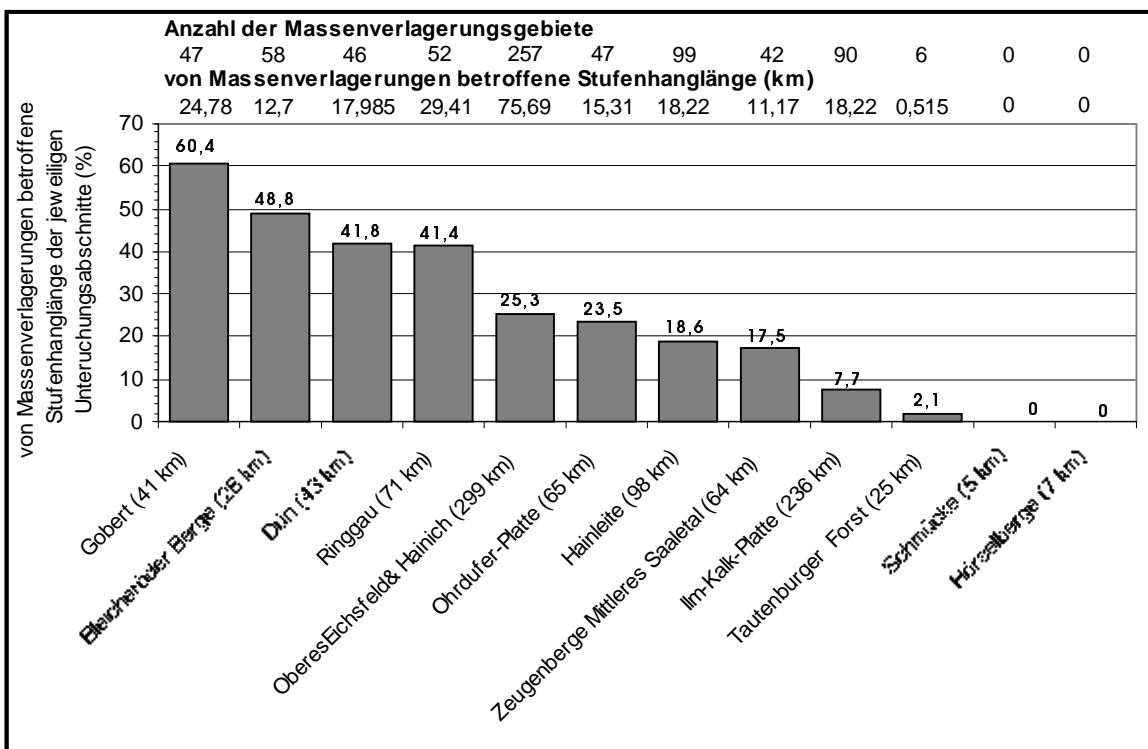


Abb. 5.1: Die von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte, geordnet nach abnehmender Massenverlagerungsbeeinflussung

Wie aus Abbildung 5.1 hervorgeht, ist der am stärksten von Massenverlagerungen betroffene Stufenhangabschnitt des Untersuchungsgebietes die Gobert, von dessen 41 km Gesamtstufenhanglänge 24,78 km, das entspricht 60,4 %, Massenverlagerungen aufweisen. Demgegenüber ist nach den massenverlagerungsfreien Untersuchungsabschnitten Schmücke und Hörselberge, der Tautenburger Forst das Gebiet, mit der am geringsten von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglänge (2,1 % = 0,515 km) (vgl. Abb. 5.1). Insgesamt nimmt die Massenverlagerungsbeeinflussung der Stufenhänge in der Reihenfolge: Gobert (60,4 %), Bleicheröder Bergen (48,8 %), Dün (41,8 %), Ringgau (41,4 %), Oberes Eichsfeldes & Hainich (25,3 %), Ohrdruffer Platte (23,5 %), Hainleite (18,6 %), Zeugenberge Mittleres Saaletal (17,5 %), Ilm-Kalk-Platte (7,7 %) und Tautenburger Forst (2,1 %) ab (vgl. Abb. 5.1).

### 5.2.3 Morphometrische Ausprägung der Massenverlagerungsgebiete

#### 5.2.3.1 Die Breite der Massenverlagerungsgebiete

Die abrißwandparallel ermittelten Breitenausdehnungen (vgl. Kap. 4.2 und Abb. 4.1) der einzelnen Massenverlagerungsgebiete schwanken im Untersuchungsgebiet erheblich (vgl. Karte 8). Die minimal zu beobachtenden Breitenausdehnungen betragen ca. 10 m. Im gesamten Untersuchungsgebiet gibt es dafür nur drei Beispiele: das Erste, ist das an den Bleicheröder Bergen gelegene Gebiet 109, das zweite, das am Dün gelegene Gebiet 201 und das Dritte, das an den Zeugenbergen des Mittleren Saaletales gelegene Gebiet 721 (vgl. Karte 8 und Anhang C). Demgegenüber liegen die maximal zu beobachtenden Breitenausdehnungen in Größenordnungen bis zu mehreren Kilometern. Mit 5,915 km zusammenhängender Trauf-paralleler Erstreckung ist das am Dün, südlich der Ortschaft Niederorschel gelegene Gebiet 193 (vgl. Karte 8), das breiteste Massenverlagerungsgebiet im gesamten Untersuchungsraum. Dabei sind 13,8 % der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglänge dieses Untersuchungsabschnittes allein auf dieses eine Gebiet zurückzuführen. Weitere mehrere Kilometer breite Massenverlagerungsgebiete sind u.a. am Ringgau, südlich der Ortschaft Weißenborn (Gebiet 475 = 3,190 km) oder an der Ohrdruffer Platte, östlich der Ortschaft Plaue (Gebiet 590 = 2,160 km) zu verzeichnen (vgl. Karte 8). Insgesamt treten Massenverlagerungsgebiete mit solch maximalen bzw. minimalen Breitenausdehnungen im Untersuchungsraum jedoch seltener auf. Die Mehrzahl der Gebiete nimmt eine Zwischenstellung ein.

Um die im Untersuchungsgebiet stark differierenden Gebietsbreiten systematisch analysieren und darstellen zu können, wurden Massenverlagerungsbreitenklassen gebildet, denen die einzelnen Gebiete zugeordnet wurden. Entsprechend der im Gelände zu beobachtenden Größenordnungen wurden folgende Breitenklassen ausgeschieden: < 50 m, 50 - 100 m; 100 - 200 m; 200 - 500 m; 500 - 1000 m, 1000 - 2000 m und 2000 - 6000 m. Dabei wurden die an den Klassengrenzen



liegenden Gebiete (z.B. Gebiet mit 50 m Breite) jeweils der oberen Klasse zugeordnet. Das Ergebnis der Zuordnung ist in Abbildung 5.2 dargestellt.

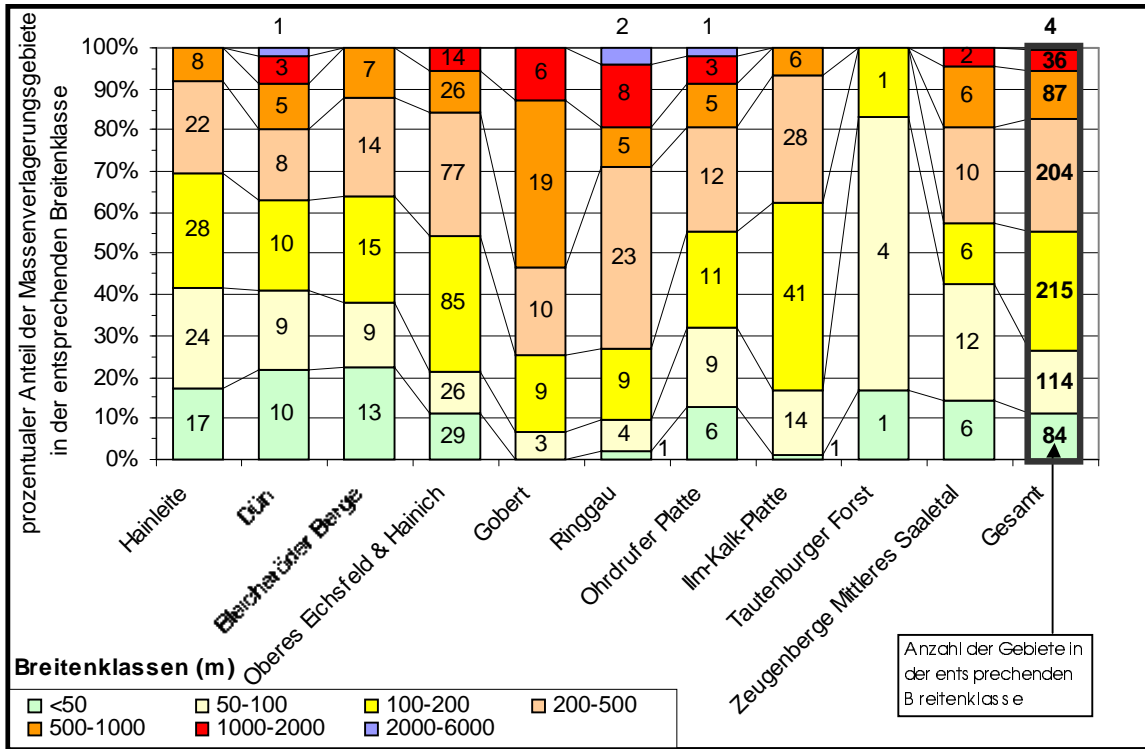


Abb. 5.2: Einteilung der Massenverlagerungsgebiete nach Breitenklassen

Prozentual auf die Gesamtzahl der im Untersuchungsraum vorkommenden Massenverlagerungen (n = 744) bezogen, weisen demnach 84 Massenverlagerungsgebiete, dies entspricht ca. 11 % Breiten < 50 m auf. 114 Gebiete (ca. 15 %) besitzen Trauf-parallele Breiten von 50 - 100 m, 215 Gebiete (ca. 29 %) Breiten von 100 - 200 m, 204 Gebiete (ca. 27 %) Breiten von 200 - 500 m, 87 (ca. 11,5 %) Breiten von 500 - 1000 m und 36 Gebiete (ca. 5 %) sind der Breitenklasse 1000 – 2000 m zugehörig. Lediglich 4 Gebiete (ca. 0,5 %) (Gebiete 193, 475, 480, 590) sind durch Breiten der Klasse 2000 - 6000 m gekennzeichnet. Insgesamt ist damit die überwiegende Mehrzahl der Massenverlagerungsgebiete (n = 617 dies entspricht ca. 83 %) weniger als 500 m breit. Demgegenüber wesentlich seltener treten Gebiete, die breiter als 500 m sind, auf (n = 127: dies entspricht ca. 17 %) (vgl. Abb. 5.2).

Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte bestehen Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung der Massenverlagerungsgebiete mit den entsprechenden Breitenausdehnungen (vgl. Abb. 5.2) So kommen Gebiete der größten Breitenklasse von 2000 - 6000 m lediglich am Dün (Gebiet 193), am Ringgau (Gebiete 475 und 480) und an der Ohrdruffer Platte (Gebiet 590) vor (vgl. Karte 8, Anhang C). Auch Massenverlagerungsgebiete der Breitenklasse 1000 - 2000 m treten nicht in allen Untersuchungsabschnitten auf. So fehlen diese an der Hainleite, an den Bleicheröder Bergen, an der Ilm-Kalk-Platte und am Tautenburger Forst. Am

Tautenburger Forst sind Massenverlagerungsgebiete, die breiter als 200 m sind, generell nicht zu verzeichnen. Weitere markante Besonderheiten bestehen im Untersuchungsabschnitt Gobert. Im Unterschied zum gesamten Untersuchungsraum, in dem Massenverlagerungsgebietsbreiten < 500 m dominieren (vgl. oben), ist über die Hälfte der Massenverlagerungsgebiete der Gobert (25 Gebiete = 53 %) durch Breitenklassen > 500 - 2000 m gekennzeichnet (vgl. Abb. 5.2). In den übrigen Teilabschnitten zeigt sich mit kleineren Abweichungen das auch für das gesamte Untersuchungsgebiet charakteristische Verteilungsbild, wobei in allen Untersuchungsabschnitten die Gesamtheit der vorkommenden Massenverlagerungen Anteil an mindestens drei ( z.B. Tautenburger Forst), die Mehrzahl an mindestens fünf Breitenklassen hat (z.B. Hainleite, Gobert) (vgl. Abb.5.2)

Bemerkenswert sind die in den Untersuchungsabschnitten zu verzeichnenden Dichteunterschiede der insgesamt seltener auftretenden Massenverlagerungsgebiete mit größeren Breitenausdehnungen, insbesondere die der Breitenklassen von 500 – 6000 m. Die Dichte ergibt sich aus dem Quotienten der Anzahl der Massenverlagerungsgebiete dieser Breitenklassen und der an der Trauf ermittelten Stufenhanglänge. Ausgedrückt wird diese als Dichteindex. Dabei nimmt mit steigendem Indexwert die Dichte der auftretenden Gebiete zu. Ein Indexwert von 1 würde bedeuten, dass 100 % der Stufenhanglänge von Massenverlagerungen der betrachteten Breitenklasse betroffen sind. Die diesbezüglichen im Untersuchungsgebiet zu verzeichnenden Unterschiede sind in Tabelle 5.2 dargestellt.

Tab. 5.2: Anzahl und Dichte der Massenverlagerungsgebiete der Breitenklassen 500 – 6000 m innerhalb der untersuchten Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte im Thüringer Becken

<b>Untersuchungsabschnitte</b>	<b>Länge</b> (km)	<b>Anzahl der Gebiete mit 500 – 6000 m Breite</b>	<b>Dichteindex</b> (Quotient aus Anzahl der Gebiete mit 500 - 6000m Breitenausdehnung und der Stufenhanglänge)
<b>Hainleite</b>	98	8	0,082
<b>Dün</b>	43	9	0,209
<b>Bleicheröder Berge</b>	26	7	0,269
<b>OberesEichsfeld &amp; Hainich</b>	299	40	0,134
<b>Gobert</b>	41	25	0,610
<b>Ringgau</b>	71	15	0,211
<b>Ohrdrufer Platte</b>	65	9	0,138
<b>Ilm-Kalk-Platte</b>	236	6	0,025
<b>Tautenburger Forst</b>	25	0	-
<b>Zeugenberge Mittleres Saaletal</b>	64	8	0,125

Wie daraus hervorgeht, sind die Gobert (Dichteindex: 0,610), gefolgt von den Bleicheröder Bergen (Dichteindex: 0,269) die Untersuchungsabschnitte mit der höchsten Dichte von Massenverlagerungsgebieten der Breitenausdehnungen von 500 – 6000 m. Demgegenüber ist die Ilm-Kalk-Platte (Dichteindex: 0,025) das Gebiet, mit der geringsten Massenverlagerungsgebietsdichte dieser Breitenklasse. Am Tautenburger Forst sind derartige Massenverlagerungen nicht zu verzeichnen (vgl. oben). Insgesamt nimmt die Dichte der Gebiete mit 500 – 6000 m Breitenausdehnung in der Reihenfolge: Gobert, Bleicheröder Berge, Dün, Ringgau, Oberes Eichsfeld & Hainich, Ohrdruffer Platte, Hainleite, Zeugenberge des Mittleren Saaletales und Ilm-Kalk-Platte ab (vgl. Tab. 5.2). Regional betrachtet, bestehen damit in der Dichte dieser Massenverlagerungsgebiete ähnliche Unterschiede wie hinsichtlich der bereits in Kapitel 5.2.1 beschriebenen, von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänglängen. Dieser Zusammenhang ist genauer in Abbildung 5.3 dargestellt.

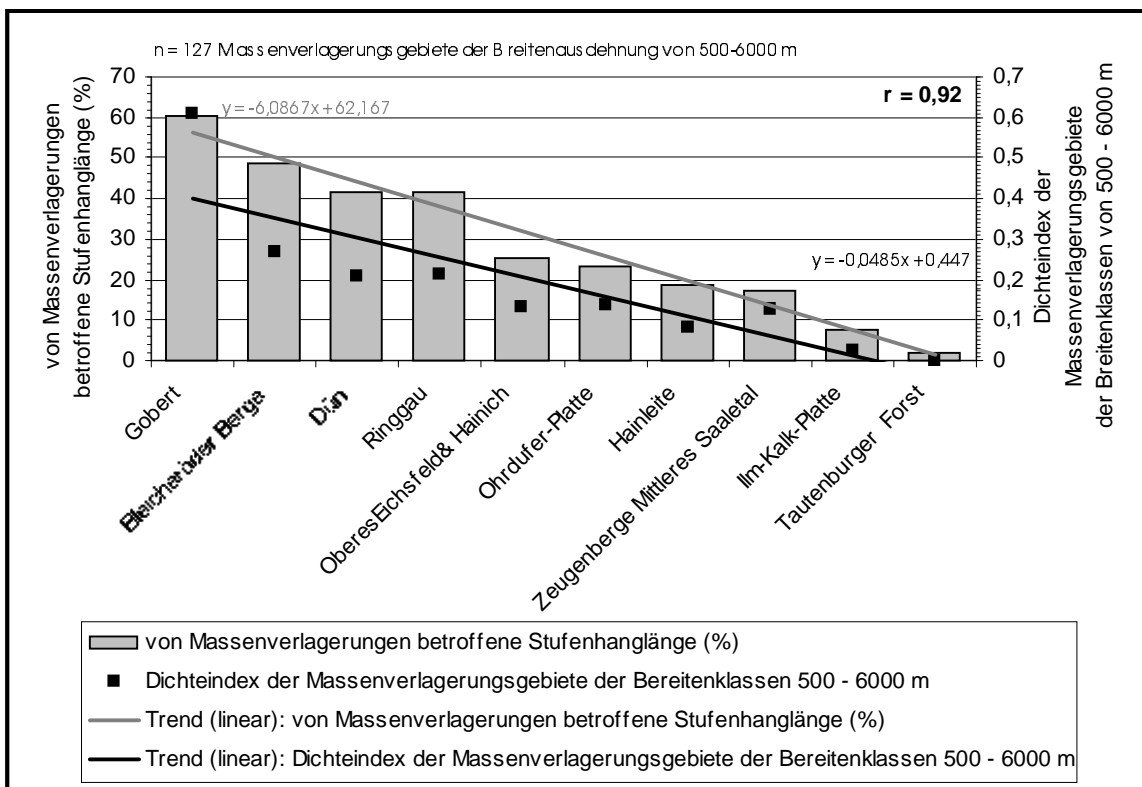


Abb. 5.3: Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänglängen mit der Dichte von Massenverlagerungsgebieten der Breitenklassen 500 - 6000 m

Mit abnehmender von Verlagerungen betroffener Stufenhänglängen nimmt auch die Dichte der Massenverlagerungsgebiete der Breitenausdehnung 500 - 6000 m ab (vgl. Abb. 5.3). Dieser Zusammenhang ist mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,92$  hoch signifikant. Somit ist die Gobert nicht nur der Untersuchungsabschnitt der am stärksten von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänglängen, sondern gleichzeitig auch das Gebiet mit der größten Dichte von Gebieten der genannten Breitenausdehnung. Demgegenüber ist der Tautenburger Forst das Gebiet

mit der am geringsten von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglänge bei gleichzeitigem Fehlen von Massenverlagerungsgebieten dieser Breitenklasse.

### 5.2.3.2 Die mittlere Länge der Massenverlagerungsgebiete

Die mittleren Längen der Massenverlagerungsgebiete, gemessen vom Top der Abrißwand zur Massenverlagerungsstirn (vgl. Kap. 4.2, Abb. 4.1) schwanken im Untersuchungsgebiet zwischen 10 und maximal 400 Meter. Beispiele für Gebiete mit minimalen Längenausdehnungen < 50 m sind u.a. die Gebiete 66 (Hainleite), 95 (Bleicheröder Berge), 215 (Oberes Eichsfeld & Hainich) und 653 (Ilm-Kalk-Platte). Beispiele für Gebiete mit mittlerer Längenausdehnung von 300 - 350 m sind u.a. die Massenverlagerungsgebiete 113 (Dün), 394 (Oberes Eichsfeld & Hainich), 477 (Ringgau) und 681 (Ilm-Kalk-Platte). Die mit 400 m maximal zu beobachtende mittlere Längenausdehnung weist das Gebiet 602 an der Ohrdruffer Platte auf (vgl. Karte 8 und Anhang C).

Um auch die unterschiedliche Längenausdehnung für die Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete des Untersuchungsraumes systematisch analysieren zu können, wurden ähnlich der in Kapitel 5.2.3.1 dargestellten Breitenausdehnungen 5 Längensklassen ( 10 – 50 m, 50 – 100 m, 100 – 200 m, 200 – 300 m, 300 – 400 m) gebildet, denen die einzelnen Massenverlagerungsgebiete zugeordnet wurden. Das Ergebnis dieser Zuordnung gibt Abbildung 5.4 wieder.

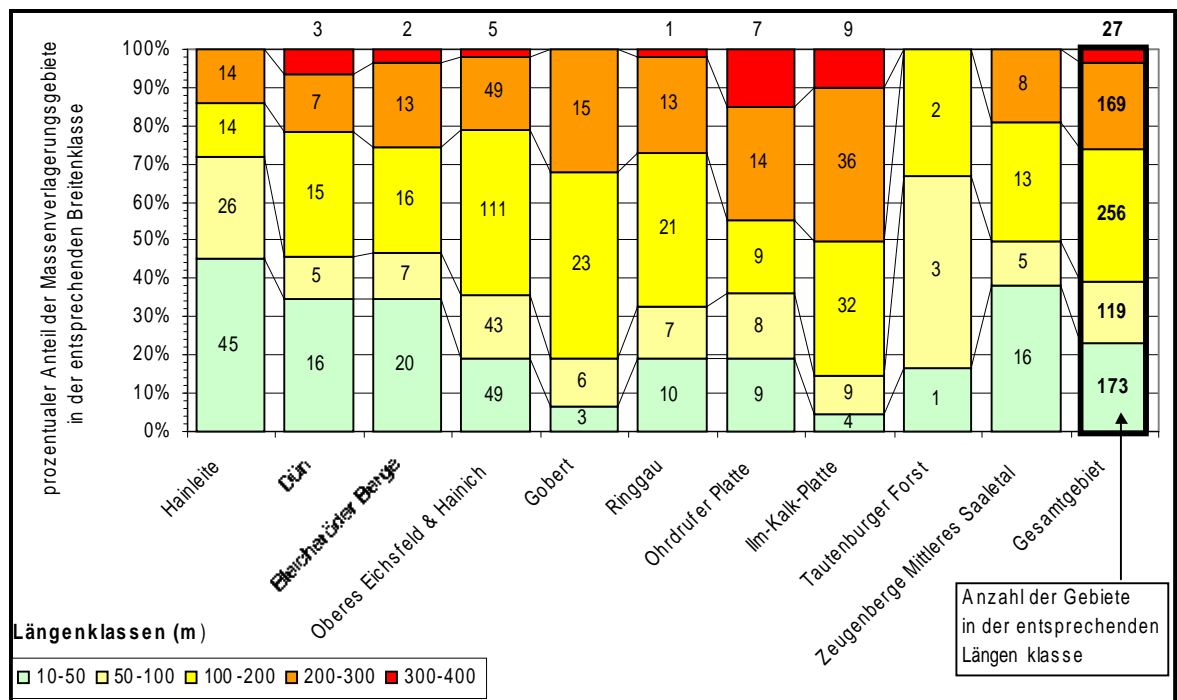


Abb. 5.4: Einteilung der Massenverlagerungsgebiete nach Längensklassen

Wie daraus hervorgeht, weisen von den 744 Massenverlagerungsgebieten 173 Gebiete, dies entspricht ca. 23 %, mittlere Längenausdehnungen von 10 - 50 m auf. 119 Gebiete (ca. 16 %) sind durch mittlere Längen von 50 - 100 m, 256 Gebiete (ca. 35 %) durch mittlere Längen von 100 - 200 m, 164 Gebiete (ca. 23 %) durch mittlere Längen von 200 - 300 m und nur 27 Gebiete (ca. 3 %) durch mittlere Längenausdehnungen von 300 - 400 m charakterisiert. Insgesamt ist damit über die Hälfte aller Massenverlagerungsgebiete ( $n = 452$ : dies entspricht ca. 62 %) länger als 100 m, wohingegen nur 292 Gebiete (ca. 38 %) mittlere Längen  $< 100$  m aufweisen (vgl. Abb. 5.4). Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte ergibt sich aber auch hier ein teilweise differenzierteres Bild (vgl. Abb. 5.4).

So sind im Unterschied zum gesamten Untersuchungsraum an der Hainleite (72 % der Gebiete) und am Tautenburger Forst (67 % der Gebiete), Massenverlagerungsgebiete mit Längen  $< 100$  m häufiger vertreten als Gebiete mit Längenausdehnungen  $> 100$  m. An den Zeugenbergen des Mittleren Saaletales sind Gebiete mit Längen größer und kleiner 100 m annähernd gleich verteilt. Massenverlagerungsgebiete der maximalen Längensklasse 300 - 400 m sind an der Hainleite, an der Gobert, an den Zeugenbergen des Mittleren Saaletales sowie am Tautenburger Forstes nicht zu finden. Zudem fehlen am Tautenburger Forst Massenverlagerungsgebiete der Längensklasse 200 - 300 m.

Im Unterschied zur Massenverlagerungsgebietsbreite (vgl. Kap. 5.2.3.1) sind bei der mittleren Längenausdehnung der Massenverlagerungsgebiete keine Zusammenhänge zu den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen zu verzeichnen.

### 5.2.3.3 Das Längen-/Breitenverhältnis der Massenverlagerungsgebiete

Zur genaueren morphometrischen Charakteristik wurde von jedem Massenverlagerungsgebiet das Längen-/Breitenverhältnis bestimmt. Dieses ergibt sich aus dem Quotienten der mittleren Länge eines Massenverlagerungsgebietes zu dessen Breite und wird als Verhältniszahl ausgedrückt. Dabei können prinzipiell 3 Möglichkeiten auftreten. Zum einen kann ein Massenverlagerungsgebiet breiter als lang sein, was durch Verhältniszahlen  $< 1$  zum Ausdruck kommt, zum anderen kann die Massenverlagerungsgebietslänge größer als dessen Breite sein, was sich in Verhältniszahlen  $> 1$  widerspiegelt. Bei der dritten Möglichkeit sind die Längen- und Breitenausdehnung gleich, wobei die Verhältniszahl den Wert 1 annimmt. Je kleiner bzw. je größer die Verhältniszahlen über bzw. unter 1 werden, desto größer sind die Unterschiede der Breiten- und Längenausdehnungen der einzelnen Gebiete.

Innerhalb der Massenverlagerungsgebiete schwanken die Längen-/Breitenverhältnisse z.T. erheblich. Das im Untersuchungsgebiet zu beobachtende minimalste Längen-/Breitenverhältnis von 0,04, ist im Massenverlagerungsgebiet 742 (Zeugenberge Mittleres Saaletal) zu verzeichnen (vgl. Karte 8 und Anhang C). Dieses Gebiet weist 210 m Breitenausdehnung bei 10 m Längenausdehnung auf. Demgegenüber sind hohe Verhältniszahlen von 4 bis 5 u.a. in den Gebieten 655 (Ilm-Kalk-Platte) und 585 (Ohrdrufer Platte) zu finden. Das maximal zu beobachtende Längen-/Breitenverhältnis von 8 weist das im Oberen Eichsfeld & Hainich gelegene Massenverlagerungsgebiet 207 auf. Hier kommen 15 m Breitenausdehnung auf 120 m Längenausdehnung. Diese maximalen bzw. minimalen Längen-/Breitenverhältnisse sind jedoch Ausnahmerecheinungen. Die überwiegende Mehrzahl der Massenverlagerungsgebiete ( $n = 607$ : entspricht ca. 82 %) sind durch Verhältniszahlen zwischen 0,2 und 1,8 gekennzeichnet.

Für eine systematische Analyse wurden die Längen-/Breitenverhältnisse der Massenverlagerungsgebiete der jeweiligen Untersuchungsabschnitte zusammengefasst und als untersuchungsabschnittsbezogene Mittelwerte in Tabelle 5.3 dargestellt. Da die Werte im Einzelnen streuen, ist auch die Standardabweichung aufgeführt.

Wie aus Tabelle 5.3 hervorgeht, sind von der Gesamtzahl der im Untersuchungsgebiet auftretenden Massenverlagerungen ( $n = 744$ ) 574 Gebiete, dies entspricht ca. 77 %, durch größere Breiten im Vergleich zu den mittleren Gebietslängen charakterisiert. Bei 158 Gebieten (ca. 21 %) ist das Verhältnis umgekehrt. Hier ist die Länge der Massenverlagerungsgebiete größer als deren Breitenausdehnung. Lediglich in 13 Massenverlagerungsgebieten (entspricht ca. 2 %) ist die Längenausdehnung gleich der Breitenausdehnung. Das auf die Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete bezogene mittlere Längen-/Breitenverhältnis liegt bei 0,76 (vgl. Tab. 5.3). Insgesamt ist damit festzuhalten, dass Massenverlagerungsgebiete, die breiter als lang sind, die charakteristischen Erscheinungsformen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken darstellen. Bezogen auf die einzelnen Untersuchungsabschnitte ergeben sich auch diesbezüglich einige Unterschiede (vgl. Tab. 5.3).

Während in allen Untersuchungsabschnitten Massenverlagerungsgebiete, die breiter als lang bzw. länger als breit sind vorkommen (vgl. Tab. 5.3), sind Gebiete mit gleichen Längen- und Breitenausdehnungen nur an der Hainleite, an den Bleicheröder Bergen, im Oberen Eichsfeld & Hainich, an der Gobert, an der Ilm-Kalk-Platte sowie an den Zeugenbergen Mittleres Saaletal zu verzeichnen

Tab. 5.3: Das Längen-/Breitenverhältnis der Massenverlagerungsgebiete im Untersuchungsraum

Untersuchungsabschnitte	Anzahl der Massenverlagerungsgebiete	B>L	B=L	B<L	$\bar{x} \Delta L/B$	s
Hainleite	99	85	1	13	0,61	0,60
Dün	46	38	-	8	0,74	0,85
Bleicheröder Berge	58	44	2	12	0,68	0,60
Oberes Eichsfeld & Hainich	257	203	3	51	0,70	0,78
Gobert	47	41	3	3	0,46	0,35
Ringgau	52	47	-	5	0,50	0,58
Ohrdruffer-Platte	47	34	-	13	0,87	0,83
Ilm-Kalk-Platte	90	44	2	44	1,25	0,88
Tautenburger Forst	6	2	-	4	1,16	0,45
Zeugenberge Mittleres Saaletal	42	35	2	5	0,64	0,58
<b>Gesamt</b>	<b>744</b>	<b>573</b>	<b>13</b>	<b>158</b>	<b>0,76</b>	<b>0,75</b>
<p><b>B &gt; L:</b> Anzahl der Massenverlagerungsgebiete die breiter als lang sind  <b>B = L:</b> Anzahl der Massenverlagerungsgebiete die die gleiche Länge und Breite aufweisen  <b>B &lt; L:</b> Anzahl der Massenverlagerungsgebiete die länger als breit sind  <math>\bar{x} \Delta L / B</math>: Mittelwert des Verhältnis der Länge zur Breite der Massenverlagerungsgebiete  s: Standardabweichung des Längen-/Breitenverhältnisses um den Mittelwert</p>						

Das für die Mehrzahl der Massenverlagerungen charakteristische Längen-/Breitenverhältnis  $< 1$  (vgl. oben), ist am deutlichsten in den Massenverlagerungsgebieten der Untersuchungsabschnitte Gobert und Ringgau ausgebildet. Mit durchschnittlichen Verhältniszahlen zwischen 0,46 und 0,5 und geringen Standardabweichungen ist die Mehrzahl der Massenverlagerungsgebiete hier deutlich breiter als lang. Anders verhält es sich an der Ilm-Kalk-Platte und am Tautenburger Forst. Hier sind zahlreiche, am Beispiel des Tautenburger Forstes, sogar die Mehrzahl der Gebiete durch Längen-/Breitenverhältnisse  $> 1$  charakterisiert (vgl. Tab. 5.3). Dies bedeutet, dass hier eine größere Anzahl von Gebieten auftritt, die größere Längen (z.T. bis vierfach größer) im Vergleich zur Massenverlagerungsgebietsbreite aufweisen (z.B. Gebiet 655 Ilm-Kalk-Platte). Die Ursachen dafür werden im Zusammenhang mit der Analyse des Massenverlagerungsformenschatzes und dessen Verbreitung diskutiert.

5.2.3.4 Die mittleren Flächengrößen der Massenverlagerungsgebiete

Die 744 Massenverlagerungsgebiete des Untersuchungsraumes haben summiert eine mittlere Gesamtflächengröße von 39,51 km<sup>2</sup>. Anteilig auf die Massenverlagerungsgebiete der einzelnen Untersuchungsabschnitte bezogen, ergibt sich das in Abbildung 5.5, geordnet nach abnehmender Flächengröße, dargestellte Verteilungsbild.

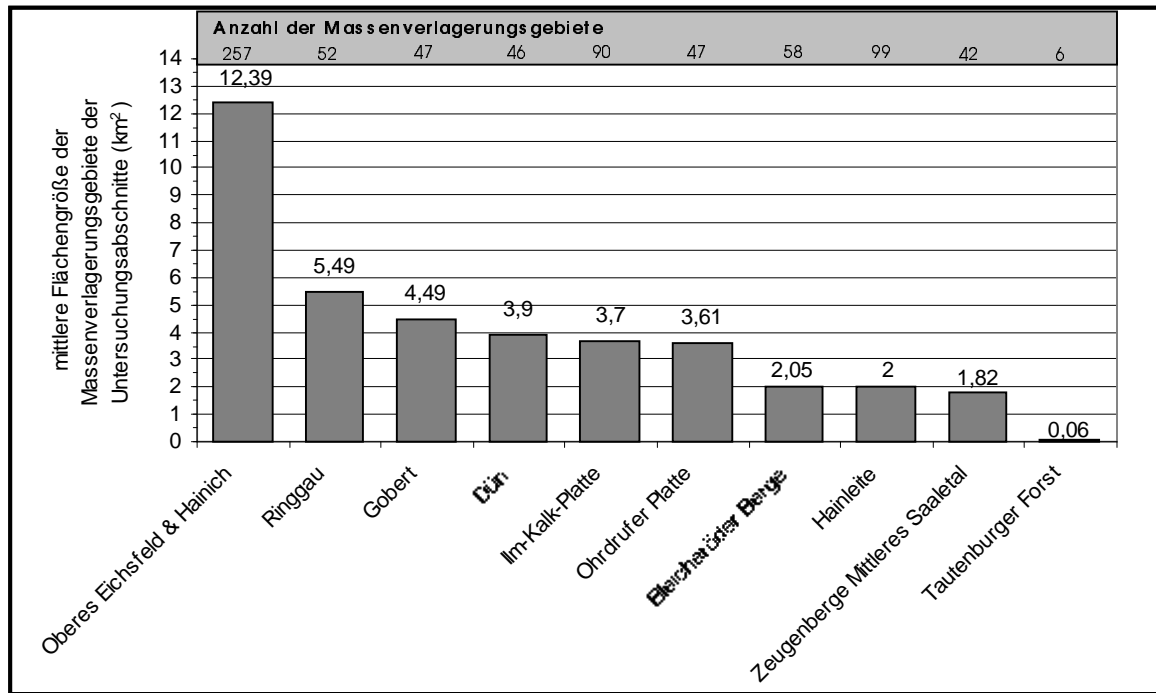


Abb. 5.5: Die mittleren Flächengrößen der Massenverlagerungsgebiete der einzelnen Untersuchungsabschnitte, geordnet nach abnehmender Flächengröße

Wie Abbildung 5.5 verdeutlicht, haben die 257 Massenverlagerungsgebiete vom Untersuchungsabschnitt Oberes Eichsfeld & Hainich mit ~12,39 km<sup>2</sup> die größte und die 6 Gebiete des Tautenburger Forstes mit ~0,006 km<sup>2</sup> die kleinste mittlere Gesamtflächenausdehnung. Von den übrigen Untersuchungsabschnitten nimmt in der Reihenfolge: Ringgau (~5,49 km<sup>2</sup>), Gobert (~4,49 km<sup>2</sup>), Dün (~3,9km<sup>2</sup>), Ilm-Kalk-Platte (~3,7 km<sup>2</sup>), Ohrdruffer Platte (~3,61 km<sup>2</sup>), Bleicheröder Berge (~2,05 km<sup>2</sup>), Hainleite (~2 km<sup>2</sup>) und Zeugenberge Mittleres Saaletal (~1,82 km<sup>2</sup>) die mittlere Gesamtflächengröße der Massenverlagerungsgebiete ab.

Entsprechend der unterschiedlichen Breiten und Längenausdehnungen schwanken die mittleren Flächengrößen der einzelnen Massenverlagerungsgebiete z.T. erheblich. Die minimal zu beobachtenden Flächenausdehnungen liegen bei 100 - 150 m<sup>2</sup>, wie es u.a. in den Gebieten 721 (Zeugenberge Mittleres Saaletal), 67 (Hainleite) und 180 (Dün) zu beobachten ist (vgl. Karte 8 und Anhang C). Die maximal zu beobachtenden Flächengrößen liegen bei mehreren einhunderttausend



bis zu über eine Millionen Quadratmeter. Das mit 1,774 km<sup>2</sup> großflächigste Massenverlagerungsgebiet an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken ist das am Dün gelegene Gebiet 193, welches gleichzeitig auch das breiteste Gebiet im Untersuchungsraum darstellt (vgl. Kap. 5.2.3.1 und Karte 8 und Anhang C).

Um die unterschiedlichen mittleren Massenverlagerungsgebietsflächengrößen systematisch analysieren und darstellen zu können, wurden wiederum Flächengrößenklassen gebildet, denen die einzelnen Gebiete zugeordnet wurden. Entsprechend der zu beobachteten Flächenausdehnung wurden 6 Flächenklassen (100 - 1000 m<sup>2</sup>, 1000 - 10000 m<sup>2</sup>, 10000 - 50000 m<sup>2</sup>, 50000 - 100000 m<sup>2</sup>, 100000 - 500000 m<sup>2</sup> und > 500000 m<sup>2</sup>) ausgeschieden. Dabei wurden die an den Klassengrenzen liegenden Massenverlagerungsgebiete jeweils der oberen Klasse zugeordnet. Das Ergebnis dieser Zuordnung ist in Abbildung 5.6 dargestellt.

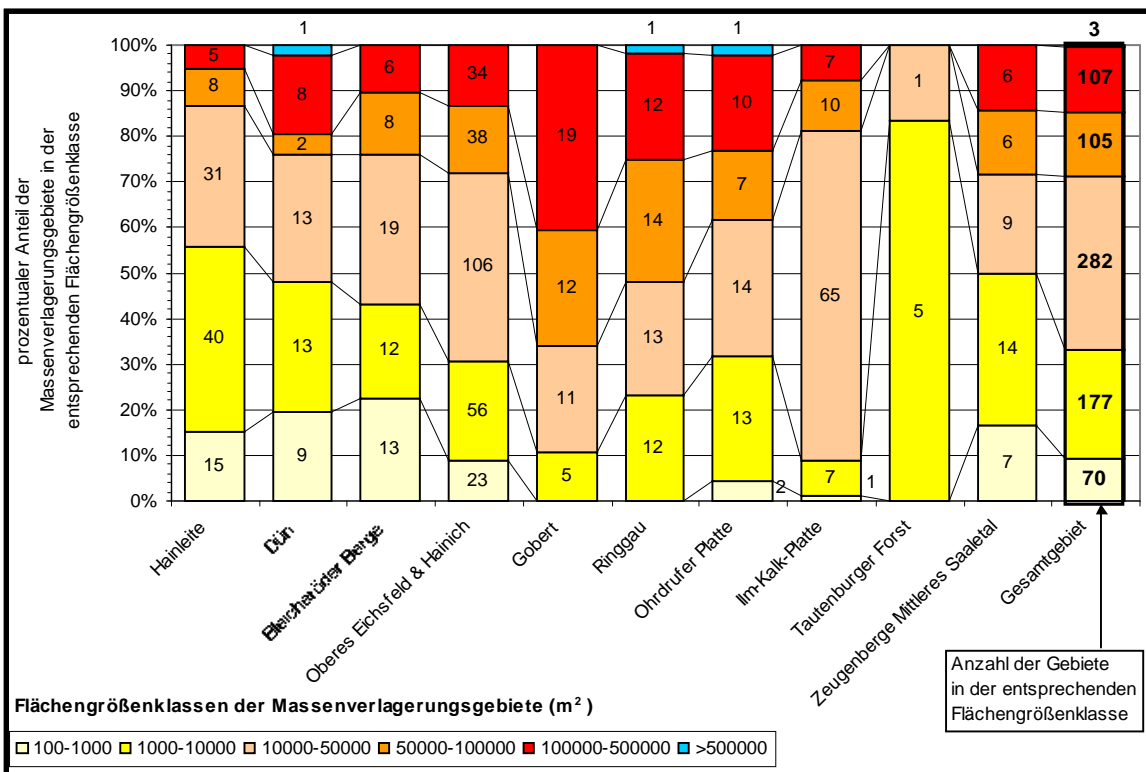


Abb. 5.6: Einteilung der Massenverlagerungsgebiete nach Flächengrößenklassen

Wie daraus hervorgeht, weisen von den 744 Massenverlagerungsgebieten 70 Gebiete (ca. 9,4 %) mittlere Flächengrößen von 100 - 1000 m<sup>2</sup>, 177 Gebiete (ca. 23,8 %) mittlere Flächengrößen von 1000 - 10000 m<sup>2</sup>, 282 Gebiete mittlere Flächengrößen von 10000 - 50000 m<sup>2</sup>, 105 Gebiete (ca. 14,1 %) mittlere Flächengrößen von 50000 - 100000 m<sup>2</sup>, 107 Gebiete (ca. 14,4 %) mittlere Flächengrößen von 100000 - 500000 m<sup>2</sup> und lediglich 3 Gebiete (ca.0,4 %) mittlere Flächengrößen von > 500000 m<sup>2</sup> auf.

Insgesamt ist damit die Mehrzahl der im Untersuchungsraum vorkommenden Massenverlagerungsgebiete ( $n = 634$  dies entspricht 85,2 %) durch Flächengrößen  $< 100000 \text{ m}^2$  mit einer Dominanz der Flächengrößenklasse  $10000 - 50000 \text{ m}^2$  gekennzeichnet. Demgegenüber treten Massenverlagerungsgebiete der Flächengrößen  $> 100000 \text{ m}^2$  ( $n = 110$  Gebiete, dies entspricht 14,8 %) wesentlich seltener auf

Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte ergibt sich aber auch hier ein teilweise differenzierteres Bild (vgl. Abb. 5.6). So sind Massenverlagerungsgebiete der größten Flächenklasse  $> 500000 \text{ m}^2$  lediglich an den Untersuchungsabschnitten Dün, Ringgau und Ohrdruffer Platte zu beobachten. Die größte Häufigkeit des Vorkommens von Gebieten mit größerer Flächenausdehnung ( $> 100000 \text{ m}^2$ ) ist an der Gobert zu verzeichnen. Hier sind 40 % der Gebiete durch Flächengrößen der Klasse  $100000 - 500000 \text{ m}^2$  charakterisiert, wohingegen Massenverlagerungsgebiete der Größenklasse  $100 - 1000 \text{ m}^2$  hier gänzlich fehlen (vgl. Abb. 5.6). Auch am Ringgau und am Tautenburger Forst sind Gebiete der kleinsten Größenklasse ( $100 - 1000 \text{ m}^2$ ) nicht zu beobachten. Am Tautenburger Forst sind jedoch 5 der 6 Massenverlagerungsgebiete durch Flächengrößen der Klasse  $1000 - 10000 \text{ m}^2$  gekennzeichnet. Flächenausdehnungen  $> 50000 \text{ m}^2$  sind hier nicht zu beobachten. Ähnlich dem Tautenburger Forst sind auch an der Hainleite und an den Zeugenbergen des Mittleren Saaletales Massenverlagerungsgebiete der Flächenklasse  $1000 - 10000 \text{ m}^2$  am häufigsten vertreten. Im Unterschied zum Tautenburger Forst kommen hier aber auch Gebiete, die  $> 50000$  und  $< 1000 \text{ m}^2$  sind, vor. In allen übrigen Untersuchungsabschnitten zeigt sich mit kleineren Abweichungen das für den Gesamttraum charakteristische Verteilungsbild mit einer Dominanz der Massenverlagerungsgebiete der Flächenklassen  $10000 - 50000$  und  $50000 - 100000 \text{ m}^2$ .

Wie beim Vergleich der mittleren Flächenausdehnung der Massenverlagerungsgebiete (vgl. Abb. 5.6) mit deren Breitenausdehnung (vgl. Abb. 5.2, Kap. 5.2.3.1) auffällt, bestehen hier regional ähnliche Unterschiede. Um dies zu verdeutlichen, wurden in Abbildung 5.7 die Breiten und die mittleren Flächengrößen der einzelnen Massenverlagerungsgebiete gegenübergestellt.

Wie daraus hervorgeht, nimmt mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,96$ , die Flächengröße der Massenverlagerungsgebiete mit zunehmender Gebietsbreite signifikant zu (vgl. Abb. 5.7). Demgegenüber kommen die Längenausdehnungen der Massenverlagerungsgebiete in den Flächengrößen weitaus weniger deutlich zur Geltung (vgl. Abb. 5.8).

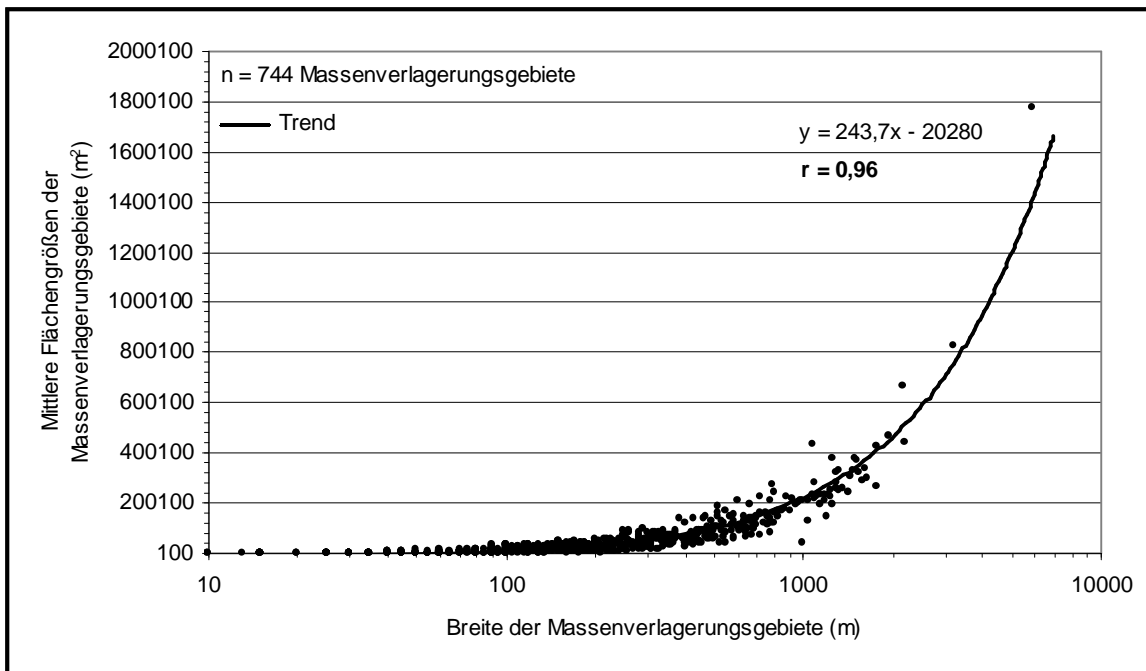


Abb. 5.7: Zusammenhang zwischen Breite der Massenverlagerungsgebiete und deren Flächenausdehnung

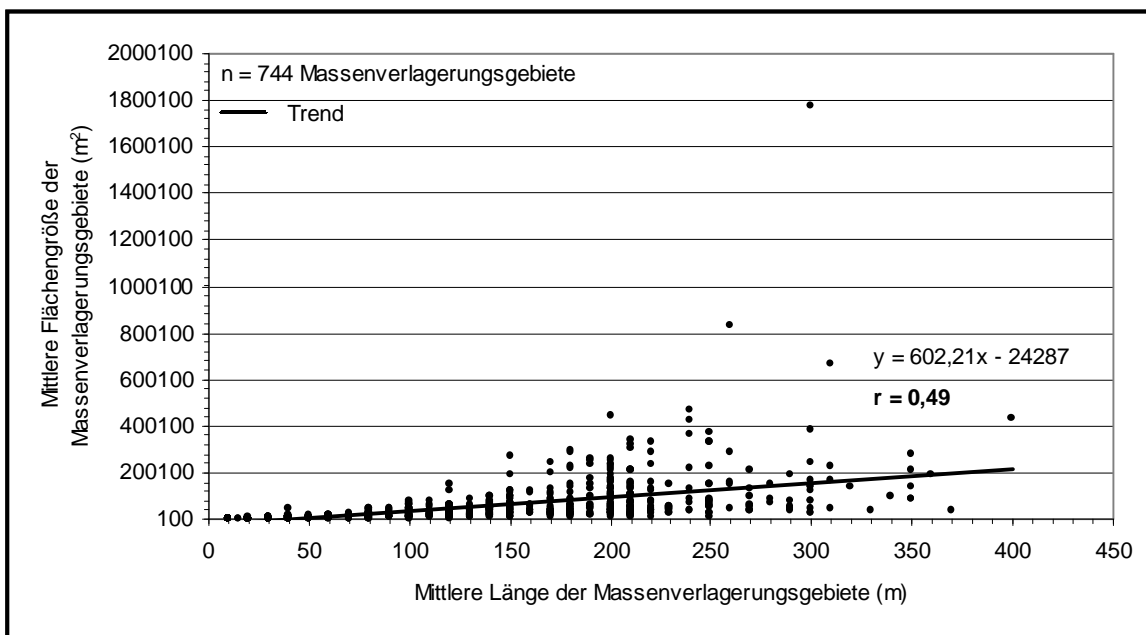


Abb. 5.8: Zusammenhang zwischen der mittleren Länge der Massenverlagerungsgebiete und deren Flächenausdehnung

Zurückzuführen ist dies auf die Tatsache, dass die überwiegende Mehrzahl der Massenverlagerungsgebiete deutlich breiter als lang ist (vgl. Kap. 5.2.3.3) und sich damit die Breitenausdehnungen signifikant in der mittleren Flächenausdehnung widerspiegelt. Dementsprechend sind die Massenverlagerungsgebiete der größeren Breitenausdehnungen (500 -6000 m) gleichzeitig auch die Gebiete mit den größeren mittleren Flächenausdehnungen (vgl. Abb. 5.7).

Im Hinblick auf die geschilderten Dichteunterschiede der Massenverlagerungsgebiete mit Breitenausdehnungen von 500 - 6000 m (vgl. Abb. 5.3) besteht damit auch für die großflächigeren Gebiete (> 50000 m<sup>2</sup>) ein deutlicher Zusammenhang zu den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen. Dieser Zusammenhang ist Abbildung 5.9 dargestellt.

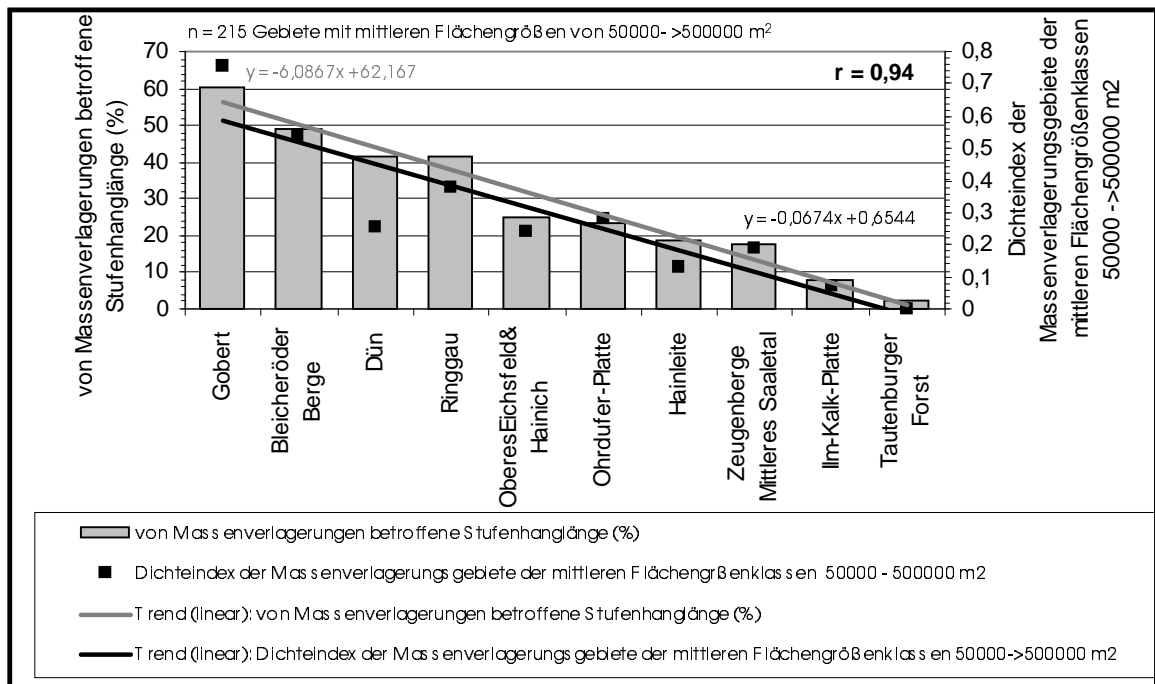


Abb. 5.9: Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen mit der Dichte von Massenverlagerungsgebieten der mittleren Flächengrößenklassen 50000 – > 500000 m<sup>2</sup>

Wie daraus hervorgeht, nimmt mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,94$  die Dichte der Massenverlagerungsgebiete, die mittleren Flächengrößen von > 50000 m<sup>2</sup> aufweisen, analog der Dichte der Gebiete mit Breitenausdehnungen von 500 - 6000 m, mit zunehmender von Massenverlagerungen betroffener Stufenhanglänge signifikant zu. Demnach sind wiederum die stärker von Massenverlagerungen betroffenen Untersuchungsabschnitte wie Bleicheröder Berge, Dün, Ringgau und insbesondere die Gobert gleichzeitig auch die Gebiete, die sich durch die höchste Dichte von großflächigeren Massenverlagerungsgebieten (betrachtete Flächengrößenklassen: 50000 bis >500000 m<sup>2</sup>) auszeichnen. Demgegenüber sind die Untersuchungsabschnitte mit geringeren von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen wie Hainleite, Zeugenberge Mittleres Saaletal, Ilm-Kalk-Platte durch eine wesentlich geringere Dichte bzw. wie im Fall des Tautenburger Forstes, sogar durch das Fehlen von Massenverlagerungsgebieten dieser Flächengrößen gekennzeichnet.

### 5.2.4 Morphologische Ausprägung der Massenverlagerungsgebiete

#### 5.2.4.1 Häufigkeit und regionale Verbreitung des Massenverlagerungsformenschatzes

Der in Kapitel 3 beschriebene Massenverlagerungsformenschatz (Spalten, Absatz-, Mauer-, Wall-, Rücken-, Fußschollen, Sturzfließungen) ist in den Massenverlagerungsgebieten des Untersuchungsraumes in unterschiedlicher Häufigkeit und unterschiedlicher regionaler Verbreitung zu finden. Zur Verdeutlichung dessen wurden 6 separate Karten erstellt, in denen jeweils nur die Massenverlagerungsgebiete, in denen die entsprechende Massenverlagerungsform (z.B. Mauerscholle) auftritt, abgebildet sind. In Karte 9 ist diesbezüglich die naturräumliche Lage der Massenverlagerungsgebiete die Absatzschollen, in Karte 10 die Lage der Gebiete die Rückenschollen, in Karte 11 die Lage der Gebiete die Fußschollen, in Karte 12 die Lage der Gebiete die Wallschollen, in Karte 13 die Lage der Gebiete die Spaltenbildungen und in Karte 14 die Lage der Massenverlagerungsgebiete die Mauerschollen und Sturzfließungen aufweisen dargestellt.

Wie bei der Betrachtung der Karten bereits auffällt, nimmt von Karte 9 zu Karte 14 die Anzahl der Massenverlagerungsgebiete, die den entsprechenden Formenschatz aufweisen, ab. Quantitativ betrachtet, ergeben sich dabei die in Abbildung 5.10 getrennt für den Gesamtuntersuchungsraum und für die einzelnen Untersuchungsabschnitte dargestellten Verteilungsmuster.

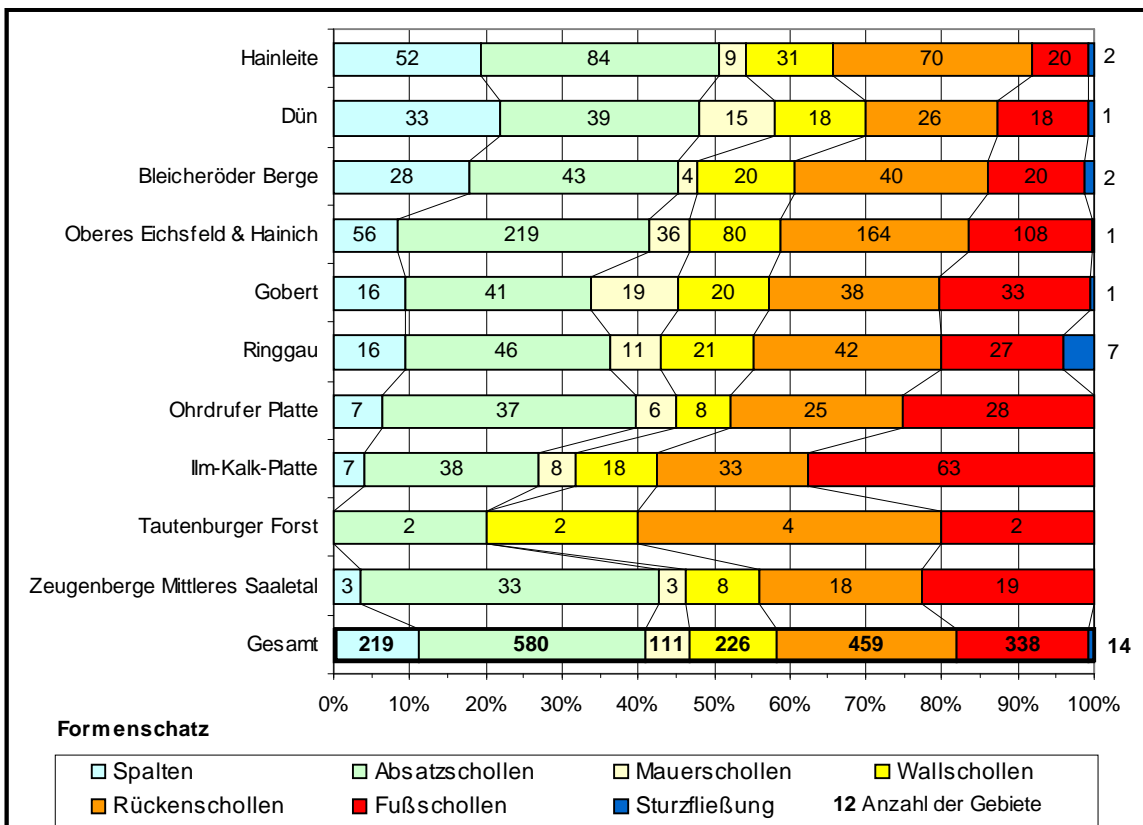


Abb. 5.10: Häufigkeit des Massenverlagerungsformenschatzes in den Massenverlagerungsgebieten

Von den insgesamt 744 Massenverlagerungsgebieten sind 580 Gebiete, dies entspricht ca. 80 %, durch das Vorkommen von Absatzschollen, 459 Gebiete (= 62 %) durch das Vorkommen von Rückenschollen, 338 Gebiete (= 45 %) durch das Vorkommen von Fußschollen, 226 Gebiete (= 30 %) durch das Vorkommen von Wallschollen, 219 Gebiete (= 29 %) durch das Vorkommen von Spaltenbildungen, 111 Gebiete (= 15 %) durch das Vorkommen von Mauerschollen und lediglich 14 Massenverlagerungsgebiete (= 2 %) durch das Vorkommen von Sturzfließungen gekennzeichnet. Dabei sind in einem Massenverlagerungsgebiet am Ringgau (Gebiet 483) zwei Sturzfließungen zu verzeichnen. Aufgrund der Seltenheit dieser Massenverlagerungsformen wurden beide jeweils separat in Karte 14 übernommen.

Insgesamt ist damit festzuhalten, dass im Formenschatz der meisten Massenverlagerungsgebiete an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken v.a. Absatzschollen (580 Gebiete) gefolgt von Rücken- (459 Gebiete) und Fußschollen (338 Gebiete) vorkommen, wohingegen Mauerschollen (111 Gebiete) und insbesondere Sturzfließungen (14 Gebiete) wesentlich seltener auftreten. Bezogen auf das relative Alter der Formen (vgl. Kap. 4.3) sind somit pleistozäne und ältere holozäne Massenverlagerungen in den einzelnen Gebieten häufiger zu verzeichnen als jüngere holozäne Formen. Wie die in den Karten 9 – 14 dargestellten Verteilungsmuster aber Ausdruck bringen, treten die verschieden alten Massenverlagerungsformen dabei konzentriert an den stärker von Massenverlagerungen betroffenen Untersuchungsabschnitten auf. Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte bestehen hierbei einige interessante Unterschiede (vgl. Abb. 5.10).

So sind die Massenverlagerungsgebiete an den Stufenhängen des Tautenbenburger Forstes durch das Fehlen von Spaltenbildungen (vgl. Karte 13), Mauerschollen und Sturzfließungen (vgl. Karte 14) gekennzeichnet. Morphologisch deutlich in Erscheinung tretende Sturzfließungen fehlen zudem an den Stufenhängen der Ohrdruffer Platte sowie an der Ilm-Kalk-Platte und den Zeugenbergen Mittleres Saaletal (vgl. Abb. 5.10, Karte 14). Im Unterschied zu den übrigen Teiluntersuchungsgebieten sind im Tautenburger Forst Gebiete mit Rückenschollen häufiger zu verzeichnen, als Massenverlagerungsgebiete die Absatzschollen aufweisen. Massenverlagerungsgebiete mit Spaltenbildungen treten am Dün öfter auf als Gebiete mit Rücken- und Wallschollen (vgl. Abb. 5.10 und Karte 13). Ähnliches gilt für die Hainleite, die Bleicheröder Bergen und die Ohrdruffer Platte, an deren Stufenhängen Massenverlagerungsgebiete mit Spaltenbildungen häufiger auftreten als Gebiete mit Wallschollen. Die Ilm-Kalk-Platte aber auch der Tautenburger Forst sind durch ein besonders häufiges Vorkommen von Massenverlagerungsgebieten mit Fußschollen gekennzeichnet. Hierauf ist das in Kapitel 5.2.3.3 beschriebene, vom Gesamtuntersuchungsgebiet abweichende Längen-/Breitenverhältnis der Massenverlagerungsgebiete dieser Untersuchungsabschnitte zurückzuführen.

Wie bereits im Kapitel 3.2 beschrieben wurde, sind Fußschollen dadurch charakterisiert, dass sie im Vergleich zu anderen Massenverlagerungsformen die größten horizontalen Verlagerungsdistanzen aufweisen und sich somit sehr weit vom Stufenhang entfernt befinden (bis >300 m). Damit verleihen Fußschollen insbesondere Massenverlagerungsgebieten mit nur geringen Breitenausdehnungen eine deutliche Längendominanz im Vergleich zur Gebietsbreite, was sich in den Verhältniszahlen  $> 1$  widerspiegelt (vgl. Tab. 5.3). Dieses Verhalten ist sehr deutlich an den nur wenig breiten Massenverlagerungsgebieten der Stufenhänge der Ilm-Kalk-Platte und des Tautenburger Forstes ausgeprägt.

Für alle Untersuchungsabschnitte gleichermaßen charakteristisch ist, dass im Vergleich zur Gesamtzahl der auftretenden Massenverlagerungsgebiete, jene Gebiete mit Mauerschollen, gefolgt von jenen mit Sturzfließungen am seltensten auftreten oder gar fehlen (vgl. Abb. 5.8 und Karte 14). Da sowohl die Mauerschollen als auch die Sturzfließungen nicht nur die jüngeren Zeugen der Massenverlagerungsaktivität am Wellenkalk-Schichtstufenhang darstellen (vgl. Kap. 3.3), sondern auch im Hinblick auf die im Rahmen der Untersuchung vorzunehmende Gefährdungsbeurteilung von besonderem Interesse sind (vgl. Kap. 4.2), sollen deren naturräumlichen Verteilungsmuster im Folgenden etwas näher beleuchtet werden.

#### 5.2.4.1.1 Die Häufigkeit der Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen

Die insgesamt 111 Mauerschollengebiete des Untersuchungsraumes sind in unterschiedlicher Häufigkeit auf die einzelnen Untersuchungsabschnitte verteilt. Absolut gesehen, nimmt deren Anzahl in der Reihenfolge der Untersuchungsabschnitte: Oberes Eichsfeld & Hainich (36 Gebiete), Gobert (19 Gebiete), Dün (15 Gebiete), Ringgau (11), Hainleite (9), Ilm-Kalk-Platte (8), Ohrdruffer Platte (6), Bleicheröder Bergen (4) bis hin zu den Zeugenbergen des Mittleren Saaletales (3) ab (vgl. Abb. 5.10). Im Teiluntersuchungsgebiet des Tautenburger Forstes sind keine Mauerschollengebiete zu verzeichnen (vgl. Kap. 5.2.4.1 und Karte 14).

Aussagekräftiger als die absolute Häufigkeit, ist wiederum die Dichte der Mauerschollengebiete, d.h. deren Anzahl bezogen auf die Stufenhanglänge (vgl. auch Kapitel 5.1.3.1). Die sich diesbezüglich ergebenden Dichteindexwerte sind in Tabelle 5.4 dargestellt. Über die dort aufgeführten Gebietsnummern sind Einzelinformationen dem Anhang C bzw. genauere Lageinformationen der Karte 8 zu entnehmen.

Wie Tabelle 5.4 zeigt, sind die Gobert (Dichteindex: 0,46), gefolgt vom Dün (Dichteindex: 0,34), die Untersuchungsabschnitte mit der größten Mauerschollengebiedsdichte. Demgegenüber ist die Ilm-Kalk-Platte (Dichteindex: 0,03) noch vor den Zeugenbergen des Mittleren Saaletales

(Dichteindex: 0,04), das Gebiet mit der geringsten Dichte auftretender Mauerschollengebiete. Insgesamt nimmt die Dichte der Mauerschollengebiete in der Reihenfolge Gobert, Dün, Bleicheröder Berge, Ringgau, Oberes Eichsfeld & Hainich, Hainleite, Ohrdrufer Platte, Zeugenberge des Mittleren Saaletales und Ilm-Kalk-Platte ab (vgl. Tab. 5.4).

Tab. 5.4: Anzahl, Nummer und Dichte der Mauerschollengebiete an den Wellenkalk- Schichtstufenabschnitten im Thüringer Becken

<b>Untersuchungsabschnitte</b>	<b>Länge (km)</b>	<b>Anzahl der Mauerschollengebiete</b>	<b>Nr. der Mauerschollengebiete (vgl. Karte 8)</b>	<b>Dichteindex (Quotient aus Anzahl Mauerschollengebiete und Stufenhanglänge)</b>
<b>Hainleite</b>	98	9	16, 48, 54, 62,63, 79, 87, 148, 150	0,09
<b>Dün</b>	43	15	161, 164, 168, 169, 170, 171, 183, 184, 186, 187, 188, 189, 192, 193, 194	0,34
<b>Bleicheröder Berge</b>	26	4	107,112, 123, 137	0,15
<b>Oberes Eichsfeld &amp; Hainich</b>	299	36	211, 222, 238, 250, 261, 265, 267, 270, 275, 276, 281, 287, 290, 303, 305, 307, 309, 313, 317, 319, 330, 337, 349, 365, 367, 375, 381, 384, 402, 403, 498, 499, 501, 507, 508, 511	0,12
<b>Gobert</b>	41	19	513, 514, 515, 516, 520, 521, 522, 523, 524, 526, 527, 535, 541, 542, 546, 547, 550, 552, 553	0,46
<b>Ringgau</b>	71	11	446, 447, 448, 466, 472, 473, 474, 475, 476, 494, 496	0,15
<b>Ohrdrufer-Platte</b>	65	6	581, 590, 591, 599, 602, 606	0,09
<b>Ilm-Kalk-Platte</b>	236	8	613, 647, 648, 649, 650, 669, 676, 693	0,03
<b>Tautenburger Forst</b>	25	0	-	-
<b>Zeugenberge Mittleres Saaletal</b>	64	3	706, 718, 722	0,04

Damit zeigt sich, dass auch in der Mauerschollengebietsdichte innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte regional ähnliche Unterschiede, wie hinsichtlich der in Kapitel 5.2.2 beschriebenen, von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen bestehen. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 5.11 verdeutlicht.



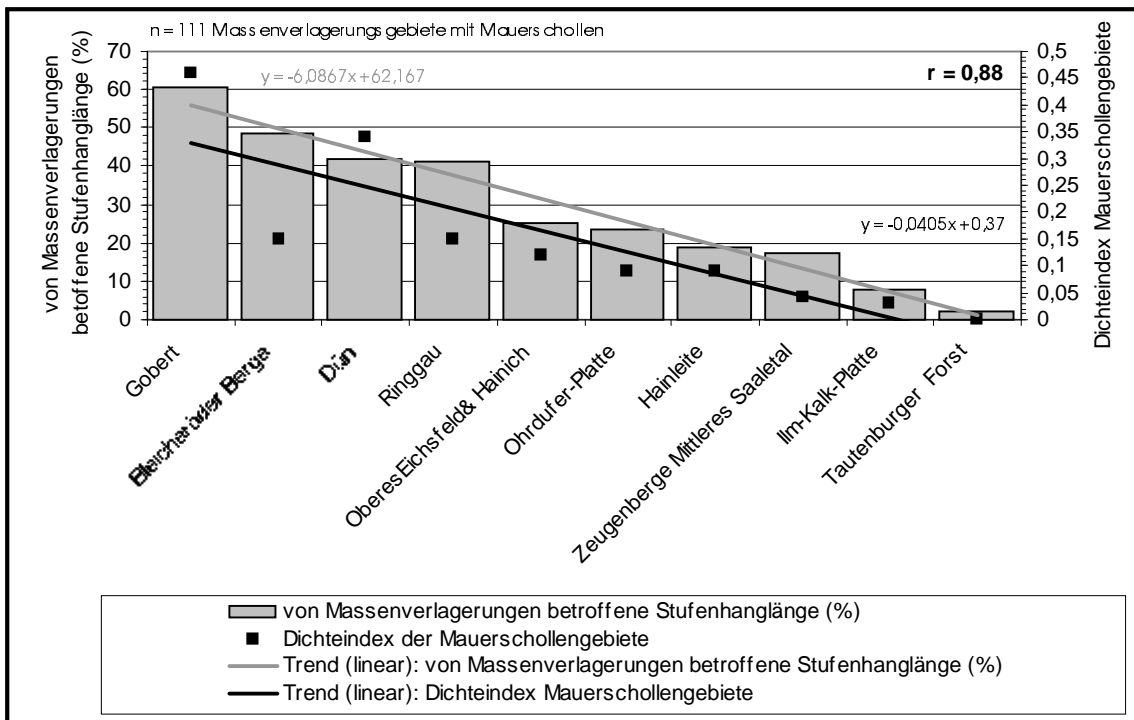


Abb. 5.11: Zusammenhang zwischen den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen und der Dichte von Mauerschollengebieten innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte

Mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,88$  nimmt die Dichte der Mauerschollengebiete mit abnehmender, von Verlagerungen betroffener Stufenhanglänge tendenziell ab (vgl. Abb. 5.11). Somit sind die Untersuchungsabschnitte Bleicheröder Berge, Ringgau und insbesondere der Dün und die Gobert nicht nur die Gebiete mit den am stärksten von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen, bei gleichzeitig hohen Dichten der Massenverlagerungsgebiete mit 500 - 6000 m Breitenausdehnung, sondern gleichzeitig auch die Gebiete mit der größten Mauerschollengebietsdichte. Demgegenüber sind die Untersuchungsabschnitte mit geringeren von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen und geringeren Dichten von Massenverlagerungsgebieten mit 500 - 6000 m Breitenausdehnung wie Hainleite, Zeugenberge Mittleres Saaletal, Ilm-Kalk-Platte gleichzeitig durch eine wesentlich geringere Dichte bzw. wie im Fall des Tautenburger Forstes, sogar durch das Fehlen von Massenverlagerungsgebieten mit Mauerschollen gekennzeichnet.

#### 5.2.4.1.2 Die Häufigkeit der Massenverlagerungsgebiete mit Sturzfließungen

Die Sturzfließungen, als seltenste Massenverlagerungsformen am Wellenkalk-Schichtstufenhang, sind generell dadurch charakterisiert, dass sie sich innerhalb größerer Massenverlagerungsgebiete befinden und hier kleinflächigere Teilbereiche mit bis  $> 200$  m abrißwandparalleler Breitenausdehnung einnehmen.

Wie bereits aus Karte 14 hervorgeht, sind lediglich in den nördlichen (Hainleite, Bleicheröder Berge, Dün) und westlichen Untersuchungsabschnitten (Oberes Eichsfeld & Hainich, Gobert, Ringgau) morphologisch deutlich in Erscheinung tretende Sturzfließungen zu verzeichnen, während diese an den südlichen (Ohrdruffer Platte, Ilm-Kalk-Platte) und an den östlichen Untersuchungsabschnitten (Ilm-Kalk-Platte, Tautenburger Forst, Zeugenberge Mittleres Saaletal) fehlen (vgl. Abb. 5.8 und Karte 14). Absolut gesehen, konnten an der Hainleite zwei, am Dün eine, an den Bleicheröder Bergen zwei, im Oberen Eichsfeld & Hainich sowie an der Gobert je eine und am Ringgau acht Sturzfließungen lokalisiert werden. Dabei treten 2 der 8 Sturzfließungen am Ringgau in einem Massenverlagerungsgebiet (Gebiet 483) auf (vgl. Kap. 5.2.4.1).

Die Lage der Sturzfließungen innerhalb der Massenverlagerungsgebiete, deren Lokalbezeichnungen und deren abrißwandparallelen Breitenausdehnungen sind in Tabelle 5.5 dargestellt. Über die hier aufgeführte Nummer sind die einzelnen Gebiete in Karte 14, über die zugehörigen Massenverlagerungsgebietsnummern in Karte 8 wiederzufinden.

Tab. 5.5: Lage, Lokalbezeichnungen und Breitenausdehnungen der Sturzfließungen im Untersuchungsgebiet

Nr.	Nr. des zugehörigen Massenverlagerungsgebietes	HW	RW	Lokalbezeichnung der Gebiete	Abrißwand parallele Breite (m)
1	54	5694433	4418900	Frauenberg	150
2	87	5698001	4409880	Wöbelsburg	140
3	107	5702386	4397519	Krajaer Kopf	120
4	129	5700311	4397853	Teichkopf	155
5	189	5691899	4395444	Zementwerk Deuna	130
6	528	5681524	4362685	Hörne	90
7	394	5674658	4373842	Plesse	250
8	464	5664523	4373808	nahe Heldrastein	280
9	466	5665623	4372446	Dreiherrenstein	70
10	471	5664345	4370463	südlich von Rambach	90
11	473	5665247	4368743	Manrod	140
12	475	5666393	4367005	Rabenkuppe	140
13	483	5663826	4360981	nahe Schickeberg	100
14	483	5663041	4360235	Schickeberg	100
15	496	5654773	4373994	Kielforst	350

Interessant sind auch hier die regionalen Dichteunterschiede. Bezogen auf die jeweiligen Untersuchungsabschnitte ergibt sich dabei das in Tabelle 5.6 dargestellte Verteilungsbild.

Tab. 5.6: Anzahl und Dichte der Mauerschollengebiete an den Wellenkalk-Schichtstufenabschnitten im Thüringer Becken

<b>Untersuchungsabschnitte</b>	<b>Länge</b> (km)	<b>Anzahl der Gebiete mit Sturzfließungen</b>	<b>Dichtindex</b> (Quotient aus Anzahl Sturzfließungen und Stufenhanglänge)
Hainleite	98	2	0,020
Dün	43	1	0,023
Bleicheröder Berge	26	2	0,077
Oberes Eichsfeld & Hainich	299	1	0,003
Gobert	41	1	0,024
Ringgau	71	7	0,098
Ohrdrufer-Platte	65	0	-
Ilm-Kalk-Platte	236	0	-
Tautenburger Forst	25	0	-
Zeugenberge Mittleres Saaletal	64	0	-

Wie daraus hervorgeht, nimmt in der Reihenfolge der Untersuchungsabschnitte: Ringgau (Dichteindex: 0,098), Bleicheröder Berge (Dichteindex: 0,077), Gobert (Dichteindex: 0,024), Dün (Dichteindex: 0,023), Hainleite (Dichteindex: 0,020) hin zum Oberen Eichsfeld & Hainich (Dichteindex: 0,003) die Dichte der auftretenden Sturzfließungen ab.

Beim Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit den Dichteindexwerten der Sturzfließungen (vgl. Tab. 5.6) werden auch hierbei einige Zusammenhänge deutlich, die zusammengefasst in Abbildung 5.12 dargestellt sind.

Wie diese zeigt, ist ähnlich der Mauerschollengebietsdichte (vgl. Abb. 5.11), ein abnehmender Trend der Sturzfließungsdichte mit abnehmenden von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen zu verzeichnen. Dieser Zusammenhang ist mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,61$  jedoch nicht so deutlich ausgeprägt wie für die Mauerschollengebiete.

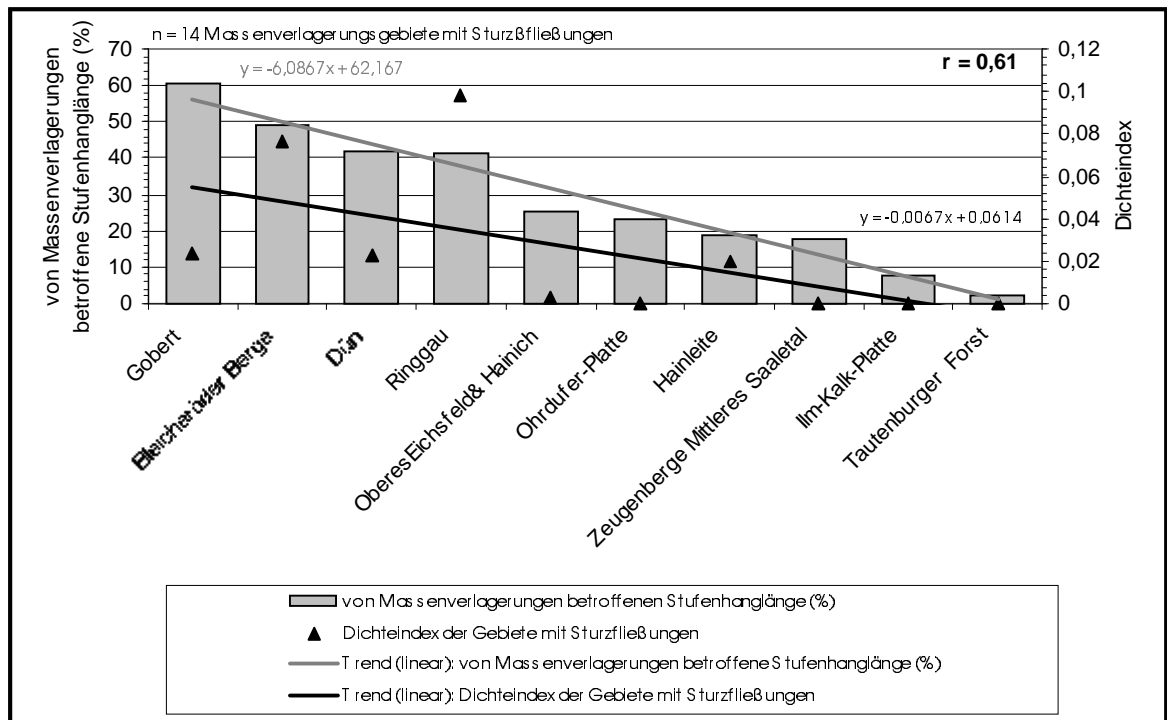


Abb. 5.12: Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit der Dichte der Sturzfließungen und Mauerschollengebiete

Dies beruht auf der Tatsache, dass v.a. in den stärker von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhangabschnitten (Gobert, Bleicheröder Berge, Dün, Ringgau) Dichteunterschiede zwischen auftretenden Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete bestehen (vgl. Abb. 5.12). So weist der Ringgau, der nach Gobert, Dün und Bleicheröder Bergen, erst an 4. Stelle hinsichtlich der Mauerschollengebetsdichte steht, die größte Sturzfließungsdichte im gesamten Untersuchungsgebiet auf. Es folgt das Gebiet der Bleicheröder Berge, welches in der statistischen Mauerschollengebetsdichte erst an dritter Stelle steht. Die Gobert (Dichteindex: 0,024), welche die höchste Mauerschollengebetsdichte im Untersuchungsgebiet aufweist, nimmt nur Platz drei in der Sturzfließungsdichte ein. Der Dün wiederum, der in der Mauerschollendichte Platz zwei einnimmt, steht in der Sturzfließungsdichte erst an 4. Stelle (vgl. Tab. 5.6 und Abb. 5.12).

Mögliche Ursachen für dieses von den Mauerschollen abweichende Verteilungsbild werden im Zusammenhang mit der Erörterung der klimatischen Steuerungsfaktoren insbesondere der Stakniederschlagsverteilung diskutiert.

#### 5.2.4.1.3 Die Breite der Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen und Sturzfließungen

Entsprechend der Tatsache, dass sowohl die Massenverlagerungsgebiete mit Breitenausdehnungen von 500 - 6000 m als auch die Massenverlagerungsgebiete mit Sturzfließungen und insbesondere

die mit Mauerschollen ähnliche regionale Dichteunterschiede zeigen (vgl. Abb. 5.3, Abb. 5.11 und Abb. 5.12), liegt es nahe, die Breitenausdehnungen der Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete näher zu analysieren. Bezogen auf die in den jeweiligen Gebietsbreitenklassen vorkommende Anzahl von Massenverlagerungsgebieten mit Mauerschollen und Sturzfließungen, ergibt sich dabei das in Abbildung 5.13 dargestellte Verteilungsbild, wobei als Vergleichsbasis die Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete der jeweiligen Breitenklasse mit aufgeführt wurde.

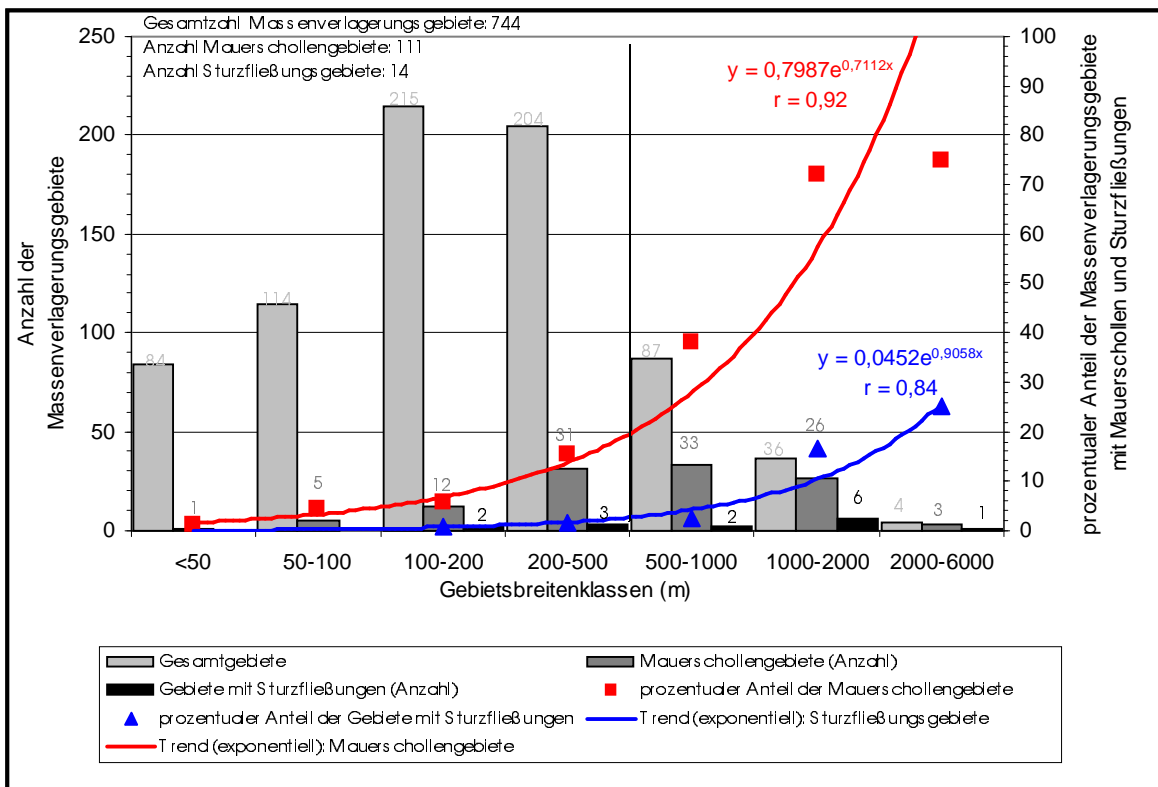


Abb. 5.13: Die Breitenausdehnungen der Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen und Sturzfließungen bezogen auf die Anzahl der Massenverlagerungsgebiete in den jeweiligen Breitenklassen

Wie Abbildung 5.13 zeigt, sind von den 111 Massenverlagerungsgebieten mit Mauerschollen 62 Gebiete (= ca. 56 %) und von den insgesamt 14 Massenverlagerungsgebieten mit Sturzfließung 9 Gebiete (=ca. 64 %) durch Breitenausdehnungen der Klassen > 500 m gekennzeichnet. Bedenkt man, dass nur 127 der insgesamt 744 Massenverlagerungsgebiete, dies entspricht ca. 17 %, Breitenausdehnung von 500 - 6000 m aufweisen, ist durchschnittlich jedes zweite Gebiet dieser Breitenklassen durch das Vorkommen von Mauerschollen und jedes 14. Gebiet durch das Vorkommen von Sturzfließungen gekennzeichnet. Demgegenüber weisen von den 617 Massenverlagerungsgebieten der Breitenklassen < 500 m durchschnittlich nur jedes 12. Gebiet Mauerschollen und nur jedes 69. Gebiet Sturzfließungen auf.

Prozentual nimmt der Anteil der Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete im Vergleich zur Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete mit steigender Breitenausdehnung exponentiell zu (vgl. Abb. 5.13). So sind von den insgesamt 84 Massenverlagerungsgebieten der Breitenklasse < 50 m zunächst nur 1,2 % (n = 1) durch das Auftreten von Mauerschollen gekennzeichnet, während Sturzfließungen in dieser Massenverlagerungsgebietsbreitenklasse noch nicht auftreten. Demgegenüber weisen von den 87 Gebieten der Breitenklasse 500 - 1000 m bereits 37,9 % (n = 33) Mauerschollen und 16,6 % (n = 6) Sturzfließungen auf. In der höchsten Breitenklasse von 2000 - 6000 m sind von den insgesamt 4 Massenverlagerungsgebieten 75 % (n = 3) durch auftretende Mauerschollen und 25 % (n = 1) durch auftretende Sturzfließungen gekennzeichnet. Damit wird deutlich, dass Mauerschollen und Sturzfließungen bevorzugt in den breiteren Massenverlagerungsgebieten in zunehmender Häufigkeit auftreten. Dies spiegelt sich letztendlich (mit einzelnen Abweichungen) in den geschilderten Gemeinsamkeiten zwischen der Dichte der Massenverlagerungsgebiete mit Breitenausdehnungen von 500 - 6000 m und der Sturzfließungs- und insbesondere Mauerschollengebietsdichte wider.

#### 5.2.4.2 Vergesellschaftungen des Massenverlagerungsformenschatzes innerhalb der Massenverlagerungsgebiete

Wie ein Vergleich der Karten 9 bis 14 zeigt, kann der bislang separat betrachtete Massenverlagerungsformenschatz in den einzelnen Massenverlagerungsgebieten sowohl vergesellschaftet als auch solitär vorkommen. Solitär bedeutet dabei, dass lediglich eine der sieben Massenverlagerungsformen (z.B. Absatzscholle) in einem Massenverlagerungsgebiet auftritt, unabhängig davon, ob diese Form mehrfach im selben Gebiet zu verzeichnen ist (z.B. 3 Absatzschollen in einem Gebiet).

Von den insgesamt 744 Massenverlagerungsgebieten sind 530 Gebiete, dies entspricht ca. 71 %, durch das Vorkommen von mindestens 2 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen gekennzeichnet, wohingegen 214 Gebieten, dies entspricht ca. 29 %, solitäre Massenverlagerungsformen aufweisen (vgl. Anhang C). Damit ist die überwiegende Mehrzahl der an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken vorkommenden Massenverlagerungsgebiete durch Formenvergesellschaftungen gekennzeichnet.

Entsprechend der betrachteten 7 Hauptformen (Spalten, Mauer-, Absatz-, Rücken-, Wall-, Fußschollen, Sturzfließungen) können theoretisch maximal  $2^7$ , d.h. 128 unterschiedliche Kombinationsmöglichkeiten des Massenverlagerungsformenschatzes auftreten. Von diesen 128 Möglichkeiten kommen im Untersuchungsgebiet 65 vor, wobei 5 Möglichkeiten auf solitär

auftretende Massenverlagerungsformen entfallen. Im Folgenden sollen sowohl die solitär auftretenden Massenverlagerungsformen als auch die am häufigsten anzutreffenden Formenvergesellschaftungen kurz vorgestellt werden. Für weiterführende Einzelbetrachtungen sei wiederum auf Anhang C verwiesen.

Von den 214 Massenverlagerungsgebieten, in denen jeweils nur eine Massenverlagerungsform zu beobachten ist, sind 122 Gebiete, dies entspricht ca. 57 %, durch das solitäre Auftreten von Absatzschollen, 43 Gebiete ( ca. 20 %) durch das solitäre Auftreten von Fußschollen, 41 Gebiete (ca. 19 %) durch das solitäre Auftreten von Rückenschollen, 5 Gebiete (ca. 2,5 %) (Gebiete: 196, 354, 389, 702, 710) durch das solitäre Auftreten von Wallschollen und 3 Gebiete (ca. 1,5 %) (Gebiete: 84, 134, 182) durch das solitäre Auftreten von Spaltenbildungen gekennzeichnet (vgl. Anhang C und Karte 8).

Von den 60 im Untersuchungsgebiet zu beobachtenden Formenvergesellschaftungsmöglichkeiten ist die Vergesellschaftung der Absatz- und Rückenschollen am häufigsten vorzufinden. 77 der 744 Massenverlagerungsgebieten, dies entspricht ca. 10,3 %, weisen diese Kombination auf. Mit 61 Massenverlagerungsgebieten (8,2 %) ist die Kombination: Absatz-, Rücken-, Fußschollen am zweithäufigsten vertreten. Mit 34 Gebieten (4,6 %) folgt die Formenkombination: Spaltenbildungen, Mauer-, Absatz-, Wall-, Rücken-, Fußschollen, gefolgt von je 28 Gebieten (je 3,8 %) der Kombinationen: Absatz-, Wall-, Rücken-, Fußschollen bzw. Spaltenbildungen, Absatz-Rückenschollen. Demgegenüber ist die in 9 Gebieten (Gebiete: 101, 231, 244, 285, 312, 398, 597, 673, 678) zu beobachtende Kombination: Absatz-, Wall- und Fußscholle bereits weniger häufig zu verzeichnen. Die mit je einem Massenverlagerungsgebiet am seltensten vorkommenden Formenvergesellschaftungen sind bspw. Spaltenbildungen mit Rücken- und Fußschollen (Gebiet: 59) bzw. Spaltenbildungen und Wallschollen (Gebiet: 38). In nur 4 Massenverlagerungsgebieten (Gebiete: 466, 473, 475, 496) ist der gesamte an der Wellenkalk-Schichtstufe zu verzeichnende Massenverlagerungshauptformenschatz anzutreffen (vgl. Anhang C).

Trotz der Vielzahl der unterschiedlichen Kombinationsmöglichkeiten, lassen sich einige für die Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete gültige Regelmäßigkeiten der Formenvergesellschaftungen erkennen. So kommen Mauerschollen und Sturzfließungen nie als solitäre Einzelformen in den Massenverlagerungsgebieten vor, sondern treten generell vergesellschaftet mit anderen Massenverlagerungsformen auf. Sturzfließungen sind nur in solchen Gebieten zu finden, in denen exponierte Mauerschollen vorhanden sind bzw. vorhanden waren (vgl. Kap. 3.2). In 8 der 15 Sturzfließungsgebiete (Gebiete: 1, 2, 3, 5, 9, 11, 12, 15) sind Mauerschollen rezent noch zu verzeichnen (vgl. Tab. 5.5 und Karte 14). Sowohl in den 8 Gebieten mit als auch in den 7 Gebieten ohne rezente Mauerschollen (Gebiete: 4, 6, 7, 8, 10, 2 x 13) sind

Schollenstümpfe als Relikte ehemaliger Mauerschollen, deren oberen Teile durch den Verlagerungsakt verstürzt, vorhanden. I.d.R. sind auch Spaltenbildungen in Form frischer Öffnungen an Mauerschollengebiete gebunden. Demgegenüber sind Spaltenbildungen in Form älterer, schuttverhüllter Depressionen auch außerhalb von Mauerschollengebieten bzw. in einzelnen Massenverlagerungsgebieten solitär vorzufinden. Die drei genannten Gebiete: 84, 134, 182 (vgl. oben) sind durch das Auftreten von Spaltenbildungen in Form schuttverhüllter Depressionen gekennzeichnet.

5.2.4.3 Die Anzahl unterschiedlicher Massenverlagerungsformen innerhalb der Massenverlagerungsgebiete

Interessant und systematisch gut zu analysieren ist die Anzahl der in den Massenverlagerungsgebieten auftretenden unterschiedlichen Massenverlagerungsformen. Wie bereits in Kapitel 5.2.4.3 erwähnt, können in Abhängigkeit vom betrachtenden Formenschatz in einem Gebiet minimal eine und maximal sieben unterschiedliche Massenverlagerungsformen auftreten. Entsprechend der Geländebefunde ergibt sich dabei das in Karte 15 bzw. in Abbildung 5.14 dargestellte Verteilungsbild.

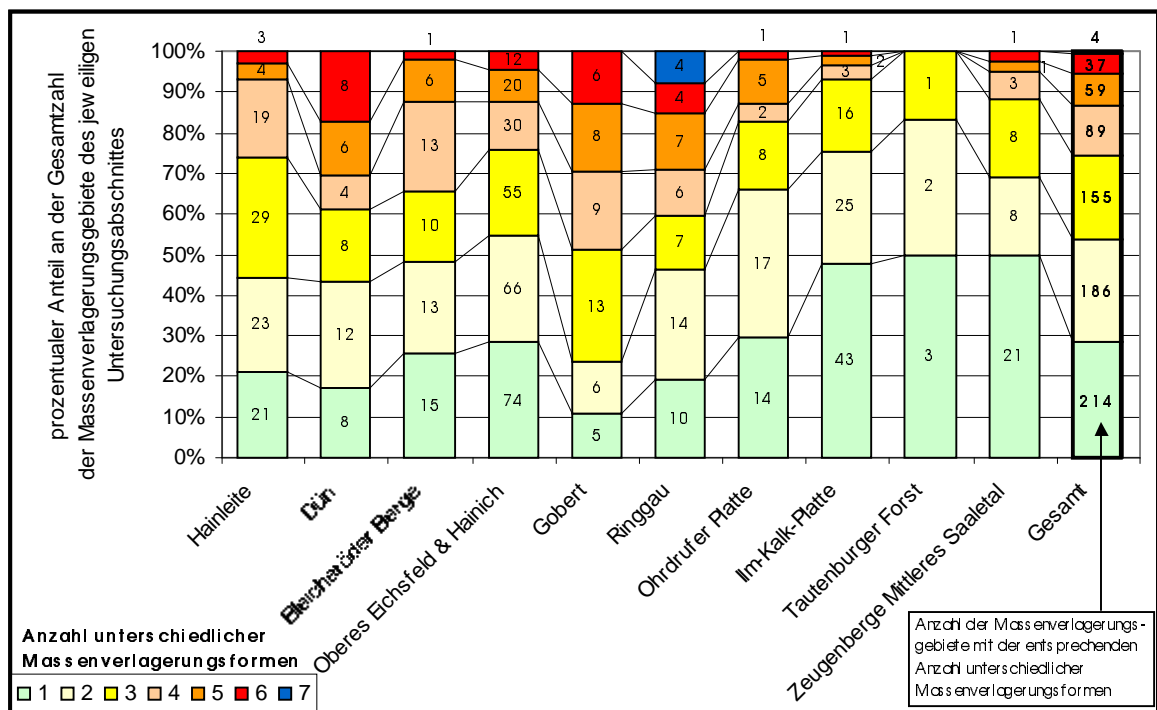


Abb. 5.14: Die Häufigkeit unterschiedlicher Massenverlagerungsformen innerhalb der Massenverlagerungsgebiete an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken

Bezogen auf die Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete (n = 744) zeigt sich, dass mit zunehmender Anzahl unterschiedlicher Massenverlagerungsformen die Anzahl der Gebiete die



diese aufweisen abnimmt (vgl. Abb. 5.14). So sind von den 744 Massenverlagerungsgebieten 214 Gebiete (= ca. 29 %) durch das Vorkommen von solitären Massenverlagerungsformen (vgl. Kap. 5.2.4.2), 186 Gebiete (= ca. 25 %) durch das Vorkommen von 2 Massenverlagerungsformen, 155 Gebiete (= ca. 20 %) durch das Vorkommen von 3 Massenverlagerungsformen, 89 Gebiete (= ca. 12 %) durch das Vorkommen von 4 Massenverlagerungsformen, 59 Gebiete (= ca. 8 %) durch das Vorkommen von 5 Massenverlagerungsformen und 37 Gebiete (= ca. 5 %) durch das Vorkommen von 6 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen gekennzeichnet (vgl. Abb. 5.14). Lediglich 4 Gebiete im Untersuchungsraum (= ca. 1%) weisen alle 7 der an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken vorkommenden Massenverlagerungshauptformen auf (vgl. Kap. 5.2.4.2). Damit zeigt sich, dass die überwiegende Mehrzahl der Massenverlagerungsgebiete durch das Vorkommen von mindestens zwei unterschiedlichen Massenverlagerungsformen gekennzeichnet ist.

Bemerkenswert sind in diesem Zusammenhang die bereits aus Karte 15 bzw. Abbildung 5.14 hervorgehenden, regionalen Dichteunterschiede von Massenverlagerungsgebieten, die eine größere Anzahl (insbesondere 6 - 7) unterschiedlicher Massenverlagerungsformen aufweisen. Bezogen auf die Stufenhanglänge der jeweiligen Untersuchungsabschnitte sind diese Dichteunterschiede zusammengefasst in Tabelle 5.7 dargestellt.

Tab. 5.7: Anzahl und Dichte der Massenverlagerungsgebiete mit 6 - 7 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen

<b>Untersuchungsabschnitte</b>	<b>Länge</b>  (km)	<b>Anzahl der Gebiete mit 6 - 7 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen</b>	<b>Dichtindex</b>  (Quotient aus Anzahl der Gebiete mit 6 - 7 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen und der Stufenhanglänge)
<b>Hainleite</b>	98	7	0,071
<b>Dün</b>	43	7	0,163
<b>Bleicheröder Berge</b>	26	7	0,269
<b>Oberes Eichsfeld &amp; Hainich</b>	299	32	0,107
<b>Gobert</b>	41	14	0,341
<b>Ringgau</b>	71	15	0,211
<b>Ohrdruffer-Platte</b>	65	6	0,092
<b>Ilm-Kalk-Platte</b>	236	3	0,013
<b>Tautenburger Forst</b>	25	0	-
<b>Zeugenberge Mittleres Saaletal</b>	64	2	0,031

Wie Tabelle 5.7 zeigt, nimmt in der Reihenfolge: Gobert (Dichteindex: 0,341), Bleicheröder Berge (Dichteindex: 0,269), Ringgau (Dichteindex: 0,211), Dün (Dichteindex: 0,163), Oberes Eichsfeld & Hainich (Dichteindex: 0,107), Ohrdruffer Platte (Dichteindex: 0,092), Hainleite (Dichteindex: 0,071), Zeugenberge Mittleres Saaletal (Dichteindex: 0,031), Ilm-Kalk-Platte (Dichteindex: 0,013) die Dichte der Massenverlagerungsgebiete, die 6-7 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen aufweisen, ab.

Damit bestehen auch in der Dichte dieser Massenverlagerungsgebiete regional ähnliche Unterschiede wie hinsichtlich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 5.15 verdeutlicht.

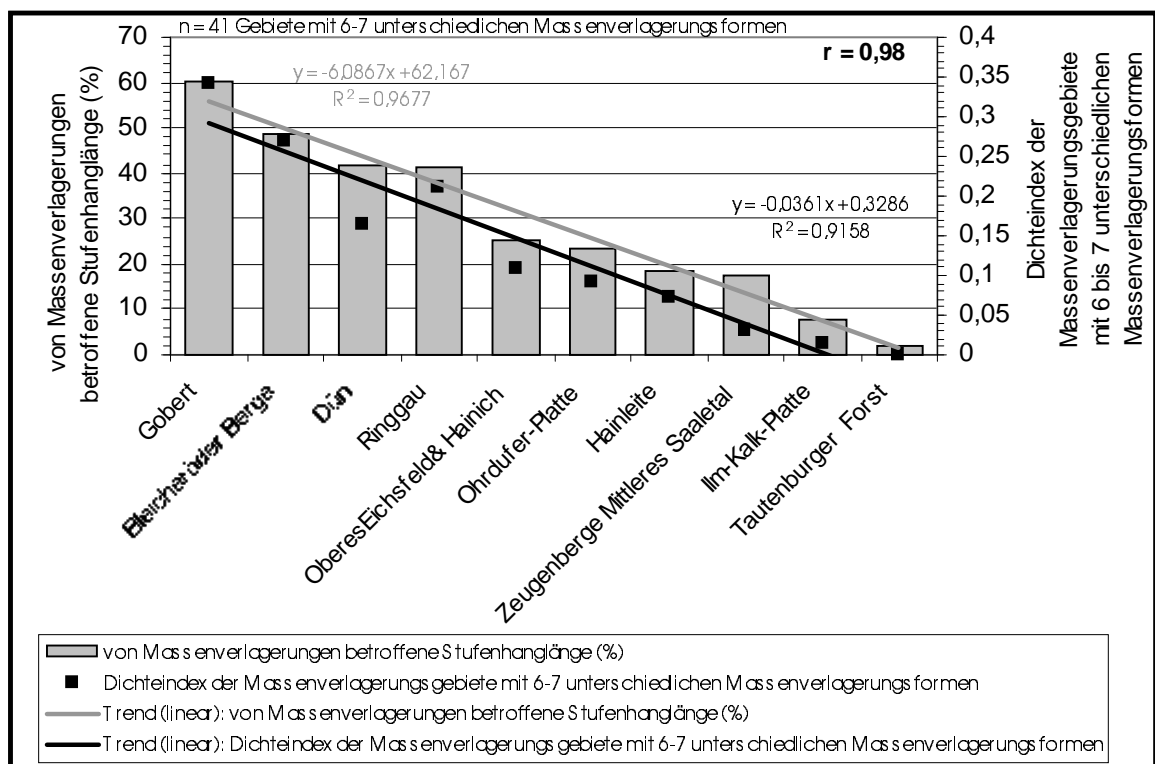


Abb. 5.15: Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit der Dichte der auftretenden Massenverlagerungsgebiete mit 6 - 7 Massenverlagerungsformen

Mit steigender, von Massenverlagerungen betroffener Stufenhanglänge nimmt auch die Dichte der Massenverlagerungsgebiete mit 6 - 7 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen zu (vgl. Abb. 5.15) Dieser Zusammenhang ist mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,98$  statistisch hochsignifikant. Somit sind die Untersuchungsabschnitte Dün, Bleicheröder Berge, Ringgau und insbesondere die Gobert nicht nur die Gebiete mit der am stärksten von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen, bei gleichzeitig hohen Dichten der Massenverlagerungsgebiete mit 500 - 6000 m Breitenausdehnung sowie hohen Mauerschollen- und Sturzfließungsgebietsdichten,

sondern gleichzeitig auch die Gebiete mit der größten Dichte von Massenverlagerungsgebieten, die 6 bis 7 unterschiedliche Massenverlagerungsformen aufweisen. Demgegenüber sind die Untersuchungsabschnitte Hainleite, Zeugenberge Mittleres Saaletal, Ilm-Kalk-Platte, die sich sowohl durch geringere von Massenverlagerungen betroffene Stufenhanglängen als auch durch geringere Dichten von Massenverlagerungsgebieten mit 500 -6000 m Breitenausdehnung sowie geringere Mauerschollen- bzw. Sturzfließungsgebietsdichten auszeichnen, gleichzeitig auch durch eine wesentlich geringere Dichte bzw. wie im Fall des Tautenburger Forstes, sogar durch das Fehlen von Massenverlagerungsgebieten mit 6 - 7 Massenverlagerungsformen gekennzeichnet.

Betrachtet man wiederum die Breitenausdehnungen der Massenverlagerungsgebiete mit 6 - 7 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen, ergibt sich das in Abbildung 5.16 dargestellte Bild. Als Vergleichsbasis ist auch hier die Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete der entsprechenden Breitenklassen mit aufgeführt.

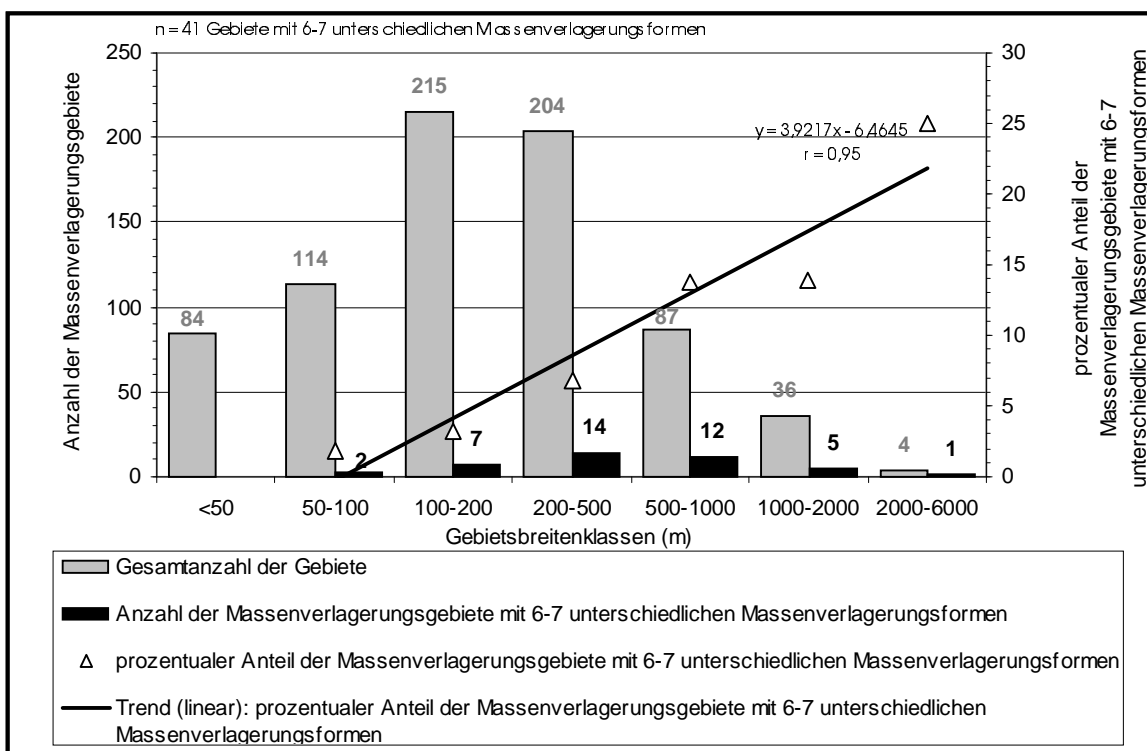


Abb. 5.16: Die Breitenausdehnung der Massenverlagerungsgebiete mit 6 - 7 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen

Es zeigt sich, dass 18 der 41 Massenverlagerungsgebiete (= ca. 44 %) die diese hohe Formenschatzhäufigkeit aufweisen, durch Breitenausdehnungen > 500 m gekennzeichnet sind. Demgegenüber sind 23 Gebiete (= ca. 56 %, durch Breitenausdehnungen < 500 m charakterisiert. Bezogen auf die Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete mit Breitenausdehnungen von 500 - 6000 m (n = 127) ist demnach durchschnittlich jedes 7. Gebiet durch das Vorkommen von 6 -

7 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen gekennzeichnet, wohingegen von den 617 Massenverlagerungsgebieten der Breitenklassen < 500 m durchschnittlich nur jedes 27. Gebiet dieser hohen Formenschatzhäufigkeiten aufweist. Prozentual betrachtet, nimmt dabei auch hier die Häufigkeit der Gebiete mit 6 - 7 Massenverlagerungsformen mit steigender Breitenausdehnung zu (vgl. Abb. 5.16). So sind von den insgesamt 114 Gebieten der Breitenklasse 50-100 m zunächst nur 1,7 % durch diese Formenschatzhäufigkeiten gekennzeichnet. Demgegenüber weisen von den 87 Massenverlagerungsgebieten der Breitenklasse 500 - 1000 m bereits 13,8 % und von den 4 Gebieten der Breitenklasse von 2000 - 6000 bereits 25% diese Formenschatzhäufigkeit auf. Damit wird deutlich, dass nicht nur Sturzfließungen und Mauerschollen bevorzugt in den breiteren Massenverlagerungsgebieten in zunehmender Häufigkeit auftreten, sondern dass die breiteren Massenverlagerungsgebiete insgesamt auch durch höhere Formenschatzhäufigkeiten gekennzeichnet sind. Somit bestehen auch zwischen der Formenschatzhäufigkeit und der Häufigkeit der Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete Zusammenhänge, die in Abbildung 5.17 genauer dargestellt sind.

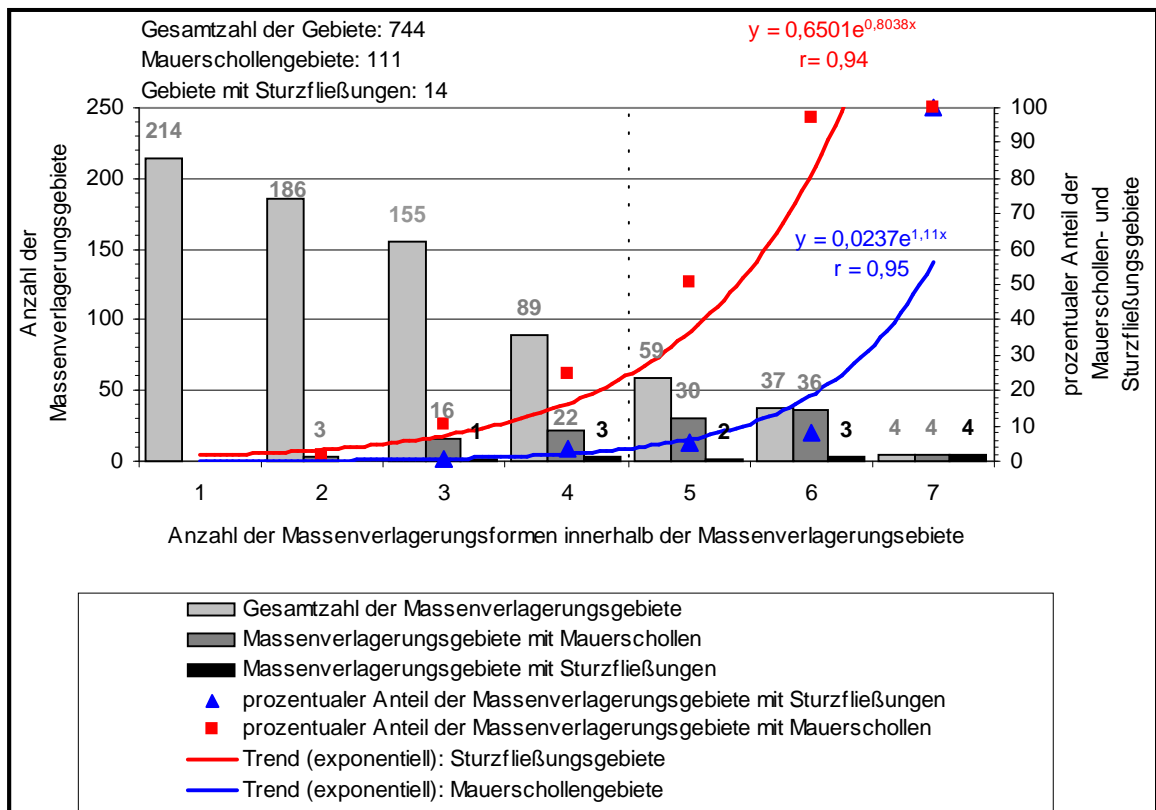


Abb. 5.17: Die Formenschatzhäufigkeit in den Massenverlagerungsgebieten mit Mauerschollen und Sturzfließungen

Wie diese Abbildung zeigt, sind 70 der 111 Mauerschollengebiete (= ca. 63 %) und 9 der 14 Sturzfließungsgebiete (= ca. 64%) durch das gleichzeitige Auftreten von 5 bis 6 weiteren Massenverlagerungsformen gekennzeichnet. Ähnlich der in Kapitel 5.2.4.1.3 geschilderten Breitenausdehnung (vgl. Abb. 5.13), nimmt auch hier mit zunehmender Formenschatzhäufigkeit der prozentuale Anteil der Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen und Sturzfließungen exponentiell signifikant zu. So sind von den insgesamt 186 Massenverlagerungsgebieten, die zwei unterschiedliche Massenverlagerungsformen aufweisen, nur 3 Gebiete (= 1,6 %) durch auftretende Mauerschollen gekennzeichnet, wohingegen Sturzfließungen hier noch nicht vorkommen. Demgegenüber weisen von den 59 Gebieten mit 5 Massenverlagerungsformen bereits 30 Gebiete Mauerschollen (= 51 %) und 2 Gebiete (= 3,4 %) Sturzfließungen sowie von den 37 Gebieten mit 6 Massenverlagerungsformen bereits 36 Gebiete Mauerschollen (= 97,3 %) und 3 Gebiete (= 8,1 %) Sturzfließungen auf. Diese Verhaltensmuster spiegeln sich letztendlich in den geschilderten Dichtegemeinsamkeiten (Dichte der Massenverlagerungsgebiete mit 500 - 6000 m Breitenausdehnung, Dichte der Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete und Dichte der Massenverlagerungsgebiete mit 6 - 7 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen) wider.

#### 5.2.4.4 Die Staffelanzahl der Massenverlagerungsgebiete

Im Rahmen der Geländearbeiten wurde versucht, von jedem Massenverlagerungsgebiet die in vertikaler Abfolge vorzufindende, staffelartige Anordnung der Massenverlagerungskörper in Form der Staffelanzahl zu erfassen (vgl. Kap. 4.2). Das sich diesbezüglich für den Untersuchungsraum ergebende Verteilungsbild ist in Karte 16 räumlich und in Abbildung 5.18 quantitativ zusammengefasst dargestellt.

Wie Abbildung 5.16 zum Ausdruck bringt, können in einem Massenverlagerungsgebiet in vertikaler Abfolge minimal 1 und maximal 7 Staffeln vorkommen. Von der Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete des Untersuchungsraumes weisen 187 Gebiete (= ca. 25 %) lediglich 1 Staffel, 201 Gebiete (= ca. 27 %) 2 Staffeln, 193 Gebiete (= ca. 26 %) 3 Staffeln, 98 Gebiete (= ca. 13 %) 4 Staffeln, 53 Gebiete (ca. 7 %) 5 Staffeln und je 6 Gebiete (je ca. 1 %) 6 bzw. 7 Staffeln auf. Damit ist, abgesehen von einer Ausnahme, die Mehrzahl der an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken vorkommenden Massenverlagerungsgebiete durch das Vorkommen von mindestens 2 Massenverlagerungsstaffeln gekennzeichnet. Die Ausnahme ist der Untersuchungsabschnitt Tautenburger Forst, an dem lediglich die Hälfte der dort vorkommenden Massenverlagerungsgebiete ( $n = 6$ ) durch Staffelfzahlen  $> 1$  gekennzeichnet ist (vgl. Abb. 5.18).

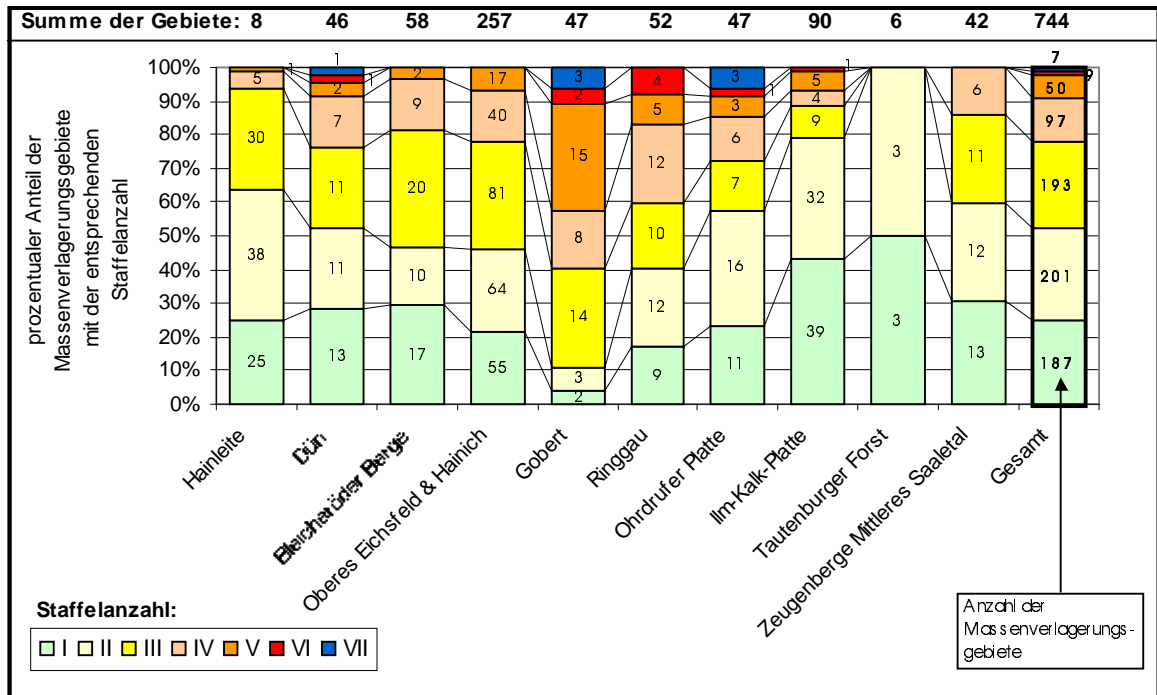


Abb. 5.18: Die Staffelanzahl der Massenverlagerungskörper in den Massenverlagerungsgebieten des Untersuchungsgebietes

Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte sind aber auch hier regionale Abweichungen von dem für die Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete geschilderten Verteilungsbild zu verzeichnen. Wie aus Karte 16 bzw. Abbildung 5.17 hervorgeht, sind diese am auffälligsten für die insgesamt seltener auftretenden Gebiete mit 5 bis 7 Staffelabfolgen (n = 66 Gebiete). So sind bspw. Massenverlagerungsgebiete mit den höchsten zu verzeichnenden Staffelabfolgen (6 - 7) lediglich an den Stufenhangabschnitten Gobert, Dün, Ringgau, Ohrdruffer Platte und Ilm-Kalk-Platte zu finden. Zur genaueren Analyse der diesbezüglich bestehenden Unterschiede wurde die untersuchungsabschnittsbezogene Dichte der Massenverlagerungsgebiete mit 5 bis 7 Staffelabfolgen ermittelt. Die sich ergebenden Dichteindexwerte sind in Tabelle 5.8 dargestellt.

Wie diese zeigt, nimmt in der Reihenfolge der Untersuchungsabschnitte Gobert (Dichteindex: 0,488), Ringgau (Dichteindex: 0,127), Ohrdruffer Platte (Dichteindex: 0,108), Dün (Dichteindex: 0,093), Bleicheröder Berge (Dichteindex: 0,077), Oberes Eichsfeld & Hainich (Dichteindex: 0,057), Ilm-Kalk-Platte (Dichteindex: 0,025) und Hainleite (Dichteindex: 0,010) die Dichte der Massenverlagerungsgebiete, die 5 - 7 Staffelabfolgen aufweisen, ab. Sowohl am Tautenburger Forst als auch im Gebiet der Zeugenberge Mittleres Saaletal konnten Massenverlagerungsgebiete mit 5 - 7 Staffelabfolgen nicht vorgefunden werden.

Tab. 5.8: Anzahl und Dichte der Massenverlagerungsgebiete mit 5 - 7 Staffelabfolgen

Untersuchungsabschnitte	Länge (km)	Anzahl der Gebiete mit 5 - 7 Staffelabfolgen	Dichtindex (Quotient aus Anzahl der Gebiete mit 5 - 7 Staffelfolgen und der Stufenhanglänge)
Hainleite	98	1	0,010
Dün	43	4	0,093
Bleicheröder Berge	26	2	0,077
Oberes Eichsfeld & Hainich	299	17	0,057
Gobert	41	20	0,488
Ringgau	71	9	0,127
Ohrdrüfer-Platte	65	7	0,108
Ilm-Kalk-Platte	236	6	0,025
Tautenburger Forst	25	0	-
Zeugenberge Mittleres Saaletal	64	0	-

Vergleicht man die genannten Dichteunterschiede mit der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglänge der jeweiligen Untersuchungsabschnitte, lassen sich auch hier regionale Gemeinsamkeiten erkennen, die zusammengefasst in Abbildung 5.19 dargestellt sind.

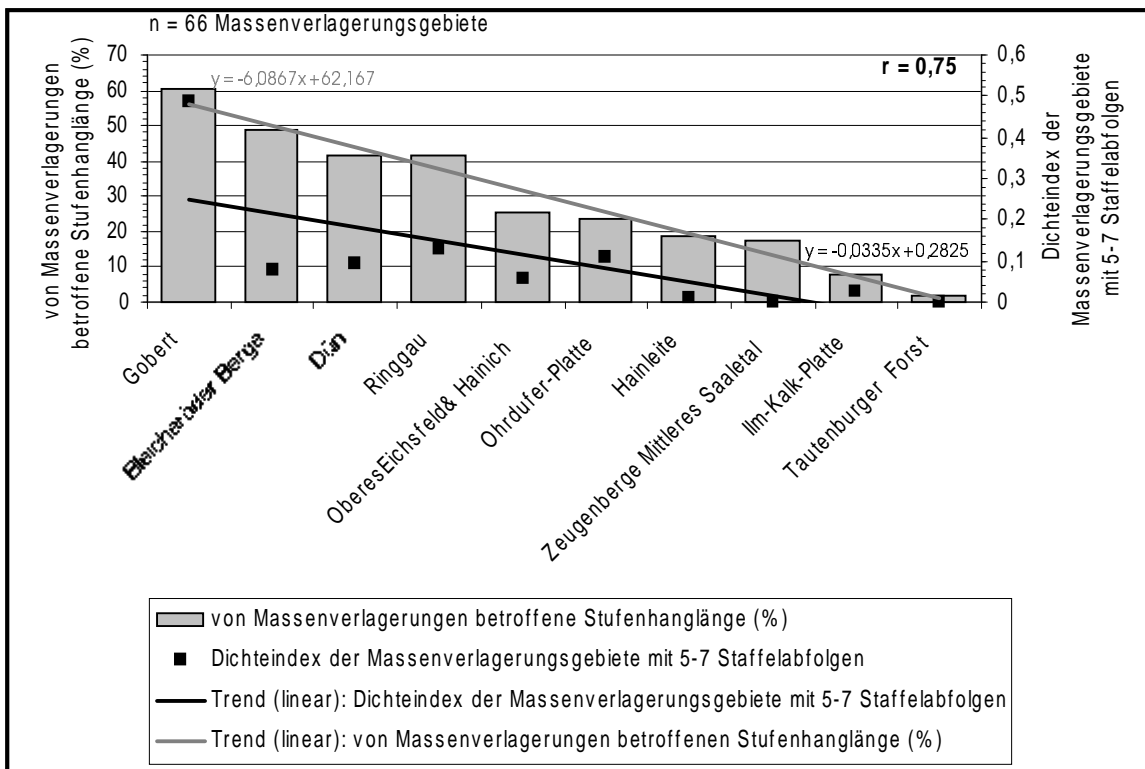


Abb. 5.19: Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit der Dichte der auftretenden Massenverlagerungsgebiete mit 5 - 7 Staffelabfolgen

Mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,75$  nimmt die Dichte der Massenverlagerungsgebiete mit 5 - 7 Formenstaffeln bei abnehmender, von Verlagerungen betroffener Stufenhanglänge ab. Somit sind auch hierbei die Untersuchungsabschnitte Ringgau, Dün, Bleicheröder Berge, Oberes Eichsfeld & Hainich, Ohrdruffer Platte und insbesondere die Gobert nicht nur die Gebiete mit den am stärksten von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen bei gleichzeitig größten Dichten der Gebiete mit 500 - 6000 m Breitenausdehnung, den größten Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiedsdichten und den größten Dichten der Gebiete mit 6 - 7 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen, sondern gleichzeitig auch die Untersuchungsabschnitte mit der größten Dichte der Gebiete mit 5 - 7 Formenstaffeln. Demgegenüber treten die Untersuchungsabschnitte Hainleite, Zeugenberge Mittleres Saaletal und Ilm-Kalk-Platte auch bei diesem Vergleich hinter den stärker von Massenverlagerungen betroffenen Untersuchungsabschnitten deutlich zurück. An den nur wenig von Massenverlagerungen beeinflussten Stufenhängen des Tautenburger Forstes sind Gebiete mit 5 - 7 Staffelabfolgen nicht zu verzeichnen.

Betrachtet man die Breitenausdehnung der Massenverlagerungsgebiete mit 5 - 7 Staffelabfolgen, ergibt sich das in Abbildung 5.20 dargestellte Bild.

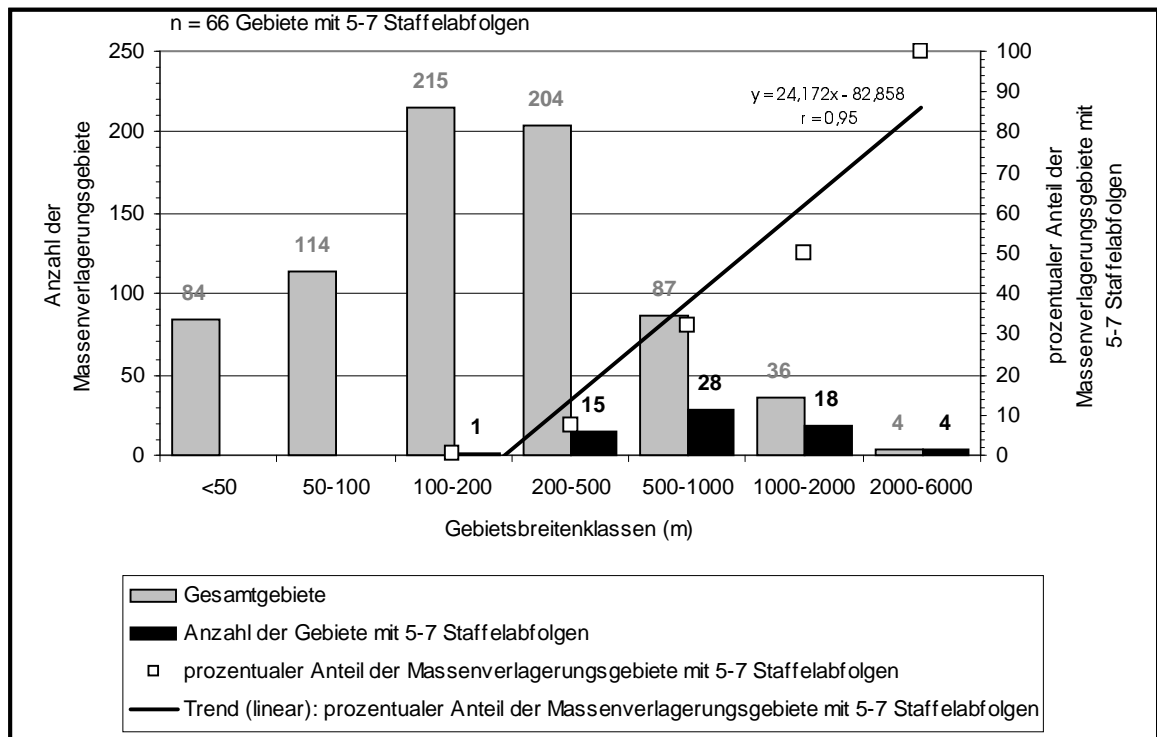


Abb. 5.20: Die Breitenausdehnung der Massenverlagerungsgebiete mit 5 - 7 Staffelabfolgen



Wie daraus hervorgeht, sind 50 der 66 Massenverlagerungsgebiete, die 5 - 7 Staffelabfolgen aufweisen (= ca. 76%) durch Breitenausdehnungen  $> 500$  m charakterisiert wohingegen nur 16 Gebiete (= ca. 24%) Gebietsbreiten  $< 500$  m aufweisen. Prozentual betrachtet nimmt dabei auch hier die Häufigkeit der Gebiete mit 5 - 7 Staffelabfolgen mit steigender Breitenausdehnung zu (vgl. Abb. 5.20). So sind von den insgesamt 215 Massenverlagerungsgebieten der Breitenklasse 100 -200 m zunächst nur 0,5 % ( $n = 1$ ) durch dieser Staffelhäufigkeit gekennzeichnet. Demgegenüber weisen von den 87 Massenverlagerungsgebieten der Breitenklasse 500 - 1000 m bereits 32,2 % ( $n = 28$ ) und von den 4 Massenverlagerungsgebieten der Breitenklasse von 2000 - 6000 bereits 100 % ( $n = 4$ ) 5-7 Formenstaffeln auf. Damit kommt auch bei diesem Vergleich klar zu Ausdruck, dass höhere Staffelanzen bevorzugt in den breiteren Massenverlagerungsgebieten in zunehmender Häufigkeit zu verzeichnen sind, was sich letztendlich auch in den geschilderten Dichtegemeinsamkeiten widerspiegelt (vgl. Abb. 5.19). Auf die Tatsache, dass die breiteren Massenverlagerungsgebiete gleichzeitig auch die Gebiete sind, in denen zunehmend gehäuft Mauerschollen und Sturzfließungen sowie hohe Formenschatzhäufigkeiten zu verzeichnen sind, wurde bereits hingewiesen (vgl. Abb. 5.13 und 5.16).

Vergleicht man die Formenschatzhäufigkeit der Massenverlagerungsgebiete mit den dort vorzufindenden Staffelnzahlen (vgl. Anhang C) zeigt sich, dass mit einem Korrelationskoeffizient von  $r = 0,70$  hier zwar ein positiver Trend zwischen zunehmender Formenschatzhäufigkeit und zunehmender Staffelnanzahl besteht, im Einzelnen aber auch Abweichungen zu verzeichnen sind. Zurückzuführen sind diese auf die Tatsache, dass sich die Staffelnabfolge der Massenverlagerungskörper auch aus gleichgearteten Massenverlagerungsformen zusammensetzen kann. So können beispielsweise Rücken- oder Absatzschollen in einem Massenverlagerungsgebiet in vertikaler Abfolge mehrfach auftreten. Zur Verdeutlichung dessen, sind in Abbildung 5.21 die Staffelnabfolgen zweier tachymetrisch vermessener Massenverlagerungsgebietsausschnitte dargestellt.

Das obere Beispiel zeigt einen Ausschnitt vom an der Ilm-Kalk-Platte gelegenen Gebiet 667, das untere Beispiel einen Ausschnitt vom am Dün gelegenen Gebiet 193. Während im oberen Beispiel eine Wall- und eine Rückenscholle modellartig in zweigestaffelter vertikaler Abfolge auftreten, sind im unteren Beispiel insgesamt 6 Staffelnabfolgen zu verzeichnen, wobei hier Rücken- und Absatzschollen in vertikaler Abfolge doppelt vorkommen. Da derartige Konstellationen in einzelnen Massenverlagerungsgebieten häufiger zu verzeichnen sind, wird klar, weshalb zwischen der Anzahl unterschiedlicher Massenverlagerungsformen und der Staffelnanzahl eines Massenverlagerungsgebietes keine hochsignifikante Übereinstimmung besteht.

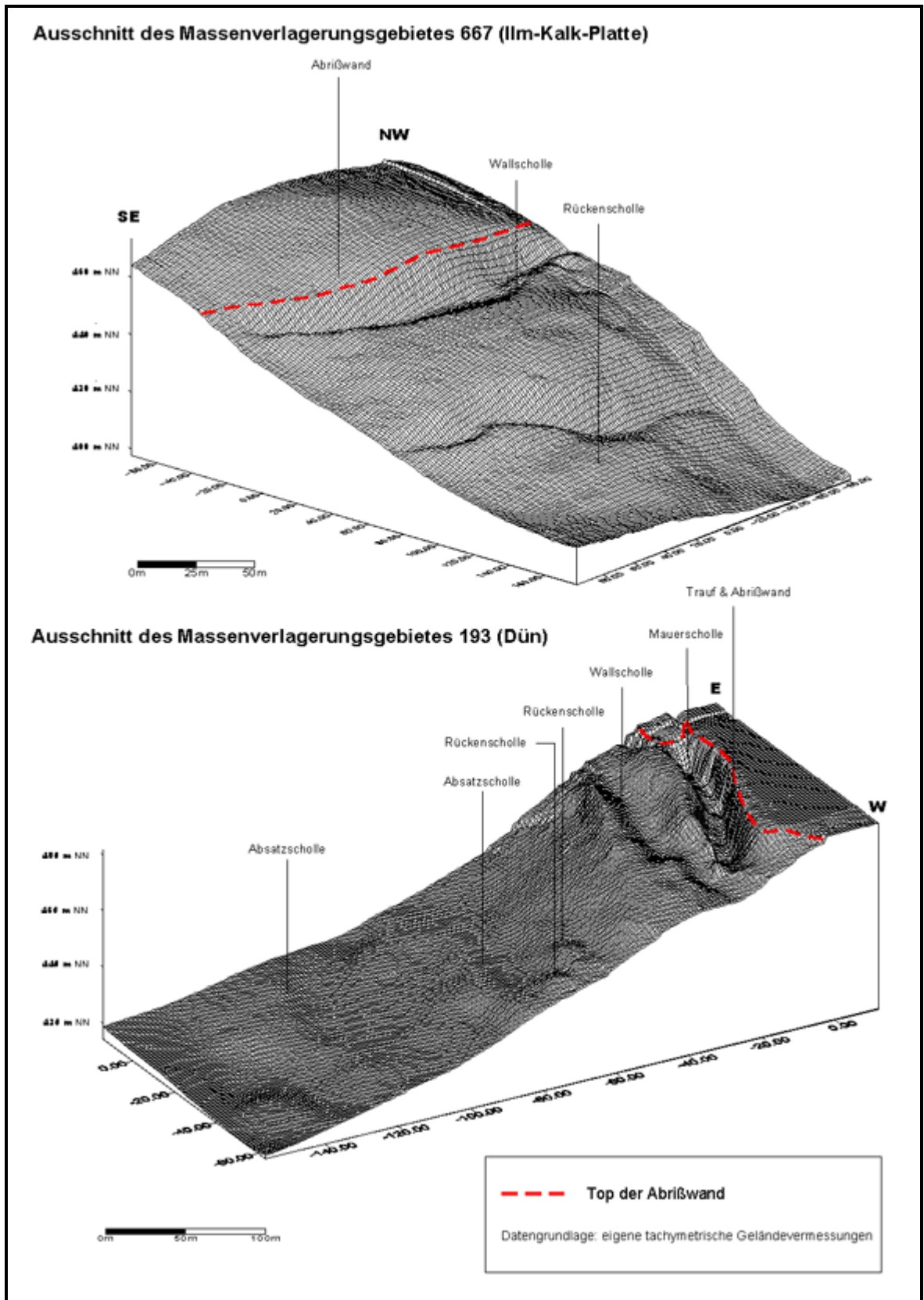


Abb. 5.21: Beispiele für die staffelartige Anordnung von Massenverlagerungskörpern

### 5.2.4.5 Zusammenfassende Betrachtung der bisherigen Ausführungen

Wie aus den bisherigen Ausführungen hervorgeht, bestehen sowohl in der Verbreitung als auch in den morphometrischen und morphologischen Merkmalsausprägungen der Massenverlagerungsgebiete an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken markante regionale Unterschiede. Mit einzelnen Abweichungen lassen sich dabei immer wiederkehrende räumliche Verhaltensmuster erkennen. So sind die stärker von Massenverlagerungen betroffenen Untersuchungsabschnitte wie Gobert, Bleicheröder Berge, Dün und Ringgau gleichzeitig auch die Gebiete, die sich durch größere Dichten von Massenverlagerungsgebieten mit  $> 500$  m Breitenausdehnung, größere Dichten von Massenverlagerungsgebieten mit  $> 50000$  m<sup>2</sup> mittlerer Flächenausdehnung, größere Dichten von Massenverlagerungsgebieten mit Mauerschollen und Sturzfließungen, größere Dichten von Massenverlagerungsgebieten mit 6 - 7 unterschiedlichen Massenverlagerungsformen sowie und durch größere Dichten von Massenverlagerungsgebieten mit 5 - 7 Staffelfolgen im Vergleich zu den übrigen Untersuchungsabschnitten auszeichnen (vgl. Abb. 5.22).

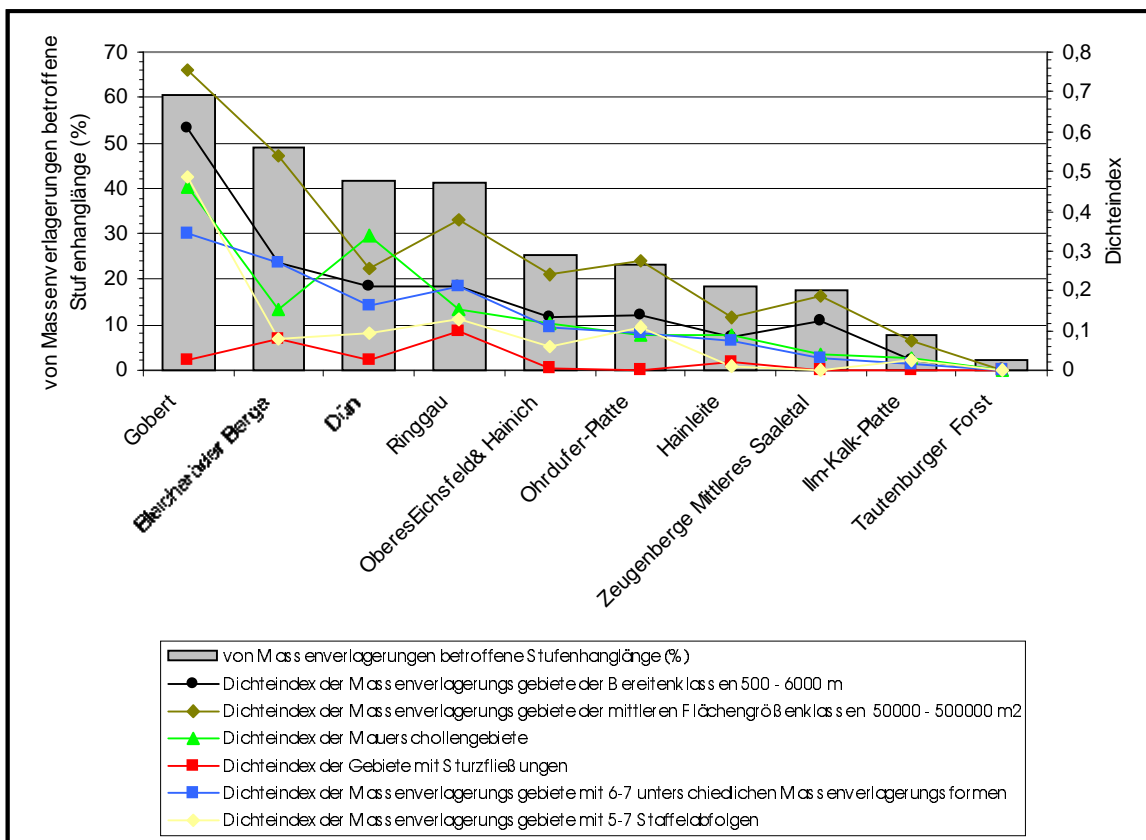


Abb. 5.22: Zusammenfassender Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängelängen mit den betrachteten Dichteindexwerten

Dabei wurde deutlich, dass insbesondere zwischen der Breite der Massenverlagerungsgebiete und den betrachteten Merkmalsausprägungen Zusammenhänge bestehen. So sind die Gebiete, die sich durch Breiten  $> 500$  m auszeichnen, nicht nur die großflächigeren Massenverlagerungsgebiete,

sondern tendenziell auch die Gebiete, in denen gehäuft Mauerschollen und Sturzfließungen auftreten bzw. deren Formeninventar und Staffelanahl insgesamt größer ist als in Gebieten mit kleineren Breitenausdehnungen (< 500 m). Damit ist die Gebietsbreite nicht nur ein rein morphometrisches Maß, sondern gleichzeitig auch ein Indikator für unterschiedliche Massenverlagerungsaktivitäten. So ist die Mehrzahl der > 500 m breiten Massenverlagerungsgebiete als aktiver einzustufen als jene mit geringeren Breitenausdehnungen (< 500 m), was sich in den beschriebenen Merkmalsausprägungen (gehäuftes Vorkommen von Mauerschollen und Sturzfließungen etc.) widerspiegelt.

Im Hinblick auf die beschriebenen Formenvergesellschaftungen und das relative Alter der einzelnen Massenverlagerungsformen lassen sich zusammenfassend einige allgemeingültige Schlussfolgerungen ziehen. Da die Mehrzahl der Massenverlagerungsgebiete (ca. 71 %) Vergesellschaftungen von mindestens zwei mehr oder weniger unterschiedlich alten Massenverlagerungsformen aufweisen, müssen die Massenverlagerungsgebiete zu verschiedenen Zeiten immer wieder aktiv gewesen sein. Von stratigraphisch anders aufgebauten Untersuchungsgebieten wird dieser Sachverhalt u.a. von KRAUTER & STEINGÖTTER (1983), CARRARA et al. (1991), THEIN (1999 in: BIBUS & TERHOSRT 1999) und TILCH (1999) beschrieben. Zurückzuführen ist dies u.a. auf das, durch die Massenverlagerungsprozesse primär entfestigte Gesteinsgefüge dieser Hangabschnitte und der damit verbundenen Abnahme der Materialscherfestigkeit. Bei ungünstiger Veränderung des Hanggleichgewichtes können diese Gebiete immer wieder reaktiviert werden, was sie langfristig instabil erscheinen lässt (vgl. KRAUTER & STEINGÖTTER 1983, CARRARA et al. 1991).

Das aufgezeigte Verteilungsbild der durch verschieden alte Massenverlagerungsformen gekennzeichneten Gebiete (vgl. Karte 9 – 14) verdeutlicht, dass die regional unterschiedliche Massenverlagerungsbeeinflussung der Stufenhänge bereits zu früheren Zeiten bestand. In den stärker betroffenen Untersuchungsabschnitten (Gobert, Bleicheröder Berge, Dün, Ringgau) treten sowohl ältere als auch jünger Massenverlagerungsformen (Mauerschollen, Sturzfließungen) gehäuft auf, was sich u.a. in einer erhöhten Formenschatzhäufigkeit dieser Gebiete widerspiegelt (vgl. Karte 15 und Abb. 5.22). Damit sind die bereits zu früheren Zeiten verstärkt von Massenverlagerungen betroffenen Untersuchungsabschnitte auch heute noch die massenverlagerungsaktiveren Bereiche, wobei die vergleichsweise geringe Anzahl von Mauerschollen- und Sturzfließungsgebieten belegt, dass die Aktivität heute insgesamt schwächer ist. Von den 224 km massenverlagerungsbeeinflussten Stufenhanglängen sind ca. 37 % (~83 km) durch das Auftreten jüngerer Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete gekennzeichnet, was bezogen auf die gesamte Stufenhanglänge (980 km) ca. 8,5 % entspricht.

## 5.2.5 Die Ausprägung der Abrißwände der Massenverlagerungsgebiete

### 5.2.5.1 Der Stufenhangabschluss (Stufenhangtyp) im Abrißwandbereich

Im Rahmen der Geländearbeiten wurde der den Stufenhangtyp charakterisierende Stufenhangabschluss (Trauf, Trauf mit Walm, Walm) für jedes einzelne Massenverlagerungsgebiet erfasst (vgl. Kap. 2.3.3.2). Dabei zeigte sich, dass der Stufenhangabschluss zwischen den einzelnen Massenverlagerungsgebieten aber auch innerhalb eines Massenverlagerungsgebietes variieren kann. So ist bspw. der Stufenhangabschluss am 1320 m breiten Massenverlagerungsgebiet 192 (Dün) (vgl. Karte 8) auf 160 m Breite (=Stufenhanglänge) als Trauf mit Walm und auf 1100 m Breite als Trauf ausgebildet (vgl. Anhang C).

Um die Ausprägung der Stufenhangabschlüsse systematisch analysieren zu können, wurde die abrißwandparallele Ausdehnung der in den einzelnen Massenverlagerungsgebieten vorzufindenden Stufenhangabschlüsse summiert und prozentual zu der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen (=summierte Gesamtbreite der Massenverlagerungsgebiete) der einzelnen Untersuchungsabschnitte ins Verhältnis gesetzt. Das Ergebnis dieser Zuordnung ist in Tabelle 5.9 dargestellt.

Tab. 5.9: Der Stufenhangtyp im Bereich der Massenverlagerungsgebiete

Untersuchungsabschnitte	von Massenverlagerungen betroffene Stufenhanglänge (km)	Stufenhangtyp im Bereich der Massenverlagerungsgebiete (% von der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglänge)	
		Trauf- stufenhänge	Trauf mit Walm- stufenhänge
Hainleite	18,220	19,6	80,4
Dün	17,985	68,6	31,4
Bleicheröder Berge	12,700	44,8	55,2
OberesEichsfeld & Hainich	75,690	35,4	64,6
Gobert	24,780	52,4	47,6
Ringgau	29,410	59,9	40,1
Ohrdrufer-Platte	15,310	52,8	47,2
Ilm-Kalk-Platte	18,220	49,0	51,0
Tautenburger Forst	0,515	68,0	32,0
Zeugenberge Mittleres Saaletal	11,170	66,7	33,3
<b>Gesamt</b>	<b>224,00</b>	<b>46,3</b>	<b>53,7</b>

Wie Tabelle 5.9 zeigt, ist der Stufenhangabschluss der insgesamt 224 km von Massenverlagerungen betroffener Stufenhanglänge auf 120,4 km (= 53,7 %) als Trauf mit Walm und auf 103,7 km (= 46,3 %) als Trauf ausgebildet. Die leichte Dominanz der Trauf mit Walmstufenhänge an den Massenverlagerungsgebieten der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken steht im Gegensatz zu der von SCHUNKE (1971, 12) vertretenen Auffassung, dass v.a. Traufstufenhänge bevorzugt von Massenverlagerungen betroffen sind. Während Trauf und insbesondere Trauf mit Walmstufenhänge im Bereich der Massenverlagerungsgebiete relativ häufig vorkommen, konnten reine Walmstufenhänge an den Massenverlagerungsgebieten des Untersuchungsraumes nicht lokalisiert werden.

Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte ergeben sich Abweichungen zu dem für die Gesamtheit der Massenverlagerungsgebiete geschilderten Verteilung (vgl. Tab. 5.9). Während an den Bleicheröder Bergen, im Oberen Eichsfeld & Hainich, an der Ilm-Kalk-Platte und insbesondere an der Hainleite der Trauf mit Walmstufenhangabschluss im Bereich der Massenverlagerungsgebiete vorherrscht, überwiegen in den übrigen Untersuchungsabschnitten die Traufstufenhänge. Besonders deutlich ist dies am Stufenhangabschnitt des Dün zu beobachten.

#### 5.2.5.2 Die Lage vom Top der Abrißwand zum Stufenhangabschluss

Interessant ist die morphologische Lage der obersten Bereiche der Abrißwände (Top der Abrißwände) im Vergleich zum Stufenhangabschluss. Wie bereits aus den in Anhang B enthaltenen Hangprofilen hervorgeht, gibt es dabei prinzipiell 2 Möglichkeiten (vgl. auch Kap. 3.3). Zum einen kann der Top der Abrißwand mit dem Steilabfall ( $> 18^\circ$ ) der Trauf identisch sein (z.B. Massenverlagerungsgebiet 108), zum anderen kann der Top der Abrißwand sich orometrisch unterhalb dieses morphometrischen Fixpunktes befinden (z.B. Massenverlagerungsgebiet 403) (vgl. Anhang B). Wie die Geländebefunde zeigen, können ähnlich der Stufenhangabschlüsse (vgl. Kap. 5.2.5.1) in einem Massenverlagerungsgebiet auch beide Varianten auftreten. So sind bspw. von den insgesamt 550 m breiten Gebiet 170 (Dün) (vgl. Karte 8) 410 m der obersten Bereiche der Abrißwand identisch mit dem Steilabfall der Trauf, wohingegen 140 m der Abrißwand sich einige Meter tiefer als dieser befinden. Analog der Analyse der Ausprägung der Stufenhangabschlüsse wurde auch hier die Lage der obersten Abrißwandbereiche der Massenverlagerungsgebiete summiert und zu der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen (=summierte Gesamtbreite der Massenverlagerungsgebiete) der jeweiligen Untersuchungsabschnitte prozentual ins Verhältnis gesetzt. Das Ergebnis dieser Zuordnung ist in Tabelle 5.10 dargestellt.

Tab. 5.10: Lage vom Top der Abrißwand im Vergleich zum Steilabfall der Trauf

Untersuchungsabschnitte	von Massenverlagerungen betroffene Stufenhanglänge (km)	Lage des Top der Abrißwand (% von der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglänge)	
		Top der Abrißwand = Steilabfall der Trauf	Top der Abrißwand ≠ Steilabfall der Trauf
Hainleite	18,220	28,6	71,4
Dün	17,985	83,0	17,0
Bleicheröder Berge	12,700	87,3	12,7
Oberes Eichsfeld & Hainich	75,690	43,2	56,8
Gobert	24,780	51,6	48,4
Ringgau	29,410	51,6	48,4
Ohrdrüfer-Platte	15,310	67,3	32,7
Ilm-Kalk-Platte	18,220	41,5	58,5
Tautenburger Forst	0,515	44,7	55,3
Zeugenberge Mittleres Saaletal	11,170	72,4	27,6
<b>Gesamt</b>	<b>224,00</b>	<b>52,7</b>	<b>47,3</b>

Wie Tabelle 5.10 zeigt, sind die obersten Abrißwandbereiche an 52,7 % (= 118 km) der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen mit dem der Steilabfall der Trauf identisch, wohingegen an 43,7 % (= 106 km) der Stufenhanglängen der Top der Abrißwand einige Meter tiefer liegt als der Steilabfall der Trauf. Regional ergeben sich aber auch hier einige Unterschiede. So befindet sich an der Mehrzahl der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge der Untersuchungsabschnitte: Hainleite (71,4 %), Oberes Eichsfeld & Hainich (56,8 %), Ilm-Kalk-Platte (58,5 %) und Tautenburger Forst (55,3 %) die obersten Abrißwandbereiche tiefer als der Steilabfall der Trauf, wohingegen in allen anderen Untersuchungsabschnitten die Mehrzahl der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge identische Lagen vom Top der Abrißwand und Steilabfall der Trauf aufweisen.

Die Positionen der oberen Abrißwandbereiche zum Stufenhangabschluss dokumentieren den unterschiedlich weit fortgeschrittenen, massenverlagerungsbedingten Formungsimpuls auf die Wellenkalk-Schichtstufe. Dort wo die Abrißwand mit dem Steilabfall der Trauf bzw. mit dem Steilabfall der Trauf mit Walmstufenhänge zusammenfällt, ist die Umgestaltung des Stufenhanges in seiner vertikalen Erstreckung bereits weiter fortgeschritten als dort, wo die Abrißwand sich orometerisch tiefer als der Steilabfall der Trauf befindet. Oftmals ist die Ausbildung der markanten Traufstufenhangabschlüsse im Bereich der Massenverlagerungsgebiete ursächlich auf die

Massenverlagerungen selbst zurückzuführen. So werden mögliche ehemalige Walmstufenhangabschlüsse infolge der Blockschollenverlagerung scheibenweise abgetragen, mit dem Resultat, dass neben einer steilen Abrißwand ein markanter scharfkantigen Traufübergang zur Stufenfläche entsteht (vgl. Abb. 5.23). Sehr deutlich ist dies v.a. an den Massenverlagerungsgebieten des Dün, der Bleicheröder Bergen, der Gobert, der Ohrdruffer Platte und am Ringgau zu beobachten.

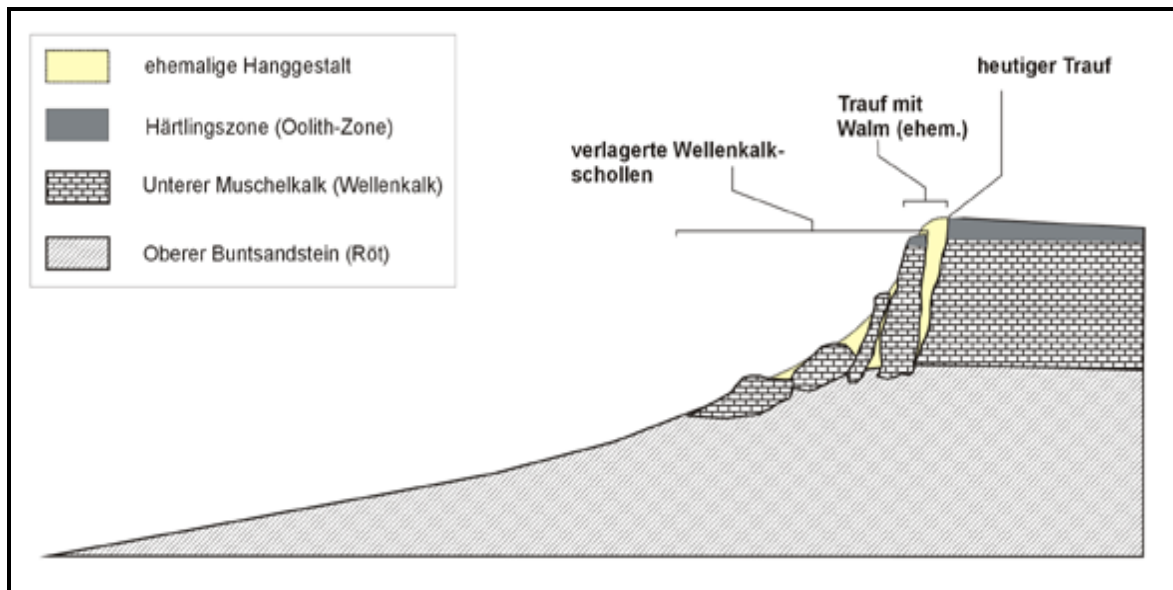


Abb. 5.23: Durch Massenverlagerungen gebildete markante Traufstufenhangabschlüsse

Bezogen auf die einzelnen Teilgebiete zeigt sich tendenziell, dass die stärker von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhangabschnitte (Dün, Bleicheröder Berge, Gobert, Ringgau, Ohrdruffer Platte) häufiger durch identische Lagen vom Top der Abrißwand und dem Steilabfall der Trauf gekennzeichnet sind und damit insgesamt stärker zurückverlagert wurden. Demgegenüber liegt an den weniger stark von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen (Hainleite, Ilm-Kalk-Platte, Tautenburger Forst) die Mehrzahl der Abrißwände orometrisch tiefer als der Steilabfall der Trauf, d.h. die Rückverlagerung der Stufenhänge ist hier noch nicht so weit fortgeschritten (vgl. Tab. 5.10). Im Hinblick auf die Genese des Walmes, der in der Literatur sowohl als Bildungsprodukt aus feucht glazialen Formungsprozessen (vgl. ROHDENBURG 1965, SCHMIDT & MEITZ 2000) sowie als Relikt prätertiärer Rampenhänge (SCHUNKE 1969, SCHUNKE & SPÖNEMANN 1972) bzw. tertiärer Verkleibungsprozesse (SCHMITTHENNER 1954) diskutiert wird, ist festzuhalten, dass, sofern reliktsche Walmstufenhangabschlüsse im Bereich der Massenverlagerungsgebiete ehemals großflächiger vorhanden waren, ein großer Teil dieser durch nachfolgende Massenverlagerungsprozesse bereits umgebildet bzw. abgetragen worden ist.



5.2.5.3 Stratigraphische Lage der oberen Abrißwandbereiche

Die aus der Verschneidung der Hangprofile mit den geologischen Karten (GK 25) ermittelte stratigraphische Lage des Abrißwände (vgl. Kap. 4.3) ergibt sich aus der Höhenlage der oberen Abrißwandbereiche an den Wellenkalk-Schichtstufenhängen. Sowohl für den Gesamttraum als auch für die einzelnen Untersuchungsabschnitte ist die stratigraphische Lage vom Top der Abrißwände in Abbildung 5.24 dargestellt.

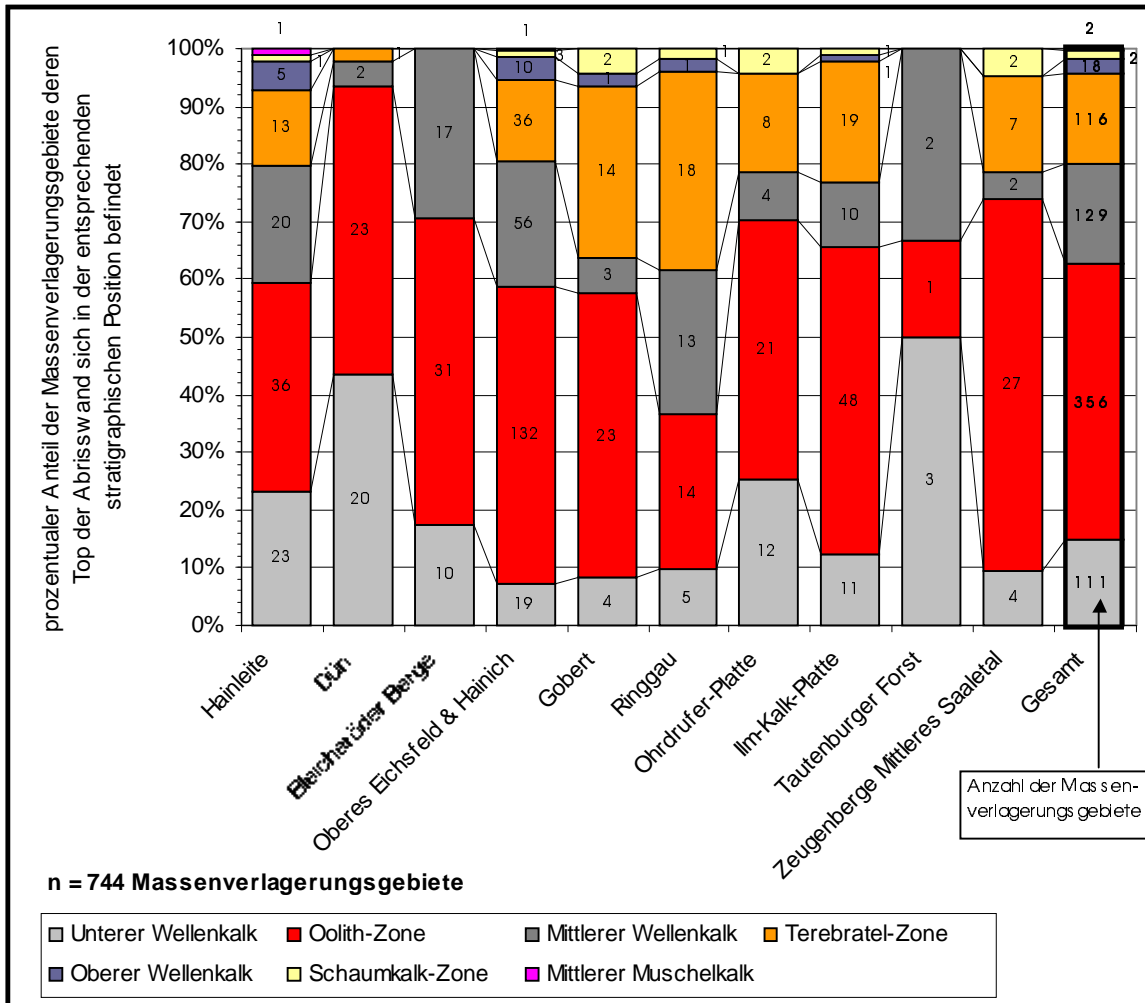


Abb. 5.24: Die stratigraphische Lage der oberen Abrißwandbereiche in den Massenverlagerungsgebieten des Untersuchungsraumes

Wie dieser Abbildung zu entnehmen ist, liegen ähnlich der in Kapitel 2.3.3.2 beschriebenen stratigraphischen Lagen der Trauf auch die obersten Abrißwandbereiche der Massenverlagerungsgebiete bevorzugt in einer der Härtlingszonen. So sind von den 744 Massenverlagerungsgebieten des Untersuchungsraumes 474 Gebiete (= 64 %) durch obere Abrißwandpositionen im Niveau der Härtlingszonen gekennzeichnet. Im Unterschied zur Stufen-Trauf, deren stratigraphische Position sich v.a. in der Terebratel-Zone und nachgeordnet in der Oolith-Zone befindet (vgl. Tab. 2.3), liegen die obersten Abrißwandbereiche v.a. in der Oolith-

Zone (356 Gebiete) gefolgt von der Terebratel-Zone (116 Gebiete). Diese Unterschiede resultieren aus den beschriebenen Lagedivergenzen vom Top der Abrißwand zum Stufenhangabschluss (vgl. Kap.5.2.5.2). Neben diesen bevorzugten Positionen befindet sich in 111 Massenverlagerungsgebieten (= 15 %) der Top der Abrißwand im stratigraphischen Niveau des Unteren Wellenkalkes und in 126 Gebieten (=17 %) im stratigraphischen Niveau des Mittleren Wellenkalkes. Nur in sehr selten Fällen fungiert der Oberer Wellenkalk (18 Gebiete) bzw. die Schaumkalk-Zone (2 Gebiete) als Träger der obersten Bereiche der Abrißwand (vgl. Abb. 5.24). In 2 Ausnahmegebieten [Massenverlagerungsgebiete 5 (Hainleite) und 400 (Oberen Eichsfeld & Hainich)] (vgl. Karte 8) befindet sich der Top der Abrißwand bereits im stratigraphischen Niveau des Mittleren Muschelkalkes. Dies ist darauf zurückzuführen, dass diese, im eigentlichen Sinne bereits außerhalb der Wellenkalk-Schichtstufen liegende lithologische Einheit (vgl. Kap. 2.3.2.1) sich hier lokal mit der Trauf der Stufenhänge verschnidet, wobei die Lage vom Steilabfall der Trauf und die Lage der Abrißwand identisch sind (vgl. Anhang C).

Das beschriebene Verteilungsbild (Dominanz der Oolith-Zone als Träger der oberen Abrißwandbereiche) ist mit Ausnahme der Untersuchungsabschnitte Ringgau und Tautenburger Forst, an denen sich die Abrißwände vornehmlich in der Terebratel-Zone (Ringgau) bzw. stratigraphischen Niveau des Unteren bzw. Mittleren Wellenkalkes (Tautenburger Forst) befinden, für alle Untersuchungsabschnitte typisch (vgl. Abb. 5.24). Insgesamt werden damit die bereits von WEBER (1929, S. 389) in Westthüringen (Oberes Eichsfeld & Hainich) gemachten Beobachtungen, dass sich die Abrißwände vorwiegend nur bis zum stratigraphischen Niveau der Terebratelzone erstrecken, auch für den Gesamtuntersuchungsraum bestätigt.

### **5.3 Der Einfluss der betrachteten dispositiven Steuerungsfaktoren auf die räumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete**

#### **5.3.1 Vorbemerkungen**

In diesem Kapitel wird der Einfluss der in Tabelle 1.3 (vgl. Kap. 1.5) aufgeführten Steuerungsfaktoren auf die beschriebenen, räumlichen Verteilungsmuster der Massenverlagerungsgebiete untersucht. Dabei basiert die Analyse der Faktoren (3) Mächtigkeit des Stufenbildners, (4) Mächtigkeit des Sockelgesteins, (5) Mächtigkeitsrelation, (8) Einfluss der Rötgipssubrosion, (9) morphometrische Lage zur Erosionsbasis und (10) Lage im Stufengrundriss auf einem Vergleich der entsprechenden Merkmalsausprägungen zwischen den Massenverlagerungsgebieten der einzelnen Untersuchungsabschnitte (vgl. Kap. 1.5). Für die Faktoren (1) lithologisch-strukturelle Eigenschaften des Stufenbildners, (2) lithologisch-strukturelle

Eigenschaften des Sockelgesteins, (6) Schichtneigung, (7) Neigungsrichtung, (11) Exposition, (12) Lage zum Gewässernetz, (13) Häufigkeit von Hangquellen, (14) mittlere jährliche Niederschlagshöhe und Niederschlagsverteilung und (15) Höhe und Verteilung von Starkniederschlägen wurde auch der Gesamtstufenhang, d.h. auch die nicht von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhangabschnitte in die Analyse einbezogen.

### **5.3.2 Lithologisch-strukturelle Eigenschaften des Stufenbildners (1) und lithologisch-strukturelle Eigenschaften des Sockelgesteins (2)**

Die bereits in den Kapiteln 2.3.2.2 und 2.3.2.3 beschriebene lithologische Konstellation: stark klüftiger, wasserwegsam und relativ verwitterungsresistenter Wellenkalk (Stufenbildner) über weniger resistenten, wasserstauenden, tonigen, plastifizierbaren und subrosionsanfälligen Röt (Sockelgestein) bildet die notwendigen Grundvoraussetzungen für das Auftreten von Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken (vgl. BERNHARD 1968, JOHNSEN & KLENGEL 1972, SCHMIDT 1988b, BEYER & SCHMIDT 1999). Da die Lithologie des Röt-Wellenkalk-Schichtpaketes bis auf primär paläogeographisch bedingte Mächtigkeitsunterschiede (vgl. SEIDEL 1992 und Tab. 2.2) im Untersuchungsgebiet relativ einheitlich ist, ist davon auszugehen, dass die Faktoren (1) lithologisch-strukturelle Eigenschaften des Sockelgesteins und (2) lithologisch-strukturelle Eigenschaften des Stufenbildners keine räumliche Variation der Massenverlagerungsgebiete im Untersuchungsraum bedingen. Dies bestätigt sich u.a. auch darin, dass Massenverlagerungsgebiete regional auch über größere Entfernungen sehr häufig und z.T. in annähernd geschlossener Verbreitung auftreten (vgl. Kap. 5.2.1 und 5.2.2 und Karte 8).

### **5.3.3 Die Mächtigkeit des Stufenbildners (3)**

Die aus den Hangprofilen ermittelte Mächtigkeit des Stufenbildners entspricht der relativen Höhe vom Top der Abrißwand über der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze (dA) (vgl. Kap. 4.3). Die an den Massenverlagerungsgebieten des Untersuchungsraumes zu verzeichnenden Stufenbildnermächtigkeiten schwanken zwischen minimal 5 m (z.B. Massenverlagerungsgebiet 98) und maximal 105 m (z.B. Massenverlagerungsgebiet 705). Diese Schwankungen resultieren aus der bereits beschriebenen, unterschiedlichen stratigraphischen Positionen der obersten Abrißwandbereiche im Unteren Muschelkalk (5.2.5.3). Für die Massenverlagerungsgebiete der einzelnen Untersuchungsabschnitte sind die durchschnittlichen Stufenbildnermächtigkeiten in Tabelle 5.11

dargestellt. Detaillierten Mächtigkeitinformationen zu der einzelnen Gebieten sind im Anhang C enthalten.

Wie aus Tabelle 5.11 hervorgeht, liegt die mittlere Mächtigkeit des Stufenbildners im Bereich der Massenverlagerungsgebiete bei ~54 m (mit  $s = 22$  m). Mit geringfügigen graduellen Abweichungen sind solche Mächtigkeiten für alle Untersuchungsabschnitte typisch, wobei die maximal zu beobachtende durchschnittliche Stufenbildnermächtigkeit im Gebiet der Ohrdrufer Platte (~69 m) und die minimale durchschnittliche Stufenbildnermächtigkeit im Untersuchungsabschnitt Dün (~46 m) zu verzeichnen ist.

Tab. 5.11: Die durchschnittlichen Mächtigkeiten des Stufenbildners im Bereich der Massenverlagerungsgebiete der einzelnen Untersuchungsabschnitte

<b>Untersuchungsabschnitte</b>	<b>Ø Mächtigkeiten des Stufenbildners</b> (m)	<b>Standardabweichung (s)</b> (m)
Hainleite	54	19
Dün	46	18
Bleicheröder Berge	56	17
Oberes Eichsfeld & Hainich	51	17
Gobert	58	23
Ringgau	60	21
Ohrdrufer-Platte	69	19
Ilm-Kalk-Platte	54	21
Tautenburger Forst	50	25
Zeugenberge Mittleres Saaletal	51	22
<b>Gesamt</b>	<b>54</b>	<b>22</b>

Vergleicht man die prozentual von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit den untersuchungsabschnittsbezogenen, durchschnittlichen Stufenbildnermächtigkeiten der Massenverlagerungsgebiete (vgl. Tab. 5.11) ergibt sich das in Abbildung 5.25 dargestellte Verteilungsbild.

Wie Abbildung 5.25 zeigt, lassen sich aus den durchschnittlichen Stufenbildnermächtigkeiten keine signifikanten Zusammenhänge zu den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen ableiten ( $r = 0,19$ ). Selbst die stärker von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhangabschnitte (Gobert, Bleicheröder Berge, Dün, Ringgau) weisen keine Mächtigkeitsvergrößerungen des

Stufenbildners auf (vgl. Tab. 5.11). Teilweise ist eher das Gegenteil der Fall. So sind die am geringsten von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhangabschnitte (Tautenburger Forst, Ilm-Kalk-Platte, Hainleite) durch größere durchschnittliche Stufenbildnermächtigkeiten gekennzeichnet als der stark von Massenverlagerungen betroffene Untersuchungsabschnitt Dün (vgl. Abb. 5.25). Insgesamt spiegelt sich in den Mächtigkeitswerten die bevorzugte Lage der Abrißwandbereiche in den stratigraphisch tiefer liegenden Schichtgliedern des Unteren Muschelkalkes wider (vgl. Kap. 5.2.5.3).

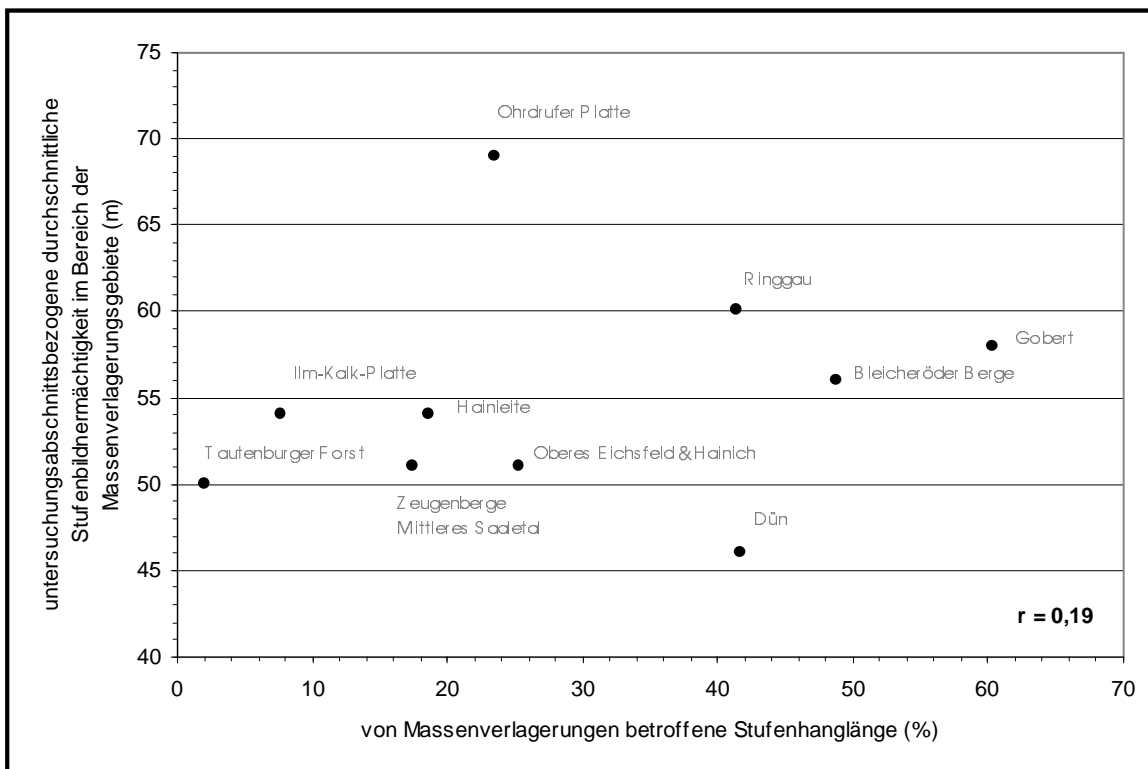


Abb. 5.25: Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen (%) der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit der untersuchungsabschnittsbezogenen, durchschnittlichen Stufenbildnermächtigkeit der Massenverlagerungsgebiete

Bedenkt man, dass das gesamte Wellenkalkschichtpaket Mächtigkeiten bis ~110 m erreicht (vgl. Kap. 2.3.2.3), wird deutlich, dass im Gegensatz zu der von PASSARGE (1914), PLASSE (1924) und HEMPEL (1955) vertretenen Auffassung (vgl. Kap. 1.4), die Auflast und damit die Mächtigkeit des Wellenkalkes keine Zusammenhänge zu räumlicher Variabilität der Massenverlagerungsgebiete erkennen lässt. Bestätigt wird dies auch dadurch, dass bereits ab 5 bis 10 m Wellenkalkmächtigkeit Massenverlagerungen auftreten (z.B. Gebiete: 98, 202, 513) (vgl. Anhang C). Zusammenfassend ist damit festzuhalten, dass entsprechend der erhobenen Daten die Mächtigkeit des Stufenbildners nicht zur Erklärung der räumlichen Variabilität der Massenverlagerungsgebiete herangezogen werden kann. (vgl. SCHMIDT & BEYER 2001, BEYER 2002). Zu analogen Ergebnissen kommt SCHUNKE (1968) im Rahmen von Untersuchungen im Leine-Weser-Bergland.

#### 5.3.4 Die Mächtigkeit des Sockelgesteins (4)

Die für die Massenverlagerungsgebiete ermittelte Mächtigkeit des Sockelgesteins entspricht der relativen Höhe der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze über dem 4° Fußpunkt (dF) (vgl. Kap. 4.3), welcher die morphometrische Begrenzung des Unterhanges zur Fußfläche darstellt (vgl. SCHUNKE 1968 und Kap. 2.3.3.2). Aufgrund der Tatsache, dass sich in den verschiedenen Untersuchungsabschnitten in einer Anzahl von Massenverlagerungsgebieten ( $n = 83$ ) der 4° Fußpunkt bereits im stratigraphischen Niveau des Mittleren Bundsandsteins befindet [z. B. Gebiet: 185, 451, 492 (vgl. Anhang B)], ist dabei zu beachten, dass die ermittelten Sockelmächtigkeiten nicht nur den Oberen Bundsandstein (Röt) als eigentliches Sockelgestein, sondern partiell auch Teilmächtigkeiten des Mittlere Bundsandsteins enthalten. Im Hinblick auf eine einheitliche, der Schichtstufenmorphometrie gerecht werdenden Stufenhanganalyse (vgl. SCHUNKE 1968) erwies sich diese Vorgehensweise als notwendig.

Die Mächtigkeiten des Stufensockels schwanken an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen des Untersuchungsgebietes zwischen minimal 5 m (z.B. Massenverlagerungsgebiete 349, 400, 571) und maximal 200 m (z.B. Massenverlagerungsgebiet 527), wobei sich bei Sockelmächtigkeiten  $> 150$  m der Fußpunkt i.d.R. bereits im stratigraphischen Niveau des Mittleren Bundsandsteins befindet. Die allgemeine Grundvoraussetzung, dass der Röt für die Massenverlagerungsprozesse am Stufenhang aufgeschlossen sein muss (vgl. WEBER 1929, JOHNSEN 1974), ist an allen Massenverlagerungsgebieten erfüllt.

Zur näheren Analyse dieses Faktors wurden die untersuchungsabschnittsbezogenen, durchschnittlichen Mächtigkeiten des Sockelgesteins der Massenverlagerungsgebiete ermittelt, die zusammen mit den berechneten Standardabweichungen in Tabelle 5.12 dargestellt sind. Weiterführende Einzelangaben sind wiederum dem Anhang C zu entnehmen.

Bezogen auf die Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete, beträgt die durchschnittliche Mächtigkeit des Sockelgesteins  $\sim 52$  m (mit  $s = 33$  m) (vgl. Tab. 5.12). Im Unterschied zur Mächtigkeit des Stufenbildners sind innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte hier aber größere Mächtigkeitsschwankungen zu verzeichnen. So sind v.a. die Massenverlagerungsgebiete der Zeugenberge (Bleicheröder Berge, Gobert, Zeugenberge des Mittleren Saaletales) durch größere durchschnittliche Sockelgesteinsmächtigkeiten im Vergleich zu den Massenverlagerungsgebieten der übrigen Untersuchungsabschnitten gekennzeichnet (vgl. Tab. 5.12). Die größten durchschnittlichen Sockelmächtigkeiten ( $\sim 88$ m) werden dabei im Untersuchungsabschnitt Gobert erreicht. Zurückzuführen ist dies auf die unmittelbar angrenzende Lage dieses Abschnittes zur tief eingeschnittenen Werra, die hier die lokale Erosionsbasis bildet.

Tab. 5.12: Die durchschnittlichen Mächtigkeiten des Sockelgesteins im Bereich der Massenverlagerungsgebiete der einzelnen Untersuchungsabschnitte

<b>Untersuchungsabschnitte</b>	<b>Ø Mächtigkeiten des Sockelgesteins</b>	<b>Standardabweichung (s)</b>
	(m)	(m)
<b>Hainleite</b>	28	23
<b>Dün</b>	57	28
<b>Bleicheröder Berge</b>	58	32
<b>Oberes Eichsfeld &amp; Hainich</b>	48	30
<b>Gobert</b>	88	36
<b>Ringgau</b>	58	30
<b>Ohrdrufer-Platte</b>	40	32
<b>Ilm-Kalk-Platte</b>	55	28
<b>Tautenburger Forst</b>	42	16
<b>Zeugenberge Mittleres Saaletal</b>	77	40
<b>Gesamt</b>	<b>52</b>	<b>33</b>

Die erhöhten Sockelmächtigkeiten der Zeugenberge resultieren aus der bereits in Kapitel 2.3.3.5 beschrieben, allseits fortgeschrittenen Auflösung dieser Stufenhangbereiche, die sich in einer stärkeren Herausmodellierung des Sockelhanges widerspiegelt. Dabei sind erhöhte Sockelmächtigkeiten nicht nur für die von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhangabschnitte, sondern generell auch für die Gesamtheit der Zeugenbergsockelhänge typisch.

Vergleicht man die von Massenverlagerungen betroffene Stufenhanglänge der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit der untersuchungsabschnittsbezogenen, durchschnittlichen Mächtigkeit des Sockelgesteins im Bereich der Massenverlagerungsgebiete (vgl. Tab. 1.12), ergibt sich das in Abbildung 5.26 dargestellte Bild.

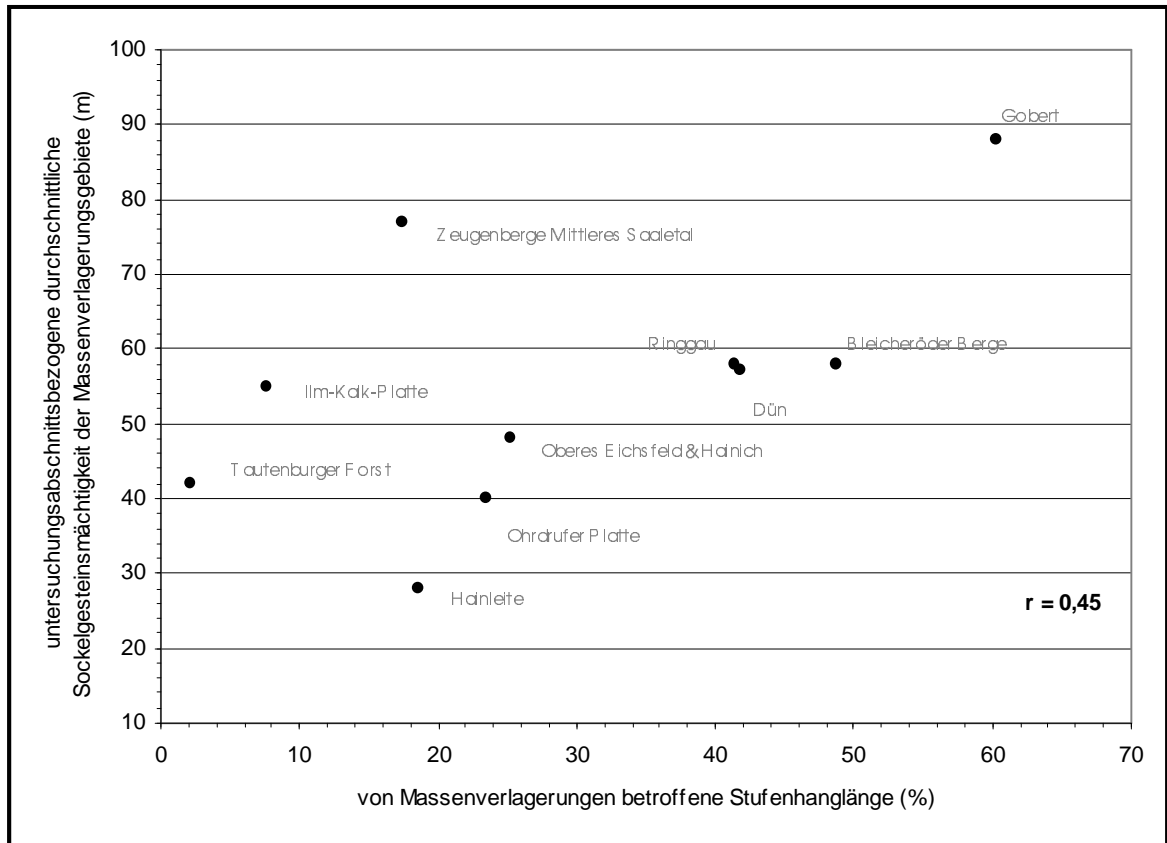


Abb. 5.26: Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen (%) der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit der untersuchungsabschnittsbezogenen, durchschnittlichen Sockelgesteinsmächtigkeit der Massenverlagerungsgebiete

Auch zwischen der durchschnittlichen Sockelmächtigkeit und den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen besteht kein deutlich signifikanter Zusammenhang ( $r = 0,45$ ). Im Einzelnen weist zwar die am stärksten von Massenverlagerungen betroffene Gobert gleichzeitig auch die höchsten durchschnittliche Sockelmächtigkeit auf (vgl. oben), es folgen aber die Zeugenberge Mittleres Saaletal (~ 77 m), die in der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglänge jedoch erst an 8. Stelle stehen. Erst an dritter Stelle folgen die Bleicheröder Berge, deren durchschnittliche Sockelmächtigkeiten (~58 m) im Vergleich zur Gobert ca. 30 m geringer sind, die in der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglänge aber Platz 2 einnehmen. Ähnlich verhält es sich beim Vergleich von Ilm-Kalk-Platte, Ohrdrufer Platte und Hainleite. So weist die in ihrer Massenverlagerungsbeeinflussung noch hinter der Hainleite und der Ohrdrufer Platte stehenden Ilm-Kalk-Platte eine größere durchschnittliche Sockelgesteinsmächtigkeit (~55 m) auf, die sogar vergleichbar ist mit der des Dün (~57 m), der in der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglänge jedoch an dritter Stelle steht.

Wie bereits erwähnt sind die an den Massenverlagerungsgebieten der Zeugenberge zu verzeichnenden höheren Sockelmächtigkeiten generell auch für die nicht von Massenverlagerungen



betroffenen Sockelhänge der Zeugenberge typisch (vgl. oben). Es kann demnach nicht ohne weiteres auf eine allein sockelmächtigkeitsbedingte Massenverlagerungsbevorzugung dieser Bereiche geschlossen werden. Bereinigt man die Korrelation der in Tabelle 5.12 enthaltenen Werte von denen der Zeugenberge, zeigt sich für alle übrigen Untersuchungsabschnitte (in denen absolut gesehen 80 % der insgesamt 744 Massenverlagerungsgebiete auftreten) noch klarer, dass zwischen erhöhten Sockelmächtigkeiten und der unterschiedlichen Massenverlagerungsbeeinflussung der Stufenhänge keine signifikanten Zusammenhänge bestehen ( $r = 0,38$ ).

Auch der Vergleich der absoluten Häufigkeiten der Massenverlagerungsgebiete, die hohe bzw. geringen Sockelgesteinsmächtigkeiten aufweisen (zugrundegelegter Mächtigkeitsgrenzwert: 70 m), verdeutlicht, dass die überwiegende Mehrzahl der Massenverlagerungsgebiete ( $n = 554$  bzw. 75 %) durch geringere und nur 90 Massenverlagerungsgebiete (= 25 %) durch größere Sockelmächtigkeiten als 70 m gekennzeichnet sind (vgl. Anhang C).

Basierend auf der vorliegenden Datenbasis läßt sich zusammenfassend schlussfolgern, dass der Obere Bundsandstein (Röt) für die Massenverlagerungsprozesse am Stufenhang zwar aufgeschlossen sein muss (vgl. oben), dass sich aber allein aus den unterschiedlichen Sockelgesteinsmächtigkeiten der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge, keine signifikanten Zusammenhänge zur räumlichen Variabilität der Massenverlagerungsgebiete erkennen lassen. Zu ähnlichen Ergebnissen im Rahmen von Untersuchungen an einzelnen Massenverlagerungsgebieten am Ringgau und an der Gobert kam bereits SCHMIDT (1988b).

Um mögliche Zufälligkeiten hierbei mit Sicherheit auszuschließen, müssten in einem weiteren Schritt die Sockelmächtigkeiten der Stufenhänge mit und ohne Massenverlagerungen miteinander verglichen werden, was aufgrund der Großräumigkeit des Arbeitsgebietes und dem Fehlen geeigneter flächendeckender Datenbasen (z.B. hochauflösende DGM) im Rahmen der Untersuchung jedoch nicht möglich war (vgl. Kap.5.1).

### **5.3.5 Die Mächtigkeitsrelation von Stufenbildner und Sockelgestein (5)**

Die Mächtigkeitsrelation entspricht dem Quotienten aus Mächtigkeit des Sockelgesteines (4) zur Mächtigkeit des Stufenbildners (3) und wird quantitativ als Verhältniszahl ausgedrückt (vgl. SCHMIDT & BEYER 2001). Dabei zeigen Verhältniszahlen  $> 1$  an, dass die Mächtigkeit des Sockelgesteins die des Stufenbildners übersteigt, bei Verhältniszahlen  $< 1$  ist es umgekehrt und Verhältniszahlen  $= 1$  weisen auf gleiche Mächtigkeiten von Sockelgestein und Stufenbildner hin.

Entsprechend der vorzufindenden Mächtigkeitsunterschiede schwanken die Verhältniszahlen an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen zwischen minimal 0,05 (z.B. Massenverlagerungsgebiete 239, 690) und maximal 8 - 8,5 (z.B. Massenverlagerungsgebiete 140, 303, 513) (vgl. Anhang C).

In Abbildung 5.27 sind die Mächtigkeitsrelationen der Massenverlagerungsgebiete prozentual sowohl für den Gesamttraum als auch für die einzelnen Untersuchungsabschnitte dargestellt.

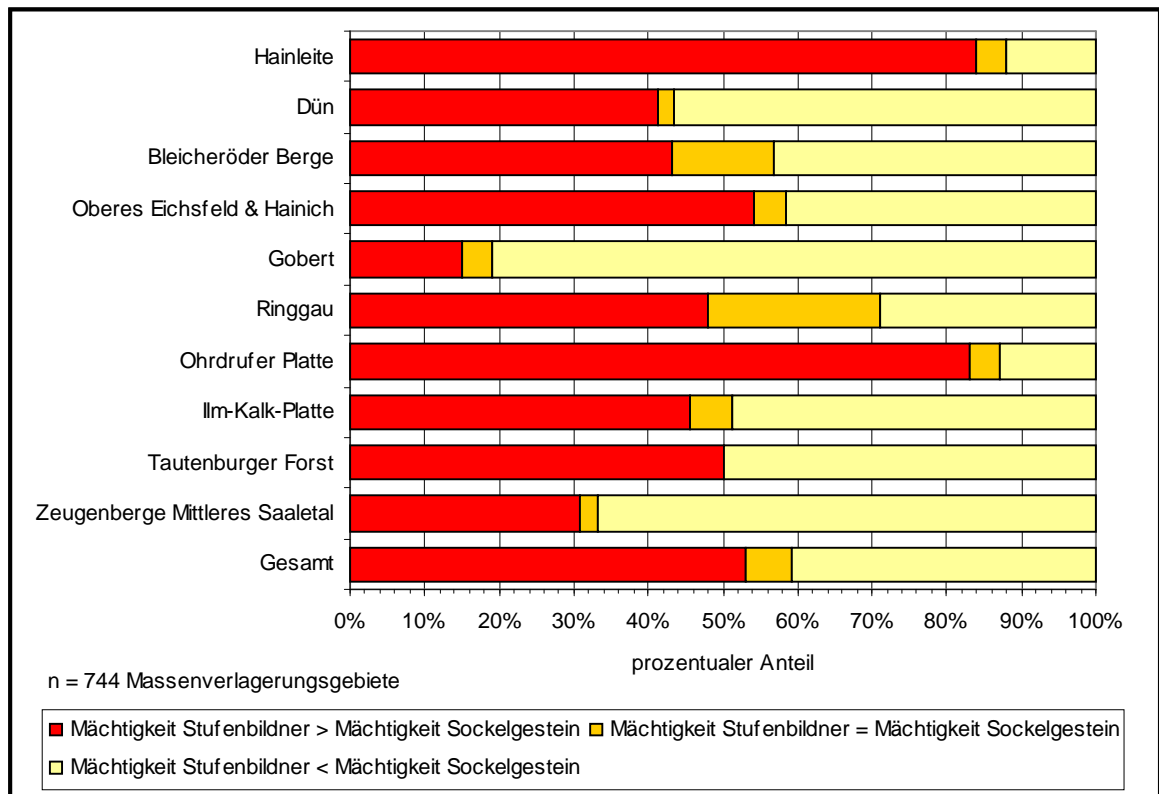


Abb. 5.27: Die Mächtigkeitsrelation von Sockelgestein und Stufenbildner an den Massenverlagerungsgebieten der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken.

Wie zu sehen ist, sind ca. 54 % aller Massenverlagerungsgebiete durch größere Mächtigkeiten des Stufenbildners im Vergleich zum Sockelgestein gekennzeichnet. In ca. 41 % der Gebiete ist das Verhältnis umgekehrt und ~5 % der Massenverlagerungsgebiete weisen gleiche Mächtigkeiten von Sockelgestein und Stufenbildner auf. Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte ergeben sich hierbei einige Abweichungen. So ist die Mehrzahl der Massenverlagerungsgebiete der Zeugenberge (Gobert, Zeugenberge Mittleres Saaletal) durch größere Sockelmächtigkeiten im Vergleich zum Stufenbildner gekennzeichnet, wobei sich auch hierin die generell fortgeschrittene Auflösung dieser Erosionsreste widerspiegelt. Demgegenüber weist die Mehrzahl der Massenverlagerungsgebiete der Untersuchungsabschnitte Hainleite, Oberes Eichsfeld & Hainich und Ohrdruffer Platte größere Stufenbildnermächtigkeiten im Vergleich zum Sockelgestein auf. Entsprechend des Verteilungsbildes ist festzuhalten, dass in allen Untersuchungsabschnitten

Massenverlagerungsgebiete, die sowohl größere als auch kleinere Stufenbildnermächtigkeiten im Vergleich zum Sockelgestein aufweisen, auftreten (vgl. Abb. 5.25). Abgesehen von der Gobert sind die diesbezüglichen bestehenden Unterschiede jedoch gering.

Bildet man aus den Mächtigkeitsverhältniszahlen der einzelnen Massenverlagerungsgebiete untersuchungsabschnittsbezogene, durchschnittliche Mächtigkeitsverhältniszahlen (z.B. Hainleite: 0,62; Dün: 1,39; Ohrdruffer Platte: 0,58) und vergleicht diese mit den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen der entsprechenden Untersuchungsabschnitte, ergibt sich das in Abbildung 5.28 dargestellte Bild.

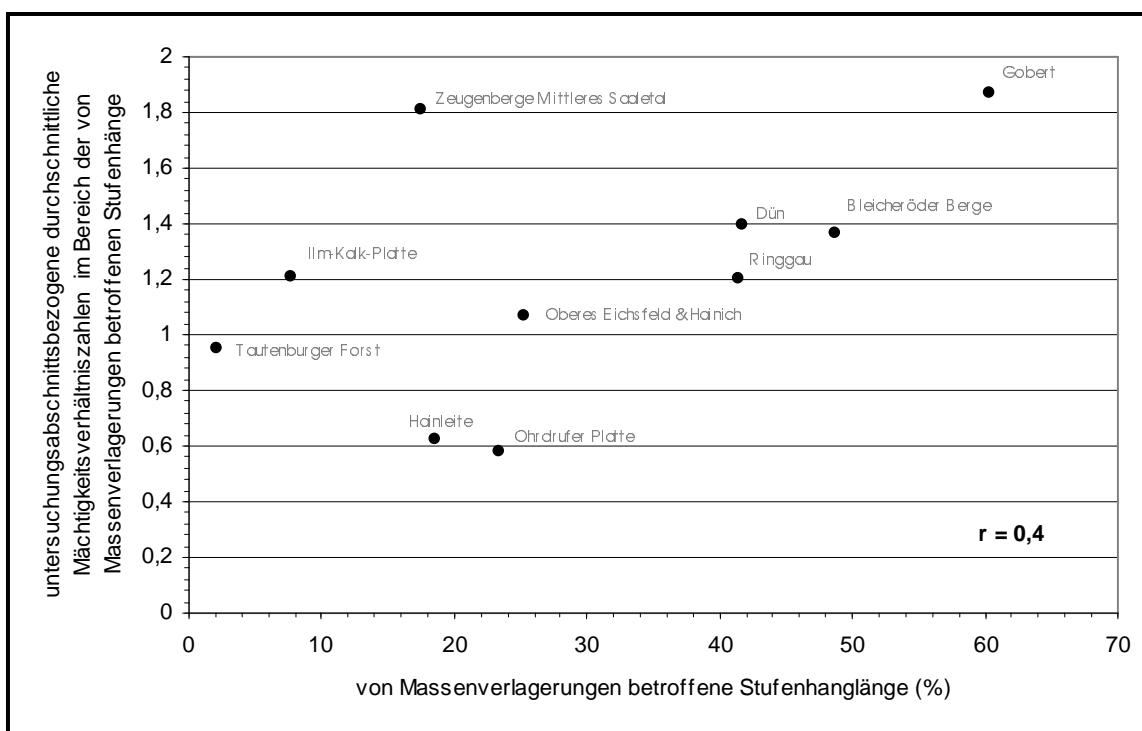


Abb. 5.28: Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit der durchschnittlichen Mächtigkeitsverhältniszahlen

Auch bei diesem Vergleich lassen sich Stufenhänge keine deutlichen Zusammenhänge zur großräumigen Verbreitung der Massenverlagerungsgebiete ableiten ( $r = 0,4$ ). Die Gobert ist zwar auch hier der Untersuchungsabschnitt der insgesamt die größten Mächtigkeitsrelationen aufweist, es folgen jedoch die Zeugenberge Mittleren Saaletal, die weniger stark von Massenverlagerungen betroffen sind. Insgesamt spiegeln sich auch hierin die erosiv bedingten, generell erhöhten Sockelmächtigkeiten im Bereich der Zeugenberge wider. Bereinigt man die in Abbildung 5.28 dargestellte Korrelation von den Zeugenbergabschnitten, zeigt sich für die übrigen Untersuchungsabschnitte noch klarer, dass kein signifikanter Zusammenhang zwischen Mächtigkeitsrelation und der unterschiedlichen Massenverlagerungsbeeinflussung der Stufenhänge

gegeben ist ( $r = 0,37$ ). Zu analogen Feststellungen im Rahmen von Untersuchungen am Ringgau und der Gobert kommt auch SCHMIDT (1988b).

Aus der addierten Mächtigkeit von Stufenbildner (3) und Sockelgestein (4) ergibt sich die relative Stufenhöhe gemessen vom 4° Fußpunkt zum Top der Abrißwand (dV) (vgl. Kap. 4.3). In Abhängigkeit von der Lage vom Top der Abrißwand (vgl. Kap. 5.2.5.2) muss die relative Stufenhöhe bis zur Abrißwand (dV) nicht zwangsläufig identisch sein mit der relativen Stufenhöhe, gemessen bis zum Steilabfall der Trauf (dT). Letztere kann aufgrund der oftmals orometrisch höheren Lage des Steilabfalls der Trauf (vgl. Kap. 5.2.5.2) größere relative Höhen aufweisen. Für die einzelnen Massenverlagerungsgebiete sind beide Stufenhöhen (dV und dT) in Anhang C aufgeführt. An dieser Stelle sollen die relativen Stufenhöhen vom 4° Fußpunkt bis zum Top der Abrißwand näher vorgestellt werden.

Die relative Stufenhöhe bis zum Top der Abrißwand schwankt im Untersuchungsgebiet zwischen minimal 10 - 20 m (z.B. Massenverlagerungsgebiete 98; 229) und maximal 260 m (z.B. Massenverlagerungsgebiet: 527) (vgl. Anhang C und Karte 8). In Abbildung 5.29 sind die im Bereich der Massenverlagerungsgebiete zu beobachtenden Stufenhöhen, aufgeteilt nach Stufenhöhenklassen (< 50; 50 - 100, 100 - 150, > 150 m), für die einzelnen Untersuchungsabschnitte und für den Gesamttraum dargestellt.

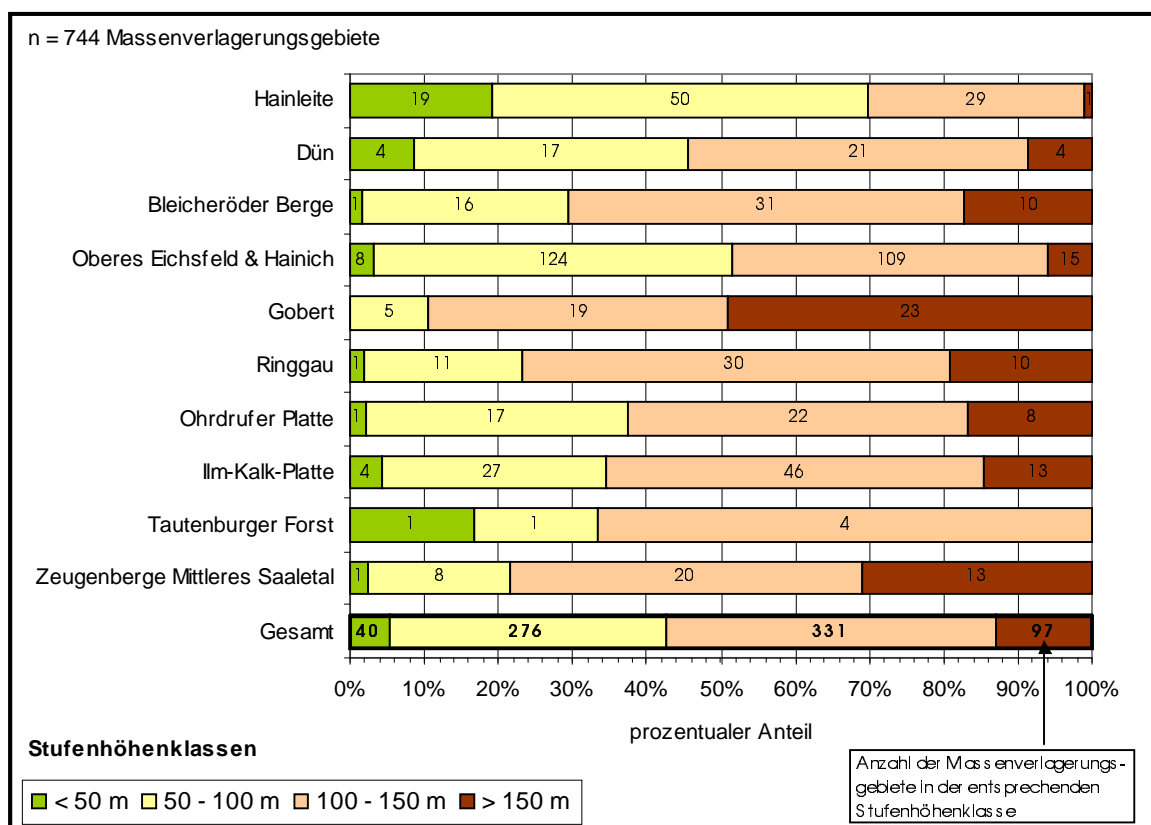


Abb. 5.29: Die relative Stufenhöhe an den Massenverlagerungsgebieten, gemessen vom 4° Fußpunkt bis zum Top der Abrißwand (unterteilt nach Stufenhöhenklassen)

Von den 744 Massenverlagerungsgebieten sind ca. 44 % durch Stufenhöhen von 100 – 150 m, ca. 37 % durch Stufenhöhen von 50 – 100 m, ca. 13 % durch Stufenhöhen der Klasse > 150 m und ca. 6 % durch Stufenhöhen der Klasse < 50 m gekennzeichnet (vgl. Abb. 5.29). Damit ist die überwiegende Mehrzahl der Stufenhänge der Massenverlagerungsgebiete (ca. 81 %) durch Stufenhöhen der mittleren Höhenklassen (50 - 100 und 100 - 150 m) charakterisiert. Dies trifft gleichermaßen für alle Untersuchungsabschnitte zu, wenn auch an den Zeugenbergen Mittleres Saaletal und insbesondere an der Gobert durchschnittlich mehr Massenverlagerungsgebiete durch Stufenhöhen >150 m gekennzeichnet sind, wobei sich auch hierin die bereits erwähnten, erhöhten Sockelmächtigkeiten dieser Untersuchungsabschnitte widerspiegeln. Entsprechend dieses relativ einheitlichen Verteilungsbildes ist festzuhalten, dass auch die relative Stufenhöhe, gemessen vom 4° Fußpunkt bis zum Top der Abrißwand, keine signifikante Beeinflussung auf die räumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete erkennen lässt. Bestätigt wird dies, wenn man die untersuchungsabschnittsbezogenen, durchschnittlichen relativen Stufenhöhen der Massenverlagerungsgebiete bildet und mit den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der Untersuchungsabschnitte korreliert. Mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,4$  ist auch hier kein deutlich signifikanter Zusammenhang zur unterschiedlichen Massenverlagerungsbeeinflussung der Stufenhänge zu verzeichnen.

### 5.3.6 Die Schichtneigung (6)

Im Untersuchungsgebiet fallen die am Aufbau der Wellenkalk-Schichtstufe beteiligten triassischen Sedimente (Oberer Buntsandstein, Untere Muschelkalk) je nach Lage der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit durchschnittlich 2 - 8° flach zum Zentrum des Thüringer Beckens ein (vgl. Kap. 2.3.3.7). Zurückzuführen ist dies auf die tektonisch bedingte, schüsselförmig-strukturelle Formung des Thüringer Beckens (vgl. Kap. 2.2).

Diese flache Schichtlagerung mit Neigungen < 10° ist annähernd flächendeckend sowohl für die Mehrzahl der Stufenhangabschnitte mit als auch, entsprechend den aus der Literatur entnommenen Angaben (vgl. WEBER 1929, DOCKTER & STEINMÜLLER 1962, ROSENKRANZ 1966, ZIEGENHARDT & JUNGWIRTH 1968, PUFF 1963, SEIDEL & STEINMÜLLER 1993 u.a.), für die Mehrzahl der Stufenabschnitte ohne Massenverlagerungen typisch. Nur an 40 der 744 Massenverlagerungsgebiete (ca. 5 %), konnten im Abrißwandbereich lokale Schichtneigungserhöhungen > 10° vorgefunden werden. Die Ursachen für solche punktuellen Schichtverstellungen werden im Zusammenhang mit der Analyse des Faktors (8) Einfluss der Rötgipssubrosion näher diskutiert.

In Tabelle 5.13 sind die untersuchungsabschnittsbezogenen, durchschnittlichen Schichtneigungen der Massenverlagerungsgebiete mit den berechneten Standardabweichungen sowie die Anzahl und Nummer der Massenverlagerungsgebiete die Schichtneigungen > 10° aufweisen, aufgeführt. Da aufgrund teilweise schlechter Aufschlussverhältnisse die Schichtneigung nicht von allen Gebieten bestimmt werden konnten, beziehen sich die in Tabelle 5.13 gemachten Angaben lediglich auf 531 der insgesamt 744 Massenverlagerungsgebiete. Weiterführende Einzelinformationen sind aus dem Anhang C zu entnehmen.

Tab. 5.13: Massenverlagerungsgebiete, deren Stufenhänge Schichtneigungen > 10° aufweisen

Untersuchungsabschnitte	Ø δ (°)	s (°)	n >10°	Nummer der Massenverlagerungsgebiete mit Schichtneigungen > 10° <small>(vgl. Anhang C und Karte 8)</small>
Hainleite	6	3	2	45; 82
Dün	6	3	2	177; 192
Bleicheröder Berge	5	3	1	90
Oberes Eichsfeld & Hainich	6	4	13	209; 228; 234; 257; 269; 305; 346; 353; 367; 402; 442, 506
Gobert	7	3	5	516, 522; 523; 544; 552
Ringgau	7	3	6	450; 456; 466; 467; 482; 496
Ohrdrufer-Platte	7	3	4	563; 572; 579; 595
Ilm-Kalk-Platte	7	4	7	609; 619; 630; 646; 675; 690; 694
Tautenburger Forst	7	2	-	-
Zeugenberge Mittleres Saaletal	5	2	-	-
<b>Gesamt</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>40</b>	
Ø δ: untersuchungsabschnittsbezogene durchschnittliche Schichtneigung der Massenverlagerungsgebiete (°) s: Standardabweichung der durchschnittlichen Schichtneigung (°) n >10°: Anzahl der Massenverlagerungsgebiete mit Schichtneigungen >10°				

Wie aus Tabelle 5.13 hervorgeht, beträgt die durchschnittliche Schichtneigung an den Stufenhängen der Massenverlagerungsgebiete ~6° (mit s = 4°), was dem in der Literatur angegebenen Normalbild entspricht. Dies trifft mit graduell geringfügigen Abweichungen für alle Untersuchungsabschnitte zu, womit sich die bereits von JOHNSEN (1974) zusammengefasste, zweite allgemeine Grundvoraussetzung für das Auftreten von Massenverlagerungen: „flach lagernde Schichtpakete“ (vgl. Kap. 1.4) bestätigt. Rückschlüsse auf die regional unterschiedliche Massenverlagerungsbeeinflussung der Stufenhänge lassen sich aufgrund des homogenen Verteilungsbildes (vgl. Tab. 5.13) nicht ziehen, d.h. die Grundvoraussetzung, flache

Schichtlagerung, muss zwar erfüllt sein, die räumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete kann damit aber nicht erklärt werden.

Neben diesen insgesamt sehr homogenen Schichtneigungsverhältnissen weicht an 5 Untersuchungsabschnitten das flach zum Zentrum des Thüringer Beckens gerichtete Schichteinfallen über größere Distanzen vom regionalen Schichtneigungsbild ab. Im Einzelnen handelt es sich hierbei um die Untersuchungsabschnitte Schmücke, östlicher Bereich der Hainleite, 3 kleinere Abschnitte im Teiluntersuchungsgebiet Oberes Eichsfeld & Hainich, (1.: nördlich der Gobert; 2.: östlich der Ortschaft Eschwege; 3.: nördlich der Ortschaft Treffurt) (vgl. Karte 8) sowie um die Hörselberge (vgl. Karte 1 und 8). Diese Untersuchungsabschnitte sind durch ein hangwärts, zum Zentrum des Thüringer Beckens gerichtetes Schichteinfallen  $\geq 20^\circ$  charakterisiert (vgl. Tab. 2.7). Dies führte hier zur Ausbildung von Schichtkämmen, worauf bereits in Kapitel 2.3.3.7 ausführlicher eingegangen wurde.

An den Stirnhängen der genannten 5 Wellenkalk-Schichtkämme sind im Unterschied zu den durch flache Schichtlagerungen gekennzeichneten Wellenkalk-Schichtstufenhängen keine Massenverlagerungen zu verzeichnen (vgl. Karte 8 und Kap. 5.2.1). Mögliche Ursachen dafür werden bereits von SCHUNKE (1971) und TILCH (1999) im Rahmen von Untersuchungen im Leine-Weser-Bergland diskutiert. So nimmt, mit zunehmender Schichtneigung, die grundwasserbedingte Formung und Durchfeuchtung der Stufen – bzw. Stirnhänge ab. Insbesondere in ausgeprägten Kluftwasserleitern, stellen sich mit zunehmender Schichtneigung steile hydraulische Gradienten im Kluftaquifer ein, so dass bei einem hangwärts gerichteten Schichteinfallen, das Wasser vom Stirnhang schnell abgeführt wird (vgl. TILCH 1999). Dies äußert sich letztendlich in der bereits in Kapitel 2.3.5.3 beschriebenen Wasser- bzw. Quellenarmut der Stirnhänge des Untersuchungsgebietes. Da die Verfügbarkeit von Wasser ein wichtiger Faktor für Massenverlagerungsprozesse ist (vgl. Kap. 1.2), die Verfügbarkeit jedoch mit zunehmender Schichtneigung am Stirnhang limitiert wird (vgl. oben), wurde mit Hilfe eines einfachen, vergleichenden Modellaufbaus eines Schichtstufen- und eines Schichtkammreliefs der Einfluss der Schichtneigung auf die Massenverlagerungsprozesse näher untersucht (vgl. Abb. 5.30).

Das Modell wurde im Maßstab 1 : 800 erstellt und entspricht im Fall des Wellenkalk-Schichtstufenhanges den morphometrischen Verhältnissen am Dün und im Fall des Wellenkalk-Stirnhanges den morphometrischen Schichtneigungsverhältnissen des im Oberen Eichsfeld & Hainich, nördlich der Ortschaft Mackenrode, gelegenen Schichtkammes „Eichstruther Kopf“ (vgl. Karte 8).



Abb. 5.30: Modellversuch zur unterschiedlichen Massenverlagerungsbeeinflussung an Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammhängen in Abhängigkeit von der Schichtneigung



Als Sockelmaterial wurde Pelitröt verwendet, welches aus dem am Dün gelegenen, durch Bergbautätigkeiten (Zementtagebau Deuna) gut aufgeschlossenen Massenverlagerungsgebiet 193 (vgl. Karte 8) entnommen wurde. Die lithologischen Eigenschaften des Sockelgesteins (Tonmineralogie und Korngrößenverteilung) entsprechen denen in Abbildung 2.4 und 2.5 (vgl. Kap. 2.3.2.2) dargestellten Zusammensetzungen. Als Stufenbildner diente Unterer Wellenkalk der, um das orthogonale Kluftsystem zu modellieren, vorab in Quader zerschnitten wurde. Die Sockelhänge wurden im Falle des Stirnhanges (x) mit einer hangwärtigen Schichtneigung von ca.  $21^\circ$  und im Falle des Schichtstufenhanges (xx) mit  $4^\circ$  angelegt (vgl. Abb. 5.30 a). Der Sockelhang des Schichtkammes weist aufgrund seines steileren Schichteinfallens eine geringere Ausstrichsbreite (gemessen bis zum  $4^\circ$  Fußpunkt) als der Schichtstufenhang auf. Auf den Sockelhang wurde als Gipsmodell eine Schicht Würfelzucker, aufgetragen, da dieser sich bezüglich seiner im Vergleich zum Gips größeren Lösungsfreudigkeit, für den Versuch als geeigneter erwies (frdl. Anregung von Dr. ZIERDT, Inst. f. Geogr. Halle) (vgl. Abb. 5.30 b). Auf den Würfelzucker wurde wiederum eine Schicht Pelitröt und schließlich die zerschnittenen Wellenkalkquader aufgetragen (vgl. Abb. 5.30 c und d). Anschließend wurden beide Versuchsanordnungen mit je ca. 3 l Wasser künstlich beregnet (vgl. Abb. 5.30 e).

Bereits nach kurzer Zeit setzten am Schichtstufenmodell (xx) erste Reaktionen ein, während der Schichtkamm unbeeinflusst blieb. Die Reaktionen wurden videotecnisch festgehalten. Zunächst öffneten sich traufnahe Spalten und einzelne Blöcke begannen treppenstufenähnlich abzusinken. Gleichzeitig kam es an der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze zu Wasseraustritten am Stufenhang. Kurze Zeit später schlug die Bewegung in eine talwärts gerichtete Rotation um (Topple) (vgl. Abb. 5.30 f). Bei einer talwärtigen Kippung von ca.  $15^\circ$  stürzten die Blöcke schließlich ab (Fall: Felssturz) (vgl. Abb. 5.30 g und h).

Während der gesamten Zeit blieb der Schichtkamm trotz gleicher Feuchtigkeitszugabe und gleicher Materialzusammensetzung unbeeinflusst von Massenverlagerungsprozessen. Selbst die als Gipsmodelle fungierenden Würfelzucker wurden an den vordersten Stirnhangbereichen nicht aufgelöst (vgl. Abb. 5.30 g), was auf das Fehlen von Wasseraustritten am Stirnhang zurückzuführen ist (vgl. Abb. 5.30 h). Das Wasser wurde der steilen Schichtneigung folgend schnell hangabwärts abgeführt und stand damit denen am Schichtstufenhang ablaufenden Prozessen (Initiierung von gravitativen Massenverlagerungen) am Stirnhang nicht zur Verfügung. Insgesamt spiegeln sich in dieser einfachen Versuchsanordnung die in der Natur anzutreffenden Verhältnisse deutlich wider.

Entsprechend der bisherigen Ausführungen ist zusammenfassend festzuhalten, dass sich die bereits von SCHUNKE (1971) und TILCH (1999) gewonnen Erkenntnisse auch auf die Wellenkalk-

Schichtstufe im Thüringer Becken übertragen lassen. So treten die Massenverlagerungsgebiete im Untersuchungsraum generell nur dort auf, wo großräumig flache Schichtlagerungen  $< 12^\circ$  vorherrschen, was an den Wellenkalk-Schichtstufenhängen der Fall ist (vgl. oben). Bei über größeren Distanzen hangwärts gerichteten Schichtneigungen  $> 12^\circ$ , wie es für Schichtkämme typisch ist, setzten die hier beschriebenen Massenverlagerungsprozesse aufgrund des am Stirnhang herrschenden Wassermangels abrupt aus. Dies ist, wie ein Blick auf Karte 4 verdeutlicht, unabhängig vom jährlichen Niederschlagseintrag in das Hangsystem. So treten weder am Schichtkamm der Schmücke ( $\emptyset$  Jahresniederschlag: 515 mm) noch an den Schichtkämmen im wesentlich stärker berechneten Untersuchungsabschnitt Oberes Eichsfeld & Hainich ( $\emptyset$  Jahresniederschlag: 780 mm) Massenverlagerungen auf. Unter natürlichen Bedingungen sind die Stirnhänge der Schichtkämme damit die gegenüber Massenverlagerungsprozessen stabilsten Hangabschnitte im Untersuchungsgebiet.

### 5.3.7 Die Neigungsrichtung (7)

Neben der Schichtneigung (6) ist die Neigungsrichtung (7) der am Aufbau der Stufenhänge beteiligten Gesteinschichten ein Faktor, der im Zusammenhang mit Massenverlagerungsprozesse diskutiert wird (vgl. Kap.1.4). Für das Sonderrelief der Schichtkämme wurde dieser Einfluss aufgezeigt (vgl. Kap. 5.3.6). Die Neigungsrichtung der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge ergibt sich aus der Zuordnung der Massenverlagerungsgebietsbreiten zu der in Kapitel 2.3.3.7 beschriebenen Front-, Diagonal- und Achterstufenverbreitung (vgl. Karte 2). Dabei wurden die Massenverlagerungsgebiete, die Anteil an mehreren Neigungsrichtungen haben, metrisch unterteilt (vgl. Kap. 4.3). So befindet sich bspw. das insgesamt 995 m breite Massenverlagerungsgebiet 26 (Hainleite) (vgl. Karte 8) auf 500 m Breite in Fronstufenposition, auf 140 m Breite in Diagonalstufenposition und auf 355 m Breite in Achterstufenposition (vgl. Anhang C). Aus den summierten Massenverlagerungsgebietsbreiten der entsprechenden Stufenhangpositionen ergeben sich die von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der entsprechenden Stufenhangpositionen. Für die Summe der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen (240 km) als auch für die untersuchungsabschnittsbezogenen Teillängen ergibt sich dabei das in Abbildung 5.31 dargestellt Verteilungsbild.

Wie aus Abbildung 5.31 hervorgeht, sind mit Ausnahme des Tautenburger Forstes in allen Stufenhangpositionen Massenverlagerungen zu verzeichnen. Von der Gesamtheit der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen befindet sich der größte Anteil in Frontstufenpositionen (46,7 % = ~112 km). Mit 33,8 % (~81 km) folgen die Diagonalstufenpositionen und schließlich mit 19,5 % (~47 km) die Achterstufenpositionen.

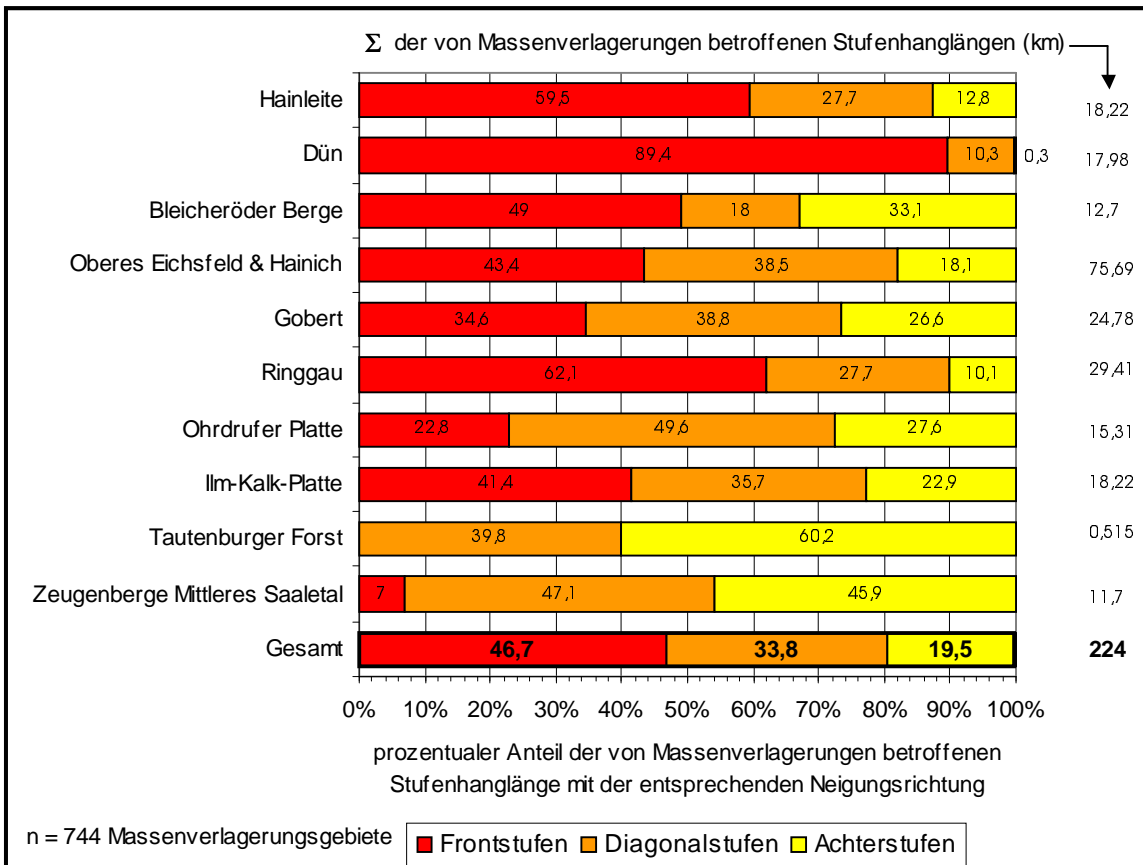


Abb. 5.31: Prozentualer Anteil der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen in Front-, Diagonal- und Achterstufenpositionen

Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte ergibt sich ein teilweise abgewandeltes Bild. So fehlen am Tautenburger Forst Massenverlagerungen an Frontstufenhängen bei einer gleichzeitigen Dominanz von Massenverlagerungen in Achterstufenposition (~60 %). Auch an den Zeugenbergen Mittleres Saaletal sind Massenverlagerungen in Frontstufenposition weniger häufig zu verzeichnen als jene in Diagonal- bzw. Achterstufenpositionen (vgl. Abb. 5.31). Ähnlich verhält es sich im Gebiet der Gobert. An der Ohrdrufer Platte befindet sich die Mehrzahl der Massenverlagerungen in Diagonalstufen- gefolgt von Achterstufenpositionen. Die Frontstufenpositionen treten hier leicht zurück. Demgegenüber dominieren am Dün Massenverlagerungen in Frontstufenpositionen, wohingegen Massenverlagerungen an Achterstufenhängen hier fast gänzlich zurücktreten (vgl. Abb. 5.31).

Wie die Abbildung 5.31 zeigt, lassen sich aus diesem sehr heterogenen Verteilungsbild keine deutlichen Zusammenhänge zwischen einzelnen Stufenhangpositionen und verstärkter Massenverlagerungsbeeinflussung erkennen. Es scheinen zwar an den weniger stark von Massenverlagerungen betroffenen Untersuchungsabschnitten Tautenburger Forst und Zeugenberge Mittleres Saaletal v.a. Achterstufenhänge bevorzugt von Massenverlagerungen betroffen zu sein, für die Hainleite, die ebenfalls eine nur geringe Massenverlagerungsbeeinflussung aufweist, trifft dies jedoch nicht zu.

In einem weiteren Schritt wurde überprüft, wie sich die Verteilung der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen in den entsprechenden Stufenhangpositionen von der im Kapitel 2.3.3.7 beschriebenen Neigungsrichtungsverteilung der Gesamtheit der Stufenhänge (vgl. Abb. 2.11 und Karte 2) unterscheidet. Dazu bietet sich zunächst der unmittelbare Vergleich von Abbildung 2.11 (Kap. 2.3.3.7) und Abbildung 5.31 an. Wie sich dabei zeigt, ist das Häufigkeitsbild bezogen auf die Gesamtheit der betrachteten Stufenhänge (958,2 km) und die Gesamtheit der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen (240 km) nur leicht verschoben. Während im Gesamtgebiet v.a. Diagonalstufenhänge (41,8 %) gefolgt von Frontstufenhängen (38 %) dominieren (vgl. Abb. 2.11), sind die Massenverlagerungen etwas häufiger in Frontstufenpositionen (46,7 %) zu verzeichnen (vgl. Abb. 5.31). Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte ergibt sich dabei folgendes Bild: Während an der Hainleite, am Dün, an den Bleicheröder Bergen, an der Gobert, am Ringgau und an der Ohrdruffer Platte die Verteilungsmuster weitgehend ähnlich sind, sind in den Untersuchungsabschnitten Oberes Eichsfeld & Hainich, Ilm-Kalk-Platte, Tautenburger Forst und Zeugenberge Mittleres Saaletal einige leichtere Abweichungen zu verzeichnen. Am Tautenburger Forst bspw. befindet sich ca. 60 % der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge in Achterstufenpositionen und das, obwohl die Achterstufenhänge in der Gesamtverteilung hier am seltensten (23,6 %) vertreten sind. Demgegenüber treten an den Frontstufenhängen, die hier 26,7 % der Gesamtstufenhanglänge ausmachen, keine Massenverlagerungen auf. Auch an den Zeugenbergen Mittleres Saaletal verschiebt sich das Verhältnis der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen leicht zu Gunsten der Achterstufenposition, wobei hier insgesamt aber immer noch die Diagonalstufenhänge dominieren.

Um zu überprüfen, ob die sich aus dem Verteilungsbild ergebenden Unterschiede wirklich signifikant sind, wurden mit Hilfe des  $\chi^2$ -Testes (Chi-Quadrat-Test) die Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit und ohne Massenverlagerungen in den entsprechenden Stufenhangpositionen verglichen. Der  $\chi^2$ -Testes ist danach ausgerichtet, eine empirische Verteilung an einer theoretischen Verteilung zu überprüfen (vgl. ZÖFEL 1992). Für den vorliegenden Fall wird erwartet, dass die Verteilung der Front-, Diagonal- und Achterstufenhänge im Gesamtgebiet (= empirische Verteilung) mit der Verteilung der Front-, Diagonal- und Achterstufenhänge der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen (= theoretische Verteilung) übereinstimmt. Diese Annahme entspricht der Nullhypothese, die es mit Hilfe des Testes zu bestätigen oder zu widerlegen gilt. Dazu wurden aus den beobachteten Häufigkeiten zunächst die erwarteten Häufigkeiten errechnet, mit denen die entsprechenden Neigungsrichtungspositionen an den Stufenhängen vertreten sind. Auf der Basis der beobachteten und erwarteten Häufigkeiten lässt sich das  $\chi^2$  bestimmen. Die entsprechenden Häufigkeiten und die berechneten  $\chi^2$  Werte sind in Tabellen 5.14 dargestellt.

Tab. 5.14: Die beobachteten und theoretisch erwarteten Häufigkeiten von Massenverlagerungsereignissen in den entsprechenden Neigungsrichtungen am Stufenhang

Untersuchungsabschnitte	Neigungsrichtung	beobachtete Häufigkeit (O)		erwartete Häufigkeit (E)		Chi-Quadrat-Test ( $\chi^2$ ) $= \sum \frac{(O_{1/2} - E_{1/2})^2}{E_{1/2}}$
		$O_1$ (gesamter Stufenhang)	$O_2$ (von Massenverlagerungen betroffener Stufenhang)	$E_1$ (gesamter Stufenhang)	$E_2$ (von Massenverlagerungen betroffener Stufenhang)	
		(km)	(km)	(km)	(km)	
<b>Hainleite</b>	Frontstufen	43,245	10,84	45,257	8,828	<b>1,08</b> $\chi^2$ krit; 0,05 = 7,81
	Diagonalstufen	33,065	5,05	31,893	6,222	
	Achterstufen	17,090	2,33	16,250	3,170	
	$\Sigma$	<b>93,4</b>	<b>18,22</b>			
<b>Dün</b>	Frontstufen	32,21	16,070	34,042	14,238	<b>1,77</b> $\chi^2$ krit; 0,05 = 7,81
	Diagonalstufen	8,90	1,860	7,587	3,173	
	Achterstufen	1,89	0,055	1,371	0,574	
	$\Sigma$	<b>43</b>	<b>17,985</b>			
<b>Bleicheröder Berge</b>	Frontstufen	10,40	6,22	11,166	5,454	<b>0,28</b> $\chi^2$ krit; 0,05 = 7,81
	Diagonalstufen	5,28	2,28	5,079	2,481	
	Achterstufen	10,32	4,20	9,755	4,765	
	$\Sigma$	<b>26</b>	<b>12,7</b>			
<b>Oberes Eichsfeld &amp; Hainich</b>	Frontstufen	87,845	32,85	95,971	24,724	<b>4,98</b> $\chi^2$ krit; 0,05 = 7,81
	Diagonalstufen	140,145	29,11	134,583	34,672	
	Achterstufen	65,810	13,73	63,246	16,294	
	$\Sigma$	<b>93,8</b>	<b>75,69</b>			
<b>Gobert</b>	Frontstufen	12,38	8,57	13,058	7,892	<b>0,17</b> $\chi^2$ krit; 0,05 = 7,81
	Diagonalstufen	16,24	9,62	16,118	9,742	
	Achterstufen	12,38	6,59	11,824	7,146	
	$\Sigma$	<b>41</b>	<b>24,78</b>			
<b>Ringgau</b>	Frontstufen	39,195	18,265	40,630	16,83	<b>0,41</b> $\chi^2$ krit; 0,05 = 7,81
	Diagonalstufen	23,430	8,160	22,337	9,253	
	Achterstufen	8,375	2,985	8,033	3,327	
	$\Sigma$	<b>71</b>	<b>29,41</b>			
<b>Ohrdruffer Platte</b>	Frontstufen	18,135	3,49	17,502	4,123	<b>0,20</b> $\chi^2$ krit; 0,05 = 7,81
	Diagonalstufen	28,665	7,59	29,343	6,912	
	Achterstufen	18,200	4,23	18,154	4,276	
	$\Sigma$	<b>65</b>	<b>15,31</b>			
<b>Ilm-Kalk-Platte</b>	Frontstufen	100	7,54	99,833	7,707	<b>0,81</b> $\chi^2$ krit; 0,05 = 7,81
	Diagonalstufen	100	6,51	98,876	7,634	
	Achterstufen	36	4,17	37,291	2,879	
	$\Sigma$	<b>236</b>	<b>18,22</b>			
<b>Tautenburger Forst</b>	Frontstufen	6,675	0	6,54	0,130	<b>0,42</b> $\chi^2$ krit; 0,05 = 7,81
	Diagonalstufen	12,425	0,205	16,76	0,345	
	Achterstufen	5,900	0,31	8,24	0,170	
	$\Sigma$	<b>25</b>	<b>0,515</b>			
<b>Zeugenberge Mittleres Saaletal</b>	Frontstufen	11,07	0,78	10,089	1,761	<b>1,24</b> $\chi^2$ krit; 0,05 = 7,81
	Diagonalstufen	32,64	5,26	32,268	5,632	
	Achterstufen	20,29	5,13	21,643	3,777	
	$\Sigma$	<b>64</b>	<b>11,17</b>			
<b>Gesamtgebiet</b>	Frontstufen	361,155	104,625	377,525	88,255	<b>6,75</b> $\chi^2$ krit; 0,05 = 7,81
	Diagonalstufen	400,790	75,645	386,161	90,274	
	Achterstufen	196,255	43,730	194,513	45,472	
	$\Sigma$	<b>958,2</b>	<b>224</b>			

Wie Tabelle 15.4 zeigt, sind weder im Gesamtgebiet noch in den einzelnen Untersuchungsgebieten signifikante Unterschiede zwischen den beobachteten und erwarteten Häufigkeitsverteilungen zu verzeichnen. Die berechneten  $\chi^2$ -Werte sind in allen Fällen kleiner als die der  $\chi^2$ -Tabelle zu entnehmenden kritischen Werte ( $\chi^2_{\text{krit}; 0,05} = 7,81$  bei 3 Freiheitsgraden) (vgl. ZÖFEL 1992). Selbst am Tautenburger Forst und an den Zeugenbergen Mittleres Saaletal, an denen KÖNIG (2001) eine Massenverlagerungsbevorzugung der Achterstufenpositionen sieht, jedoch gleichzeitig selbst zum Ausdruck bringt, dass diesbezüglich nur eine sehr geringe Korrelation besteht (KÖNIG 2001, S. 89), konnten keine signifikanten Unterschiede verzeichnet werden. Somit kann die Nullhypothese, dass die beobachteten und theoretisch erwarteten Häufigkeiten zwischen den von Massenverlagerungen betroffenen und den massenverlagerungsfreien Stufenhängen übereinstimmen, angenommen werden. Zusammenfassend ist damit festzuhalten, dass von der Neigungsrichtung mit Ausnahme des Schichtkammreliefs ( $> 12^\circ$  hangwärtige Schichtneigung) (vgl. Kap. 5.3.6) keine steuernde Beeinflussung auf die räumliche Variabilität der Massenverlagerungen im Untersuchungsgebiet ausgeht. Bestätigt werden diese Ergebnisse durch die Untersuchungen von WEBER (1929) und SCHMIDT (1988b).

### **5.3.8 Der Einfluss der Rötgipssubrosion nach morphologischen Befunden (8)**

Die insbesondere von WEBER (1929, 1951) als Hauptursache der Massenverlagerungsprozesse angenommene Rötgipssubrosion (vgl. Kap. 1.4) resultiert aus der Ablaugung der bis 10 mächtigen Gipslagen im Oberen Bundsandstein (vgl. Kap. 2.3.3.2). Die Subrosion der Gipse führt zu einem Massendefizit im Sockelhang, welches durch Senkungserscheinungen und Nachsackungen der hangenden Schichten (Wellenkalk) ausgeglichen wird, was zur Bildung von Abrißspalten und schließlich zu Massenverlagerungen führen kann. Von zahlreichen Autoren (vgl. u.a. SCHNEIDER 1968, JOHNSEN & KLENGEL 1973; FISCHER et al 1975, KRÜMMLING et al. 1975) werden derartige Erscheinungen an der Wellenkalk-Schichtstufe beschrieben. Deutliche morphologische Anzeichen von Subrosionsvorgängen sind einerseits die im Bereich des Rötsockels relativ häufig auftretende Erdfälle (vgl. Kap. 2.3.3.4), andererseits atektonische Schichtdeformationen, die v.a. an den vordersten Bereichen der frei zum Vorland exponierten Stufenhänge auftreten (vgl. Abb. 5.32). Diese Schichtdeformationen führen zu lokalen Abweichungen vom generellen Schichtlagerungsbild und damit zu Abweichungen innerhalb der beschriebenen, großräumigen Neigungsrichtungsverteilung (Front-, Diagonal- und Achterstufen). In Abhängigkeit vom horizontalen Ausmaß der Gipssubrosion kann dabei an den Trauf-distalen Schichtkomplexen die Schichtlagerung noch dem großräumig tektonisch bedingten Bild entsprechen (generell flaches Einfallen zum Zentrum des Thüringer Beckens), während mit zunehmender Annäherung an den Steilhang Schichtdeformationen, die sich in talwärts (vgl. Abb. 5.32) aber auch in hangwärtigen

und seitlich gerichteten Bewegungskomponenten widerspiegeln, auftreten. Fassbar sind diese Abweichungen durch vergleichende Schichtmessungen sowie durch die Lageerkundung der Erdfälle.

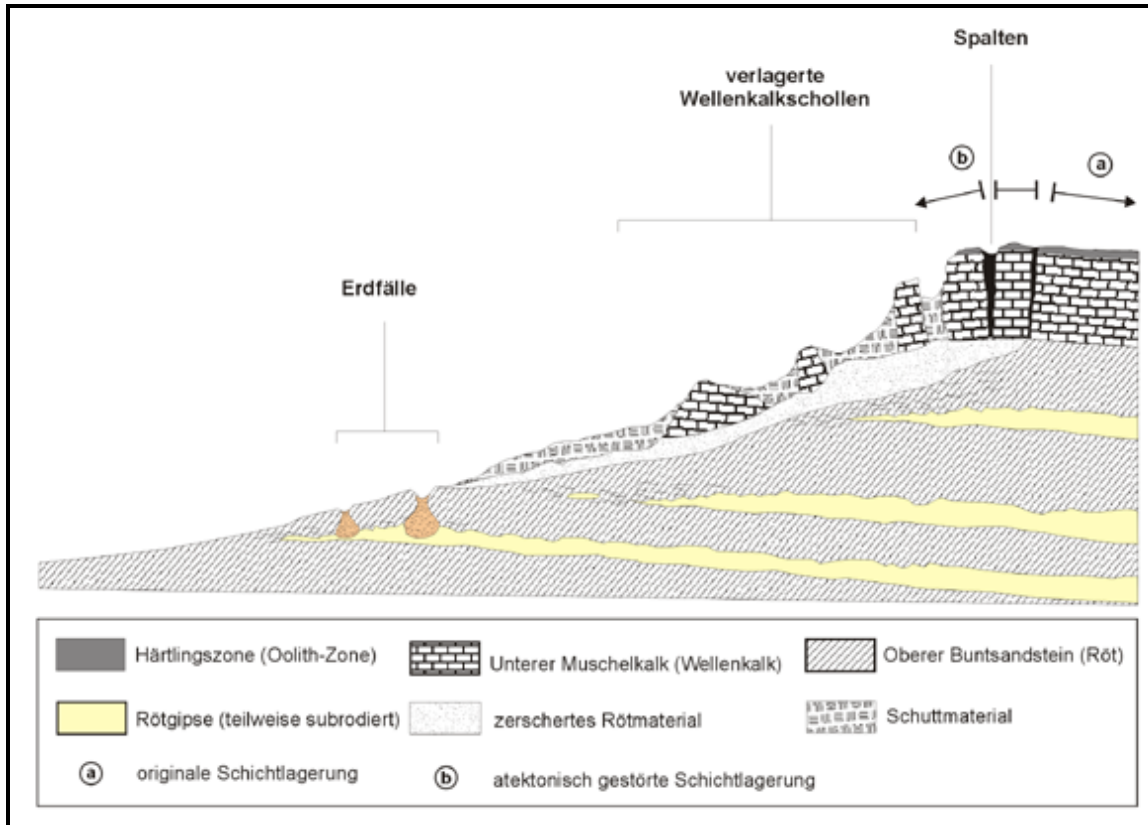


Abb. 5.32: Schematisches Grundprinzip der Rötgipssubrosion und deren morphologischen Folgen

Anhand dieser Merkmalsausprägungen (atektonische Schichtdeformationen, Erdfallbildungen im Umland der Massenverlagerungsgebiete) sollte der Einfluss der Rötgipssubrosion auf die Massenverlagerungshäufigkeit überprüft werden. Da großräumig tektonisch gestörte Gebiete aus der Untersuchung von vornherein ausgeklammert wurden (vgl. Kap. 1.5 und 4.2), ist davon auszugehen, dass es sich bei den aufgenommenen Schichtdeformationen tatsächlich um subrosionsbedingte atektonische Unstetigkeiten handelt.

Die für die Massenverlagerungsgebiete im Abrißwandbereich ermittelten Schichtlagerungswerte [Schichtneigung (°) / Neigungsrichtung (°)] sind in Anhang C aufgeführt. Sofern Abweichungen zur großräumig regionalen Schichtlagerung ermittelt werden konnten, sind diese für die entsprechenden Gebiete dort vermerkt. So ist bspw. der Stufenhang des an der Hainleite gelegenen Massenverlagerungsgebietes 13 (vgl. Karte 8) entsprechend des großräumigen Schichtlagerungsbildes (Schichten fallen flach nach Süd - Südwest ein) (vgl. Kap. 2.3.3.7) als Frontstufe ausgebildet, wohingegen im Abrißwandbereich die Schichten mit 4° nach Norden (350°)

einfallen (vgl. Anhang C). Im Unterschied zu der in Kapitel 5.3.6 betrachteten Schichtneigung war bei diesem Vergleich die Größe des Neigungswinkels nicht entscheidend.

Morphologisch deutlich in Erscheinung tretende Erdfallbildungen konnten im Rahmen der Untersuchung nur berücksichtigt werden, sofern sie in den TK 10 enthalten waren oder sich im unmittelbaren Umland der Massenverlagerungsgebiete befanden und damit während der Geländekartierung lokalisiert werden konnten. Die hier ausgewiesenen Erdfälle sind demnach keine vollständige Bestandsaufnahme.

Entsprechend der aufgenommenen Daten ergibt sich für die Massenverlagerungsgebiete des Untersuchungsraumes das in Tabelle 5.15 zusammengefasst dargestellte Bild. Die Schichtlagerungsverhältnisse konnten dabei an 531 der insgesamt 744 Massenverlagerungsgebiete näher bestimmt werden .

Wie aus Tabelle 5.15 hervorgeht, sind 291 der 531 Gebiete (= 55 %) durch deutliche atektonische Schichtdeformationen im Abrißwandbereich, die zu Abweichungen vom großräumigen Schichtlagerungsbild führen ( $\Delta N$ ), gekennzeichnet. Zudem konnten an 93 Massenverlagerungsgebieten in unmittelbarer Nachbarschaft Erdfälle (E) lokalisiert werden, wobei 37 dieser Gebiete gleichzeitig atektonische Schichtdeformationen aufweisen (vgl. Tab. 5.15).

Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte schwanken die an den Stufenhängen der Massenverlagerungsgebiete zu beobachtenden Schichtlagerungsabweichungen. So weisen 37 % der näher untersuchten Massenverlagerungsgebiete der Gobert und ~83 % der am Tautenburger Forst gelegenen Gebiete atektonische Schichtdeformationen im Stufenhangbereich und damit einhergehend Abweichungen vom generellen Schichtlagerungsbild auf. Zusammenhänge zu den unterschiedlich stark von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen sind jedoch nicht zu verzeichnen. So sind sowohl in den stärker von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhangabschnitten größere (Bleicheröder Berge) und kleinere (Gobert) Häufigkeiten atektonisch bedingter Schichtabweichungen zu verzeichnen, als auch in den nur wenig stark betroffenen Untersuchungsabschnitten (Tautenburger Forst / Ilm-Kalk-Platte). Ähnlich verhält es sich bei der beobachteten Erdfallhäufigkeiten. Auch diese kommen, mit Ausnahme des Tautenburger Forstes, an Massenverlagerungsgebieten aller Untersuchungsabschnitte vor, wobei die Mehrzahl jedoch dort auftritt, wo die Schichtlagerung nicht bestimmt werden konnte bzw. wo keine deutlichen Abweichungen zum großräumigen Schichtlagerungsbild zu verzeichnen waren. Insgesamt erweisen sich die Erdfälle damit als weniger geeignete Indikatoren für mögliche atektonische Schichtdeformationen am Stufenhang.



Tab. 5.15: Die Häufigkeit von lokalen, atektonischen Schichtdeformationen und Erdfallbildungen im Bereich der Massenverlagerungsgebiete

Untersuchungsabschnitte	N	$\Delta N$	$\Delta N (\%)$	$\Sigma E$	E N
Hainleite	63 von 99	27	43	4	1
Dün	32 von 46	18	56	16	8
Bleicheröder Berge	37 von 58	22	59	12	4
Oberes Eichsfeld & Hainich	199 von 257	125	63	27	11
Gobert	35 von 47	13	37	9	3
Ringgau	45 von 52	20	44	5	1
Ohrdrüfer-Platte	33 von 47	18	55	5	4
Ilm-Kalk-Platte	56 von 90	30	54	5	1
Tautenburger Forst	6 von 6	5	83	-	-
Zeugenberge Mittleres Saaletal	25 von 42	13	52	10	4
<b>Gesamt</b>	<b>531 von 744</b>	<b>291</b>	<b>55</b>	<b>93</b>	<b>37</b>

**N:** Anzahl der Massenverlagerungsgebiete an denen die Schichtlagerung im Abrißwandbereich bestimmt werden konnte (als Vergleich ist die Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete des jeweiligen Untersuchungsabschnittes mit aufgeführt)  
 **$\Delta N$ :** Anzahl der Gebiete die in ihrer Schichtlagerung Abweichungen zur generellen Neigungsrichtung aufweisen  
 **$\Delta N (\%)$ :** prozentualer Anteil der Gebiete, die in ihrer Schichtlagerung Abweichungen zur generellen Neigungsrichtung aufweisen, bezogen auf die Gesamtzahl der Gebiete an denen die Schichtlagerung näher bestimmt werden konnte  
 **$\Sigma E$ :** Gesamtzahl der lokalisierten Erdfälle im Bereich der Massenverlagerungsgebiete  
**E N:** Anzahl der Erdfälle, die im Bereich der Massenverlagerungsgebiete mit abweichenden Schichtlagerungen Liegen

Wenn auch nicht die Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete hinsichtlich ihrer Schichtlagerung untersucht werden konnte, wird entsprechend des geschilderten Verteilungsbildes deutlich, dass die Rötgipssubrosion, in deren Folge es zu atektonischen Schichtdeformationen kommt, sich im Sinne von WEBER (1929, 1951) möglicherweise begünstigend auf die gravitativen Hangprozesse auswirkt, dass diese aber keine notwendige Voraussetzung für das Auftreten der Massenverlagerungen darstellt. Die unterschiedlichen räumlichen Verbreitungsmuster der Massenverlagerungsgebiete können aus der Subrosionsanfälligkeit der Rötgipse und deren Folgen nicht zufriedenstellend erklärt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen bereits ACKERMANN (1959) und SCHNEIDER (1968) sowie in stratigraphisch vergleichbaren Untersuchungsgebieten SCHUNKE (1971) und TILCH (1999). Untermauert werden diese Erkenntnisse durch hydrochemische Untersuchungen an Quellaustritten im Sockelhangbereich unterhalb von Massenverlagerungsgebieten (vgl. BEYER 1997, 135). Dabei konnten selbst an jüngeren

Mauerschollengebieten keine Anzeichen erhöhter Sulfatgehalte, die Rückschlüsse auf eine aktive Gipssubrosion erlauben, festgestellt werden.

### 5.3.9 Morphometrische Lage zur Erosionsbasis (9)

Die morphometrische Lage der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge zur Erosionsbasis ergibt sich aus den Vertikal- und Horizontalentfernungen zwischen dem 4° Fußpunkt bzw. der unmittelbar vorgelagerten Tiefenlinie (lokale Erosionsbasis) und den Fixpunkten Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze und Top der Abrißwand (vgl. SCHMIDT & BEYER 2001) (vgl. Kap. 4.3 und Abb. 4.3). Aus diesen Distanzen lassen sich die Anstiegsverhältnisse und daraus über trigonometrische Funktionen (ARCTAN) die entsprechenden Anstiegswinkel zwischen den genannten Punkten berechnen. Im Rahmen der Untersuchung wurden 3 Winkel berücksichtigt ( $\alpha$ : Anstiegswinkel vom 4° Fußpunkt zur Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze,  $\beta$ : Anstiegswinkel vom Fußpunkt zum Top der Abrißwand;  $\gamma$ : Anstiegswinkel von der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze zum Top der Abrißwand) (vgl. Abb. 4.3). Die ermittelten Distanzen und Winkel beschreiben die morphometrische Lage und Ausprägung der Stufenhänge hinreichend genau und erlauben direkte quantitative Vergleiche. Einzelangaben zu den verschiedenen Parametern sind Anhang C zu entnehmen.

Betrachtet man, ausgehend vom 4° Fußpunkt, die Vertikal- und Horizontalabstände der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge zu den genannten Fixpunkten, zeigt sich, dass diese sehr unterschiedliche Werte annehmen. So liegen die Horizontalabstände vom Fußpunkt zum Top der Abrißwand (dH) zwischen minimal 20 m und maximal 1010 m, die dazugehörigen Vertikalabstände (dV) zwischen minimal 10 m und maximal 260 m. Gleiches gilt für die gemessenen Horizontal- und Vertikalabstände vom Fußpunkt zur Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze [(dS<sub>min</sub>: 5 m; dS<sub>max</sub>: 895 m / dF<sub>min</sub>: 5 m; dF<sub>max</sub>: 200 m)] sowie für die Abstände von der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze zum Top der Abrißwand [(dR<sub>min</sub>: 10 m; dR<sub>max</sub>: 420 m / dA<sub>min</sub>: 5 m; dA<sub>max</sub>: 105 m)] (vgl. Anhang C).

Aus der Einzelbetrachtung dieser sehr heterogenen Werte lassen sich zunächst keine Gemeinsamkeiten an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen erkennen. Stellt man jedoch die jeweiligen Horizontal- und Vertikalabstände gegenüber, werden einige Regelmäßigkeiten deutlich, die in Abbildung 5.33 [Vertikal- und Horizontalabstände vom 4° Fußpunkt zur Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze (dS/dR)], in Abbildung 5.34 [Vertikal- und Horizontalabstände vom 4° Fußpunkt zum Top der Abrißwand (dV/dH)] und in Abbildung 5.35 [Vertikal- und Horizontalabstände von der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze zum Top der Abrißwand (dR/dA)] dargestellt sind.

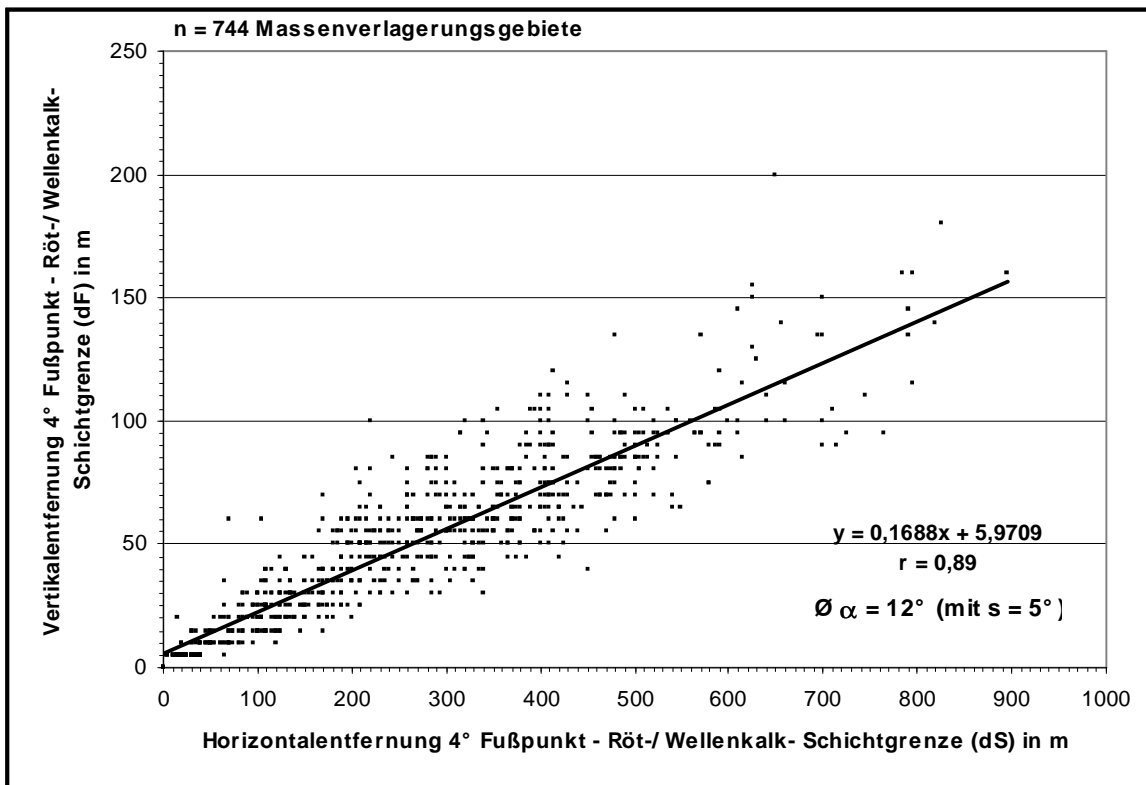


Abb. 5. 33: Vergleich der Horizontal- (dS) und Vertikalentfernungen (dF), gemessen vom 4° Fußpunkt zur Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen

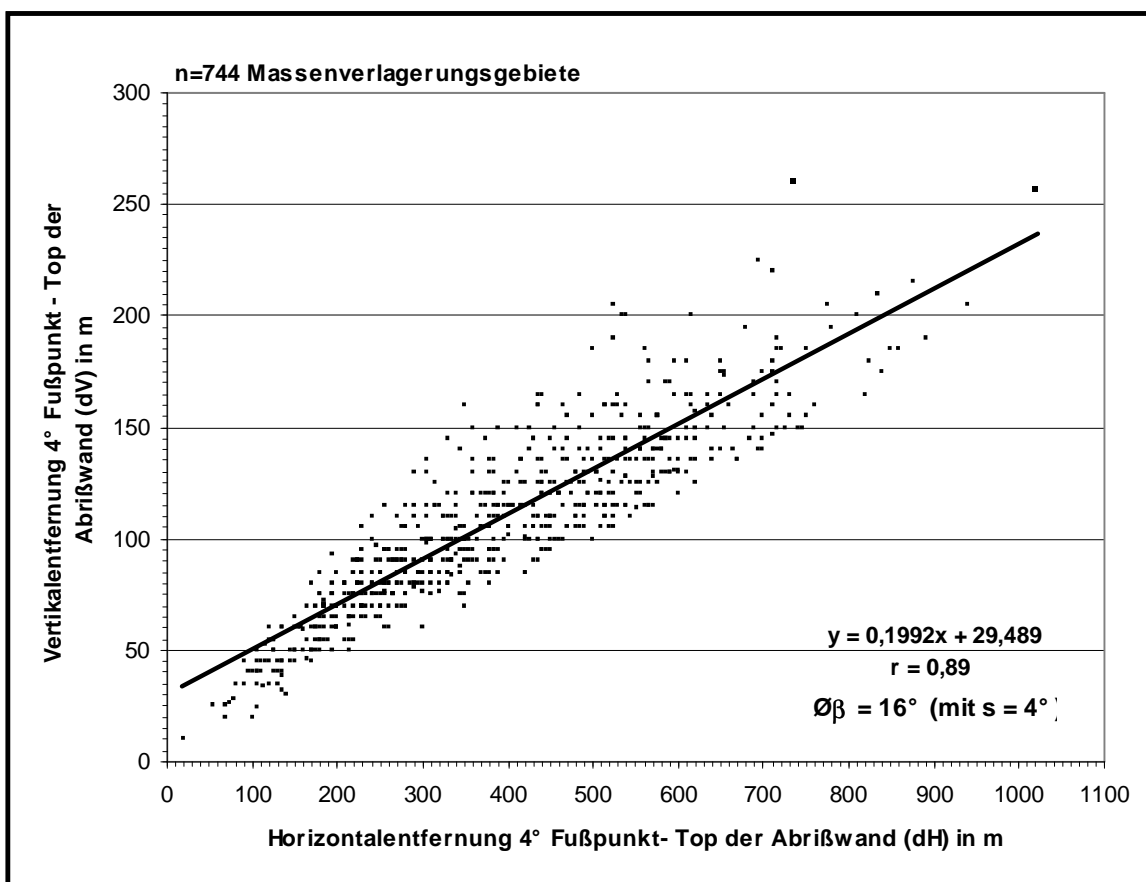


Abb. 5. 34: Vergleich der Horizontal- (dH) und Vertikalentfernungen (dV), gemessen vom 4° Fußpunkt zum Top der Abrißwand an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen

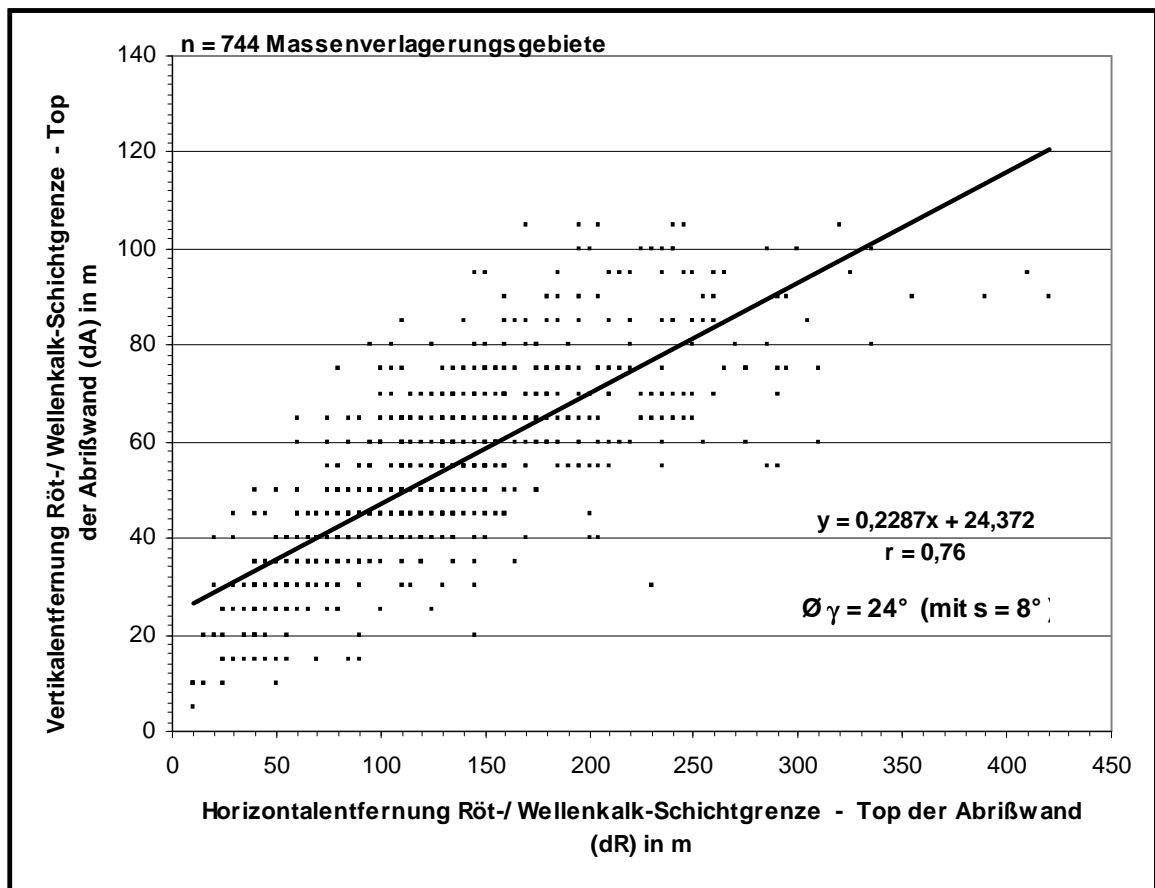


Abb. 5. 35: Vergleich der Horizontal- (dR) und Vertikalentfernungen (dA) gemessen von der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze zum Top der Abrißwand an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen

Wie zu sehen ist, weisen alle von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge trotz unterschiedlicher absoluter Horizontal- und Vertikaldistanzen ähnliche Anstiegsverhältnisse und damit ähnlich Anstiegswinkel zwischen den jeweils betrachteten Fixpunkten auf. Im Einzelnen beträgt der vom 4° Fußpunkt zur Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze ermittelte durchschnittliche Anstiegswinkel  $\alpha$  12° (mit  $s = 5^\circ$ ) (vgl. Abb. 5.33), der vom 4° Fußpunkt zum Top der Abrißwand ermittelte durchschnittliche Anstiegswinkel  $\beta$  16° (mit  $s = 4^\circ$ ) (vgl. Abb. 5.34) und der von der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze zum Top der Abrißwand ermittelte durchschnittliche Anstiegswinkel  $\gamma$  24° (mit  $s = 8^\circ$ ) (vgl. Abb.5.35). Auffällig dabei ist, dass v.a. der für den Oberhang typische Anstiegswinkel  $\gamma$  größere Variationen im Vergleich zu  $\alpha$  und  $\beta$  aufweist, was sich in der etwas geringeren Korrelation der Werte widerspiegelt ( $r = 0,76$ ) (vgl. Abb. 5.35). Zurückzuführen ist dies auf die Tatsache, dass in Abhängigkeit vom Alter der Massenverlagerungen die Abrißwände markant und steil (v.a. Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete) oder bereits stärker abgetragen und damit flacher ausgebildet sein können (v.a. Gebiete wo nur Rücken-, Absatz- und Fußschollen) (vgl. Kap. 3.4).

Betrachtet man die durchschnittlichen Anstiegswinkel innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte, ergibt sich das in Tabelle 5.16 dargestellte Bild.

Tab.: 5.16: Die Anstiegswinkel der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge der einzelnen Untersuchungsabschnitte

Untersuchungsabschnitte	L (%)	$\varnothing \alpha$ (°)	s (°)	$\varnothing \beta$ (°)	s (°)	$\varnothing \gamma$ (°)	s (°)
Hainleite	18,6	12	6	17	4	23	6
Dün	41,8	11	4	15	4	29	11
Bleicheröder Berge	48,8	12	6	15	4	23	5
Oberes Eichsfeld & Hainich	25,3	12	4	16	4	25	7
Gobert	60,4	13	3	16	3	26	8
Ringgau	41,4	13	4	17	3	25	7
Ohrdrufer-Platte	23,5	11	6	16	5	22	7
Ilm-Kalk-Platte	7,7	11	3	16	4	24	6
Tautenburger Forst	2,1	22	11	23	9	26	7
Zeugenberge Mittleres Saaletal	11,17	11	3	14	3	25	10

L: von Massenverlagerungen betroffene Stufenhanglänge (%)  
 $\varnothing \alpha$ : durchschnittlicher Anstiegswinkel vom Fußpunkt zur Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze  
 $\varnothing \beta$ : durchschnittlicher Anstiegswinkel vom Fußpunkt zum Top der Abrißwand  
 $\varnothing \gamma$ : durchschnittlicher Anstiegswinkel von der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze zum Top der Abrißwand  
s: Standardabweichung

Die Auswertung zeigt, dass sich mit Ausnahme des Tautenburger Forstes die durchschnittlichen Anstiegswinkel in allen Untersuchungsabschnitten ähneln. Die Unterschiede am Tautenburger Forst resultieren aus der Tatsache, dass die hier vorkommenden 6 Massenverlagerungsgebiete sich generell an Stufenhängen befinden, an denen die morphometrische Begrenzung des Unterhanges durch die unmittelbar den Stufenhang benachbarten, tief eingeschnittenen Tälern der Saale und Nebenbäche erfolgt. Dies führt hier zu einer starken horizontalen Verkürzung des Unterhanges, so dass sich hohe Vertikaldistanzen bei gleichzeitig sehr geringen Horizontaldistanzen ergeben, was schließlich in den erhöhten Anstiegswinkeln zum Ausdruck kommt. Abgesehen von dieser Ausnahme sind in den übrigen Untersuchungsabschnitten, trotz unterschiedlicher Massenverlagerungsbeeinflussung, ähnliche mittlere Anstiegswinkel zu verzeichnen.

Vergleicht man diese Anstiegswinkel mit denen von SCHUNKE (1968) im Leine-Weser-Bergland für ungestörte Wellenkalk-Stufenhänge ermittelten Anstiege, die gemessen vom 4° Fußpunkt bis zur Trauf durchschnittlich 10° betragen, sind die hier ermittelten Werte um ca. 6° deutlich erhöht. Da aufgrund der unterschiedlichen Untersuchungsgebiete und der z.T. bestehenden

Lagedivergenzen zwischen Steilabfall der Trauf und dem Top der Abrißwand (vgl. Kap. 5.2.5.2) die Werte aber nicht unmittelbar vergleichbar sind, können zunächst noch keine eindeutigen Rückschlüsse auf eine möglicherweise durch die Hangsteilheit bedingte Massenverlagerungsbeeinflussung abgeleitet werden. Um dies vertieft zu ergründen, wurden in einem weiteren Schritt die durchschnittlichen Anstiege der jüngeren Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen und Sturzfließungen (vgl. Karte 14) mit den durchschnittlichen Anstiegen aller übrigen Massenverlagerungsgebiete verglichen. Das sich daraus ergebende Bild ist in Tabelle 5.17 dargestellt.

Tab. 5.17: Vergleich der durchschnittlichen Anstiegswinkel der Massenverlagerungsgebiete, die Mauerschollen und Sturzfließungen aufweisen, mit allen übrigen Massenverlagerungsgebieten

<b>betrachtete Gebiete</b>	<b>n</b>	<b>Ø α</b> (°)	<b>s</b> (°)	<b>Ø β</b> (°)	<b>s</b> (°)	<b>Ø γ</b> (°)	<b>s</b> (°)
<b>Massenverlagerungsgebiete die weder Mauerschollen noch Sturzfließungen aufweisen</b>	628	11	6	15	4	24	7
<b>Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen</b>	111	13	4	17	3	27	9
<b>Massenverlagerungsgebiete mit Sturzfließungen</b>	14	14	2	19	3	29	7

n: Anzahl der Massenverlagerungsgebiete  
 Ø α: durchschnittlicher Anstiegswinkel vom Fußpunkt zur Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze  
 Ø β: durchschnittlicher Anstiegswinkel vom Fußpunkt zum Top der Abrißwand  
 Ø γ: durchschnittlicher Anstiegswinkel von der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze zum Top der Abrißwand  
 s: Standardabweichung

Festzustellen ist, dass die durchschnittlichen Anstiegswinkel der Mauerschollen und insbesondere der Sturzfließungsgebiete im Vergleich zu den Massenverlagerungsgebieten, in denen nur holozäne und pleistozäne Ruheformen (Absatz-, Rücken-, Wall-, Fußschollen) vorkommen, deutlich erhöht sind. Je nach betrachteten Winkel sind 2 bis 5° erhöhte Anstiege zu verzeichnen. Die Anwendung des T-Test zeigt, dass diese Unterschiede auf dem 0,1 % Niveau höchst signifikant sind.

Die erhöhten Anstiege im Bereich dieser jüngeren Massenverlagerungen treffen mit wenigen Ausnahmen gleichermaßen für alle Untersuchungsabschnitte zu. Für die Mauerschollengebiete ist dies in Tabelle 5.18 verdeutlicht. Im Einzelnen sind im Untersuchungsgebiet ab Anstiegswinkeln (β) < 15° keine Sturzfließungen und ab Anstiegswinkeln (β) < 10° keine Mauerschollen mehr zu verzeichnen. Die überwiegende Mehrzahl dieser Gebiete weist jedoch wesentlich größere Anstiege (≥ 16°) auf (vgl. Anhang C).

Tab. 5.18: Die durchschnittlichen Anstiegswinkel an den Stufenhängen der Massenverlagerungsgebiete, die Mauerschollen aufweisen

Untersuchungsabschnitte	n	$\bar{\alpha}$ (°)	s	$\bar{\beta}$ (°)	s	$\bar{\gamma}$ (°)	s
Hainleite	9	12	4	17	4	23	6
Dün	15	13	5	17	3	36	13
Bleicheröder Berge	4	16	5	16	2	23	4
Oberes Eichsfeld & Hainich	36	12	3	17	3	27	7
Gobert	19	14	3	17	3	28	8
Ringgau	11	14	4	19	3	28	6
Ohrdrufer-Platte	6	11	2	17	2	22	5
Ilm-Kalk-Platte	8	13	2	17	2	25	4
Tautenburger Forst	-	-	-	-	-	-	-
Zeugenberge Mittleres Saaletal	3	13	3	15	4	20	6

n: Anzahl der Massenverlagerungsgebiete die Mauerschollen aufweisen  
 $\bar{\alpha}$ : durchschnittlicher Anstiegswinkel vom Fußpunkt zur Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze  
 $\bar{\beta}$ : durchschnittlicher Anstiegswinkel vom Fußpunkt zum Top der Abrißwand  
 $\bar{\gamma}$ : durchschnittlicher Anstiegswinkel von der Röt-/Wellenkalk-Schichtgrenze zum Top der Abrißwand  
s: Standardabweichung

Die zwischen 2 und 5° höheren Anstiege erscheinen zunächst nicht groß. Bedenkt man jedoch, dass es sich hierbei nicht um Hangneigungen, sondern um Anstiegserhöhungen über größere Horizontalabstände handelt, wird deutlich, dass bereits 1° beträchtlich sein kann. Hinzu kommt, dass an potentiell massenverlagerungsanfälligen Hängen, und dazu gehört auch die Wellenkalk-Schichtstufe (vgl. PRINZ 1997), auch geringe Veränderungen der Hanggeometrie große Auswirkungen auf die Hangstabilität haben können. Im Allgemeinen erhöhen sich mit steigender Hangsteilheit die Schubspannungen bei gleichzeitiger Entlastung der verbleibenden Schichten, was zur Abnahme der Scherfestigkeit führen kann (vgl. PRINZ 1997; S. 278). Da der Oberhang festliegt, wird die Hangversteilung durch hangwärtige Verlagerungen des Fußpunktes und damit durch eine Versteilung des Rötsockels bei gleichzeitiger Reduktion des Hangwiderlagers bedingt. Ursachen dafür sind erosive Prozesse am Sockelhang, worauf im Einzelnen bei der Betrachtung der Faktoren: Lage im Stufengrundriss (10) und Lage zum Gewässernetz (12) nochmals näher eingegangen wird.

Ein Beispiel einer jüngeren Massenverlagerung am Dün (Abschnitt des Gebietes 189) (vgl. Karte 8) verdeutlicht den direkten Einfluss der Hangversteilung auf die Massenverlagerungsdisposition eines Hanges. Hier, im Tagebau des Zementwerkes Deuna, wurde ab 1975 Rötmaterial vom Sockel der Wellenkalk-Schichtstufe als Zuschlagstoff für die Zementherstellung abgebaut. Dabei wurde der Sockelhang derart versteilt, dass es zur Reaktivierung älterer Massenverlagerungen kam (vgl.

FISCHER et la 1975). Die morphometrischen Verhältnisse vor und nach dem Abbau sind in Abbildung 5.36 dargestellt.

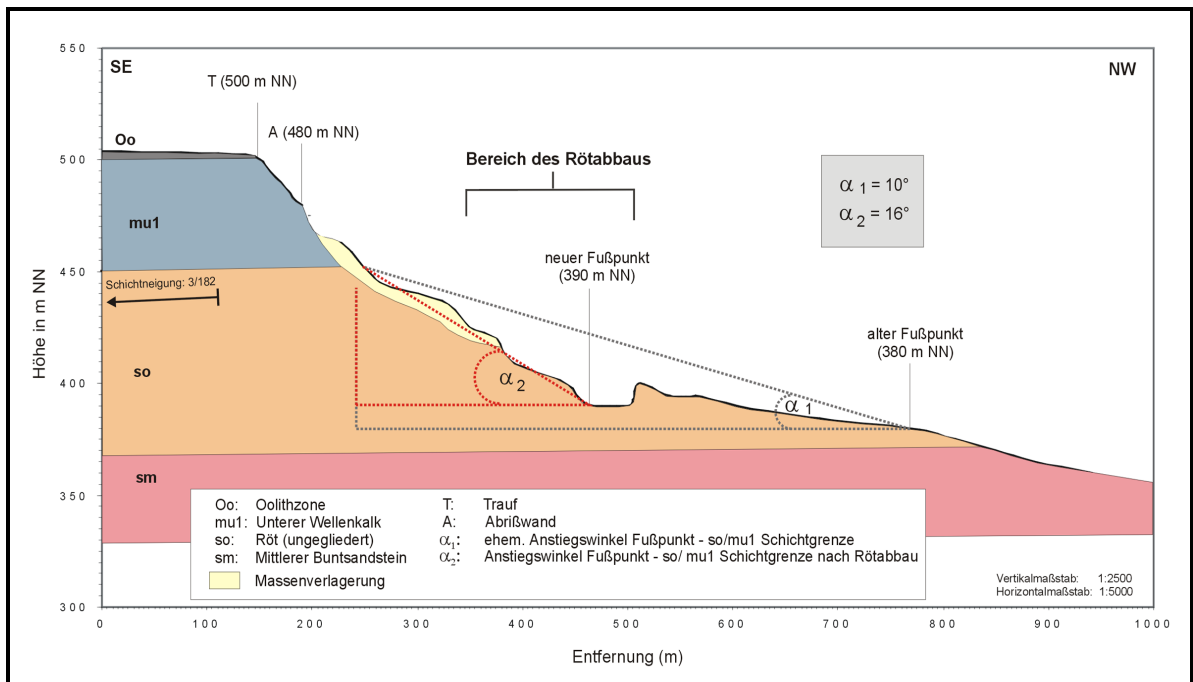


Abb. 5.36: Durch künstliche Hangversteilung verursachte Massenverlagerung im Tagebau Deuna

Vor dem Rötabbau betrug hier der Anstieg vom Fußpunkt zur Röt-/ Wellenkalk-Schichtgrenze ( $\alpha_1$ ) ca.  $10^\circ$ . Nach dem Anschnitt des Stufensockels und Abbau des Widerlagers wurde der Fußpunkt hangwärts verlagert, womit sich der Anstiegswinkel des Sockelhanges ( $\alpha_2$ ) um ca.  $6^\circ$ , auf  $16^\circ$  erhöhte. Infolgedessen kam es zur Reaktivierung älterer, bis dahin ruhender Massenverlagerungskörper und schließlich zu einer anthropogen initiierten Sturzfließung.

Eine erhöhte Hangsteilheit wird von einer Vielzahl von Autoren als maßgeblich die Massenverlagerungen beeinflussender Faktor angeführt (vgl. JOHNSEN & KLENGEL 1973, HAMMER 1985, KRAUTER 1987 in: SMOLTZYK 1987; PLATE et al 1993, PRINZ 1997, TILCH 1999). SCHUNKE (1971, 29) sieht in der vorzeitlichen, pleistozäne Hangsteilheit eine der wichtigsten Ursachen der Massenverlagerungsprozesse an den Stufenhängen, wobei er die holozänen Massenverlagerungen als Ausgleichsbewegungen auf die vorzeitliche Hangsteilheit zurückführt (vgl. SCHUNKE 1968, 195). Dabei ist jedoch zu bedenken, dass auch holozäne fluvialerosive Prozesse die Hangsteilheit nachhaltig beeinflussen können. So erfolgten v.a. auch in den feuchten, niederschlagsreichen Phasen des Atlantikums (vgl. SCHÖNWIESE 1979) nachweislich starke Eintiefungen der Fließgewässer (HOHL 1985), die zu Hangversteilungen führten. Das es in dieser Phase verstärkt zu Massenverlagerungen kam, betont auch PRINZ (1997). Auch aus dem Mittelalter sind nachweislich feuchtere, erosionsstarke Phasen bekannt, in denen verstärkt Massenverlagerungen auftraten (vgl. SPUREK 1972, BERRISFORD & MATTHEWS 1997). Zudem



können auch rezente lokale Ereignisse enorme Eintiefungs- und Hangversteilungstendenzen bewirken, so dass eine pleistozänen Hangsteilheit nicht notwendigerweise als primäre Ursache der Massenverlagerungsprozesse heranzuziehen ist.

Mit dem Erliegen eines Versteilungsimpulses kommt es jedoch zur Stabilisierung der Stufenhänge. Da der Fußpunkt nun festliegt, die Schollengleitungen den Oberhang aber gleichzeitig zurückverlagerten, kommt es zu Abflachungstendenzen der Stufenhänge. Im Untersuchungsgebiet trifft dies auf 628 Massenverlagerungsgebiete zu. Dies sind jene Gebiete, die in ihrem Formenschatz ältere Massenverlagerungsformen (Absatz-, Rücken-, Wall-, Fußschollen) aufweisen und deren Anstiegswinkel gleichzeitig durchschnittlich geringer sind als die der Massenverlagerungsgebiete, in denen rezent jüngere Massenverlagerungsformen auftreten (vgl. Tab. 5.17).

Wie die für das gesamte Untersuchungsgebiet typischen, relativ einheitlichen geringeren Anstiegswinkel der älteren Massenverlagerungsgebiete und die generell erhöhten Anstiege an den von jüngeren Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen verdeutlichen, ist die sich aus den Lagebeziehungen zur Erosionsbasis ergebende Hangsteilheit, eine sich auf die räumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete maßgeblich auswirkende Steuerungsgröße. Entsprechend der Beobachtungen an jüngeren Massenverlagerungsgebieten (Mauerschollen und Sturzfließungen) erweisen sich rezente Anstiegswinkel von  $13 - 14^\circ$  ( $\alpha$ ) bzw.  $17 - 19^\circ$  ( $\beta$ ) im Untersuchungsgebiet als kritisch (vgl. Tab. 5.17). Geringere Anstiege lassen rezent aktive Massenverlagerungsprozesse unwahrscheinlich werden.

Neben den Anstiegswinkeln können die auf die Fläche bezogenen Neigungsverhältnisse zur Charakteristik der Massenverlagerungsgebiete herangezogen werden. Diesbezüglich wurden 12 digitale Geländemodelle (DGM 20) ausgewertet, wobei die Neigungsverhältnisse der Massenverlagerungsgebiete mit den Neigungsverhältnissen des jeweiligen Gesamtstufenhanges verglichen wurden. Die Lage der DGM ist in Abbildung 4.4 (vgl. Kap. 4.3) dargestellt. Abbildung 5.37 enthält zwei Beispiele der aus den DGM abgeleiteten Hangneigungskarten.

In Abbildung 5.38 sind die durchschnittlichen Neigungsverhältnisse der Gesamtstufenhänge den Neigungsverhältnissen der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhangflächen exemplarisch für die DGM III, V, VIII und X gegenübergestellt.

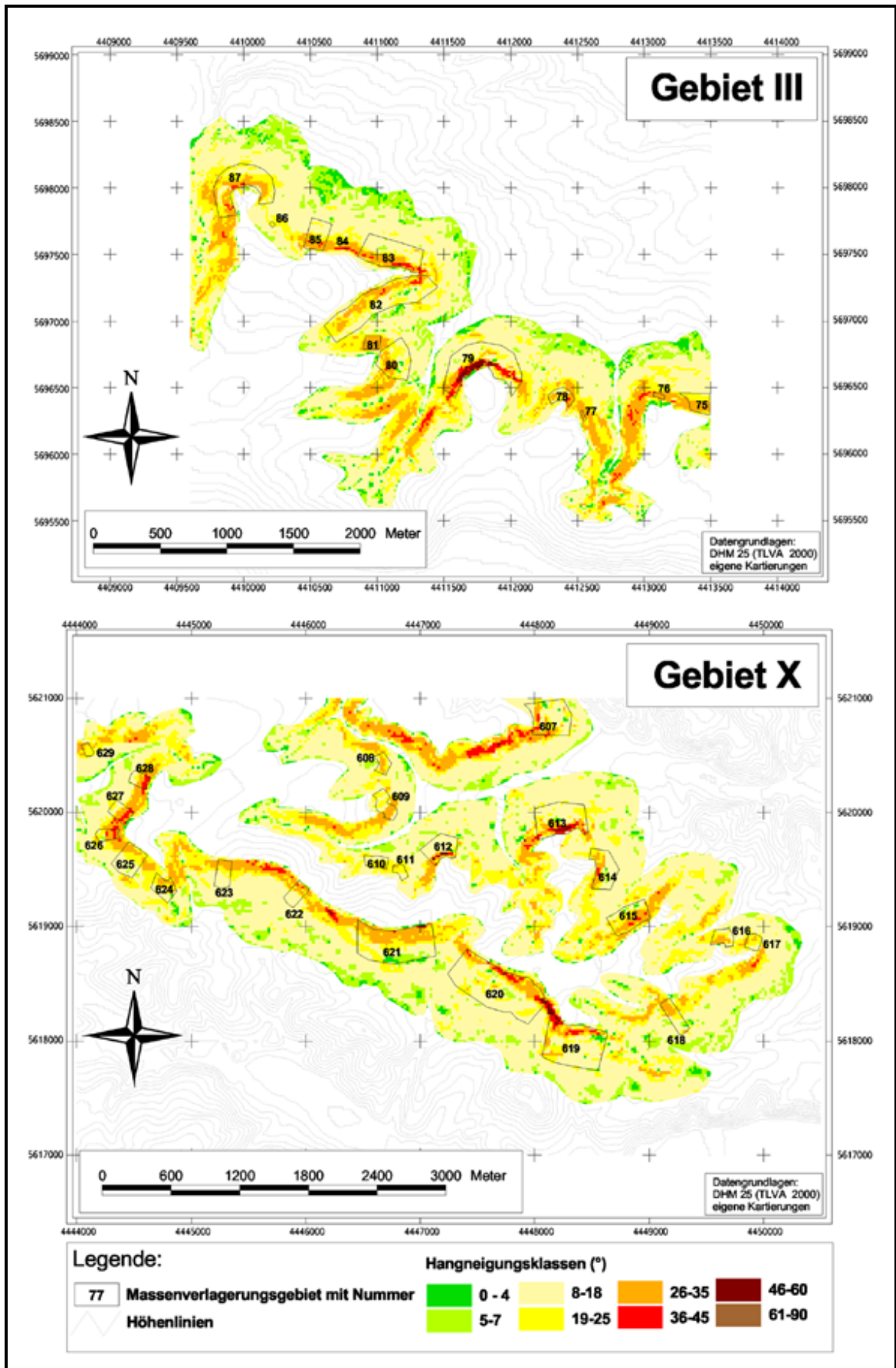


Abb. 5.37: Exemplarische Hangneigungskarten an von Massenverlagerungen betroffenen Wellenkalk-Schichtstufenabschnitten im Thüringer Becken (Gebiete: III: Hainleite / X: Ilm-Kalk-Platte)

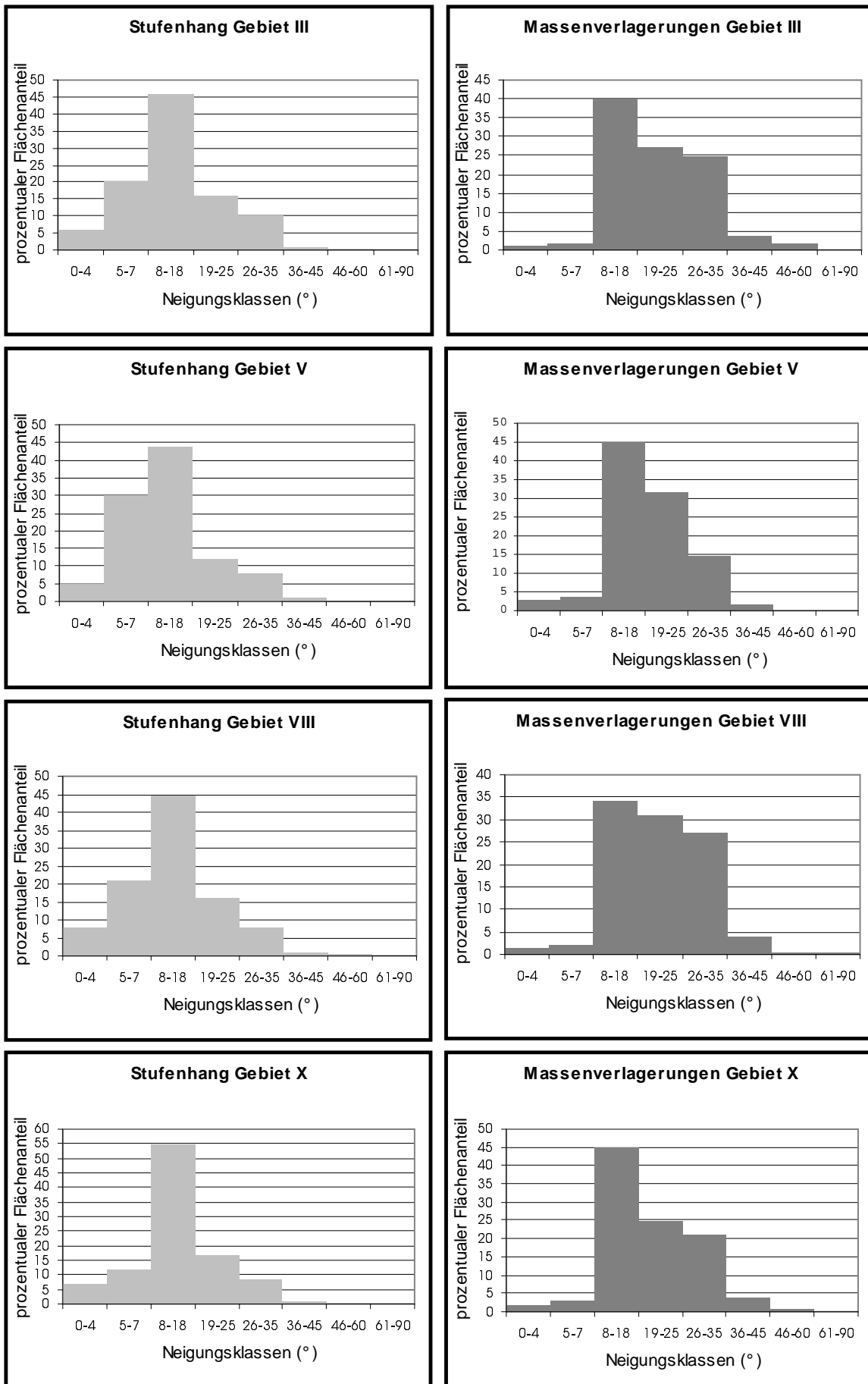


Abb. 5.38: Vergleichende Histogramme der Häufigkeit der Hangneigungsklassen am Gesamtstufenhang und innerhalb der Massenverlagerungsgebiete am Beispiel der DGM III; V; VIII; X

Betrachtet man die Stufenhangneigung der 8 vergleichenden klinographische Histogramme, zeigt sich, dass ab der Hangneigungsklasse 8 - 18° die Flächenanteile der höheren Neigungsklassen generell abnehmen (vgl. Abb. 5.38). Dies trifft sowohl für die Massenverlagerungsgebiete als auch für die betrachteten Gesamtstufenhänge aller mittels DGM analysierten Abschnitte zu. Fasst man die Flächenanteile der Hangneigungen > 18° zusammen, wird jedoch deutlich, dass diese Flächenanteile in den Massenverlagerungsgebieten im Unterschied zum Gesamtstufenhang, generell erhöht sind. Wie aus Abbildung 5.38 hervorgeht, dominieren in den Massenverlagerungsgebieten jeweils die mittleren Neigungswinkelklassen von 19 - 35°, während v.a. die unteren (< 18°) aber auch die oberen (> 36°) Neigungsklassen demgegenüber zurücktreten. Letzteres gilt auch für den Gesamtstufenhang, wobei hier jedoch die dominierende Hangneigungsklasse 8 - 18° darstellt. Fasst man die in Abbildung 5.38 dargestellten Unterschiede in Form von durchschnittlichen Mittelwerten zusammen, ergibt sich das in Tabelle 5.19 dargestellte Bild.

Tab: 5.19: Die durchschnittlichen Hangneigungen der untersuchten Stufenhangabschnitte (getrennt für Gesamtstufenhang und Massenverlagerungsgebiete)

<b>Gebiete und dazugehöriger Untersuchungsabschnitt</b>	<b>Ø Hangneigung vom Gesamtstufenhang</b>	<b>s</b>	<b>Ø Hangneigung der Massenverlagerungsgebiete</b>	<b>s</b>
	(°)		(°)	
<b>I</b> (Hainleite)	15,6	8,6	30,4	7,8
<b>II</b> (Hainleite)	13,7	7,9	22,8	7,1
<b>III</b> (Hainleite)	16,5	8,8	22,3	9,1
<b>IV</b> (Dün)	14,0	9,7	24,1	9,7
<b>V</b> (Bleicheröder Berge)	13,2	7,5	19,7	7,7
<b>VI</b> (Dün)	12,5	7,4	17,2	7,2
<b>VII</b> (Oberes Eichsfeld & Hainich)	13,1	8,2	19,5	8,4
<b>VIII</b> (Oberes Eichsfeld & Hainich)	15,4	7,7	21,9	7,8
<b>IX</b> (Ohrdrufer Platte)	13,5	7,3	17,4	8,2
<b>X</b> (Ilm-Kalk-Platte)	15,9	7,9	20,6	8,7
<b>XI</b> (Ilm-Kalk-Platte)	13,2	7,4	18,9	7,4
<b>XII</b> (Zeugenberge Mittleres Saaletal)	12,9	7,1	20,9	9,0
s: Standardabweichung				

Wie daraus hervorgeht, sind die durchschnittlichen Hangneigungen im Bereich der Massenverlagerungsgebiete im Vergleich zu den durchschnittlichen Hangneigungen der Gesamtstufenhänge generell erhöht. Im Einzelnen schwanken sie zwischen ~17° am Dün und ~30°

an der Hainleite. Demgegenüber liegen die durchschnittlichen Neigungswerte der gesamten Stufenhänge zwischen minimal  $\sim 13^\circ$  an den Zeugenbergen Mittleres Saaletal und maximal  $16,5^\circ$  an der Hainleite (vgl. Tab. 5.19). Diese Unterschiede resultieren einerseits aus der Längenausdehnung der Massenverlagerungsgebiete, die i.d.R. auf die Ober- und Mittelhangpositionen beschränkt bleiben und damit weniger Flächenanteil an den flacher geneigten Unterhangabschnitten haben, zum anderen aus der Tatsache, dass die vom Stufenhang gelösten Wellenkalkschollen mehr oder weniger steile Abrißwände hinterlassen, die sich in den durchschnittlich höheren Hangneigungen dieser Gebiete niederschlagen. Aus diesen Lagepositionen erklärt sich auch die Dominanz der mittleren Hangneigungsklassen ( $19 - 25^\circ$  und  $26 - 35^\circ$ ) innerhalb der Massenverlagerungsgebiete (vgl. oben). Zudem ist hierbei zu bedenken, dass v.a. größere, verlagerte Schollenkomplexe dem ehemals konkaven Stufenhang v.a. in den Mittelhangbereichen ein gebuckeltes Relief verleihen (vgl. ACKERMANN 1959, SCHUNKE 1968). Auch diese morphologischen Formen spiegeln sich in den Hangneigungskarten deutlich wider (vgl. Abb. 5.37, z.B. Massenverlagerungsgebiete 79 und 619) und führen ebenfalls zu einer Erhöhung der mittleren Hangneigungswerte. Bemerkenswert ist auch die Tatsache, dass sich in den Hangneigungskarten die stärker geneigten Sockelhangbereiche der rezenten Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete deutlich abzeichnen. In Abbildung 5.37 betrifft dies die Gebiete 79 und 87 (beides Massenverlagerungsgebiete, in denen Mauerschollen auftreten), deren Sockelhangbereiche lokal Neigungen von  $26 - 35^\circ$  aufweisen. Ähnliche Beobachtungen machten SCHUNKE (1971) und BEYER (1997).

Die aus Tabelle 5.19 hervorgehenden, insgesamt geringeren durchschnittlichen Hangneigungswerte der Massenverlagerungsgebiete am Dün, der Bleicheröder Berge, der Ohrdruffer Platte und der Ilm-Kalk-Platte resultieren aus der größeren Anzahl von Gebieten mit größeren Längenausdehnungen ( $> 200$  m) (vgl. Kap. 5.2.3.2 und Abb. 5.4), was im Fall der Ilm-Kalk-Platte auch auf das vermehrte Vorkommen von Fußschollen zurückzuführen ist (vgl. Kap. 5.2.4.1). An der Hainleite hingegen sind Massenverlagerungen größerer Längenausdehnungen wesentlich seltener zu verzeichnen, so dass die Flächenausdehnung dieser auf die insgesamt steileren Mittel- und Oberhangbereiche beschränkt bleiben, was sich wiederum in den hohen durchschnittlichen Mittelwerten niederschlägt. Zudem ist zu bedenken, dass aufgrund der räumlichen Begrenzung der DGM nicht alle Massenverlagerungsgebiete erfasst wurden.

Interessant ist die Verteilung der am Stufenhang insgesamt seltener zu verzeichnenden Hangneigungen  $> 36^\circ$ . Wie diesbezüglich Abbildung 5.37 zeigt, sind solch hohen Neigungen v.a. an den Flanken bzw. Stirnbereichen der Stufenvorsprünge zu finden, wobei dort auch gehäuft Massenverlagerungen zu verzeichnen sind. Bezieht man die  $> 36^\circ$  geneigten Flächenanteile der

Massenverlagerungsgebiete auf die  $> 36^\circ$  geneigten Flächenanteilen der entsprechenden Gesamtstufenhänge, ergibt sich das in Abbildung 5.39 dargestellte Bild.

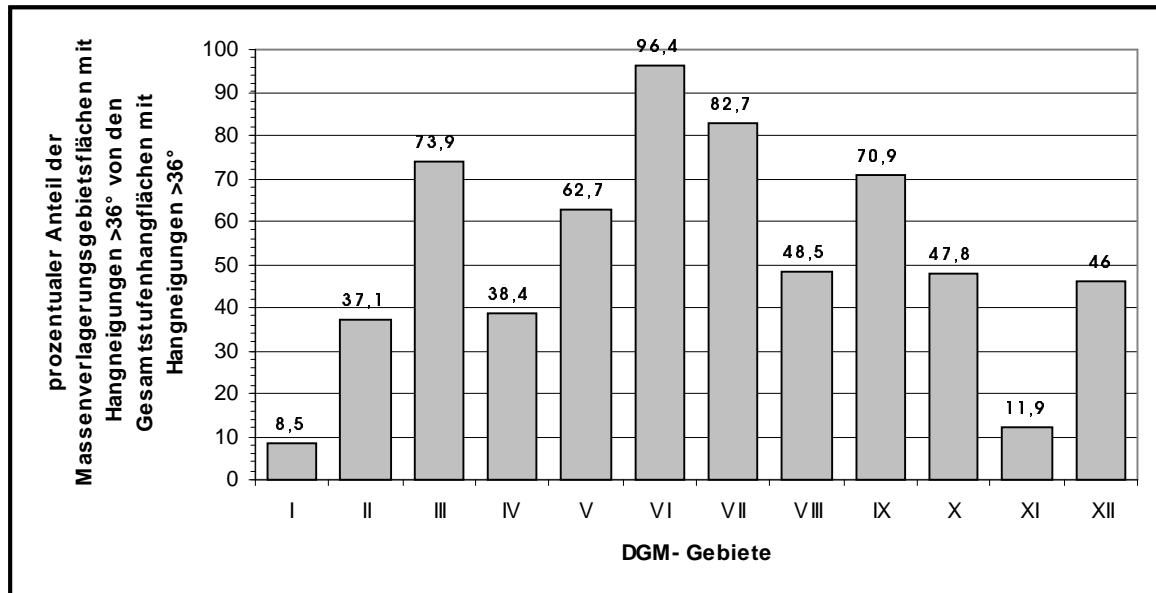


Abb. 5.39: Der prozentuale Anteil der  $> 36^\circ$  geneigten Stufenhangflächen der Massenverlagerungsgebiete von der Gesamtfläche der Stufenhänge die  $> 36^\circ$  Hangneigungen aufweisen

Von den  $> 36^\circ$  geneigten Flächenanteilen der Gesamtstufenhänge sind zwischen minimal 8,5 % (Gebiet I: Hainleite) und maximal 96,4 % (Gebiet VI: Dün) von Massenverlagerungen betroffen. Dies bedeutet, dass die höheren Hangneigungswerte nicht generell an Massenverlagerungsgebiete gebunden sind, wenn auch die höchsten Neigungswerte ( $> 61^\circ$ ) fast ausschließlich in den Massenverlagerungsgebiete auftreten, was auch hier auf die teilweise Ausbildung nahezu senkrechter Abrißwände zurückzuführen ist (vgl. Abb. 5.37). Vor allem in den DGM Abschnitten I; II; IV; VIII; X; XI; und XII kommen verstärkt auch  $> 36^\circ$  geneigte Stufenhänge ohne Massenverlagerungen vor. Wie bei einem Vergleich mit Karte 8 auffällt, handelt es sich hierbei jedoch um Stufenhangabschnitte an denen Massenverlagerungsgebiete insgesamt weniger häufig zu verzeichnen sind. An den stärker massenverlagerungsbeeinflussten Abschnitten III (Hainleite), V (Bleicheröder Berge), VI (Dün), VII (Oberes Eichsfeld & Hainich) und IX (Ohrdruffer Platte) hingegen, ist die überwiegende Mehrzahl der  $> 36^\circ$  geneigten Stufenhangbereiche gleichzeitig auch von Massenverlagerungen betroffen. Daraus schlußfolgernd kann man festhalten, dass höhere Stufenhangneigungen für die Massenverlagerungen zwar förderlich und typisch sind, dass aber aufgrund des Vorkommens von massenverlagerungsfreien,  $> 36^\circ$  geneigten Stufenhangabschnitten die räumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete nicht allein von der Stufenhangneigung bestimmt wird. Die aus den DGM abzuleitenden maximalen Hangneigungen ( $> 60^\circ$ ) geben jedoch, da sie i.d.R. an die Abrißwände der Massenverlagerungsgebiete gebunden sind (vgl. oben), auch

ohne vorherige Geländekenntnis bereits wichtige Informationen zur Lage der Massenverlagerungsgebiete am Wellenkalk-Schichtstufenhang.

### 5.3.10 Lage im Stufengrundriss (10)

Auf den Einfluss des Faktors Lage im Stufengrundriss auf die Verbreitung der Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe machte erstmals SCHMIDT (1988b) aufmerksam. Der Stufengrundriss resultiert aus der Zerschneidung der Stufenhänge durch die Täler, die den Stufenhang in Buchten und Vorsprünge gliedern. Ein morphometrisches Maß dafür ist der Buchtungsindex (vgl. Kap. 2.3.3.6). Entsprechend der Stufenhangzergliederung ergeben sich prinzipiell 4 unterschiedliche Grundrisspositionen: Bucht, gestreckter Abschnitt, Vorsprung (Flanke); Vorsprung (Stirn). (vgl. Kap. 4.3 und Abb. 4.5). Ordnet man die in Anhang C enthaltenen Breiten der einzelnen Massenverlagerungsgebiete den entsprechenden Grundrisspositionen metrisch zu, ergibt sich das in Abbildung 5.40 dargestellte Verteilungsbild.

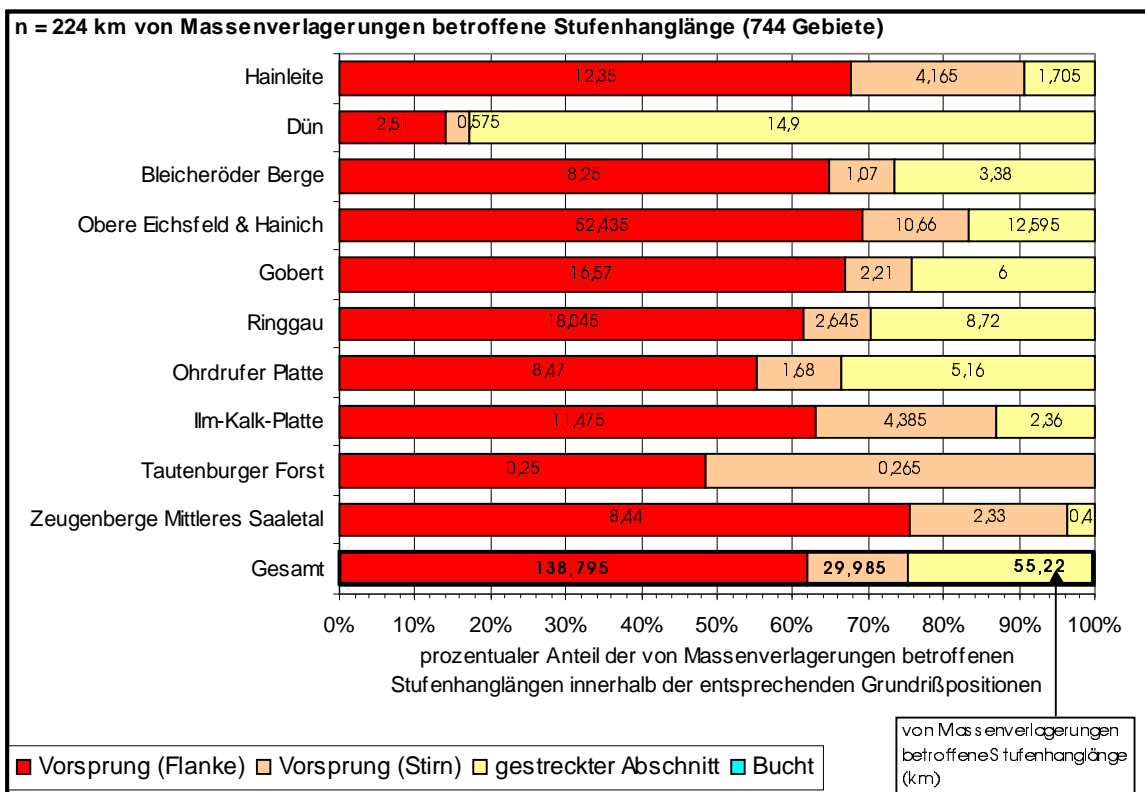


Abb. 5.40: Die Lage der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge im Grundriss

Wie hieraus hervorgeht, treten entgegen der Auffassungen von ACKERMANN (1958, 183) und MARTIN (1965, 59), die die Massenverlagerungen an Bergvorsprüngen für Ausnahmeerscheinungen halten, ~76 % der Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken an Stufenvorsprüngen auf, wobei hier ca. 62 % auf die Vorsprungsflanken

und ca. 14 % auf die Stirnbereiche entfallen. Demgegenüber befinden sich nur ~24 % der Massenverlagerungen an gestreckten Stufenhangabschnitten. In Buchtenlagen sind im gesamten Untersuchungsgebiet keine Massenverlagerungen zu verzeichnen. Ein Blick auf Karte 8 verdeutlicht diese Unterschiede eindrucksvoll. Zu vergleichbaren Feststellungen am Ringgau und der Gobert kam bereits SCHMIDT (1988b) und an den Schichtstufenhängen der Schwäbischen Alp auch KRAUT (1995), TERHORST (1997) und KALLINICH (1999).

Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte ergeben sich, abgesehen vom Dün und vom Tautenburger Forst, mit kleineren Abweichungen, ähnliche Verteilungsmuster (vgl. Abb. 5.40). Am Tautenburger Forst befinden sich alle 6 Massenverlagerungsgebiete an Stufenvorsprüngen, wobei die Stirn- (52 %) und Flankenpositionen (ca. 48 %) in etwa gleichhäufig betroffen sind. Massenverlagerungen an gestreckten Abschnitten fehlen hier jedoch. Am Dün hingegen ist das Verteilungsbild fast umgekehrt. Hier sind ca. 83 % der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge an gestreckten Stufenhangabschnitten zu finden, wohingegen nur 18 % auf die Vorsprünge entfallen (12 % Flanke; 6 % Stirn) (vgl. Abb. 5.40). Prinzipiell sind am Dün, trotz vergleichbar flacher Schichtlagerung zu den benachbarten Gebieten (vgl. Kap. 2.3.3.7 und Kap. 5.3.6), nur sehr wenige markant ausgebildete Vorsprünge zu verzeichnen, was sich schließlich in den sehr geringen Buchtungswerten (Buchtungsindex: 1,8) dieses Untersuchungsabschnittes zum Ausdruck kommt (vgl. Tab. 2.6, Kap. 2.3.3.6). Der Grund hierfür ist in Anlehnung an STEINMÜLLER (1965, S. 92) möglicherweise in der Ausbildung eines Salzhanges im Zechsteinsalinar zu suchen, der sich, wie Bohrungen belegen, hier unmittelbar unter der Steilkante vom Dün befindet. Gleichzeitig sieht STEINMÜLLER (1965, 94) in der Zechsteinsubrosion den Hauptgrund für die große Massenverlagerungshäufigkeit am Dün. Die Zechsteinsubrosion könnte damit für diese Unterschiede in Frage kommen, zumal auch im Bereich der Ohrdruffer Platte bei Plaue, welches nach SEIDEL (1995, 422) eines der bedeutendsten Auslaugungsgebiete im Thüringer Becken darstellt (vgl. Kap. 2.2), lokal ebenfalls eine größerer Massenverlagerungshäufigkeit zu verzeichnen ist (vgl. Karte 8), im Unterschied zum Dün die Buchtung hier aber wesentlich größere Werte annimmt (Buchtungsindex: 3,1). Weitere Bohrungen könnten hier möglicherweise nähere Aufschlüsse bringen. Generell sind aber auch weniger intensiv von Subrosionserscheinungen geprägte Stufenhangabschnitte wie Gobert und Bleicheröder Berge besonders stark von Massenverlagerungen betroffen (vgl. Kap. 5.2.2). Zudem stimmen die Anstiegsverhältnisse der Massenverlagerungsgebiete am Dün mit denen der anderen Untersuchungsabschnitte überein (vgl. 5.3.9), so dass die Zechsteinsubrosion möglicherweise als begünstigend-ergänzender Faktor, aber nicht notwendiger Weise als Ursache in Betracht zu ziehen ist. Für die Rötgipssubrosion wurde darauf bereits in Kapitel 5.3.8 hingewiesen.

Die in den übrigen Untersuchungsabschnitten zu verzeichnende Massenverlagerungsbevorzugung



der Stufenvorsprünge, insbesondere der Flankenbereiche, resultiert aus der Tatsache, dass die Vorsprungsflanken sich im unmittelbaren Einflussbereich der perennierend oder episodisch wasserführenden Täler befinden, wo es durch Seitenerosion zur Verlagerung des Fußpunktes und damit zur Verkürzung der Horizontaldistanzen kommen kann. Damit verbunden, können sich die Anstiegsverhältnisse am Stufenhang, insbesondere am Rötsockel, kritisch erhöhen (vgl. Kap. 5.3.9). Aus dem Abbau der Widerlager resultieren größere Schubspannungen bei gleichzeitiger Entlastung der verbleibenden Schichten und abnehmender Scherfestigkeit, was schließlich zu Massenverlagerungsprozessen führen kann. Abbildung 5.37 verdeutlicht diese Zusammenhänge eindrucksvoll. So geht daraus klar hervor, dass die Mehrzahl der Massenverlagerungen sich an Flankenpositionen befindet, die verkürzte Horizontaldistanzen und damit verbunden, höhere Anstiegswinkel und gleichzeitig auch großflächig höhere Hangneigungen aufweisen (insbesondere Hangneigungen  $> 35^\circ$ ). Damit wird deutlich, dass eine pleistozän überlieferte Hangsteilheit (vgl. SCHUNKE 1968, 1971) keine notwendige Voraussetzung für das Auftreten der Massenverlagerungen ist (vgl. Kap. 5.3.9).

In den Buchten mit ihren insgesamt größeren Horizontaldistanzen und geringeren Anstiegswinkeln bei gleichzeitig geringeren Hangneigungen (i.d.R.  $< 20^\circ$ ) treten im gesamten Untersuchungsgebiet keine Massenverlagerungen auf (vgl. Abb. 5.40 und Karte 8). Die flacheren Anstiegsverhältnisse bedingen, dass diese Stufenhangbereiche gegenüber den gravitativen Massenverlagerungsprozessen stabil sind.

In den Stirnbereichen der Vorsprünge sind Massenverlagerungen nur zu finden, wenn sich ähnliche hohe Anstiegswerte und Neigungen, wie an den Vorsprungsflanken, einstellen. Wie Geländebefunde zeigen (vgl. auch Abb. 5.37), ist dies aber nur an wenigen und wenn, dann meist an kürzeren Vorsprüngen der Fall (vgl. BEYER & SCHMIDT 1999). Die Mehrzahl der Stirnbereiche der Stufenvorsprünge ist durch größere Horizontaldistanzen bei gleichen Vertikaldistanzen im Vergleich zu den Vorsprungsflanken gekennzeichnet und damit insgesamt weniger steil ausgebildet. Zudem konnte festgestellt werden, dass die von Massenverlagerungen betroffenen Stufenvorsprünge relativ schmal sind, wobei die Mehrzahl Breitenausdehnungen  $< 300$  m aufweist. Insgesamt ist an den Stirnbereichen der sockelhangversteilende Tiefenlinieneinfluss naturgemäß weniger deutlich ausgeprägt als an den Vorsprungsflanken, die sich über größere Strecken im unmittelbar angrenzenden Kontaktbereich zur Tiefenlinie befinden. Damit einhergehen die genannten Unterschiede

Betrachtet man sich das in Karte 8 dargestellte Verteilungsbild der Massenverlagerungsgebiete, wird deutlich, dass mit Ausnahme des Dün v.a. an den stark gebuchteten Stufenhangabschnitten die Massenverlagerungen verstärkt auftreten. So sind bspw. am Untersuchungsabschnitt Oberes

Eichsfeld & Hainich annähernd alle Stufenvorsprünge von Massenverlagerungen betroffen. Vergleicht man die sich aus der naturräumlichen Begrenzung der Untersuchungsabschnitte ergebenden Buchtungsindexwerte (vgl. Tab. 2.6; Kap. 2.3.3.6) der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der jeweiligen Gebiete (vgl. Abb. 5.1; Kap. 5.2.2), ergibt sich das in Abbildung 5.41 dargestellte Verteilungsbild. Dabei wurde der Dün aufgrund seiner morphologischen Besonderheiten (geradliniger Stufenverlauf) nicht berücksichtigt.

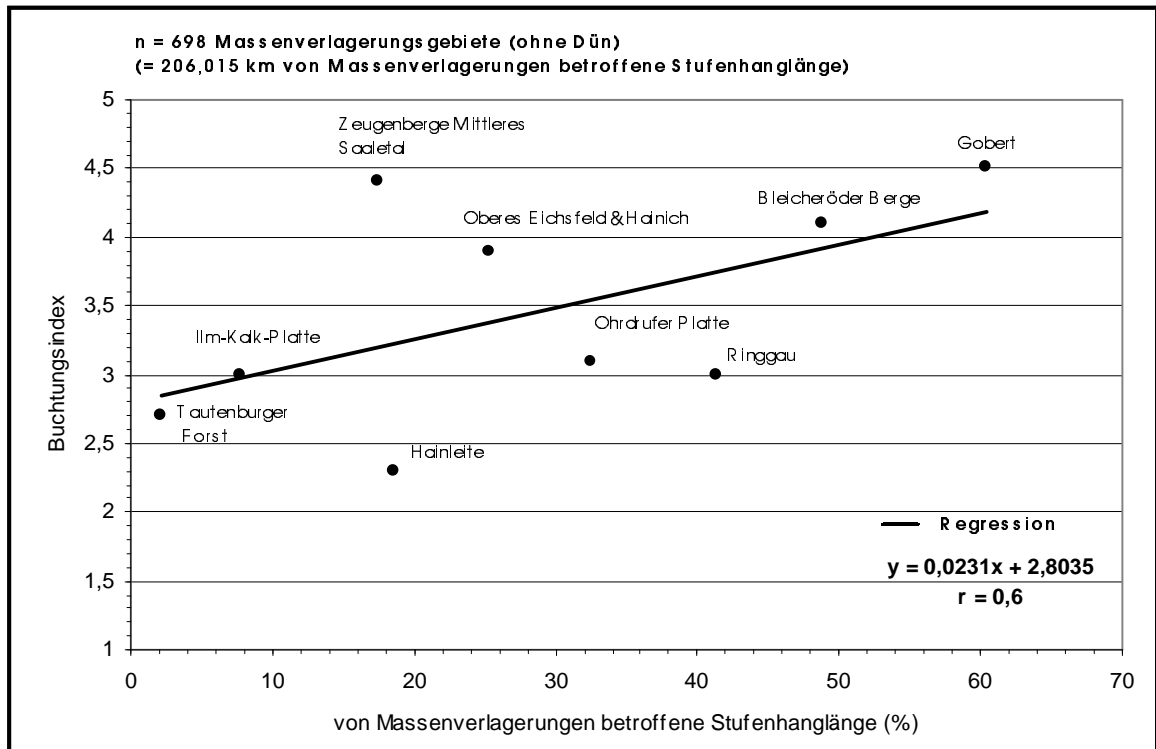


Abb. 5.41: Vergleich der Buchtungsindexwerte der Untersuchungsabschnitte mit den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen (ohne Dün)

Wie dieses Verteilungsbild zeigt, nimmt mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,6$  die Massenverlagerungshäufigkeit mit steigender Buchtungsindex tendenziell zu. Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte sind jedoch auch größere Abweichungen dazu zu verzeichnen. So sind die sehr stark gebuchteten Stufenhänge der Zeugenberge Mittleres Saaletal (Buchtungsindex: 4,4) nur vergleichsweise gering von Massenverlagerungen betroffen (von Massenverlagerungen betroffene Stufenhanglänge ~17,5 %), wobei aber auch hier v.a. die am stärksten gebuchteten, nordwestlichen und nördlichen Stufenhangabschnitte Massenverlagerungskonzentrationen aufweisen (vgl. Karte 8 und Kap. 5.2.1). Demgegenüber ist der Ringgau oder aber das Obere Eichsfeld & Hainich durch kleinere Buchtungsindexwerte, bei gleichzeitig wesentlich größeren von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen gekennzeichnet (vgl. Abb. 5.41). Ähnlich verhält es sich an der Ilm-Kalk-Platte, die gleiche Buchtungsindexwerte wie der Ringgau aufweist (Buchtungsindex: 3,0), an deren Stufenhängen Massenverlagerungen jedoch viel seltener auftreten.

Wie auch hierzu ein Blick auf Karte 8 zeigt, existieren v.a. an den weniger stark von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhangabschnitten (Ilm-Kalk-Platte, Hainleite, Zeugenberge Mittleres Saaletal) zahlreiche Vorsprünge, an denen keine Massenverlagerungen zu verzeichnen sind. Obwohl die Vorsprungsbereiche die für Massenverlagerungen anfälligsten Stufenhangabschnitte an der Wellenkalk-Schichtstufe sind (vgl. Abb. 5.40), wird damit deutlich, dass die unterschiedlich starke Massenverlagerungsbeeinflussung der einzelnen Untersuchungsabschnitte nicht allein auf die Vorsprungshäufigkeit bzw. auf die Buchtung zurückgeführt werden kann. Mögliche Ursachen dafür werden im Zusammenhang mit der Diskussion der Lage zum Gewässernetz erörtert.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der Faktor Stufengrundriss aufgrund der engen Wechselwirkungen zu den Anstiegsverhältnissen maßgeblich die Lage der Massenverlagerungen an den Stufenhängen bestimmt, aber dass bezogen auf das Gesamtgebiet die großräumliche Variabilität der Massenverlagerungen jedoch nicht allein aus diesem Faktor erklärt werden kann.

### 5.3.11 Exposition (11)

Um mögliche Einflüsse des äußerst kontrovers diskutierten Faktors Exposition auf die Verbreitung der Massenverlagerungsgebiete näher ergründen zu können, wurden zunächst die Massenverlagerungsgebietsbreiten entsprechend ihrer Lage zur Himmelsrichtung metrisch den 8 Expositionsklassen zugeordnet (vgl. Kap. 4.3). Das sich daraus für die einzelnen Untersuchungsabschnitte ergebende Verteilungsbild ist in Abbildung 5.42 dargestellt. Entsprechend der vorzunehmenden Vergleiche zur der Expositionsverteilungen der Gesamtstufenhänge (vgl. Kap. 2.3.3.8) wurde diese als Vergleichsbasis in Abbildung 5.42 übernommen.

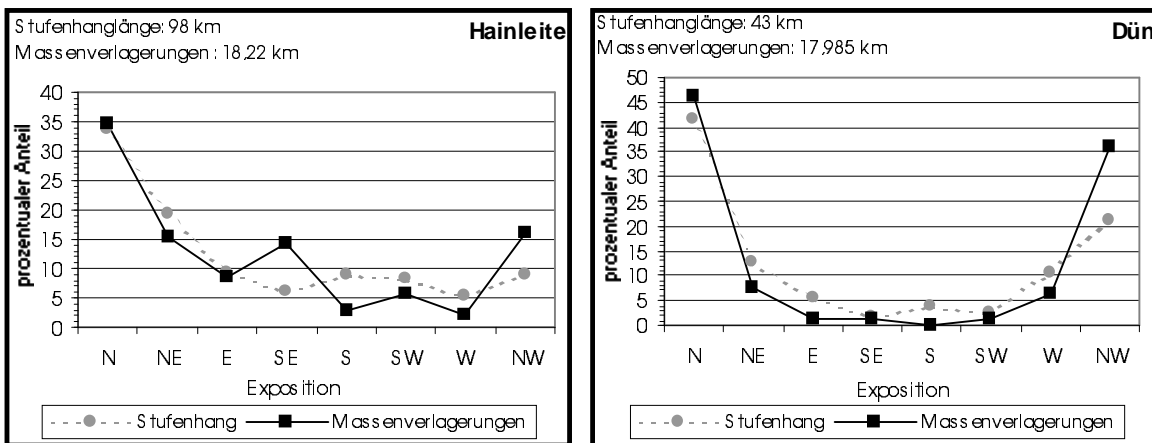


Abb.:5.42 (1/3): Vergleich der Expositionsverteilung der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge mit der Expositionsverteilung der Gesamtstufenhänge

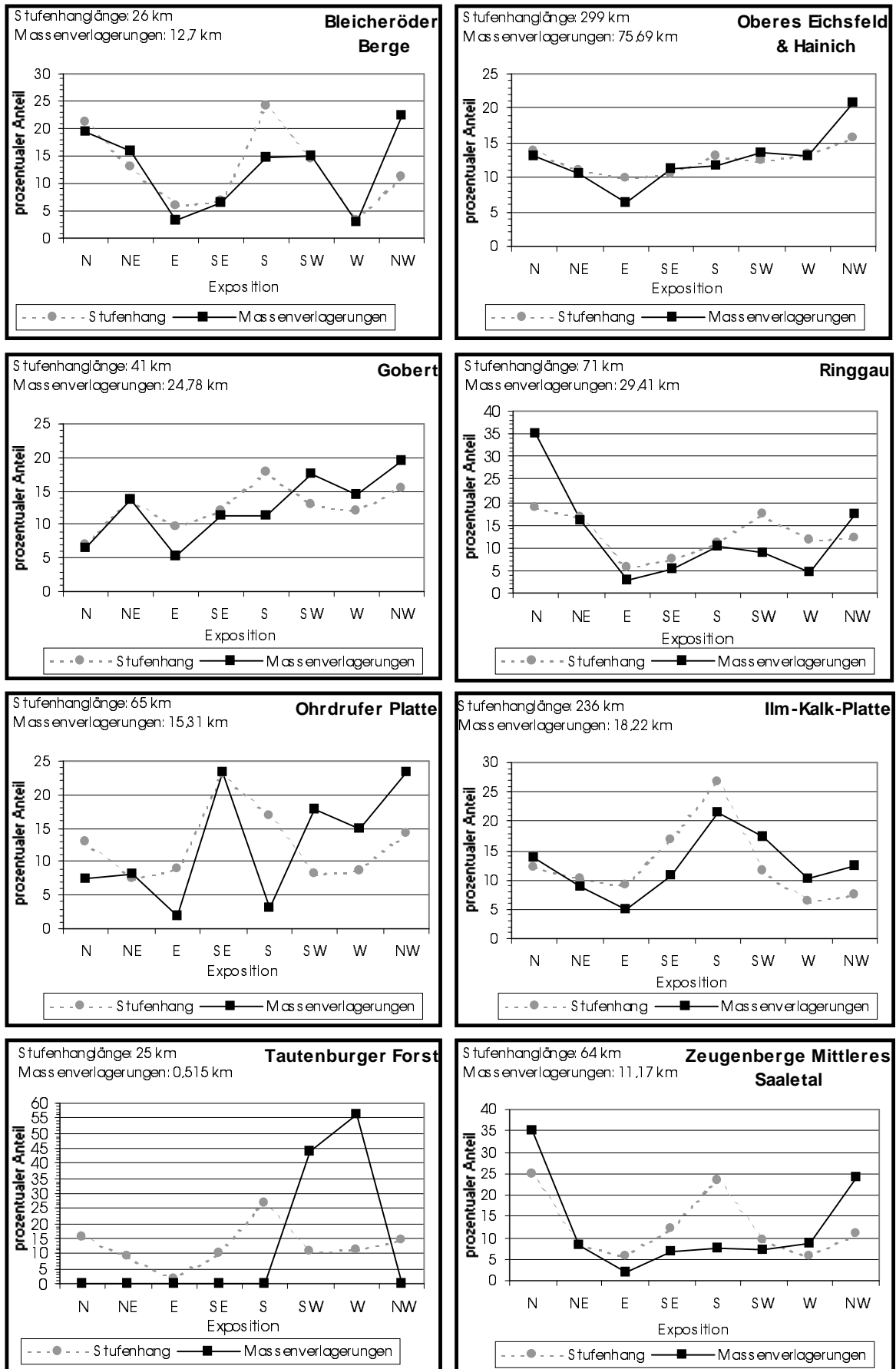


Abb.:5.42 (2/3): Vergleich der Expositionsverteilung der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge mit der Expositionsverteilung der Gesamtstufenhänge

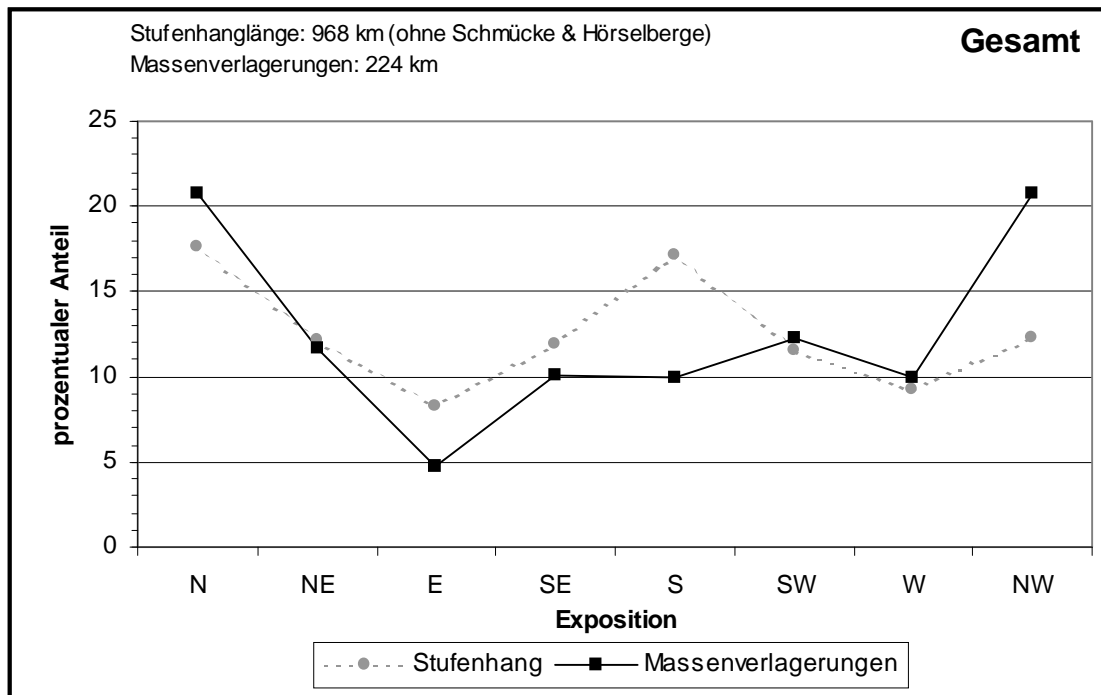


Abb.:5.42 (3/3): Vergleich der Expositionsverteilung der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge mit der Expositionsverteilung der Gesamtstufenhänge

Wie aus Abbildung 5.42 hervorgeht, sind in allen Expositionsclassen Massenverlagerungen zu verzeichnen. Bezogen auf die Gesamtheit der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge (n=224 km) ergibt sich dabei folgendes Bild: 20,7 % der betroffenen Stufenhanglängen befinden sich in Nord-, 11,5 % in Nordost-, 5,7 % in Ost-, 10,2 % in Südost-, 10 % in Süd-, 12,2 % in Südwest-, 9,9% in West- und 20,8 % in Nordwestexposition. Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte variiert dieses Verteilungsbild z.T. erheblich (vgl. Abb. 5.42).

An der Hainleite ist die Mehrzahl der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge Nord- (~35 %) bzw. Nordwest-exponiert (~16 %), wohingegen in Süd- (~3 %) und Westexposition (~2 %) Massenverlagerungen nur untergeordnet auftreten (vgl. Abb. 5.42). Ähnlich verhält es sich am Dün (46 % Nord-; 36 % Nordwest-exponiert), an den Bleicheröder Bergen (~20 % Nord-; ~23 % Nordwest-exponiert), im Oberen Eichsfeld & Hainich (~21 % Nordwest-exponiert), an der Gobert (~20 % Nordwest-exponiert) und am Ringgau (~35 % Nord-; ~17 % Nordwest-exponiert). Gleichzeitig sind in diesen Untersuchungsabschnitten Massenverlagerungen in Ostexposition jeweils am seltensten zu verzeichnen. Am Dün fehlen zudem Massenverlagerungen an Süd-exponierten Hängen. An der Ohrdruffer Platte ist die Mehrzahl der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge Nordwest- (~23 %) bzw. Südost-exponiert (~23 %), wohingegen an Ost- (~2 %) und Süd-exponierten Hängen (~3%) Massenverlagerungen hier wesentlich seltener auftreten. An der Ilm-Kalk-Platte dominieren Massenverlagerungen in Südexposition (~22 %). Am Tautenburger Forst treten die betroffenen Gebiete nur an Südwest- (~44 %) und West- exponierten (~56 %) Stufenhängen auf. An den Zeugenbergen Mittleres Saaletal dominiert die Nord- (~35 %)

und Nordwestexposition (~24 %), während an Ost- sowie an Südost- bis Südwest- exponierten Stufenhängen Massenverlagerungen wesentlich seltener zu verzeichnen sind (vgl. Abb. 5.42).

Ordnet man die Verteilung der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge den Sonnen- und Schattenseiten zu, ergibt sich das in Tabelle 5.20 dargestellte Bild. Auch hier ist als Vergleichsbasis die Häufigkeitsverteilung vom Gesamtstufengang aufgeführt, worauf im folgenden nochmals näher eingegangen wird.

Tab. 5.20: Häufigkeitsverteilung der Sonnen- und Schattenseiten an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen und den Gesamtstufenhängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte

<b>Untersuchungsabschnitte</b> <small>(Gesamtstufenhänglänge km / von Massenverlagerungen betroffene Stufenhänglänge km)</small>	<b>Schattenseite MVG</b> <small>(%)</small>	<b>Schattenseite Gesamt- stufengang</b> <small>(%)</small>	<b>Sonnenseite MVG</b> <small>(%)</small>	<b>Sonnenseite Gesamt- stufengang</b> <small>(%)</small>
<b>Hainleite</b> (98 / 18,22)	75,0	71,3	25,0	28,7
<b>Dün</b> (43 / 17,985)	91,2	81	8,8	19,0
<b>Bleicheröder Berge</b> (26 / 12,7)	61,1	51,3	39,9	48,7
<b>Oberes Eichsfeld &amp; Hainich</b> (299 / 75,69)	50,6	50,5	49,4	49,5
<b>Gobert</b> (41 / 24,78)	45,2	45,4	54,8	54,6
<b>Ringgau</b> (71 / 29,41)	71,1	52,9	28,9	47,1
<b>Ohrdrufer Platte</b> (65 / 15,31)	40,9	43,3	59,1	56,7
<b>Ilm-Kalk-Platte</b> (236 / 18,22)	40,1	38,8	59,9	61,2
<b>Tautenburger Forst</b> (25 / 0,515)	0	40,8	100	59,2
<b>Zeugenberge Mittleres Saaletal</b> (64 / 11,17)	69,6	49,8	30,4	50,2
<b>Gesamt</b> (968 / 224)	<b>57,9</b>	<b>50,2</b>	<b>42,1</b>	<b>49,8</b>
MVG: Massenverlagerungsgebiete				

Bezogen auf die Gesamtheit der Massenverlagerungen zeigt sich, dass etwas mehr als die Hälfte der betroffenen Stufenhänglängen (57,9 %) an den Schattenseiten und 42,1 % an den Sonnenseiten der Wellenkalk-Schichtstufe liegen (vgl. Tab. 5.20). Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte treten an der Hainleite, am Dün, an den Bleicheröder Bergen, am Ringgau und an den Zeugenbergen Mittleres Saaletal Massenverlagerungen häufiger an den Schattenseiten auf. Im Oberen Eichsfeld ist die Verteilung annähernd gleich. Demgegenüber tritt an der Gobert, an der Ohrdrufer Platte, an der Ilm-Kalk-Platte und insbesondere am Tautenburger

Forst die Mehrzahl der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge an den Sonnenseiten auf.

Vergleicht man die in Abbildung 5.42 aufgeführten, beobachteten Expositionshäufigkeiten vom Gesamtstufenhang mit den beobachteten Expositionshäufigkeiten der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhangabschnitte (vgl. Abb. 5.42) zeigt sich, dass im betrachteten Gesamttraum zwischen der Süd- und der Nordwestexposition leichtere Unterschiede bestehen. Im Einzelnen nimmt der von Massenverlagerungen betroffene Stufenhanganteil in der Südexposition ab, während er in der Nordwestexposition leicht zunimmt. Für die einzelnen Untersuchungsabschnitte ergibt sich dabei folgendes Bild.

Während an der Hainleite, am Dün, an den Bleicheröder Bergen, im Oberen Eichsfeld & Hainich, an der Gobert, am Ringgau, an der Ohrdruffer Platte und an der Ilm-Kalk-Platte das Verteilungsbild der Exposition zwischen Gesamtstufenhang und von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen relativ einheitlich ist (vgl. Abb. 5.42), sind an den Zeugenbergen Mittleres Saaletal und insbesondere am Tautenburger Forst einige Abweichungen zu verzeichnen (vgl. Abb. 5.42). Am Tautenburger Forst dominiert am Gesamtstufenhang die Südexposition, Massenverlagerungen treten hier aber nur an Südwest- und West-exponierten Hängen auf. Da es sich beim Einfluss der Exposition um mögliche, sich auf die Massenverlagerungen auswirkende Feuchtigkeitsunterschiede handelt (vgl. Kap. 1.4), können entsprechend der am Tautenburger Forst vorzufindenden Expositionsverteilung (100 % der Massenverlagerungsgebiete an der Sonnenseite) (vgl. Tab. 5.20) daraus resultierende Unterschiede für diesen Untersuchungsabschnitt, von vornherein ausgeschlossen werden. An den Zeugenbergen Mittleres Saaletal treten ~60 % der Massenverlagerungen an Nord- und Nordwest-exponierten Hängen auf, wobei nur ~36 % der Gesamtstufenhänge diese Expositionsrichtungen aufweisen. Demgegenüber befinden sich an den Süd-exponierten Hängen, die hier 23,4 % der Gesamtstufenhänge ausmachen, nur 7,5 % der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge. Hier scheinen die Schattenseiten leicht bevorzugt zu sein. Der in Tabelle 5.20 dargestellte Vergleich zwischen Sonnen- und Schattenseite verdeutlicht diese Unterschiede.

Um eine statistisch fundierte Aussage treffen zu können, ob ein Zusammenhang zwischen der Massenverlagerungshäufigkeit und der Exposition besteht, wurde der  $\chi^2$ -Test durchgeführt. Entsprechend der Anlage des Testes (vgl. ZÖFEL 1992), wurde die Erwartung festgelegt, dass die Expositionsverteilung der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge der Expositionsverteilung am Gesamtstufenhang entspricht (=Nullhypothese). Das Ergebnis diese Tests ist für die einzelnen Untersuchungsabschnitte in Tabelle 5.21 dargestellt.

Tab. 5.21: Die beobachteten und theoretisch erwarteten Häufigkeiten von Massenverlagerungsereignissen in den entsprechenden Expositionsrichtungen am Stufenhang

Untersuchungsabschnitte	Exposition	beobachtete Häufigkeit (O)		erwartete Häufigkeit (E)		Chi-Quadrat-Test ( $\chi^2$ ) $= \sum \frac{(O_{1/2} - E_{1/2})^2}{E_{1/2}}$
		$O_1$ (gesamter Stufenhang)	$O_2$ (von Massenverlagerungen betroffener Stufenhang)	$E_1$ (gesamter Stufenhang)	$E_2$ (von Massenverlagerungen betroffener Stufenhang)	
		(km)	(km)	(km)	(km)	
<b>Hainleite</b>	N	33,026	6,320	33,178	6,168	<b>3,49</b> $\chi^2_{\text{krit}; 0,05} = 15,507$
	NE	19,012	2,830	18,418	3,424	
	E	9,016	1,570	8,926	1,660	
	SE	5,978	2,605	7,237	1,346	
	S	8,918	0,525	7,963	1,480	
	SW	7,938	1,020	7,554	1,404	
	W	5,292	0,400	4,800	0,892	
	NW	8,820	2,950	9,925	1,845	
	<b><math>\Sigma 98</math></b>	<b><math>\Sigma 18,22</math></b>				
<b>Dün</b>	N	17,845	8,325	18,452	7,718	<b>3,14</b> $\chi^2_{\text{krit}; 0,05} = 15,507$
	NE	5,504	1,370	4,847	2,027	
	E	2,322	0,200	1,778	0,744	
	SE	0,688	0,215	0,637	0,266	
	S	1,720	0	1,213	0,507	
	SW	1,161	0,220	0,974	0,407	
	W	4,601	1,145	4,051	1,695	
	NW	9,159	6,510	11,048	4,621	
	<b><math>\Sigma 43</math></b>	<b><math>\Sigma 17,985</math></b>				
<b>Bleicheröder Berge</b>	N	5,512	2,480	5,369	2,623	<b>1,27</b> $\chi^2_{\text{krit}; 0,05} = 15,507$
	NE	3,380	2,025	3,631	1,774	
	E	1,508	0,405	1,285	0,628	
	SE	1,768	0,815	1,735	0,848	
	S	6,292	1,865	5,480	2,677	
	SW	3,770	1,895	3,806	1,859	
	W	0,858	0,360	0,818	0,400	
	NW	2,938	2,855	3,892	1,9010	
	<b><math>\Sigma 26</math></b>	<b><math>\Sigma 12,7</math></b>				
<b>Oberes Eichsfeld &amp; Hainich</b>	N	41,561	9,845	41,022	10,384	<b>2,06</b> $\chi^2_{\text{krit}; 0,05} = 15,507$
	NE	32,890	7,940	32,582	8,248	
	E	29,800	4,740	27,563	6,977	
	SE	31,395	8,415	31,768	8,042	
	S	39,169	8,845	38,315	9,699	
	SW	37,375	10,290	38,036	9,629	
	W	39,867	9,885	39,702	10,050	
	NW	46,943	15,730	50,013	12,660	
	<b><math>\Sigma 299</math></b>	<b><math>\Sigma 75,69</math></b>				
<b>Gobert</b>	N	2,830	1,60	2,761	1,669	<b>1,22</b> $\chi^2_{\text{krit}; 0,05} = 15,507$
	NE	5,576	3,43	5,613	3,393	
	E	3,895	1,34	3,263	1,972	
	SE	4,889	2,83	4,811	2,908	
	S	7,298	2,79	6,288	3,800	
	SW	5,289	4,37	6,020	3,639	
	W	4,889	3,59	5,285	3,194	
	NW	6,334	4,83	6,958	4,206	
	<b><math>\Sigma 41</math></b>	<b><math>\Sigma 24,78</math></b>				



Untersuchungsabschnitte	Exposition	$O_1$	$O_2$	$E_1$	$E_2$	$\chi^2$
Ringgau	N	13,341	10,295	16,713	6,923	<b>5,28</b> $\chi^2_{\text{krit}; 0,05} = 15,507$
	NE	11,766	4,640	11,601	4,805	
	E	3,976	0,875	3,430	1,421	
	SE	5,183	1,525	4,743	1,965	
	S	7,728	2,980	7,572	3,136	
	SW	12,211	2,640	10,501	4,350	
	W	8,348	1,360	6,865	2,843	
	NW	8,447	5,095	9,576	3,966	
	$\Sigma 71$	$\Sigma 29,41$				
Ohrdrufer Platte	N	8,385	1,14	7,709	1,816	<b>5,01</b> $\chi^2_{\text{krit}; 0,05} = 15,507$
	NE	4,810	1,25	4,905	1,155	
	E	5,720	0,31	4,880	1,150	
	SE	14,950	3,56	14,981	3,529	
	S	10,985	0,48	9,279	2,186	
	SW	5,265	2,71	6,455	1,520	
	W	5,655	2,29	6,430	1,515	
	NW	9,230	3,57	10,360	2,440	
	$\Sigma 65$	$\Sigma 15,31$				
Ilm-Kalk-Platte	N	28,556	2,510	28,839	2,227	<b>2,50</b> $\chi^2_{\text{krit}; 0,05} = 15,507$
	NE	24,052	1,630	23,841	1,841	
	E	21,712	0,900	20,991	1,621	
	SE	39,774	1,945	38,729	2,990	
	S	63,012	3,925	62,140	4,797	
	SW	27,140	3,165	28,133	2,172	
	W	14,526	1,875	15,226	1,175	
	NW	17,228	2,270	18,101	1,397	
	$\Sigma 236$	$\Sigma 18,22$				
Tautenburger Forst	N	3,850	0	3,772	0,078	<b>1,74</b> $\chi^2_{\text{krit}; 0,05} = 15,507$
	NE	2,250	0	2,205	0,045	
	E	0,450	0	0,441	0,009	
	SE	2,60	0	2,548	0,052	
	S	6,750	0	6,614	0,136	
	SW	2,625	0,225	2,792	0,058	
	W	2,825	0,290	3,052	0,063	
	NW	3,650	0	3,576	0,074	
	$\Sigma 25$	$\Sigma 0,515$				
Zeugenberge Mittleres Saaletal	N	16,000	3,91	16,951	2,959	<b>3,49</b> $\chi^2_{\text{krit}; 0,05} = 15,507$
	NE	5,312	0,93	5,314	0,928	
	E	3,574	0,22	3,230	0,564	
	SE	7,680	0,77	7,194	1,256	
	S	14,946	0,85	13,449	2,347	
	SW	6,015	0,81	5,811	1,014	
	W	3,520	0,97	3,823	0,667	
	NW	6,953	2,71	8,227	1,436	
	$\Sigma 64$	$\Sigma 11,17$				

Wie aus Tabelle 5.21 hervorgeht, sind in den einzelnen Untersuchungsabschnitten keine signifikanten Unterschiede zwischen den beobachteten und erwarteten Expositionshäufigkeitsverteilungen zu verzeichnen. Die berechneten  $\chi^2$ -Wert sind in allen Fällen kleiner als die der  $\chi^2$ -Tabelle ( $\chi^2_{\text{krit}; 0,05} = 15,075$ ; bei 8 Freiheitsgraden). Selbst am Tautenburger Forst und an den Zeugenbergen Mittleres Saaletal, sind statistisch keine signifikanten Unterschiede gegeben. Die im Gesamtuntersuchungsgebiet zu verzeichnende, leichte Erhöhung der Massenverlagerungshäufigkeit in den Nordwestlagen (vgl. Abb. 5.42) resultiert aus der stärkeren Massenverlagerungsbeeinflussung der nordwestlichen Untersuchungsabschnitte (Gobert, Oberes

Eichsfeld & Hainich, Ringgau), deren Gesamtstufenhänge prinzipiell erhöhte Anteile in nordwestlichen Expositionsrichtungen aufweisen (vgl. Abb. 2.12).

Wie auch die statistische Auswertung untermauert, sind die Unterschiede der Expositionsverteilung nicht signifikant. Somit kann die Nullhypothese, dass die beobachteten und theoretisch erwarteten Häufigkeiten zwischen den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen und den Gesamtstufenhängen übereinstimmen, angenommen werden. Daraus schlußfolgernd ist festzuhalten, dass die Exposition als Steuerungsfaktor der Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken ausgeschlossen werden kann, was den Ergebnissen von SCHMIDT (1988b) und SCHMIDT & BEYER (2001) entspricht.

Wie bereits in Kapitel 3.1 erwähnt wurde, handelt es sich bei den Blockverlagerungen um sehr tiefe Massenverlagerungen (Gleitflächen bis mehrere zehn Meter unter der Wellenkalk-Oberfläche). Wie die Untersuchungen von BERRISFORD & MATTHEWS (1997), VAN ASCH et al. (1999) und TILCH (1999) klar aufzeigen, haben für solch tiefe Massenverlagerungen oberflächennahe Feuchtigkeitsunterschiede keine Bedeutung. Da die Exposition aber gerade die oberflächennahen Feuchtigkeitsunterschiede bedingt, was sich u.a. in den Vegetationsunterschieden zwischen Sonnen- und Schattenseiten sehr gut widerspiegelt, wird verständlich, weshalb die Exposition die räumliche Variabilität der Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe nicht beeinflusst.

#### **5.3.12 Lage zum Gewässernetz (12)**

Die Analyse des Faktors Lage zum Gewässernetz (12), als mögliche, sich auf die räumliche Variabilität der Massenverlagerungen auswirkende Steuergröße, erfolgte durch die Überprüfung der Fließgewässerhäufigkeit an den betroffenen Stufenhängen. Dabei wurden sowohl die an die Massenverlagerungsgebiete angrenzenden als auch die unmittelbar im Tiefenlinienbereich vorgelagerten perennierenden Fließgewässer erfasst (vgl. Kap. 4.3). Die Karten 8 und 7 geben über die diesbezüglichen Verteilungsmuster bereits näher Auskunft. Für den Gesamtstufenhang wurde die Gewässerhäufigkeit und deren regionale Unterschiede bereits in Kapitel 2.3.5.3 dargestellt, vergleichende Betrachtungen werden in diesem Kapitel folgen.

Die an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen des Untersuchungsraumes zu verzeichnende Fließgewässerhäufigkeit ist in Tabelle 5.22 aufgeführt. Wie diese zeigt, sind von den insgesamt 744 Massenverlagerungsgebieten 638 Gebiete, dies entspricht ca. 86 %, durch Vorkommen rezenter Fließgewässer an den betroffenen Stufenhängen gekennzeichnet. Dieser hohe Anteil trifft gleichermaßen für alle Untersuchungsabschnitte zu, wobei die Werte im Einzelnen

zwischen 72 % an der Hainleite und 100 % an der Gobert bzw. am Tautenburger Forst schwanken (vgl. Tab.5.22).

Tab. 5.22: Die Fließgewässerhäufigkeit an den Stufenhängen der Massenverlagerungsgebiete

Untersuchungsabschnitte	n	n <sub>F</sub>	Anteil n <sub>F</sub> von n (%)	Σ Länge n (km)	Σ Länge n <sub>F</sub> (km)	Anteil Länge n <sub>F</sub> von n (%)
Hainleite	99	71	72	18,220	15,030	83
Dün	46	42	91	17,985	17,695	98
Bleicheröder Berge	58	48	82	12,700	12,165	96
Oberes Eichsfeld & Hainich	257	232	90	75,690	72,395	96
Gobert	47	47	100	24,780	24,780	100
Ringgau	52	48	92	29,410	27,500	94
Ohrdrufer-Platte	47	40	85	15,310	14,030	92
Ilm-Kalk-Platte	90	68	75	18,220	13,900	76
Tautenburger Forst	6	6	100	0,515	0,515	100
Zeugenberge Mittleres Saaletal	42	36	86	11,170	9,620	87
<b>Gesamt</b>	<b>744</b>	<b>638</b>	<b>86</b>	<b>224</b>	<b>206</b>	<b>92</b>
<b>n:</b>	Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete					
<b>n<sub>F</sub>:</b>	Anzahl der Massenverlagerungsgebiete, deren Stufenhänge sich im Kontaktbereich zu Fließgewässern befinden					
<b>Σ Länge n:</b>	von Massenverlagerungen betroffene Stufenhanglängen (= Summe der Massenverlagerungsgebietsbreiten)					
<b>Σ Länge n<sub>F</sub>:</b>	von Massenverlagerungen betroffene Stufenhanglängen, die sich aus der Summe der Gebietsbreiten der Massenverlagerungsgebiete ergibt, deren Stufenhänge sich im Kontaktbereich zu Fließgewässern befinden					

Bezieht man die Fließgewässerhäufigkeit an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen auf die summierte Breite dieser Gebiete, ergeben sich die von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen, die von Fließgewässern beeinflusst sind. Vergleicht man diese mit den gesamten von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte, werden die Lagebeziehungen zum Gewässernetz noch deutlicher (vgl. Tab. 5.22). So sind bspw. von den insgesamt 18,22 km Massenverlagerungsbeeinflusster Stufenhanglängen der Hainleite bereits ~83 % und von den insgesamt 15,31 km betroffener Stufenhanglängen der Ohrdrufer Platte bereits ~92 % durch angrenzende Fließgewässer gekennzeichnet. Diese im Vergleich zur Anzahl der Massenverlagerungsgebiete höheren prozentualen Längenanteile verdeutlichen, dass v.a. auch die breiteren und damit auch die

großflächigeren Massenverlagerungsgebiete (> 500 m) (vgl. Kap. 5.2.3.1 und Kap. 5.2.3.4) verstärkt dort auftreten, wo Fließgewässer am Stufenhangbereich zu verzeichnen sind.

Wie bereits aus den bisherigen Ausführungen hervorgeht, treten die Massenverlagerungen bevorzugt dort auf, wo auch perennierende Fließgewässer die betroffenen Stufenhänge tangieren. Da dies aber für alle Untersuchungsabschnitte gleichermaßen zutrifft (vgl. Tab. 5.22), kann die regional unterschiedliche Massenverlagerungshäufigkeit allein aus diesem Verteilungsbild noch nicht erklärt werden.

In einem weiteren Schritt wurden die prozentualen Anteile der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte (vgl. Kap. 5.2.2) mit den untersuchungsabschnittsbezogenen Dichteindexwerten der Fließgewässer (Fließgewässer / km Stufenhanglänge) verglichen (vgl. Kap. 2.3.5.3; Abb. 2.15). Das sich daraus ergebende Verteilungsbild ist in Abbildung 5.43 dargestellt. Dabei wurden die Untersuchungsabschnitte nach abnehmender, Massenverlagerungsbeeinflussung geordnet. Die Schichtkämme (Schmücke, östl. Hainleite etc.) fanden aufgrund des generellen Fehlens von Massenverlagerungen hierbei keine Berücksichtigung (vgl. Kap. 5.3.6).

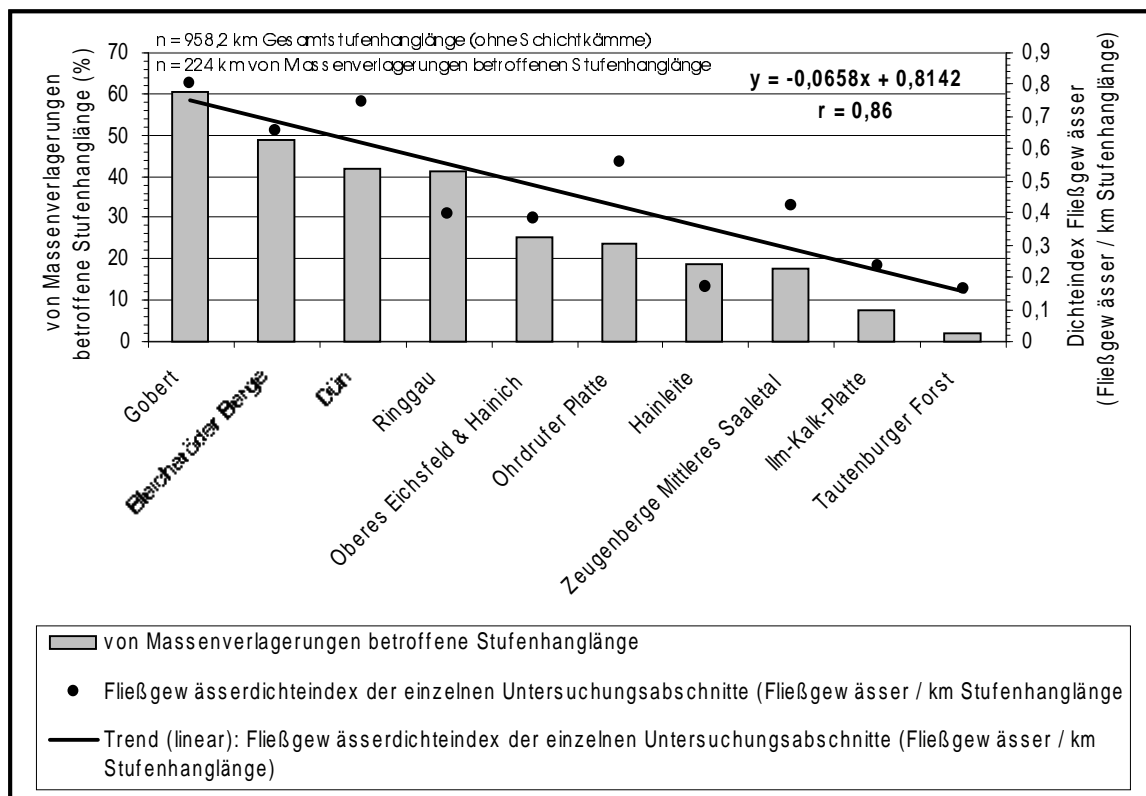


Abb. 5.43: Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen mit der Dichte der Fließgewässer, ausgedrückt als Dichteindex

Wie Abbildung 5.43 aufzeigt, nimmt mit abnehmender Dichte der am Stufenhang zu verzeichnenden Fließgewässer gleichzeitig auch die von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen ab. Dieser Zusammenhang ist mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,86$  hochsignifikant. Im Einzelnen weist der im Untersuchungsraum am stärksten von Massenverlagerungen betroffene Stufenhangabschnitt der Gobert gleichzeitig auch die höchste Fließgewässerdichte auf, wohingegen am Tautenburger Forst, wo Massenverlagerungen am seltensten vorkommen, die geringste Fließgewässerdichte zu verzeichnen ist (vgl. auch Kap. 3.3.5.3). Bezieht man die vorgefundene Verteilung auf die hydrologisch getrennten, dem Elbe- bzw. Wesersystem zugehörigen Stufenhänge (vgl. Kap. 2.3.5.1), so zeigt sich, dass von der insgesamt 418 km Stufenhanglänge des Wesersystems ~31 % (~130 km) und von der 562 km Stufenhanglänge des Elbesystems ~17 % (~94 km) Massenverlagerungen aufweisen. Auch hierin spiegeln sich die regional unterschiedlichen Fließgewässerdichten und ihre Beziehung zu den regionalen Massenverlagerungshäufigkeiten wider.

Wie hier klar zum Ausdruck kommt, besteht im Untersuchungsgebiet ein sehr starker Zusammenhang zwischen den großräumigen Verbreitungsmustern der Massenverlagerungsgebiete und dem Faktor Lage zum Gewässernetz besteht. Allein 70 % der Varianz der regional unterschiedlichen Massenverlagerungsverbreitung erklärt sich aus den Lagebeziehungen zum Gewässernetz. Die Ursachen dafür liegen in der fluvial-erosiven Hangunterschneidung begründet, die zur Fußpunktverlagerung (Verkürzung der Horizontalabstände) und damit zur Stufenhangversteilung führt, was sich förderlich auf die Massenverlagerungsprozesse auswirkt (vgl. Kap. 5.3.9). Prinzipiell können dort, wo räumlich mehr Fließgewässer vorhanden sind, die fluvialerosive Hangunterschneidungsprozesse auch mehr Stufenhänge erfassen als dort, wo weniger Fließgewässer vorkommen, was sich schließlich in den in Abbildung 5.43 dargestellten Verteilungsbild widerspiegelt. Zu ähnlichen Feststellungen in anderen Untersuchungsgebieten kommen BERNHARD (1967), EISENBRAUN & ROMMEL (1986), PLATE et.al. (1993) sowie MOSER (1999), der in der fluvialen Hangunterschneidung den Motor für die Massenverlagerungsprozesse sieht.

Insbesondere auch die jüngeren Massenverlagerungsgebiete, die in ihrem Formenschatz Mauerschollen und Sturzfließungen aufweisen, befinden sich abgesehen von einer Ausnahme (Massenverlagerungsgebiet 16), generell an Stufenhängen, die im Einflussbereich angrenzender Fließgewässer liegen. Wie in den Kapiteln 5.2.4.1.1 und 5.2.4.1.2 aufgezeigt werden konnte, nimmt die Sturzfließungs- und insbesondere die Mauerschollenhäufigkeit mit abnehmender von Massenverlagerungen betroffener Stufenhanglänge ab. Entsprechend der geschilderten Zusammenhänge zwischen Massenverlagerungshäufigkeit und Fließgewässerdichte zeigt demnach v.a. auch die Mauerschollengebietshäufigkeit einen engen Zusammenhang zum unterschiedlich

dicht ausgebildeten Gewässernetz. Diese in Abbildung 5.44 dargestellte, räumliche Beziehung ist mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,83$  ebenfalls hochsignifikant.

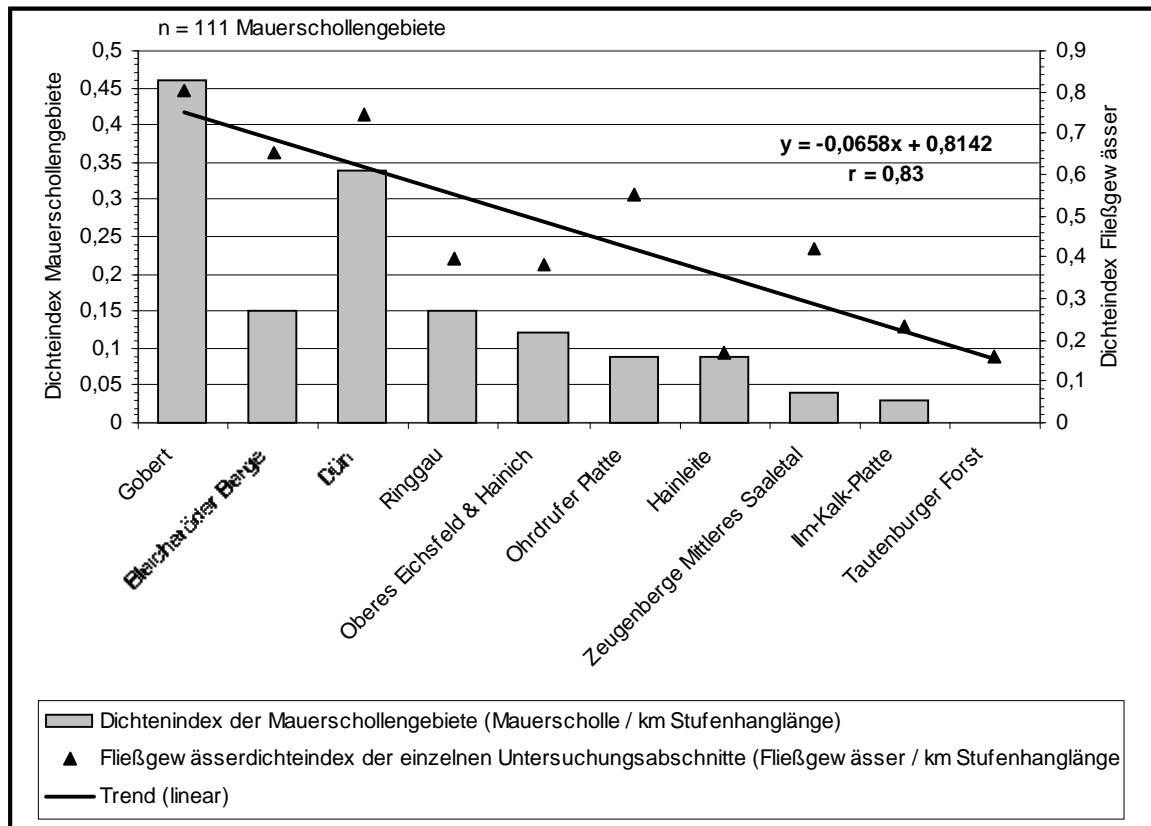


Abb. 5.44: Vergleich der untersuchungsabschnittsbezogenen Mauerschollengebietsdichten mit der Dichte der Fließgewässer, ausgedrückt als Dichteindex

Bei den Sturzfließungen ist dieser Zusammenhang nicht so deutlich ausgeprägt ( $r = 0,6$ ). Dies beruht auf der Tatsache, dass diese plötzlichen Massenverlagerungen zusätzlich von anderen, v.a. episodischen Auslösemechanismen (bspw. heftige Starkniederschläge oder lang anhaltende Niederschläge großer Intensität) getriggert werden (vgl. Kap. 3.2). Ähnliche Zusammenhänge beschreiben HAMMER (1985) vom Nordbayerischen Deckgebirge und BIBUS (1986) von der Schwäbischen Alp. Die Vorbedingungen der Sturzfließungen sind jedoch mechanisch insgesamt recht ungünstige Ausgangssituationen, wie im Fall der Wellenkalk-Schichtstufe: talwärts gekippten Mauerschollen als Ausgangsformen für diese Verlagerungsprozesse (vgl. Kap. 3.2). Da Mauerschollen gehäuft an Stufenhangabschnitten mit hohen Gewässerdichten auftreten (vgl. oben), lassen auch die Vorbedingungen der Sturzfließungen Zusammenhänge zur Lage im Gewässernetz erkennen lassen.

Letztendlich ist auch die bevorzugte Vorsprungslage der Massenverlagerungsgebiete (vgl. Kap. 5.3.10) maßgeblich auf den Einfluss der Fließgewässer zurückzuführen. Die Flankenbereiche der Vorsprünge befinden sich im unmittelbaren Einflussbereich der Fließgewässer, womit der

Versteilungsimpuls hier besonders wirksam werden kann. Da jedoch nicht alle Vorsprünge in ihren benachbarten Tiefenlinienbereichen rezent Fließgewässer aufweisen, wird verständlich, weshalb die Buchtung der Stufenhänge für sich allein betrachtet die großräumliche Variabilität der Massenverlagerungen nicht befriedigend erklären kann (vgl. Kap. 5.3.10). Dort wo die Fließgewässer fehlen, sind zwischen den Vorsprüngen lediglich Trockentäler ausgebildet, in denen ein langfristig wirksamer erosiver Versteilungsimpuls nicht gegeben ist, mit der Folge, dass Massenverlagerungen hier wesentlich seltener zu verzeichnen sind. So sind v.a. die durch geringe Fließgewässerdichten gekennzeichneten Untersuchungsabschnitte (Ilm-Kalk-Platte, Hainleite, Tautenburger Forst) durch das Auftreten zahlreicher Vorsprünge charakterisiert, denen der an die Fließgewässer gebundene Erosionsimpuls fehlt. Gleichzeitig sind dies die Vorsprünge, an denen Massenverlagerungen nicht bzw. wesentlich seltener zu verzeichnen sind (vgl. Karte 8). Demgegenüber kommen in den stärker von Massenverlagerungen betroffenen Untersuchungsabschnitten (Gobert, Ringgau, Oberes Eichsfeld) an fast jedem Vorsprung rezente Fließgewässer vor, wobei gleichzeitig auch an fast jedem Vorsprung Massenverlagerungen auftreten (vgl. Karte 8). Damit wird deutlich, dass die Faktoren Lage im Stufengrundriss und Lage zum Gewässernetz sich überlagern und das v.a. die Kombination beider die Verbreitung der Massenverlagerungsgebiete zufriedenstellend erklären kann.

Da die Mehrzahl der Massenverlagerungsgebiete in ihrem Formenschatz ältere, rezent inaktive Massenverlagerungsformen aufweisen (vgl. Kap. 5.2.4.5) und zudem die Anstiegswinkel dieser Gebiete im Vergleich zu den Gebieten mit jüngeren Formen (Mauerschollen, Sturzfließungen) einheitlich flacher sind (vgl. Kap. 5.3.10), ist davon auszugehen, dass die fluvialerosiven Zerschneidungs- und damit Hangversteilungsprozesse zu früheren Zeitpunkten aktiver waren (vgl. Kap. 5.3.9). Damit ist das heute anzutreffende Verteilungsmuster der Massenverlagerungsgebiete auch ein Spiegelbild früherer fluvialer Abtragungsverhältnisse, wobei sich am Grundprinzip aber nichts ändert. Eine überlieferte, pleistozäne Hangsteilheit (vgl. SCHUNKE 1968, 1971) ist entsprechend der vorgefundenen Verteilungsmuster für die Erklärung der Massenverlagerungshäufigkeit nicht notwendig (vgl. Kap. 5.3.9).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass der Faktor Lage zum Gewässernetz eine maßgeblich die räumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete beeinflussende Steuergröße ist. Mit zunehmender Gewässernetzdichte im Stufenhangrelief nimmt die Ereignishäufigkeit im Untersuchungsgebiet signifikant zu. Zu analogen Ergebnissen in stratigraphisch anderen Untersuchungsräumen kommen CARARRA et al (1991), THEIN (1999) und KRAUT (1999: in BIBUS & TERHORST 1999).

### 5.3.13 Häufigkeit von Hangquellen (13)

Die Häufigkeit von Hangquellen (13) wurde ähnlich dem Faktor: Lage zum Gewässernetz analysiert, indem überprüft wurde, wie oft Quellen an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen zu verzeichnen sind (vgl. Kap. 4.3). Dabei wurden sowohl die perennierenden Quellen, deren Lage auf der Basis der TK 10 überprüft wurde, als auch weitere, im Rahmen der Geländekartierungen erfassten Quellaustritte, die nicht in den TK 10 enthalten sind, berücksichtigt. Entsprechend des im Wellenkalk ausgebildeten Karstwassersystems kann es sich bei letzteren auch um episodische Quellaustritte handeln (vgl. Kap. 5.3.5.2), die in Abhängigkeit vom Niederschlagseintrag Schüttungen aufweisen oder zeitweise versiegen. Dementsprechend stellt die im Rahmen der Geländekartierung erhobene Datenbasis lediglich einen Näherungswert an die wahren Verhältnisse dar. Diffuse Wasseraustritte konnten im Rahmen der Untersuchung nicht berücksichtigt werden.

Die an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen zu verzeichnenden Quellhäufigkeit ist Tabelle 5.23 dargestellt. Das räumliche Verteilungsbild geht aus Karte 8 bzw. Karte 7 hervor.

Tab. 5.23: Die Häufigkeit von Hangquellen an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen

Untersuchungsabschnitte	n	n <sub>Q</sub>	Anteil n <sub>Q</sub> von n (%)	Σ Länge n (km)	Σ Länge n <sub>Q</sub> (km)	Anteil Länge n <sub>Q</sub> von n (%)
Hainleite	99	15	15	18,22	4,135	23
Dün	46	20	44	13,985	14,415	78
Bleicheröder Berge	58	19	33	12,7	5,170	41
Oberes Eichsfeld & Hainich	257	90	35	75,69	37,450	50
Gobert	47	27	57	24,78	17,320	70
Ringgau	52	20	39	29,41	21,025	71
Ohrdrufer-Platte	47	17	36	15,31	10,340	67
Ilm-Kalk-Platte	90	26	29	18,22	6,435	35
Tautenburger Forst	6	0	0	0,515	0	0
Zeugenberge Mittleres Saaletal	42	7	17	11,17	4,14	37
<b>Gesamt</b>	<b>744</b>	<b>241</b>	<b>32</b>	<b>224</b>	<b>120,43</b>	<b>54</b>

<b>n:</b>	Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete
<b>n<sub>Q</sub>:</b>	Anzahl der Massenverlagerungsgebiete, deren Stufenhänge sich im Kontaktbereich zu Quellen befinden
<b>Σ Länge n:</b>	von Massenverlagerungen betroffene Stufenhanglänge (= Summe der Massenverlagerungsgebietsbreiten)
<b>Σ Länge n<sub>Q</sub>:</b>	von Massenverlagerungen betroffene Stufenhanglänge, die sich aus der Summe der Breiten der Massenverlagerungsgebiete ergibt, deren Stufenhänge sich im Kontaktbereich zu Quellen befinden



Insgesamt weisen 241 der 744 Massenverlagerungsgebiete, dies entspricht ca. 32 %, Quellaustritten auf (vgl. Tab. 5.23). Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte nimmt in der Reihenfolge: Gobert (~57 %), Dün (~44 %), Ringgau (~39 %), Ohrdruffer Platte (~36 %), Oberes Eichsfeld & Hainich (~35 %), Bleicheröder Berge (~33 %), Ilm-Kalk-Platte (~29 %), Zeugenberge Mittleres Saaletal (~17 %) bis hin zur Hainleite (~15 %) der prozentuale Anteil der Massenverlagerungsgebiete, die durch Quellaustritte charakterisiert sind, ab. Am Tautenburger Forst waren keine Quellaustritte an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen zu verzeichnen.

Bezieht man die Quellhäufigkeit der betroffenen Stufenhänge auf die Breite der Massenverlagerungsgebiete, ist auch hier auffällig, dass der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängenanteil im Vergleich zur absoluten Quellhäufigkeit deutlich höher ist (vgl. Tab. 5.23). So nehmen bspw. am Dün die 44 % der Massenverlagerungsgebiete ( $n = 20$ ) die Quellen aufweisen bereits 78 % der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglänge ( $n = 14,415$  km) ein. Auch hier ist dies darauf zurückzuführen, dass v.a. die breiteren ( $> 500$  m) bzw. großflächigeren ( $> 50000$  m<sup>2</sup>) Massenverlagerungsgebiete, die die insgesamt auch aktiveren Gebiete darstellen (vgl. Kap. 5.2.4.5), verstärkt Quellaustritte aufweisen. Bemerkenswert ist dabei auch, dass v.a. die breitesten Gebiete ( $>1$  km), abgesehen von wenigen Ausnahmen (Gebiete 291, 718), i.d.R. gleichzeitig durch mehrere Quellaustritte am Sockelhang gekennzeichnet sind [vgl. u.a. Gebiete 193 (Dün), 473 und 475 (Ringgau), 590 (Ohrdruffer Platte)] (vgl. Karte 8).

Betrachtet man die Häufigkeit der Quellaustritte an den betroffenen Stufenhängen, die Mauerschollen und Sturzfließungen aufweisen, ergibt sich ähnlich der Fließgewässerhäufigkeit ein deutlich häufiges Zusammentreffen von diesen Massenverlagerungsgebieten und Hangquellen. Von den insgesamt 111 Mauerschollengebieten sind 74 Gebiete, dies entspricht ca. 67 %, durch Quellaustritte gekennzeichnet, von den 14 Massenverlagerungsgebieten mit Sturzfließungen sind es 13 (keine Quellaustritte konnten im Gebiet: 54 Lokalität Frauenberg ausfindig gemacht werden). Im Vergleich zu Gesamtzahl der Gebiete, von denen lediglich 33 % Quellen aufweisen (vgl. Tab. 5.23), ist die Quellhäufigkeit in den jüngeren Massenverlagerungsgebieten damit deutlich höher.

Wie bereits aus Tabelle 5.23 hervorgeht, nimmt die Quellhäufigkeit an den insgesamt stärker von Massenverlagerungen betroffenen Untersuchungsabschnitten zu. Um genauere Aussagen über eine mögliche Beeinflussung der Quellaustritte auf die unterschiedlich räumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete treffen zu können, bietet sich ein Vergleich zur Gesamthäufigkeit der im Untersuchungsgebiet zu verzeichnenden Quellen an (vgl. Tab. 2.9, Kap. 2.3.5.3). Entsprechend der vorliegenden Datenbasis ergibt sich dabei das in Tabelle 5.24 dargestellte Verteilungsbild. Da an einem Massenverlagerungsgebiet auch mehrer Quellen auftreten können (vgl. oben), ist dabei zu

beachten, dass die Gesamtzahl der von Quellen beeinflussten Massenverlagerungsgebiete nicht identisch mit der Gesamtzahl der Quellen ist, die an diesen vorkommen.

Tab. 5.24: Vergleich der Quellhäufigkeit an den Gesamtstufenhängen mit der Quellhäufigkeit an den von Massenverlagerungen betroffenen Untersuchungsabschnitten

<b>Untersuchungsabschnitte</b>	<b>Gesamtzahl der im Untersuchungsgebiet zu verzeichnenden Quellen</b>	<b>Anzahl der Quellen die sich Kontaktbereich der Massenverlagerungsgebiete befinden</b>	<b>Anteil (%)</b>
Hainleite	18	15	83
Dün	30	27	90
Bleicheröder Berge	20	19	95
Oberes Eichsfeld & Hainich	126	98	78
Gobert	42	37	88
Ringgau	45	39	87
Ohrdrufer-Platte	40	27	68
Ilm-Kalk-Platte	59	35	60
Tautenburger Forst	3	0	0
Zeugenberge Mittleres Saaletal	17	14	71
<b>Gesamt</b>	<b>400</b>	<b>311</b>	<b>78</b>

Wie Tabelle 5.24 zeigt, treten von den insgesamt 400 zu verzeichnenden Quellpunkten 311, dies entspricht ca. 78 %, an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen auf. Dieser hohe Anteil trifft mit graduellen Abweichungen und mit Ausnahme des Tautenburger Forstes, an denen keine Quellaustritte im Umland der Massenverlagerungen lokalisiert werden konnten (vgl. oben), für alle Untersuchungsabschnitte zu. Obwohl von den 744 Massenverlagerungsgebieten nur 242 Gebieten Quellaustritte aufweisen (vgl. Tab. 5.23), wird deutlich, dass sich die Quellen v.a. an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhangabschnitten konzentrieren. Dies kann darauf hindeuten, dass diese Bereich karsthydrologische Sonderpositionen darstellen (vgl. ACKERMANN 1958, 184), die durch ein erhöhtes Wasserangebot den Stufenhang insgesamt instabiler und damit massenverlagerungsanfälliger werden lassen. Dafür spricht die hohe Quellhäufigkeit an den Mauerschollen- und Sturzfließungsgebieten. Andererseits ist aber auch davon auszugehen, dass diese Quellaustritte erst im Zusammenhang mit dem Massenverlagerungsprozessen und den damit verbundenen Störungen der hanginternen Entwässerungsverhältnisse entstanden sind. Für letzteres

sprechen Beobachtungen von WENZEL (1991) an Sturzfließungen am Ringgau und an der Gobert, sowie von KRAUT (1995, 47), die an der schwäbischen Alp das Entstehen von Wasseraustritten auf den Massenverlagerungsprozess zurückführt. Insgesamt tragen die Quellen jedoch zur Durchfeuchtung und Plastifizierung der Hangablagerungen bei, mit der Folge, dass die Scherfestigkeit dieses Widerlagers sich verringert (vgl. TILCH 1999).

Vergleicht man die Dichteindexwerte der Quellhäufigkeit (Quelle / km Stufenhanglänge) (vgl. Kap. 2.3.5.3; Abb. 2.15) mit den prozentualen Anteilen der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte, ergibt sich das in Abbildung 5.45 dargestellte Verteilungsbild.

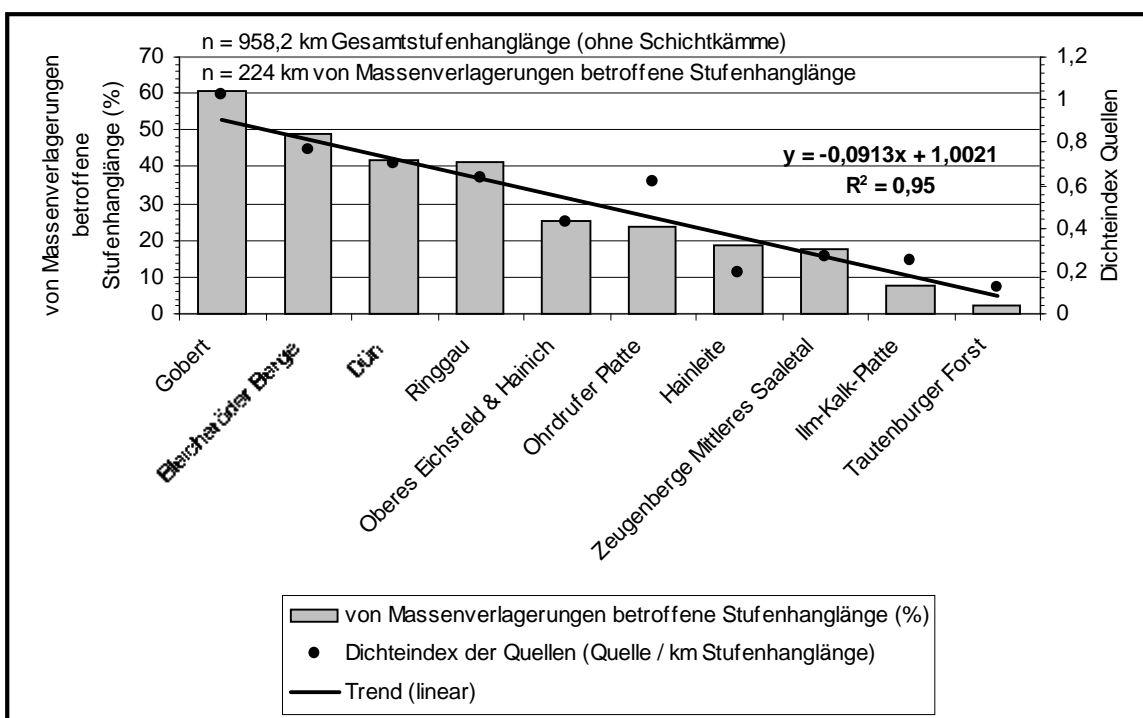


Abb. 5.45: Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen mit der Dichte der Quellen, ausgedrückt als Dichteindex

Wie hieraus hervorgeht, nimmt annähernd linear die Quelldichte mit zunehmender Massenverlagerungsbeeinflussung der Stufenhänge zu. Dieser Zusammenhang ist mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,95$  höchst signifikant. Im Einzelnen ist auch hier der am stärksten von Massenverlagerungen betroffene Untersuchungsabschnitt Gobert gleichzeitig auch das Gebiet mit der größten Quelldichte, wohingegen der Tautenburger Forst gleichzeitig das Gebiet mit der geringsten Massenverlagerungsbeeinflussung und der geringsten Quelldichte darstellt. Da die Dichte der Sturzfließungs- und insbesondere der Mauerschollengebiete analog den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen regional abnimmt (vgl. Kap. 5.2.4.1.1 und

5.2.4.1.2), trifft dieses von der Quelldichte abhängige Verteilungsbild gleichermaßen auch für diese jüngeren Massenverlagerungsgebiete zu. Die oben erwähnten Häufigkeiten (67 % der Mauerschollen und 95 % der Sturzfließungsgebiete weisen Quellaustritte auf) betätigen dies.

Damit zeigt sich, dass anders als bisher von SCHMIDT (1988b), BEYER (1997) und BEYER & SCHMIDT (1999) im Rahmen lokaler Beobachtungen angenommen wurde, bei der Betrachtung des Gesamtgebietes ein starker räumlicher Zusammenhang zwischen erhöhter Quelldichte und zunehmender Massenverlagerungsbeeinflussung an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken besteht. Zurückzuführen ist dies auf die vom Niederschlagseintrag abhängige, regional unterschiedliche Durchfeuchtung der Stufenhänge. Höhere Durchfeuchtungen bedingen stärkere Deformationen im duktilen Rötsockel und abnehmende Scherfestigkeiten, bei gleichzeitig erhöhten Poren- bzw. Kluftwasserdrücken im Wellenkalk, was schließlich die Massenverlagerungsprozesse begünstigt (vgl. auch JOHNSEN 1974a,b, 1984, PRINZ 1997). Damit ist weniger der von SCHMITTHENNER (1920) im Zusammenhang mit der Diskussion über die Stufenrückverlegung geprägte Begriff der Quellerosion entscheidend, denn diese geht rezent über die Ausbildung kleiner Quellnischen kaum hinaus (vgl. Kap. 2.3.5.2) als vielmehr die Durchfeuchtung der Stufenhänge, für die die Quellaustritte schließlich Indikatoren darstellen. Nimmt die hanginterne Durchfeuchtung der talwärts exponierten Stufen- bzw. Sockelhänge ab, nimmt gleichzeitig auch die Massenverlagerungsbeeinflussung ab. Ein Extrembeispiel dafür ist das Schichtkammrelief (vgl. Kap. 5.3.6). Die Häufung von Hangquellen ist damit ein geeigneter Indikator zur Identifizierung potentieller Massenverlagerungsgebiete.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Häufigkeit der Hangquellen als Indikator der unterschiedlichen Durchfeuchtung der Stufenhänge sehr deutliche Zusammenhänge zur räumlichen Variabilität der Massenverlagerungen, insbesondere auch zu den jüngeren Mauerschollen- und Sturzfließungsgebieten erkennen lässt (vgl. Abb. 5.45). Zu analogen Feststellungen im Rahmen von Untersuchungen im Leine-Weser-Bergland kam auch TILCH (1999). Bedenkt man zudem, dass noch unzählige, nur schwer fassbare, diffuse, flächenhafte Wasseraustritte an der Röt-Wellenkalk-Schichtgrenze existieren (vgl. SCHUNKE 1971, PRINZ 1997), ist davon auszugehen, dass der Anteil der Massenverlagerungsgebiete die durch Wasseraustritte gekennzeichnet sind, noch erheblich zunimmt. Dabei muss jedoch die Durchfeuchtung der Stufenhänge in enger Wechselwirkung mit der linearen Fließgewässererosion und der daraus resultierenden Hangversteilung gesehen werden. Beide sind unter lithologisch-strukturell und morphologisch ähnlichen Ausgangsbedingungen abhängig vom Niederschlagseintrag.

### 5.3.14 Mittlere jährliche Niederschlagshöhe und Niederschlagsverteilung (14)

Um Aussagen über den Einfluss der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen und dessen Verteilung auf die räumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete treffen zu können, wurden zunächst die mittleren Jahresniederschlagssummen an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen ermittelt. Als Zuordnungsbasis dienten die in Klassen unterteilten Niederschlagshöhen der traufproximalen Stufenflächenbereiche der betroffenen Stufenabschnitte (vgl. Kap. 4.3). Für die Gesamtzahl der Stufenhänge des Untersuchungsraumes wurde die Niederschlagsverteilung bereits in Kapitel 2.3.4.1 vorgestellt (vgl. Karte 4). Diesbezügliche vergleichende Darstellungen folgen in den sich anschließenden Ausführungen.

Aus der Zuordnung der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte zu den Klassen der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen, ergibt sich das in Abbildung 5.46 dargestellte Verteilungsbild, wobei als Vergleichsbasis die Niederschlagsverteilung der entsprechenden Gesamtstufenhänge mit aufgeführt ist.

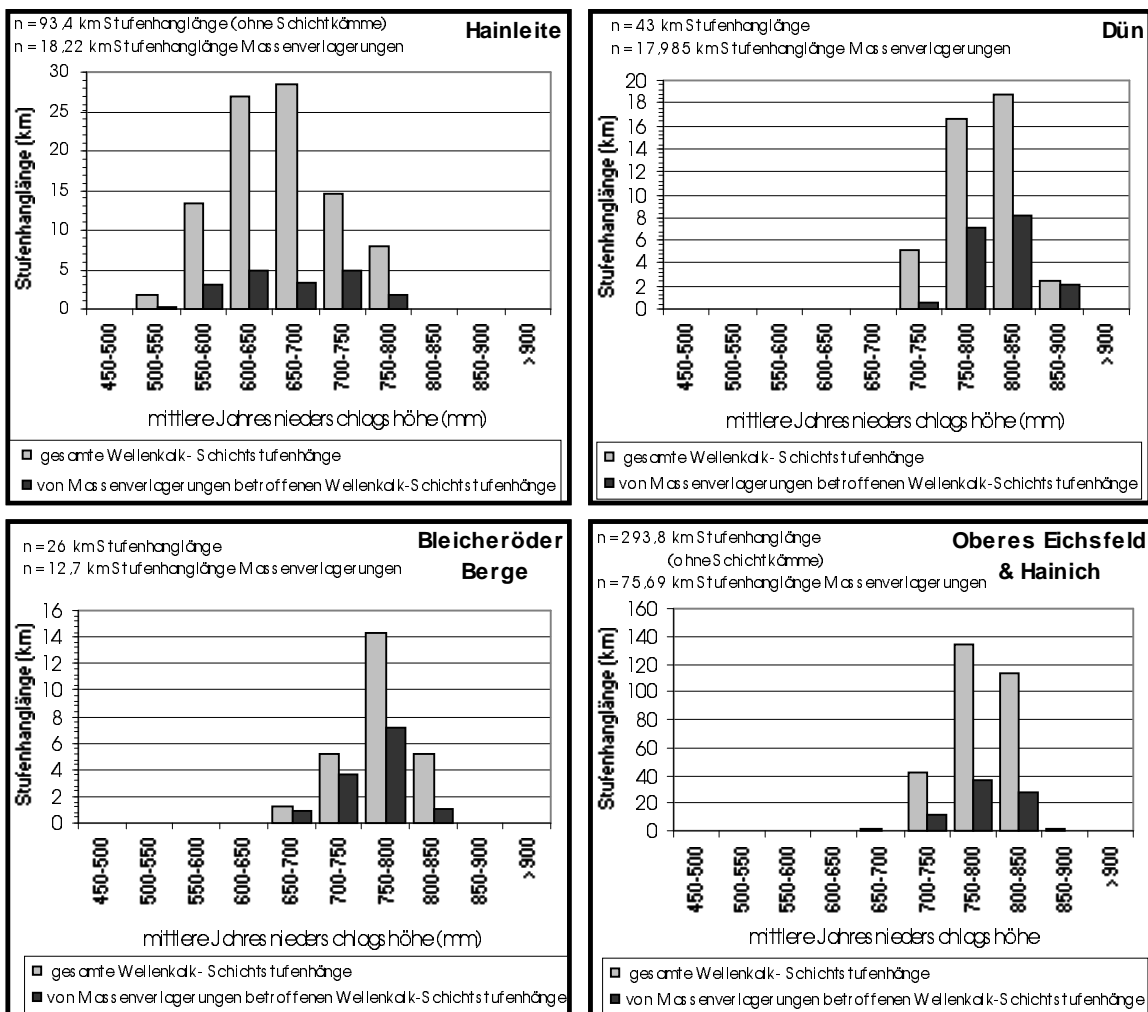


Abb. 5.46 (1/3): Die mittlere Jahresniederschlagshöhe an den Gesamtstufenhängen und den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen des Untersuchungsgebietes

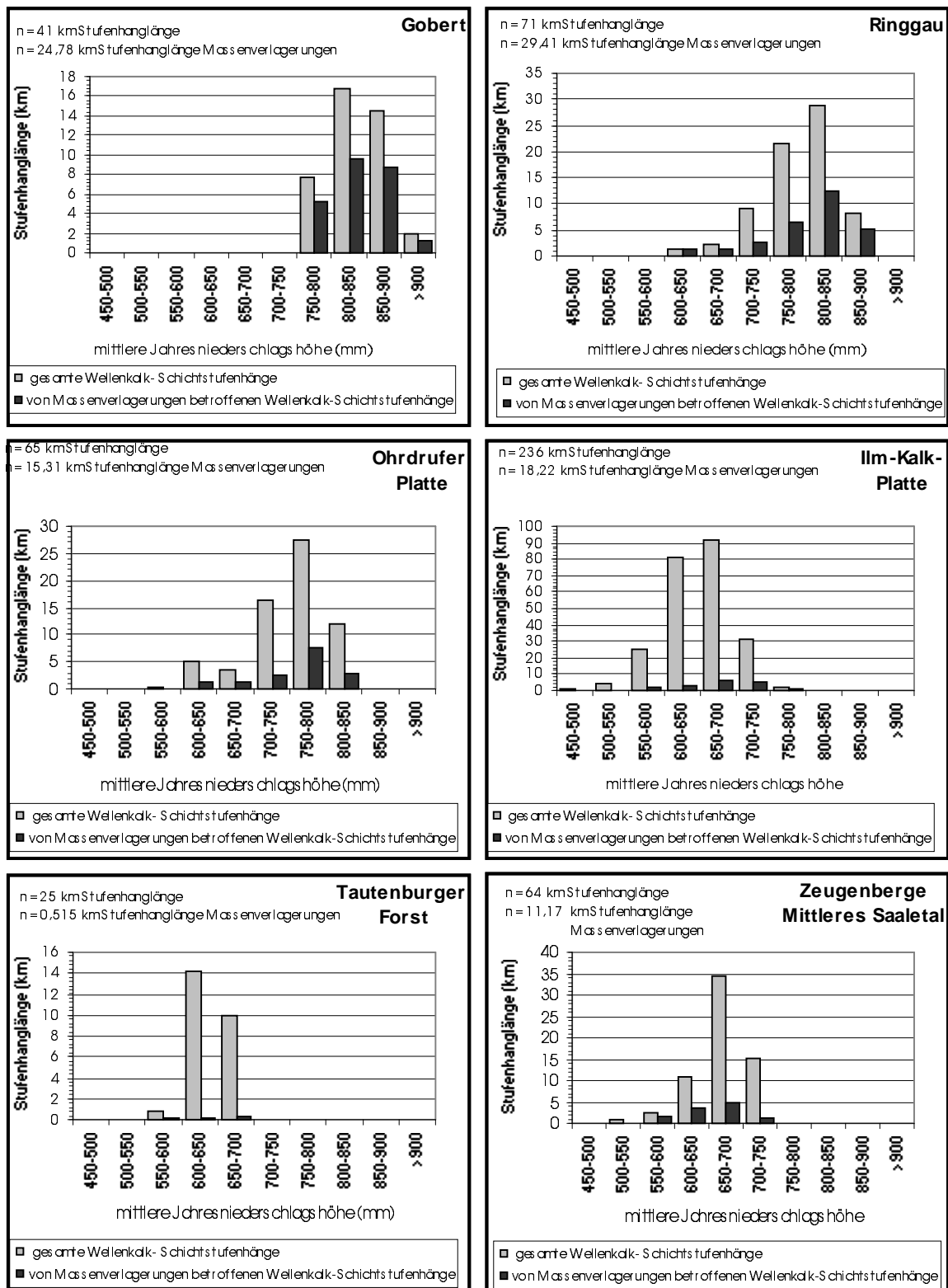


Abb. 5.46 (2/3): Die mittlere Jahresniederschlagshöhe an den Gesamtstufenhängen und den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen des Untersuchungsgebietes

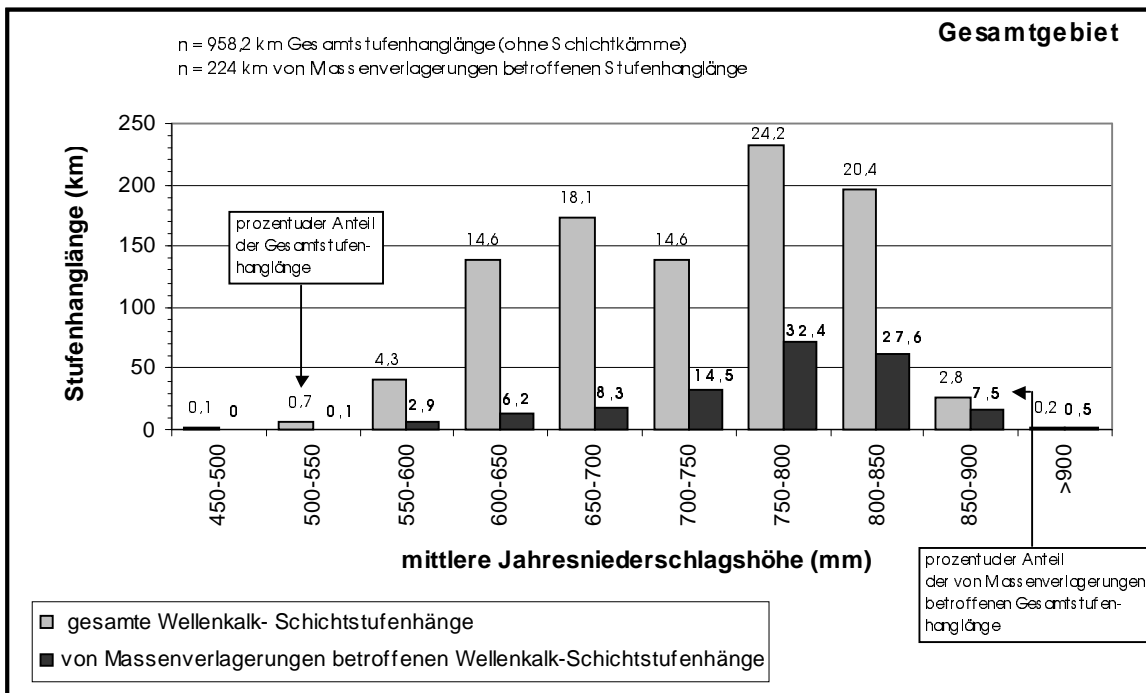


Abb. 5.46 (3/3): Die mittlere Jahresniederschlagshöhe an den Gesamtstufenhängen und den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen des Untersuchungsgebietes

Wie aus Abbildung 5.46 zeigt, sind im Untersuchungsgebiet Massenverlagerungen ab mittleren Jahresniederschlagshöhen von 500 - 550 mm/a zu verzeichnen. In dieser Niederschlagsklasse befinden sich jedoch lediglich ~250 m (= 0,1 %), der insgesamt 224 km von Massenverlagerungen betroffenen Gesamtstufenhänglänge. Anteil an diesen 250 m haben das an der Hainleite gelegene Massenverlagerungsgebiet 2 und ein Teilabschnitt des an den Zeugenbergen Mittleres Saalatal gelegenen Gebietes 701 (vgl. Karte 8). Beide Gebiete sind aufgrund des dort vorzufindenden Formenschatzes (v.a. Absatz-, Rücken-, Fußschollen, Spaltenbildungen in Form verhüllter Depressionen) als älter einzustufen.

Ab der Niederschlagsklasse 550 - 600 mm/a nimmt die Massenverlagerungsbeeinflussung deutlich zu. In dieser Niederschlagsklasse sind bereits 2,9 % (= 6,6 km) der betroffenen Stufenhänglängen zu verzeichnen. Von dieser Niederschlagsklasse an, vergrößert sich der Anteil der von massenverlagerungsbeeinflussten Stufenhänglängen kontinuierlich bis zur Niederschlagsklasse 750 - 800 mm/a (vgl. Abb. 5.47). Mit 32,4 % (= 72,57 km) tritt in dieser Klasse die Mehrzahl der im Untersuchungsgebiet zu verzeichnenden massenverlagerungsbeeinflussten Stufenhänge auf. Mit steigenden mittleren Jahresniederschlägen (> 800 mm) nimmt der Längenanteil der betroffenen Stufenhänge bis zur Niederschlagsklasse > 900 mm/a wiederum ab, wobei in dieser Klasse nur noch 0,5 % (= 1,215 km) der von Massenverlagerungen betroffenen Gesamtstufenhänglänge zu verzeichnen sind. Insgesamt sind damit 82,5 % (= 184,8 km) der betroffenen Stufenhänglängen an Schichtstufenhängen zu finden, die mittlere jährliche Niederschlagshöhen > 700 mm aufweisen.

Dieses für den Gesamttraum typische Verteilungsbild trifft mit graduellen Abweichungen auch für die einzelnen Untersuchungsabschnitte zu. Auch hier nehmen die von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen mit steigenden Jahresniederschlägen zunächst zu, um dann in der jeweils höchsten Niederschlagsklasse wiederum abzunehmen (vgl. Abb. 5.46). Dieses Verhalten resultiert aus der Tatsache, dass von den höchsten Jahresniederschlägen der einzelnen Untersuchungsabschnitte i.d.R. jeweils nur sehr kurze Stufenhangabschnitte betroffen sind (vgl. Kap. 2.3.4.1).

Vergleicht man die Jahresniederschlagsverteilung der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit den in Abbildung 5.46 enthaltenen Jahresniederschlagsverteilungen der entsprechenden Gesamtstufenhänge fällt auf, dass mit steigenden mittleren Jahresniederschlägen die prozentuale Anteil der betroffenen Stufenhanglängen zunimmt oder anders gesagt, der Anteil der Stufenhänge an denen keine Massenverlagerungen zu verzeichnen sind abnimmt. Zur Verdeutlichung dessen, ist in Abbildung 5.47 der prozentuale Anteil der massenverlagerungsbeeinflussten Stufenhanglängen von den Gesamtstufenhanglängen innerhalb der einzelnen Niederschlagsklassen dargestellt.

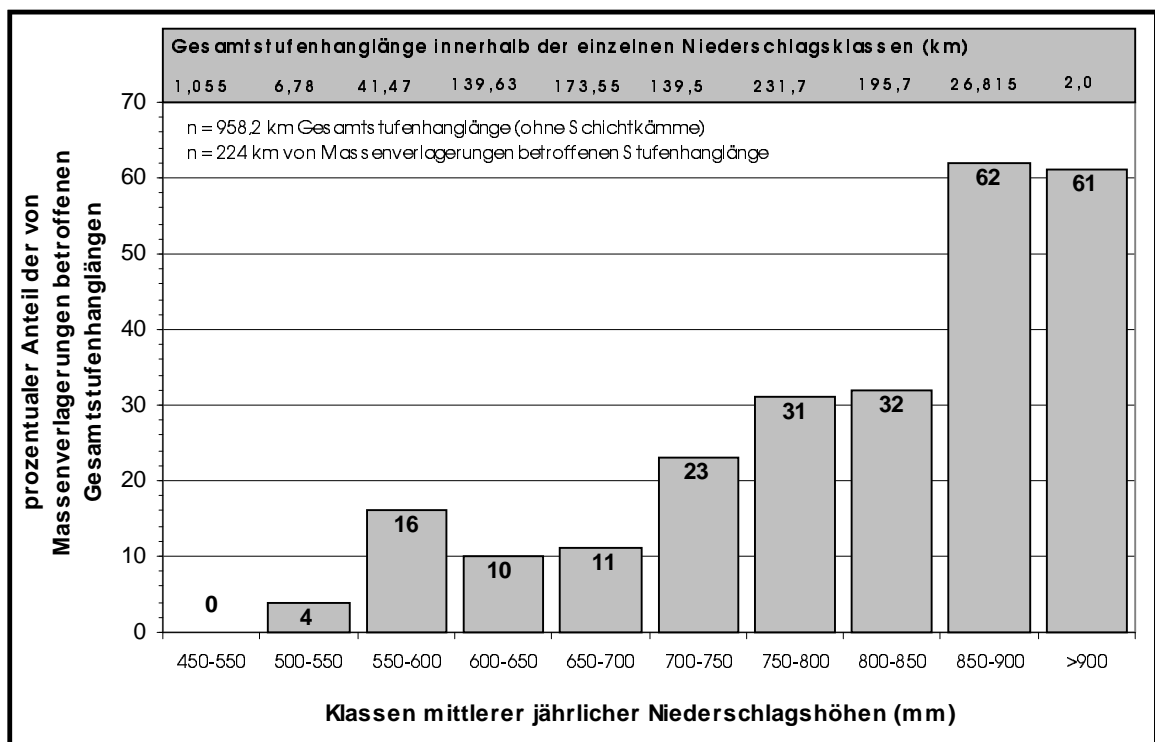


Abb. 5.47: Der prozentuale Anteil der von Massenverlagerungen betroffenen Gesamtstufenhanglängen innerhalb der Klassen der mittleren jährlichen Niederschlagshöhen



Abgesehen von der Niederschlagsklasse 550 - 600 mm/a, nimmt der Anteil der massenverlagerungsbeeinflussten Gesamtstufenhanglängen mit steigenden mittleren Jahresniederschlägen zu (vgl. Abb. 5.47). Dieser Zusammenhang ist mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,93$  höchst signifikant. Während von den 6,78 km Gesamtstufenhanglänge, die durch Niederschläge der Klasse 500 - 550 mm/a gekennzeichnet sind, lediglich 4 % Massenverlagerungen aufweisen, sind es von den 231,7 km Gesamtstufenhanglänge der Niederschlagsklasse 750 - 800 mm/a bereits 31 %. Ab mittleren Jahresniederschlagshöhen  $> 850$  mm nimmt die von Massenverlagerungen betroffene Stufenhanglänge sprunghaft zu. Von den insgesamt 28,815 km Gesamtstufenhanglänge, die diese mittleren Jahresniederschlagshöhen aufweisen, weisen über 60 % und damit mehr als die Hälfte der Gesamtstufenhänge von Massenverlagerungen auf.

Dieses für den Gesamttraum typische Verteilungsbild ist mit einzelnen graduellen Abweichungen für alle Untersuchungsabschnitte typisch. Die leicht erhöhten Massenverlagerungshäufigkeit innerhalb der Niederschlagsklasse 550 - 600 mm/a resultiert aus der Tatsache, dass die Gesamtstufenhanglängen, die diese Niederschlagshöhen aufweisen, ähnlich der Stufenhänge mit den höchsten mittleren Jahresniederschlägen (vgl. oben), relativ kurz sind und damit einen nur sehr geringen Anteil an der Gesamtstufenhanglänge haben (4,3 %) (vgl. Abb. 5.46). Damit wirken sich die hier auftretenden Massenverlagerungsgebiete, die insgesamt jedoch nur 2,9 % der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglänge ausmachen, in Form erhöhter prozentualer Anteile unmittelbar auf diesen Vergleich aus. Dies trifft v.a. auf die Untersuchungsabschnitte Hainleite, Tautenburger Forst, Zeugenberge Mittleres Saaletal zu. Aber auch hier befindet sich der überwiegende Mehrzahl der massenverlagerungsbeeinflussten Stufenhanglängen in den Niederschlagsklassen  $> 600$  mm/a, also deutlich darüber (vgl. Abb. 5.46).

Wie das Verteilungsbild klar zum Ausdruck bringt, nimmt mit steigenden mittleren Jahresniederschlagshöhen die Massenverlagerungshäufigkeit an den Stufenhängen signifikant zu. Dies bestätigt sich auch, wenn man den Durchschnittswert der mittleren Jahresniederschlagshöhen an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen bildet. Dieser liegt bei 770 mm/a und ist im Vergleich zudem für die 980 km Gesamtstufenhanglänge charakteristischen durchschnittlichen Jahresniederschlagswert, der bei 740 mm/a liegt (vgl. Kap. 2.3.4.1), um 30 mm/a höher. Lässt man zudem die Schichtkammabschnitte ( $n = 21,8$  km) aufgrund ihres schichtlagerungsbedingten Fehlens von Massenverlagerungen (vgl. Kap. 5.3.6) außen vor, verringert sich der Mittelwert der Gesamtstufenhänge auf 730 mm mittlere Jahresniederschlagshöhe, d.h. der Unterschied zu den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen beträgt bereits 40 mm/a. Der T-Test zeigt, dass diese Feuchteunterschiede auf dem 0,1 % Niveau höchst signifikant sind.

Bemerkenswert sind auch hier die zu verzeichnenden mittleren jährlichen Niederschlagshöhen an den Massenverlagerungsgebiete die in ihrem Formenschatz Mauerschollen und Sturzfließungen aufweisen (vgl. Karte 14). Die diesbezüglich anzutreffenden Verteilungsmuster sind in Tabelle 5.25 dargestellt.

Tab. 5.25: Die mittleren jährlichen Niederschlagshöhen an den Massenverlagerungsgebieten mit Mauerschollen und Sturzfließungen

<b>Mittlere Jahresniederschlag in Niederschlagsklassen mit 50 mm Intervallen</b>	<b>Massenverlagerungs- gebiete mit Mauerschollen</b>	<b>Anteil</b>	<b>Massenverlagerungs- gebiete mit Sturzfließungen</b>	<b>Anteil</b>
(mm/a)	(Anzahl)	(%)	(Anzahl)	(%)
<b>550-600</b>	3	2,7	-	-
<b>600-650</b>	1	0,9	-	-
<b>650-700</b>	10	9,0	1	7,1
<b>700-750</b>	8	7,2	1	7,1
<b>750-800</b>	30	27,0	4	28,6
<b>800-850</b>	47	42,3	5	35,7
<b>850-900</b>	10	9,0	3	21,4
<b>&gt;900</b>	2	1,8	-	-
<b>Gesamt</b>	<b>111</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>100</b>

Diese Zusammenstellung zeigt, dass die ersten Mauerschollengebiete im Untersuchungsraum ab mittleren Jahresniederschlagshöhen der Klasse 550 - 600 mm auftreten - die ersten Sturzfließungen aber erst ab Jahresniederschlagshöhen der Klasse 650 - 700 mm. Der zu verzeichnende Anteil der Mauerschollengebiete (2,7 %) in dieser untersten Niederschlagsklasse ist jedoch insgesamt sehr gering. 89 der 111 Mauerschollengebiete, dies entspricht ~80 %, treten erst ab mittleren jährlichen Niederschlagshöhen > 750 mm auf. Das gleiche Verteilungsbild zeigt sich bei den Sturzfließungen. Auch hier sind 12 der insgesamt 14 Gebiete, (~86 %) an Stufenhängen zu finden, die durch jährliche mittleren Niederschlagshöhen > 750 mm gekennzeichnet sind (vgl. Tab. 5.25). Damit wird deutlich, dass höhere mittlere Jahresniederschläge v.a. auch das verstärkte Auftreten dieser jüngeren Massenverlagerungsformen begünstigen.

Bei den in den Niederschlagsklassen 550 - 600 mm/a auftretenden 3 Mauerschollengebieten handelt es sich um die Gebiete 48 (beide Hainleite), 613 und 693 (beide Ilm-Kalk-Platte) (vgl. Karte 8). Abgesehen vom Massenverlagerungsgebiet 613 sind alle genannten Gebiete durch atektonische Schichtdeformationen oder im Fall des Gebietes 48 zusätzlich durch enorme

Röthangversteilungen ( $\alpha = 18^\circ$ ) gekennzeichnet (vgl. Anhang C). Bei der in der Niederschlagsklasse 650 - 700 mm/a zu verzeichnenden ersten Sturzfließung handelt es sich um das Gebiet 54 (Lokalität Frauenberg) (vgl. Kap. 5.2.4.1.2), welches gleichzeitig eine Mauerscholle und ebenfalls atektonische Schichtdeformationen aufweist. Diese Umstände wirkten sich möglicherweise begünstigend auf die hier auftretenden Mauerschollen und Sturzfließungen aus, indem die hier im Vergleich zur Mehrzahl der Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete zu verzeichnenden 100 bis 200 mm geringeren Jahresniederschläge durch diese Faktoren kompensiert wurden.

Ähnlich der Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete zeigen auch die breitesten Massenverlagerungsgebiete des Untersuchungsraumes ( $> 1000$  m Breitenausdehnung), die gleichzeitig die höchste Formenschatzhäufigkeit aufweisen und insgesamt als aktiver einzustufen sind (vgl. Kap. 5.2.4.5), enge Lagebeziehungen zur Höhe der mittleren jährlichen Niederschläge. So sind von den insgesamt 40 Massenverlagerungsgebieten, die diese hohen Breitenausdehnungen aufweisen (vgl. Kap. 5.2.3.1), 37 Gebiete ( $\sim 93$  %) durch Niederschläge  $> 750$  mm gekennzeichnet, wobei der größte Teil ( $n = 24$ ) hier an Stufenhängen vorkommt, an denen Jahresniederschläge von 800 - 850 mm zu verzeichnen sind.

Die niederschlagsabhängige Verteilung trifft für die überwiegende Mehrzahl der Massenverlagerungsgebiete zu. Auch die Gebiete, in denen lediglich ältere, rezent inaktive Massenverlagerungsformen (insbesondere Wall-, Rücken-, Absatzschollen) vorkommen, und dies ist die Mehrzahl der Gebiete (vgl. Kap. 5.2.4.1), treten, wie Abbildung 5.47 verdeutlicht, gehäuft an den rezent stärker berechneten Stufenhangabschnitten auf. Diese Tatsache spricht dafür, dass zu früheren Zeiten noch höhere Niederschläge zu verzeichnen waren, die zur verstärkten Aktivierung dieser Massenverlagerungen führten. Infrage dafür könnten die feuchteren Phasen des Atlantikums (SCHÖNWIESE 1979, PRINZ 1997, BERRISFORD & MATTHEWS 1997), mit denen vermutlich die Entstehung der Mehrzahl der Rücken und Absatzschollen in Verbindung zu bringen ist und die mittelalterliche Klimaverschlechterung (vgl. SPUREK 1972, BERRISFORD & MATTHEWS 1997), auf die vermutlich die Mehrzahl der Wallschollen zurückzuführen ist, kommen. Letztendlich zeigt sich aber auch hierin, dass die Massenverlagerungsprozesse v.a. auf sich ändernde hygrische Verhältnisse reagieren.

Auch die im Untersuchungsgebiet nachweislich ältesten Massenverlagerungsformen der Fußschollen (vgl. Kap. 3.4) zeigen regional ähnliche Verteilungsmuster. Bedenkt man jedoch, dass diese Massenverlagerungen im Pleistozän unter anderen klimatischen Rahmenbedingungen erfolgten (vgl. ACKERMANN 1959, BERNHARD 1967, 1968, SCHUNKE 1971, Prinz 1997), ist davon auszugehen, dass neben der Niederschlagsverteilung hier auch der auftauende Permafrost maßgeblich für das Auftreten dieser Formen mitverantwortlich ist. Dafür sprechen die großen

Verlagerungsdistanzen (teilweise > 300 m), die von keiner anderen Massenverlagerungsform erreicht werden sowie die generell einheitlichen Lagerungsverhältnisse dieser großvolumigen Blockschollen mit einheitlich, intern rotierten, hangwärts gerichteten Schichtlagerungen (vgl. Kap. 3.2), was auf antithetische Bewegungen auf dem auftauenden Sockelhang hindeutet.

Vergleicht man nun die regional unterschiedlichen mittleren Jahresniederschlagshöhen (vgl. Karte 4) mit den Verteilungsmustern der Massenverlagerungsgebiete (vgl. Karte 8) zeigt sich, dass hier räumlich gute Übereinstimmungen bestehen. Um dies zusammenfassend zu verdeutlichen, wurden in Abbildung 5.48 die untersuchungsabschnittsbezogenen, durchschnittlichen mittleren Jahresniederschlagshöhen (vgl. Kap. 2.3.4.1) den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte gegenübergestellt.

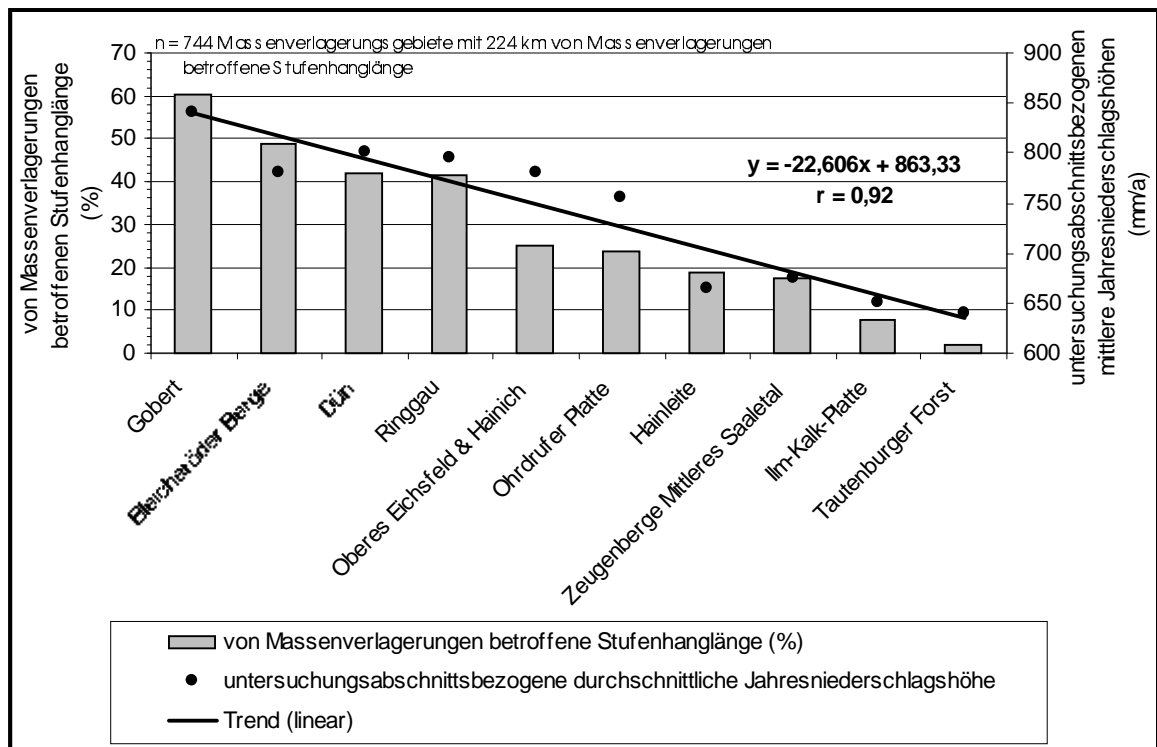


Abb. 5.48: Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen mit den untersuchungsabschnittsbezogenen, durchschnittlichen Jahresniederschlagshöhen

Wie daraus klar hervorgeht, nehmen mit steigenden Jahresniederschlägen die betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte kontinuierlich zu. Dieser Zusammenhang ist mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r = 0,92$  statistisch hochsignifikant. Das heißt ~85 % der Varianz der unterschiedlichen Massenverlagerungsbeeinflussung der einzelnen Untersuchungsabschnitte sind allein aus der unterschiedlichen Niederschlagsverteilung erklärbar.

Im Einzelnen ist wiederum die Gobert der Untersuchungsabschnitt, der die höchste Jahresniederschläge empfängt und an dem gleichzeitig auch die größte Massenverlagerungsdichte zu verzeichnen ist. Bei den hier charakteristischen durchschnittlichen Jahresniederschlägen von

knapp unter 850 mm sind über 60 % der Stufenhänge von Massenverlagerungen betroffen (vgl. Abb. 4.48). Lässt man die Buchtenlagen, an denen Massenverlagerungen generell nicht vorkommen, außen vor (vgl. Kap. 5.3.10), sind bei diesen Niederschlagshöhen an annähernd allen Stufenhangabschnitten Massenverlagerungen zu verzeichnen (vgl. Karte 8). Demgegenüber ist der Tautenburger Forst wiederum das Gebiet mit den geringsten Jahresniederschlägen bei gleichzeitig geringster Massenverlagerungsbeeinflussung der Stufenhänge. Da mit abnehmenden, von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen auch gleichzeitig die Sturzfließungs- und insbesondere die Mauerschollengebietsdichten abnehmen (vgl. Kap. 5.2.4.1.1. und 5.2.4.1.2 und Karte 14), ist auch deren räumliches Verteilungsbild maßgeblich auf die unterschiedlichen Jahresniederschlagshöhen zurückzuführen (vgl. auch Tab. 5.25). Gleiches gilt für die breiteren bzw. großflächigeren Massenverlagerungsgebiete, die zudem die größte Formendiversität und Staffelanzen aufweisen (vgl. Kap. 5.2.3.4 und 5.2.4.4 und Karte 15 und 16).

Die Ursachen für diese, von den Jahresniederschlagshöhen abhängige Verteilungen der Massenverlagerungsgebiete und deren morphologischen Merkmale, müssen in der unterschiedlich starken Durchfeuchtung der Sockelhänge und damit verbunden, in der unterschiedlichen Gefügeauflockerung, Plastifizierung und Quellung des tonig ausgebildeten Rötmaterials sowie in unterschiedlich starken kluft- bzw. porengelunden Grundwasserströmungsdrücke begründet liegen. Da in den verkarstungsanfälligen Wellenkalken nahezu 100 % des abzüglich der jährlichen Evapotranspiration (~400 mm/a) anfallenden Niederschlages in das Karstsystem übergehen (vgl. Kap. 2.3.5.3), steht für die hanginternen hydrologischen Prozesse regional unterschiedlich viel Grundwasser zur Verfügung. Wie aufwendig instrumentarisierte Untersuchungen von TILCH (1999) an exemplarischen Massenverlagerungsgebieten eines vergleichbaren Schichtstufenhanges im Leine-Weser-Bergland klar zum Ausdruck bringen, besteht zwischen erhöhten jährlichen Grundwasserneubildungsraten und zunehmender Massenverlagerungsaktivität ein direkter Zusammenhang. Auch die Untersuchungen von THORNES & AYALA (1998) sowie von VAN ASCH et al. (1999) bestätigen, dass die Verbreitung tiefer Massenverlagerungen v.a. von den absoluten jährlichen Niederschlagseinträgen in das Hangsystem abhängig ist. Die im Einzelnen dabei ablaufenden Prozesse sind bislang jedoch noch wenig erforscht.

Da die Durchfeuchtung maßgeblich die Kohäsion und schließlich die Scherfestigkeit des als Gleitbasis dienenden Rötmaterials beeinflusst (vgl. JOHNSEN & KLENGEL 1973, JOHNSEN 1974a, PRINZ 1997), ist bei unterschiedlicher Durchfeuchtung eine unterschiedliche Massenverlagerungsbeeinflussung zu erwarten, was sich schließlich in dem aufgezeigten räumlichen Verteilungsbild der Massenverlagerungen widerspiegelt. Vergleichende Betrachtungen der Verwitterungszustände sowie der bodenphysikalischen und bodenchemischen Kennwerte an

den unterschiedlich stark befeuchteten Sockelhängen im Sinne von EINSELE et al (1985) könnten hier möglicherweise nähere Auskünfte bringen.

Die unterschiedlichen Niederschlagshöhen sind letztendlich auch für die unterschiedlichen Quell- und Fließgewässerhäufigkeiten der Untersuchungsabschnitte verantwortlich (vgl. Kap. 2.3.5.3), die ebenfalls einen signifikanten Zusammenhang zur räumlichen Variabilität der Massenverlagerungsgebiete erkennen lassen (vgl. Kap. 5.3.12 und 5.3.13). Auch die sich auf die Verbreitung der Massenverlagerungsgebiete begünstigend auswirkende Lagekombination Stufenvorsprung (insbesondere Flankenpositionen) und angrenzendes Fließgewässer (vgl. Kap. 5.3.12) ist maßgeblich auf die Niederschlagshöhe zurückzuführen. Dort, wo mehr Niederschlag fällt ( $> 750$  mm/a), sind häufiger perrenierende Fließgewässer, die an den unmittelbar angrenzenden Vorsprungsflanken stufenhangversteilend wirksam werden können, zu verzeichnen, als dort, wo weniger Niederschlag ( $< 750$  mm/a) fällt (vgl. Karte 4 und Karte 7 und 8). Insgesamt zeigt sich damit, dass in den Untersuchungsabschnitten mit höheren mittleren Jahresniederschlägen (in den westlichen Gebiete teilweise bis 300 mm mehr Niederschlag als in den östlichen) (vgl. Karte 4) das Wasser als festigkeits- und spannungsänderndes sowie erosiv wirkendes Medium (Tiefenlinienerosion und Sockelhangversteilung) auch stärker massenverlagerungsbeeinflussend wirksam werden kann, als in Gebieten die trockener sind. Der ganze Zusammenhang ist demnach als Kausalkette zu verstehen, an dessen Anfang die räumliche Variabilität des Jahresniederschlagshöhe steht.

Entsprechend der aufgezeigten Zusammenhänge ist festzuhalten, dass an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken unter morphologisch strukturell ähnlichen Ausgangsbedingungen (flache Schichtlagerung, Durchschneidung des Schichtpaketes bis zum Röt, durchschnittliche Sockelhangsteilheit  $\sim 12^\circ$ ) die unterschiedlichen Niederschlagshöhen und deren Verteilung (14) die maßgeblich, die großräumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete bestimmende Einflussgröße ist. Das Ausmaß der Massenverlagerungsprozesse an den Wellenkalk-Schichtstufenhängen ist damit in erster Linie feuchtegesteuert. Die rezent Massenverlagerungen (Mauerschollen und Sturzfließungen) treten verstärkt ab  $> 750$  mm Jahresniederschlag auf (vgl. Tab. 5.25). Da die Mehrzahl der Massenverlagerungsgebiete ältere, rezent inaktive Formen aufweist (Absatz, Rücken-, Wallschollen), deren räumliches Verteilungsbild aber ebenfalls der beschriebenen Gesamtverteilung entspricht (mehr Massenverlagerungsgebiete die diesen Formenschatz aufweisen an den westlichen und nordwestlichen stärker beregneten Untersuchungsabschnitten (vgl. Kap. 5.2.4.1 und Karten 9, 10, 12, 13), ist davon auszugehen, dass zu früheren Zeiten erhöhte Feuchtigkeitsangebote mit regional ähnlichen Verteilungsmuster gegeben waren, die bereits damals die regional unterschiedliche Massenverlagerungshäufigkeit bedingten. Wie Karte 11 verdeutlicht, trifft dies auch für die ältesten Massenverlagerungsformen

der Fußschollen zu. Auch hier nimmt die Dichte der Gebiete, die diese Formen aufweisen, mit zunehmenden rezenten Niederschlägen bzw. analog zunehmender von Massenverlagerungen betroffener Stufenhanglänge vom Tautenburger Forst zur Gobert hin zu. (Korrelation mit untersuchungsabschnittsbezogenen, rezenten durchschnittlichen mittleren jährlichen Niederschlagshöhen  $r = 0,8$ ). Wie bereits erwähnt ist hierbei jedoch zu bedenken, dass sich die pleistozänen (periglaziale) Klimabedingungen, insbesondere der Permafrost, modifizierend auf den Verlagerungsprozess auswirkten (vgl. oben). So ist bspw. an der Ilm-Kalk-Platte eine höhere Dichte an Fußschollen zu verzeichnen (Dichteindex: 0,27) als an der insgesamt stärker von Massenverlagerungen betroffenen Hainleite (Dichteindex: 0,21). Mögliche Ursachen hierfür könnten expositionsbedingte, thermische Unterschiede gewesen sein, die sich in unterschiedlich schnellen Auftauprozessen des Permafrostes der Sockelhänge niederschlugen.

Insgesamt ist dieser einfache Befund: zunehmende Jahresniederschläge = zunehmende Massenverlagerungsbeeinflussung, um so erstaunlicher, als dass darüber in der Literatur bislang nichts veröffentlicht wurde, sondern eher Faktoren diskutiert werden, die, wie aufgezeigt werden konnte, nur bedingt oder keinen Einfluss auf die großräumige Variabilität der Massenverlagerungen erkennen lassen. Vermutlich ist dies jedoch darauf zurückzuführen, dass die regionalen Verteilungsmuster der Massenverlagerungsgebiete an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken bislang unbekannt waren, womit großräumige Vergleiche mit der Niederschlagsverteilung rein spekulativ geblieben wären. Von stratigraphisch vergleichbar aufgebauten Untersuchungsgebieten sind die niederschlags- bzw. feuchteabhängigen Massenverlagerungsverbreitungen und deren morphologische Ausstattungsunterschiede bereits seit längerem bekannt. SCHMIDT & MEITZ (2000) konnten derartige Zusammenhänge an Schichtstufenhängen des Colorado Plateau nachweisen, THORNES & AYALA (1998) sowie von VAN ASCH et al. (1999) in Spanien.

### **5.3.15 Höhe und Verteilung von Starkniederschlägen (15)**

Starkniederschläge werden in der Literatur oft als episodischer Auslöser von Massenverlagerungen genannt (vgl. Kap. 1.2). Für die Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken sind derartige Zusammenhänge insbesondere für die zu verzeichnenden Sturzfließungen bekannt (vgl. JOHNSEN & KLENGEL 1973, JOHNSEN 1984, RÖSING & WENZEL, SCHMIDT 1988b, WENZEL 1991). Im Rahmen der Arbeit wurden für das großräumige Untersuchungsgebiet der Einfluss von zwei flächendeckend vorliegenden, statistisch berechneten Starkniederschlagsintervallen mit verschiedenen Intensitäten, Dauerstufen und Wiederkehrzeiträumen näher untersucht (vgl. Kap. 2.3.4.2). Der erste Intervall (Dauer: 1 h, Wiederkehrzeitraum: 1 a) (vgl. Karte 5) ist typisch für die

häufig auftretenden, sommerlichen konvektiven Starkniederschläge, der zweite Intervall (Dauer: 48 h, Wiederkehrzeitraum: 50 a) (vgl. Karte 6) repräsentiert ein advektives Starkniederschlagsereignis mit lang anhaltenden Niederschlägen hoher Ergiebigkeit. Die diesbezüglich im Gesamtuntersuchungsgebiet vorzufindenden räumlichen Verteilungsmuster wurden bereits in Kapitel 2.3.4.2 vorgestellt (vgl. Karten 5 und 6). Die folgenden Ausführungen basieren auf der Zuordnung der Massenverlagerungsgebietsbreiten zu den Niederschlagsintensitäten der entsprechenden Starkniederschlagsintervalle (vgl. Kap. 4.3). Für die Gesamtzahl der Massenverlagerungen ergibt sich dabei das in den Abbildung 5.49 und Abbildung 5.50 dargestellte Verteilungsbild. Als Vergleichsbasis ist die jeweiliger Starkniederschlagsverteilung der entsprechenden Gesamtstufenhänge mit aufgeführt.

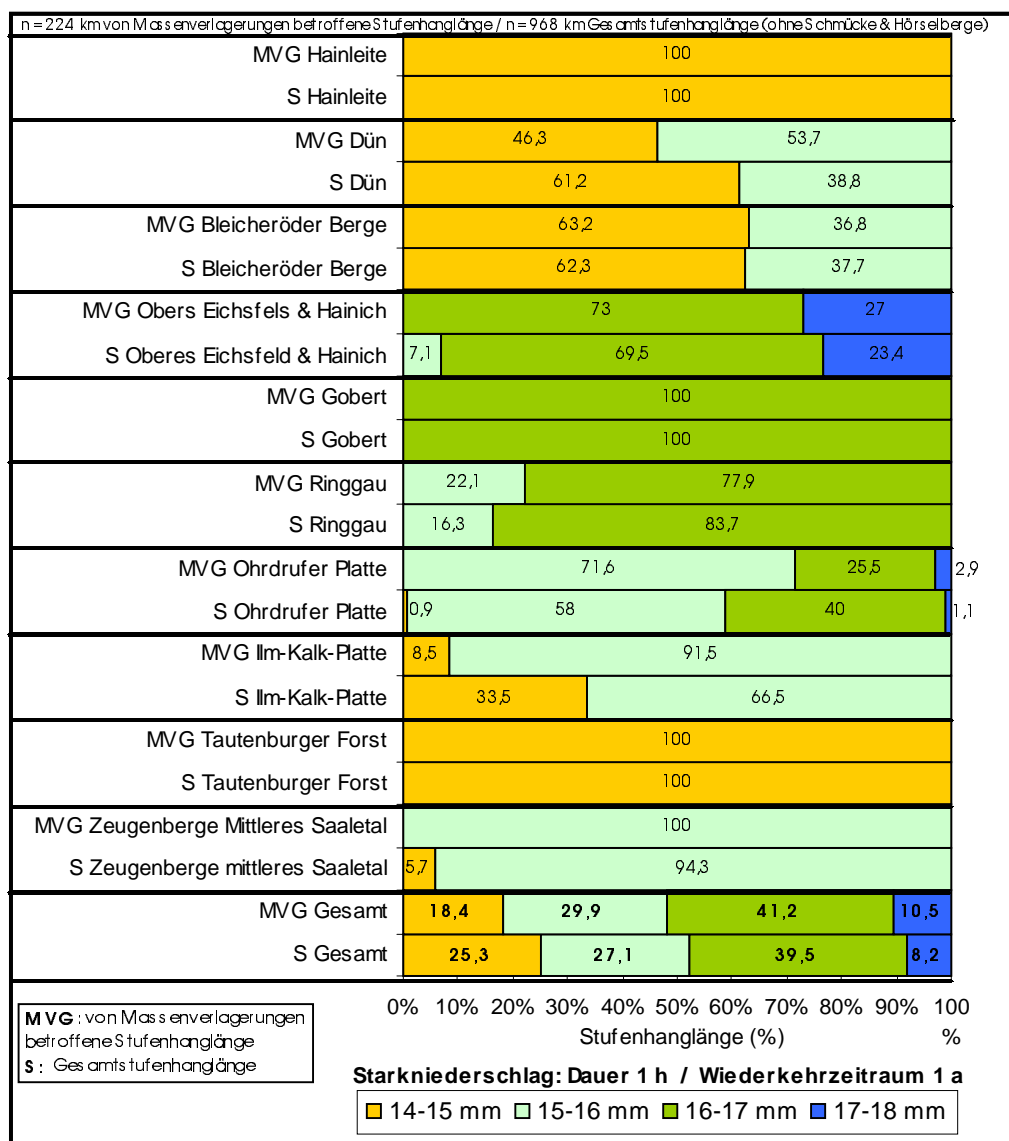


Abb. 5.49: Starkniederschlagsverteilung an den Gesamtstufenhängen und den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen des Untersuchungsgebietes (betrachteter Intervall: Dauer: 60 min / Wiederkehrzeitraum: 1 a)



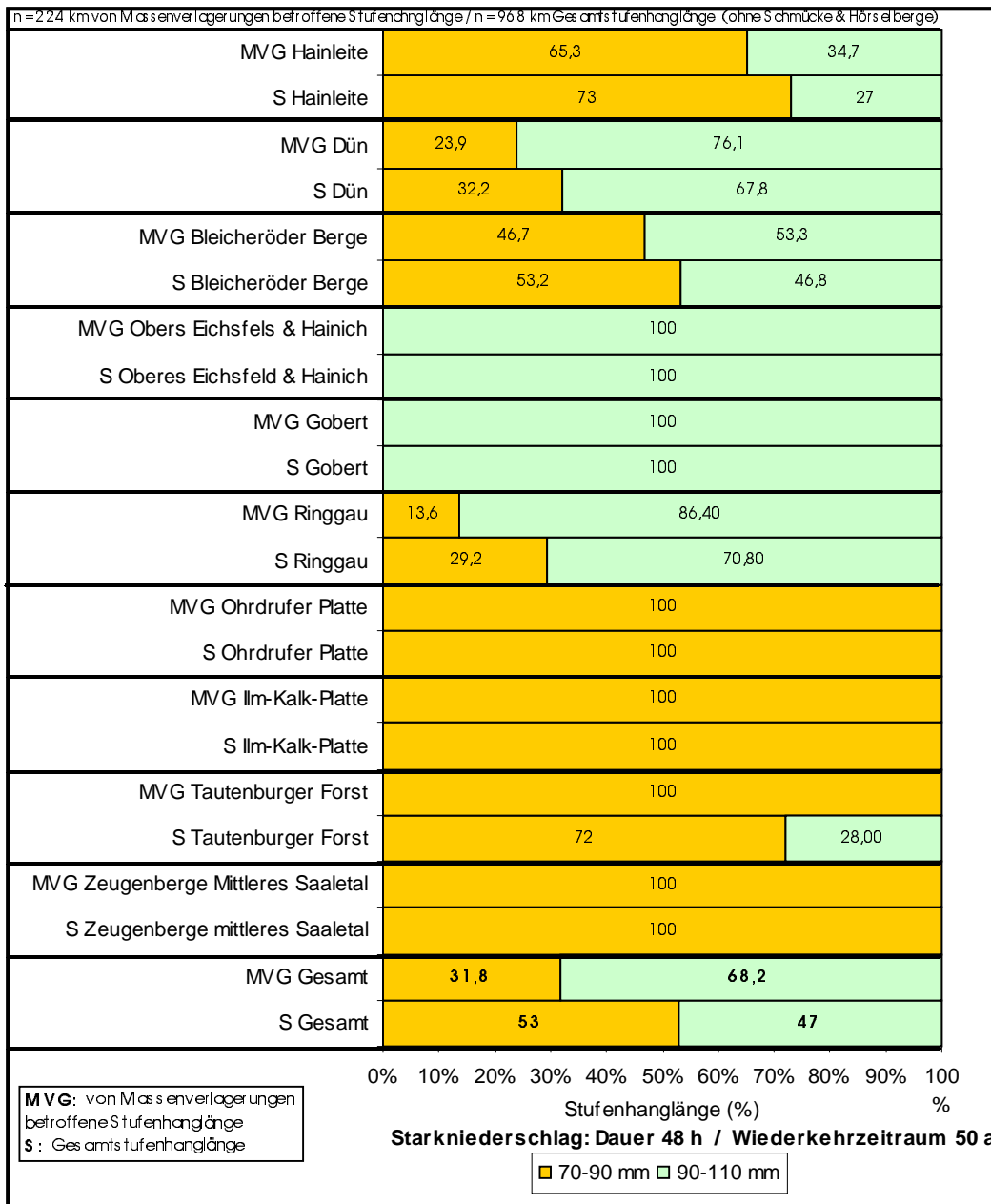


Abb. 5.50: Starkniederschlagsverteilung an den Gesamtstufenhängen und den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen des Untersuchungsgebietes (betrachteter Intervall: Dauer: 48 min / Wiederkehrzeitraum: 50 a)

In den für die sommerlichen Konvektivniederschläge typischen Intervall (vgl. Abb.5.49 und Karte 5) liegen von den insgesamt 224 km von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänglängen (n = 744 Massenverlagerungsgebiete) ~16 % (36,62 km) in der Intensitätsklasse 14 - 15 mm, ~27 % (59,65 km) in der Intensitätsklasse 15 - 16 mm, ~ 48% (106,88 km) in der Intensitätsklasse 16 - 17 mm und lediglich ~9 % (20,85 km) in der Intensitätsklasse 17 - 18 mm. Damit befindet sich etwas mehr als die Hälfte (~57 %) aller betroffenen Stufenhänge in Gebieten, die die höheren Starkniederschlagsintensitäten dieses Intervalls (16 - 17 mm und 17 - 18 mm) aufweisen. Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte sind an den massenverlagerungsbeeinflussten Stufenhängen

vom Oberen Eichsfeld & Hainich die höchsten Niederschlagsintensitäten zu verzeichnen, wohingegen die jeweils einheitlich niedrigsten Intensitäten (14 - 15 mm) die Stufenhänge der Hainleite und des Tautenburger Forstes empfangen. Insgesamt nehmen in der Reihenfolge der Untersuchungsabschnitte: Oberes Eichsfeld & Hainich, Gobert, Ringgau, Ohrdruffer Platte, Zeugenberge Mittleres Saaletal, Ilm-Kalk-Platte, Dün, Bleicheröder Berge sowie Hainleite und Tautenburger Forst die zu verzeichnenden Starkniederschläge dieses Intervalls ab (vgl. Abb. 5.49). Der Vergleich zwischen den Gesamtstufenhängen und den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen der entsprechenden Untersuchungsabschnitte zeigt, dass, abgesehen von leichten gradueller Abweichungen, keine signifikanten Unterschiede in der Verteilung der betrachteten Starkniederschläge bestehen. Der  $\chi^2$ -Test bestätigt dies für alle Untersuchungsabschnitte (errechneter  $\chi^2$ - Wert für Gesamtgebiet: 4,99;  $\chi^2_{\text{krit. } 0,05} = 9,488$  bei 4 Freiheitsgraden ).

Betrachtet man die Verteilung des für die advektiven langanhaltenden Starkniederschläge typischen Intervalls (vgl. Abb. 5.50 und Karte 6) zeigt sich, dass ~32 % (71,335 km) der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen in der Niederschlagsintensitätsklasse 70 - 90 mm und ~68 % (162,665 km) Intensitätsklasse 90 - 110 mm liegen. Insgesamt ist damit die überwiegende Mehrzahl betroffenen Stufenhänge durch die höheren Starkniederschlagsintensitäten des betrachteten Intervalls (Dauer: 48 h / Wiederkehrzeitraum: 50 a) gekennzeichnet. Innerhalb der einzelnen Untersuchungsabschnitte sind die massenverlagerungsbeeinflussten Stufenhänge der Gebiete Gobert und Oberes Eichsfeld & Hainich durch die flächendeckend höchsten Starkniederschläge gekennzeichnet. Danach folgen die Gebiete Ringgau, Dün, Bleicheröder Berge, Hainleite und schließlich die Untersuchungsabschnitte Ohrdruffer Platte, Ilm-Kalk-Platte, Tautenburger Forst und Zeugenberge Mittleres Saaletal, an denen jeweils die flächendeckend geringsten Starkniederschlägen des betrachteten Intervalls zu verzeichnen sind (vgl. Abb. 5.50). Der Vergleich zwischen den Gesamtstufenhängen und den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte zeigt, dass auch hier nur leichtere graduelle Abweichungen aber keine signifikanten Unterschiede in der Verteilung der betrachteten Starkniederschläge zu verzeichnen sind. Anders verhält es sich, wenn man die Häufigkeitsverteilung des Gesamtgebietes betrachtet (vgl. Abb. 5.50). Hier erbrachte der  $\chi^2$ -Test einen signifikanten Unterschied auf dem 0,1 % Niveau ( $\chi^2 = 30,22$ ;  $\chi^2_{\text{krit. } 0,01} = 13,81$  bei 2 Freiheitsgraden), d.h. die an den Gesamtstufenhängen zu beobachtende Starkniederschlagsverteilung unterscheidet sich hier von der der Massenverlagerungsgebiete. Bezogen auf den gesamten Untersuchungsraum, tritt die Mehrzahl der Massenverlagerungsgebiete (~68 %) an Stufenhängen auf, die die höchsten Niederschlagsintensitäten des betrachteten Intervalls aufweisen (vgl. oben) und das, obwohl sich die Mehrzahl der Gesamtstufenhänge (~53 %) in der niedrigsten Niederschlagsintensitätsklasse des betrachteten Intervalls befindet. Dieser Unterschied ist statistisch höchst signifikant.

Vergleicht man die von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit den, auf die entsprechenden Stufenhanglängen bezogenen, gewichteten mittleren Starkniederschlagsintensitäten des jeweils betrachteten Intervalls, werden die oben geschilderten Unterschiede noch deutlicher. Die den gewichteten Mittelwerten zugrunde liegenden Intensitäten entsprechen den jeweils höchsten Werten der auftretenden Intensitätsklassen (z.B. Intervall 70 - 90 mm; Berechnung mit 90 mm). Abbildung 5.51 zeigt die Verteilungsmuster für den für die sommerlichen Konvektivniederschläge typischen Intervall (Dauerstufe: 1 h / Wiederkehrzeitraum: 1 a) und Abbildung 5.52 die Zusammenhänge für den für die advektiven Starkniederschläge typischen Intervall (Dauerstufe: 48 h / Wiederkehrzeitraum: 50 a).

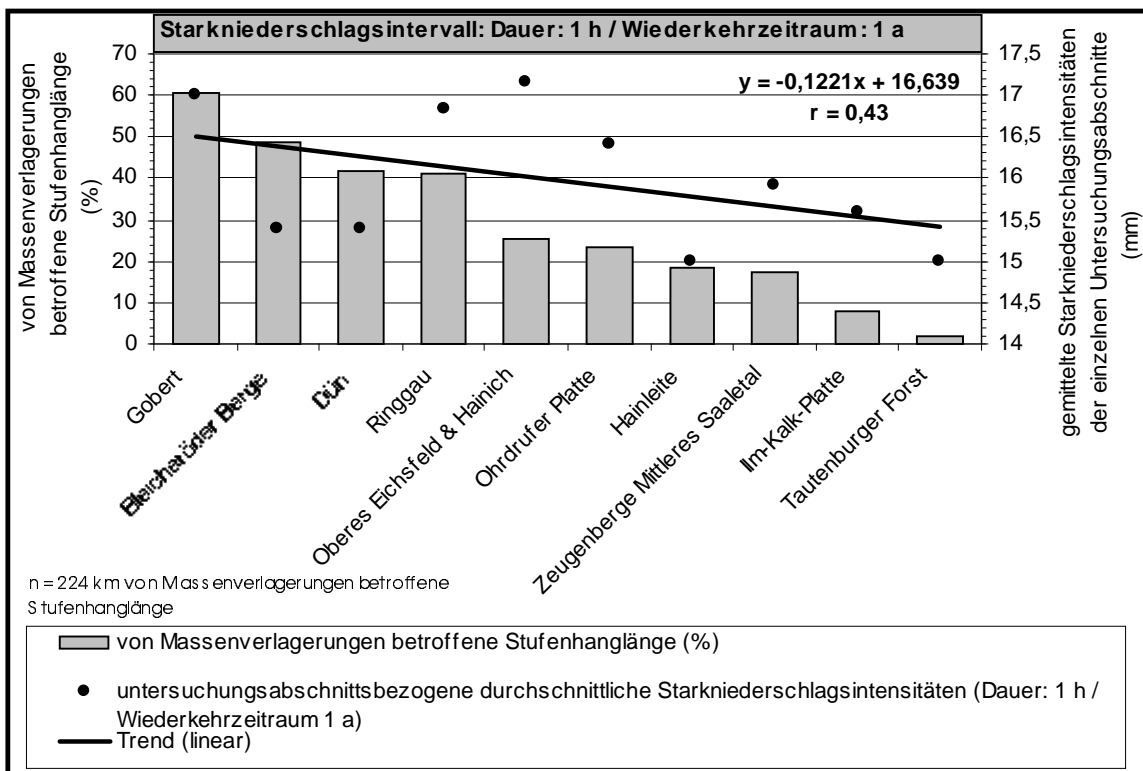


Abb. 5.51: Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit den untersuchungsabschnittsbezogenen, gemittelten Starkniederschlagsintensitäten (betrachteter Intervall: Dauer: 1 h / Wiederkehrzeitraum: 1 a)

Wie Abbildung 5.51 für den für die sommerlichen Starkniederschläge typischen Intervall bestätigt, bestehen zwischen den unterschiedlich stark von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte und den untersuchungsabschnittsbezogenen gemittelten Starkniederschlagsintensitäten keine deutlichen Zusammenhänge ( $r = 0,43$ ). Im Einzelnen ist zwar die am stärksten von Massenverlagerungen betroffene Gobert durch hohe Starkniederschlagsintensitäten gekennzeichnet, ähnlich hohe bzw. noch höhere Intensitäten sind aber auch an Stufenhangabschnitten zu finden, an denen Massenverlagerungen wesentlich weniger

häufig zu verzeichnen sind (z.B. Obers Eichsfeld & Hainich, Ohrdruffer Platte) (vgl. Abb. 5.51). Noch offensichtlicher wird dies, wenn man die Untersuchungsabschnitte Dün bzw. Bleicheröder Berge betrachtet, die im Vergleich zu den wesentlich geringer massenverlagerungsbeeinflussten Untersuchungsabschnitten Ilm-Kalk-Platte und Zeugenberge Mittleres Saaletal geringere mittlerer Starkniederschlagsintensitäten aufweisen. Damit kommt zum Ausdruck, dass die großräumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete nicht maßgeblich von diesen, für sommerliche Konvektivniederschläge typischen Starkniederschlagsintervall beeinflusst wird.

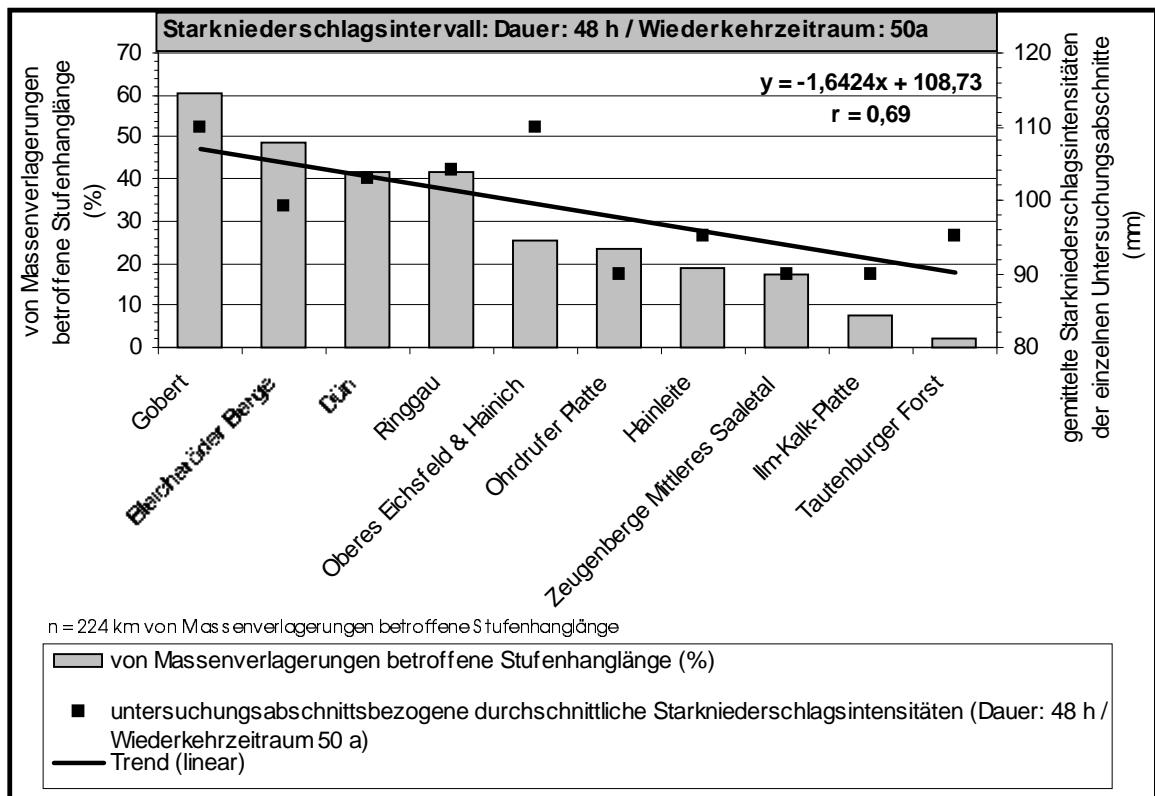


Abb. 5.52: Vergleich der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen der einzelnen Untersuchungsabschnitte mit den untersuchungsabschnittsbezogenen, gemittelten Starkniederschlagsintensitäten ( betrachteter Intervall: Dauer: 48 h / Wiederkehrzeitraum: 50 a)

Demgegenüber lassen sich bei dem für die advektiven langanhaltenden Niederschläge mit hoher Intensität typischen Intervall (Dauer: 48 h / Wiederkehrzeitraum: 50 a) bereits signifikantere Zusammenhänge zur unterschiedlichen Massenverlagerungsbeeinflussung der Stufenhänge erkennen ( $r = 0,69$ ). Wie aus Abbildung 5.52 hervorgeht, sind die stark von Massenverlagerungen betroffenen Untersuchungsabschnitte (Gobert, Bleicheröder Berge, Dün, Ringgau, Oberes Eichsfeld & Hainich) generell durch hohe mittlere Starkniederschlagsintensitäten dieses Intervalls gekennzeichnet, wohingegen die insgesamt weniger stark von Massenverlagerungen betroffenen Untersuchungsabschnitte (Zeugenberge Mittleres Saaletal, Ilm-Kalk-Platte, Tautenburger Forst) mit einzelnen graduellen Abweichungen geringere mittlere Starkniederschlagsintensitäten

aufweisen. Wie Untersuchungen von TILCH (1999, S. 164 ff. ) an Massenverlagerungsgebieten an Malm-Kalk-Stufenhängen im Leine-Weser-Bergland bestätigen, sind v.a. die im Winterhalbjahr zu verzeichnenden, mehrere Tage anhaltenden Advektivniederschläge mit hoher Intensität jene, die die Massenverlagerungsprozesse maßgeblich beeinflussen. Zurückzuführen ist dies nach TILCH (1999) auf kontinuierlich hohe Poren- bzw. Kluftwasserdrücke die im verkarstungsanfälligen Gestein von einer kontinuierlichen Grundwasserneubildungsrate abhängig sind. Diese längerfristig höheren Poren- bzw. Kluftwasserdrücke spiegeln sich deutlich in der Massenverlagerungsdynamik wider. Plötzlich einsetzender Frost und zufrierende Quellen verstärken dies. Auf ähnliche Weise wirkt sich die zeitliche Überlagerung einer plötzlich einsetzenden Schneeschmelze in Verbindung mit zusätzlichen Niederschlägen aus. Demgegenüber kommt es bei weniger ergiebigen, kurz andauernden Sommerniederschlägen schnell zur Stagnation bzw. zu einem Abfall der Porenwasserdruckanstiege (PWD), was auf die geringen Retentionseigenschaften des Karstsystems zurückzuführen ist (vgl. TILCH 1999, 165). Zudem sind die Interzeptions- und Evapotranspirationsverluste im Sommerhalbjahr naturgemäß größer, so dass prinzipiell weniger Wasser dem Hangsystem zur Verfügung steht. Nach TILCH (1999) wirken sich diese kurzen sommerlichen Konvektivniederschläge ohne vorherige Auffüllung des Grundwasserspeichers insgesamt weniger massenverlagerungsfördernd aus. Da es sich bei der Wellenkalk-Schichtstufe um ein, der Malm-Kalk-Schichtstufe lithologisch vergleichbar aufgebautes Hangsystem handelt, ist mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass diese Mechanismen auch hier greifen. Die signifikant gehäufte Verteilung der Massenverlagerungsgebiete in den höheren Intensitätsklassen des für die langanhaltenden Advektivniederschläge typischen Intervalls deutet darauf hin.

Die bisherigen Ausführungen basieren auf der Gesamtheit der vorzufindenden Massenverlagerungsgebiete (n = 744). Das die Mehrzahl davon lediglich ältere, rezent inaktive Massenverlagerungsformen aufweisen, wurde bereits mehrfach erwähnt. Die aufgezeigten Verteilungsmuster deuten jedoch darauf hin, dass die regional unterschiedlichen klimatischen insbesondere die hygrischen Verhältnisse zu den Zeiten in denen diese Massenverlagerungsgebiete aktiv waren, den heutigen räumlichen Niederschlagsverteilungsmustern ähnelten. Entsprechend des häufigen Auftretens dieser älteren Formen ist aber davon auszugehen, dass der Niederschlagseintrag zu den damaligen Zeiten insgesamt höher war als heute. Interessant ist nun der Vergleich der insgesamt seltenerer auftretenden jüngeren Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete mit den betrachteten Starkniederschlagsintervallen. Wie Bewegungsmessungen von JOHNSEN (1981) und JOHNSEN & SCHMIDT (2000) klar zum Ausdruck bringen, besteht zwischen der Bewegungskinetik der von ihnen untersuchten Mauerschollen und den Niederschlagseintrag in das Hangsystem ein enger Zusammenhang. Mit höheren Niederschlagseinträgen in das Hangsystem nehmen die Bewegungsgeschwindigkeiten zu (vgl. JOHNSEN & SCHMIDT 2000, 109). Das Auftreten der Sturzfließungen ist, wie bereits erwähnt, i.d.R.

mit intensiven Kurzzeitniederschlägen bzw. mit lang anhaltenden, intensiven Starkniederschlägen in Verbindung zu bringen (vgl. ACKERMANN 1958, JOHNSEN & KLENGEL 1973, JOHNSEN 1984, RÖSING & WENZEL, SCHMIDT 1988b, WENZEL 1991). Von den im Untersuchungsgebiet zu verzeichnenden Sturzfließungen sind von 4 (Nr.: 6 Hörne; 7 Plesse; 11 Manrod; 14 Schickeberg) (vgl. Karte 14 und. Tab. 5.5) über das Jahr hinausgehende genauere Zeitangaben (Datum bzw. Monat) der erfolgten Hauptverlagerung bekannt (vgl. SCHMIDT & BAUM 1998; SCHMIDT & BEYER 2002: in Vorbereitung). Dabei zeigt sich, dass 3 der Sturzfließungen (Nr.: 6, 11, 14) an Sommertagen erfolgten, an denen häftige Starkniederschlägen zu verzeichnen waren. Eine Sturzfließung (Nr. 7) ereignete sich im Zusammenhang mit einem heftigen Winterstarkniederschlagsereignis. Allen der genannten Sturzereignissen gingen jedoch jeweils Perioden erhöhter Niederschläge voraus.

Betrachtet man die Verbreitung der Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete (vgl. Karte 14) innerhalb der betrachteten Starkniederschlagsverteilungen (vgl. Karte 5 und Karte 6), ergibt sich das in Tabelle 5.26 dargestellte Verteilungsbild.

Tab. 5.26: Die Niederschlagsintensitäten der betrachteten Starkniederschlagsintervalle an den Massenverlagerungsgebieten mit Mauerschollen und Sturzfließungen

<b>Intensitäten des Starkniederschlagsintervalls (Dauer 1h / Wiederkehrzeitraum: 1a)</b> (mm)	<b>M</b> (Anzahl) (%)	<b>S</b> (Anzahl) (%)	<b>Intensitäten des Starkniederschlagsintervalls (Dauer 1h / Wiederkehrzeitraum: 1a)</b> (mm)	<b>M</b> (Anzahl) (%)	<b>S</b> (Anzahl) (%)
<b>14 – 15</b>	<b>22</b> (20%)	<b>3</b> (21%)	<b>70 – 90</b>	<b>31</b> (30%)	<b>3</b> (21%)
<b>15 – 16</b>	<b>24</b> (22%)	<b>4</b> (29%)	<b>90 – 110</b>	<b>89</b> (70%)	<b>11</b> (79%)
<b>16 – 17</b>	<b>58</b> (52%)	<b>7</b> (50%)			
<b>17 – 18</b>	<b>7</b> (6%)	<b>-</b>			
<b>Gesamt</b>	<b>111</b> (100%)	<b>14</b> (100%)		<b>111</b> (100%)	<b>14</b> (100%)

**M:** Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen  
**S:** Massenverlagerungsgebiete mit Sturzfließungen

Wie Tabelle 5.26 zeigt, ist in dem für die konvektiven Sommerniederschläge typischen Intervall die Streuung der Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete in den verschiedenen Intensitätsklassen ähnlich groß, wie bei der betrachteten Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete (vgl. Abb. 5.51). Von den Mauerschollengebieten sind 65 Gebiete (= 58 %) in den beiden höhere Intensitätsklassen

gelegen, wobei die Klasse 16 - 17 mm hier dominiert. In der höchsten im Untersuchungsgebiet anzutreffenden Intensitätsklasse sind lediglich noch 7 Mauerschollengebiete zu verzeichnen. Wie ein Blick auf Karte 5 und Karte 14 verdeutlicht, befinden sich diese Gebiete alle an einem Stufenhangabschnitt im Teiluntersuchungsgebiet Oberes Eichsfeld & Hainich (Gebiete: 365, 367, 375, 381, 384, 402, 403) (vgl. Karte 8). Im Vergleich zu den benachbarten, durch geringere Niederschlagsintensitäten gekennzeichneten Stufenhangabschnitten (vgl. Karte 5), kommen Mauerschollen trotz erhöhter Niederschlagsintensitäten hier wesentlich seltener vor (vgl. Karte 14). Ähnlich verhält es sich bei den Sturzfließungen, wobei in der höchsten Intensitätsstufe (17 - 18 mm) diese Massenverlagerungsformen nicht auftreten. 50 % der Sturzfließungsgebiete sind in den beiden unteren Niederschlagsintensitätsklassen zu verzeichnen und 50 % treten in der Intensitätsklasse 16 - 17 mm auf (vgl. Tab. 5.26). Analog der Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete lässt sich aus diesem Verteilungsbild kein bevorzugtes Auftreten der jüngeren Massenverlagerungsformen mit höheren Niederschlagsintensitäten ableiten.

Anders verhält es sich bei dem für die advektiven Starkniederschläge typischen Intervall (vgl. Tab. 5.26). Hier sind jeweils nur 30 % der Mauerschollen- bzw. nur 21 % der Sturzfließungsgebiete in der unteren Niederschlagsintensitätsklasse (70 - 90 mm) zu verzeichnen, wohingegen 70 % der Mauerschollengebiete bzw. 79 % der Sturzfließungsgebiete sich in der höheren Intensitätsstufe (90 - 110 mm) befinden. Zwei der drei durch geringere Niederschlagsintensitäten gekennzeichneten Sturzfließungsgebiete (Gebiete: 54; 129) weisen atektonische Schichtdeformationen auf (vgl. Anhang C). Gleiches trifft für die 16 der 30 Mauerschollengebiete zu, die sich in der niedrigeren Niederschlagsintensitätsklasse befinden. Möglicherweise wirkten sich hier die atektonischen Schichtverstellungen begünstigend auf das Auftreten dieser Massenverlagerungsformen aus. Insgesamt belegt das geschilderte Verteilungsbild der Mauerschollen- und Sturzfließungsgebiete innerhalb des für die langanhaltenden advektiven Starkniederschläge typischen Intervalls jedoch, dass im Vergleich zur Gesamtzahl der Massenverlagerungsgebiete (vgl. oben) hier eine noch deutlichere Lagebevorzugung in den höheren Niederschlagsintensitäten zu verzeichnen ist.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass v.a. die höheren Intensitäten des für die advektiven langanhaltenden Starkniederschläge typischen Intervalls (Dauer: 48 h / Wiederkehrzeitraum: 50 a) vergleichsweise stärkere Zusammenhänge zur räumlichen Variabilität der Massenverlagerungsgebiete erkennen lassen, als die Niederschlagsintensitäten des für die sommerlichen Konvektivniederschläge typischen Intervalls (Dauer: 1 h / Wiederkehrzeitraum: 1a), in dem die Verteilung der Massenverlagerungsgebiete eine wesentlich stärkere Streuung aufweist (vgl. Abb. 5.51 und Tab. 5.26). Im Vergleich zu den langjährigen mittleren Jahresniederschlägen (vgl. Kap. 5.3.14) sind die zu verzeichnenden Zusammenhänge der betrachteten

Starkniederschlagsverteilungen jedoch wesentlich undeutlicher. Es ist aber davon auszugehen, dass in Gebieten mit insgesamt höheren mittleren Jahresniederschlägen, einsetzende, insbesondere langanhaltende Starkniederschläge, das Auftreten der Massenverlagerungen wesentlich begünstigen. Die hydrologischen Vorbedingungen, im Sinne eines generell erhöhten Wasser- bzw. Grundwasserdargebotes, sind demnach maßgeblich entscheidend. Sind diese Vorbedingungen erfüllt, können, wie im Fall der Sturzfließungen deutlich wurde (vgl. oben), auch kurzzeitige Starkniederschläge den Verlagerungsprozess auslösen. Allein aus der Starkniederschlagsverteilung kann die räumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete jedoch nicht zufriedenstellend erklärt werden. Zu analogen Ergebnissen kommt TILCH (1999).

### **5.3.16 Zusammenfassende Betrachtung der untersuchten Steuerungsfaktoren**

Wie bei der Analyse der hier betrachteten Steuerungsfaktoren offensichtlich geworden ist, konnten die bereits von JOHNSEN (1974) zusammengefassten drei Grundvoraussetzungen: resistenter, geklüfteter und stark wasserwegsamere Wellenkalk über verwitterungsanfälligen, tonigen und plastifizierbarem Röt [=lithologisch-strukturellen Eigenschaften des Stufenbildners (1), lithologisch-strukturellen Eigenschaften des Sockelgesteins (2)] (vgl. Kap. 5.3.2), eine generell flach ( $\leq 10^\circ$ ) geneigte Schichtlagerung [= Schichtneigung (6)] (vgl. Kap. 5.3.6) und die Durchschneidung des Schichtkomplexes bis zum Röt, als allgemein notwendige Vorbedingungen für das Auftreten der Massenverlagerungen bestätigt werden. Aufgrund der im gesamten Untersuchungsraum zu verzeichnenden einheitlichen Ausprägung dieser Vorbedingungen, können die unterschiedlichen räumlichen Verteilungsmuster der Massenverlagerungsgebiete damit aber nicht erklärt werden.

Während die genannten Grundvoraussetzung generell erfüllt sein müssen, konnten entgegen den in der Literatur geführten Diskussionen (vgl. Kap. 1.4) von den Faktoren: Mächtigkeit des Stufenbildners (3) (vgl. Kap. 5.3.3), Mächtigkeit des Sockelgesteins (4) (vgl. Kap. 5.3.4), Mächtigkeitsrelation (5) (vgl. Kap. 5.3.5), Neigungsrichtung (7) (vgl. Kap. 5.3.7), Einfluss der Rötgipssubrosion (8) (vgl. Kap. 5.3.8) sowie von der Exposition (11) (vgl. 5.3.11) keine signifikanten Zusammenhänge zur räumlichen Variabilität der Massenverlagerungen abgeleitet werden.

Demgegenüber zeigen die Faktoren: Lage zur Erosionsbasis (9) (vgl. Kap. 5.3.9), Lage im Stufengrundriss (10) (vgl. Kap. 5.3.10), Lage zum Gewässernetz (12) (vgl. Kap. 5.3.12), Häufigkeit von Hangquellen (13) (vgl. Kap. 5.3.13) und die mittlere jährlichen Niederschlagshöhe und Niederschlagsverteilung (14) (vgl. Kap. 5.3.14) sehr deutliche Zusammenhänge zur räumlichen



Variabilität der Massenverlagerungen und deren morphologischen Besonderheiten. Als maßgeblich die anderen Faktoren beeinflussende Steuergröße, stellt sich dabei die in der Literatur bislang noch nicht in Erwägung gezogene mittlere jährliche Niederschlagshöhe heraus. Die vom Niederschlagseintrag abhängigen Steuerungsmechanismen sind sehr vielfältig und komplex.

Mit zunehmenden Jahresniederschlagshöhen nimmt die Fließgewässerhäufigkeit und damit verbunden, die potentiellen Möglichkeiten der erosiv bedingte Sockelhangversteilung zu (vgl. Kap. 5.3.12). Dabei können sich v.a. in den stärker berechneten Gebieten aufgrund der höheren Fließgewässeranzahl großflächiger, erhöhte Anstiegswinkel an den Stufenhängen ausbilden (vgl. Kap. 5.3.9). Da es sich bei den, den Fließgewässern benachbarten Stufenhangbereichen naturgemäß v.a. um Stufenvorsprünge, insbesondere um deren Flanken handelt, werden diese versteilten Vorsprungsflanken, infolge der zunehmenden Schubspannungen bei gleichzeitigem Abbau des Widerlages bevorzugt von Massenverlagerungen frequentiert (vgl. Kap. 5.3.10). Im Vergleich zu den stärker berechneten Gebieten sind an den Stufenhängen, die geringere durchschnittliche Jahresniederschläge aufweisen, weniger häufig Fließgewässer zu finden. Dementsprechend existieren hier auch weniger Vorsprünge, an denen ein langfristig stufenhangversteilender Erosionsimpuls wirksam ist, was dazu führt, dass in den insgesamt trockeneren Gebieten die Anzahl der Vorsprünge, die Massenverlagerungen aufweisen abnimmt, und das obwohl, wie die Buchtungswerte belegen, die Anzahl der Vorsprünge auch hier groß sein kann (vgl. Kap. 5.3.12).

Mit zunehmenden Jahresniederschlag nimmt auch die Quellendichte als Indikator verstärkter Stufenhangdurchfeuchtung zu. Gleichzeitig steigt der Anteil der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen, wobei eine zunehmende Anzahl der Massenverlagerungsgebiete Quellaustritte aufweist (vgl. Kap. 5.3.13). Damit verbunden ist das Grundwasserdargebot in den stärker berechneten Gebieten insgesamt höher. Ein erhöhtes Grundwasserdargebot forciert die Destabilisierungsprozesse (Plastifizierung, Quellung, Gefügelockerung) im tonig ausgebildeten Rötsockel und fördert die Disposition der Stufenhänge für Massenverlagerungen (vgl. Kap. 5.3.14).

Insgesamt kristallisieren sich das Wasser und die damit verbundenen Wirkungspfade (Quellen, Fließgewässer, Grundrisslage, Anstiegsverhältnisse) bei gegebenen Grundvoraussetzungen (flache Schichtlagerung, Durchschneidung des Hanges bis zum Röt, Sockelhanganstiege  $\geq 12^\circ$ ) als maßgebliche, die großräumige Variabilität der Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe bestimmende Steuerungsfaktoren heraus. Dies verdeutlicht sich sowohl in der Verbreitung der jüngeren rezenten Massenverlagerungsgebiete als auch in den räumlichen Verteilungsmustern der älteren, rezent inaktiven Massenverlagerungen. Für all diese Gebiete ist gleichermaßen typisch, dass sie in zunehmender Anzahl immer dort auftreten, wo die Jahresniederschläge insgesamt höher sind (vgl. Kap. 5.3.14). Besonders auffällig ist dies für die

jüngeren Massenverlagerungsformen der Mauerschollen und Sturzfließungen, die rezent verstärkt erst ab > 750 mm Jahresniederschlag auftreten (vgl. Kap. 5.3.14). Gleichmaßen sind die mit abnehmenden, von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhanglängen zu verzeichnenden morphologischen Merkmalsunterschiede (Aktivitätsunterschiede) der Massenverlagerungsgebiete (z.B. Dichte der Massenverlagerungsgebiete der Breitenklassen 500 - 6000 m bzw. der Flächengrößenklassen 50000 - 500000 m<sup>2</sup>, Dichte der Massenverlagerungsgebiete mit 5 - 7 Staffelabfolgen) (vgl. Kap. 5.2.4.5) maßgeblich auf die regionale Variabilität der Niederschlagshöhen und den damit im Zusammenhang stehenden Wirkungspfaden zurückzuführen. Zusammengefasst ist dieser Zusammenhang in Abbildung 5. 53 dargestellt.

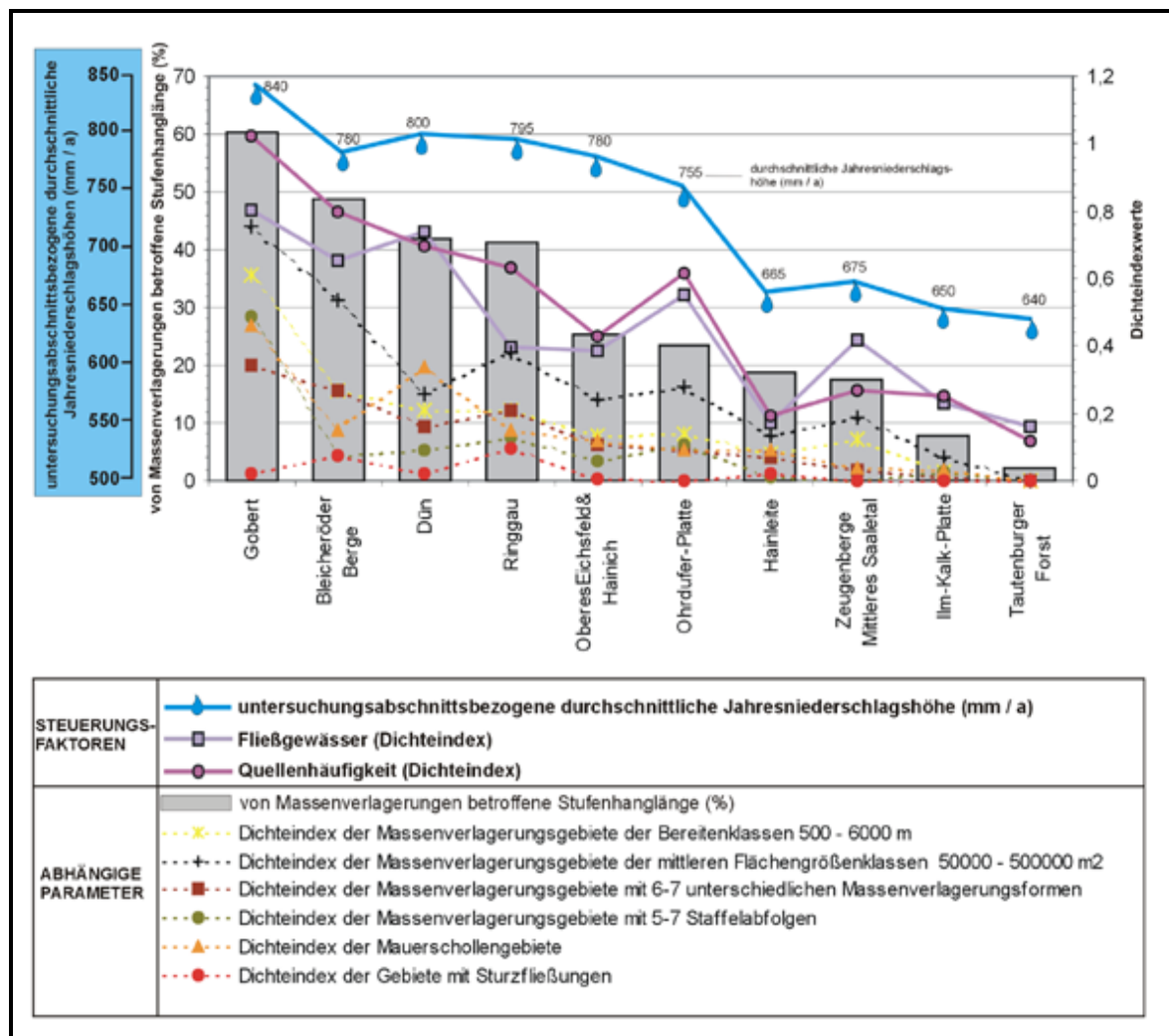


Abb. 5.53: Zusammenfassende Darstellung des Einflusses der Steuerungsfaktoren: jährliche mittlere Niederschlagshöhe sowie Fließgewässer- und Quelldichte auf die Massenverlagerungsbeeinflussung der Stufenhänge und deren morphologischen Besonderheiten

Schließlich erweist sich auch die Verteilung der betrachteten Starkniederschlagsintervalle (15) als die räumliche Variabilität der Massenverlagerungsgebiete begünstigender, aber nicht zwingend notwendiger Steuerungsfaktor (vgl. Kap. 5.3.15). Insbesondere der für die advektiven

Starkniederschläge repräsentative Intervall (Dauer 48 h / Wiederkehrzeitraum: 50 a) zeigt eine gute Übereinstimmung mit den Verteilungsmustern der Massenverlagerungsgebiete und auch hier insbesondere mit jenen, die in ihrem Formenschatz Mauerschollen und Sturzfließungen aufweisen. Dieser Zusammenhang ist aber in enger Wechselwirkung mit der jährlichen Niederschlagshöhe und den damit verbundenen hydrologischen Vorbedingungen (höhere Grundwasserbildungsraten) zu sehen. Es ist davon auszugehen, dass mit höherem Wasserangebot nicht nur die langanhaltenden Starkniederschläge (Dauer: 48 h / Wiederkehrzeitraum: 50 a) sondern auch die kürzeren Starkniedersintervalle (Dauer: 1 h / Wiederkehrzeitraum: 1 a) zunehmend massenverlagerungsbeeinflussend wirksam werden können (vgl. Kap. 5.3.15). Die räumliche Verbreitung der Massenverlagerungsgebiete mit Sturzfließungen deutet darauf hin.

#### **5.4 Beurteilung des Gefährdungspotentials im Umfeld von Mauerschollengebieten**

Die Mauerschollen stellen die morphologischen Ausgangsformen für die abrupt verlaufenden Sturzfließungen dar (vgl. Kap. 3.2). Aufgrund der sehr schnellen Verlagerung großer Volumina ( $>200000\text{m}^3$ ) über größere Horizontalabstände, sind die Sturzfließungen als die gefährlichsten Massenverlagerungsformen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken einzustufen.

Die hier vorzunehmende Gefahrenbeurteilung basiert auf der theoretischen Annahme, dass sich aus allen Mauerschollen Sturzfließungen entwickeln können. Die Lage der Massenverlagerungsgebiete die Mauerschollen aufweisen, konnte im Rahmen der Geländearbeiten ermittelt werden. Die diesbezüglichen Verteilungsmuster wurden bereits in Kapitel 5.2.4.1.1 vorgestellt (vgl. Karte 14). Durch vergleichende Beobachtungen an den im Untersuchungsgebiet vorkommenden Sturzfließungen (vgl. Karte 14) wurden die maximalen horizontalen Fahrbahnlängen des verlagerten Materials bestimmt. Die in den Sturzfließungsgebieten am Sockelhang zu verzeichnenden Rötfließungen, die in diesem Fall die Massenverlagerungsstirn bilden (vgl. Kap. 3.3), sind in den ermittelten Distanzen enthalten. Tabelle 5.27 zeigt die beobachteten Werte.

Die Fahrbahnlängen der Sturzfließungen schwanken zwischen ~200 m am Teichkopf bzw. an der Hörne (Sturzfließungen 4 und 7) und maximal ~350 m an der Plesse bzw. am Kielforst (Sturzfließungen 7 und 15) (vgl. Tab. 5.27). Diese Längenunterschiede werden von verschiedenen Parametern (Rauhigkeit, Hangneigung, Rollgeschwindigkeit, Fallhöhe, Wassergehalt und Materialkonsistenz) gesteuert (vgl. MEIBEL 1996), worauf hier im Einzelnen nicht weiter eingegangen werden soll. Die aus allen Gebieten gebildete durchschnittliche Fahrbahnlänge liegt bei ~260 m.

Tab. 5.27: Die maximalen horizontalen Fahrbahnlängen der Sturzfließgebiete im Untersuchungsraum

<b>Nr. Sturzfließgebiet</b> (vgl. Karte 14)	<b>Nr. des zugehörigen Massenverlagerungsgebietes</b> (vgl. Karte 8)	<b>Lokalbezeichnung der Gebiete</b>	<b>maximale horizontale Fahrbahnlänge des verlagerten Materials</b> (m)
1	54	Frauenberg	~270
2	87	Wöbelsburg	~270
3	107	Krajaer Kopf	~260
4	129	Teichkopf	~200
5	189	Zementwerk Deuna	~240
6	528	Hörne	~200
7	394	Plesse	~350
8	464	nahe Heldrastein	~340
9	466	Dreiherrenstein	~240
10	471	südlich von Rambach	~290
11	473	Manrod	~240
12	475	Rabenkuppe	~290
13	483	nahe Schickeberg	~210
14	483	Schickeberg	~220
15	496	Kielforst	~350

Ausgehend von den maximal zu beobachteten Fahrbahnlängen (~350 m) (vgl. Tab. 5.27) wurde, entsprechend des Gebotes der größtmöglichen Vorsorge, 350 m als kritischer Bereich auf das hangabwärts gelegene Umfeld aller Mauerschollen übertragen. Ist vor Erreichen der 350 m eine Tiefenlinie und damit verbunden ein markanter Gefällewechsel zu verzeichnen (nach Erreichen der Tiefenlinie steigt der Hang zur gegenüberliegenden Seite wieder an), endet der kritische Bereich bereits im Tiefenlinienniveau. Die die Fahrbahnlängen im Einzelnen beeinflussenden Parameter (vgl. oben) wurden aufgrund der Vielzahl der Mauerschollengebiete dabei nicht berücksichtigt. Die hier vorgestellte Gefahrenbeurteilung ist demnach vereinfacht und als erste Bestandsaufnahme zu verstehen.

In einem zweiten Schritt wurde überprüft, ob und welche Infrastruktureinrichtungen sich in dieser kritischen ~350-m-Zone befinden. In Abhängigkeit der vorzufindenden Infrastruktureinrichtungen, die im Falle einer Sturzfließung zerstört werden könnten, wurde entsprechend der zu erwartenden materiellen Schäden, das von den Mauerschollen ausgehende Gefährdungspotential in 3 Klassen unterteilt (vgl. Tab. 5.28).

Tab. 5.28: Klassifizierung des Gefährdungspotentials bezogen auf zu erwartende materielle Schäden im Umfeld der Mauerschollen

<b>Gefährdungspotentiale</b> (eingestuft nach der Höhe der zu erwartenden materiellen Schäden)	<b>In die Klassifizierung einfließende Objekte</b>
<b>geringe materielle Gefährdung</b>	unbefestigte Waldwege, Wald
<b>mittlere materielle Gefährdung</b>	befestigte (geschotterte, asphaltierte) Forststraßen
<b>hohe materielle Gefährdung</b>	Siedlungen, Versorgungsleitungen, Brunnen, Straßen, Teiche, öffentliche Plätze, rekultivierte Flächen

Die Gebiete in denen sich lediglich einfache, unbefestigte Forst- oder Waldwege im kritischen Bereich unterhalb der Mauerschollen befinden, wurden mit der untersten Gefährdungsklasse „geringe materielle Gefährdung“ belegt (vgl. Tab. 5.28). Eine „mittlere materielle Gefährdung“ charakterisiert die Gebiete, in denen befestigte, d.h. geschotterte bzw. asphaltierte Forststraßen im kritischen Bereich zu verzeichnen sind. Bedenkt man, dass ein durchschnittlich 4 m breiter geschotterter Waldweg pro laufenden Meter bereits ~100 DM Baukosten verursacht (frdl. Mitt. Forstamtsleiter FAHRIG, Leinefelde 18.11.2000), wird bei stufenhangparallelen Sturzfließbreiten bis zu 350 m (z.B. Kielforst) (vgl. Tab. 5.5; Kap. 5.2.4.1.2) deutlich, dass sich die Beträge im Schadensfall erheblich summieren können. Die dritte Gefährdungsstufe „hohe materielle Gefährdung“ wurde für Gebiete vergeben, in denen sich Siedlungen (Häuser, Gärten) und Infrastruktureinrichtungen wie Versorgungsleitungen, Brunnen, Teiche, asphaltierte Straßen im kritischen 350-m-Bereich befinden. Wenn sich mehrere, den verschiedenen Klassen zugehörige Infrastruktureinrichtungen unterhalb einer Mauerscholle befinden, wurde das Gebiet jeweils nach der Infrastruktureinrichtung klassifiziert, von der die höchsten materiellen Schäden zu erwarten sind.

Entsprechend der Zuordnung der einzelnen Mauerschollengebiete zu diesen 3 Gefährdungsstufen ergibt sich das in Karte 17 dargestellte Bild. Wie dem zu entnehmen ist, geht von der Mehrzahl der Mauerschollengebiete eine geringe (n = 30 Gebiete) bis mittlere (n = 64 Gebiete) materielle Gefährdung aus. Ein in den letzten Jahren verstärkt betriebener, forstwirtschaftlicher Waldwegebau verschiebt das Bild jedoch zunehmend zu Gunsten der mittleren materiellen Gefährdungsklasse. Höhere materielle Gefährdungen sind im Untersuchungsgebiet an 17 der 111 Mauerschollengebiete zu verzeichnen (vgl. Karte 17). Um welche gefährdeten Objekte es sich in den einzelnen Gebieten handelt und in welcher Horizontalentfernung sich diese von den Mauerschollen befinden, ist in Tabelle 5. 29 dargestellt.

Tab. 5.29: Die gefährdeten Objekte innerhalb der höchsten materiellen Gefährdungsstufe und deren Entfernung zu den Mauerschollen

<b>Mauerschollengebiet in der höchsten materiellen Gefährdungsstufe (Nr.)</b> (vgl. Karte 8)	<b>gefährdete Objekte</b>	<b>Horizontal-entfernung Objekte zur Mauerscholle</b> (m)
79	Siedlungsrand Ortschaft Wernrode	~300
161	110 kV Stromleitung	~260
184	Brunnen	~290
189	rekultivierte Bergbaulandschaft	~160
192	110 kV Stromleitung	~150
238	Verbindungsstraße Heiligenstadt – Flinsberg	~190
250	Siedlungsrand Heiligenstadt	~210
267	Teiche, Stromleitung, Verbindungsstraße Lutter – Kalteneber	~110
330	Siedlungsrand Großbartloff, Verbindungsstraße Großbartloff – Wachstedt	~270
466	Verbindungsstraße Schnellmannshausen – Groß-Bürschla	~330
472	Verbindungsstraße Rambach – Rittmannshausen	~270
475	Parkplatz, Schutzhütte	~350
476	Verbindungsstraße Weißenborn - Röhrda	~350
498	Siedlungsrand Tahlwenden, Stromleitung	~300
511	Siedlungsrand Röhrig	~300
541	Siedlungsrand Hitzelrode	~250
590	Rand der Bungalowsiedlung Klein Breitenbach, Brunnen	~300
606	Verbindungsstraße Angelroda – Gräfenroda, Parkplatz mit Wanderhütte	~170
693	Siedlungsrand Ammerbach, Verbindungsstraße Ammerbach – Nennsdorf	~210
706	Siedlungsrand Pennickental	~270

Wie aus der Tabelle 5.29 hervorgeht, lassen die Horizontalentfernungen der meisten Objekte zu den Mauerschollen im Ernstfall eine zerstörerische Beeinflussung wahrscheinlich werden. In Abbildung 5.54 sind exemplarisch für die Gebiete 193 (Dün), 267 (Oberes Eichsfeld & Hainich) und 606 (Ohrdrufer Platte) die räumlichen Lagebeziehungen der gefährdeten Objekte genauer dargestellt.

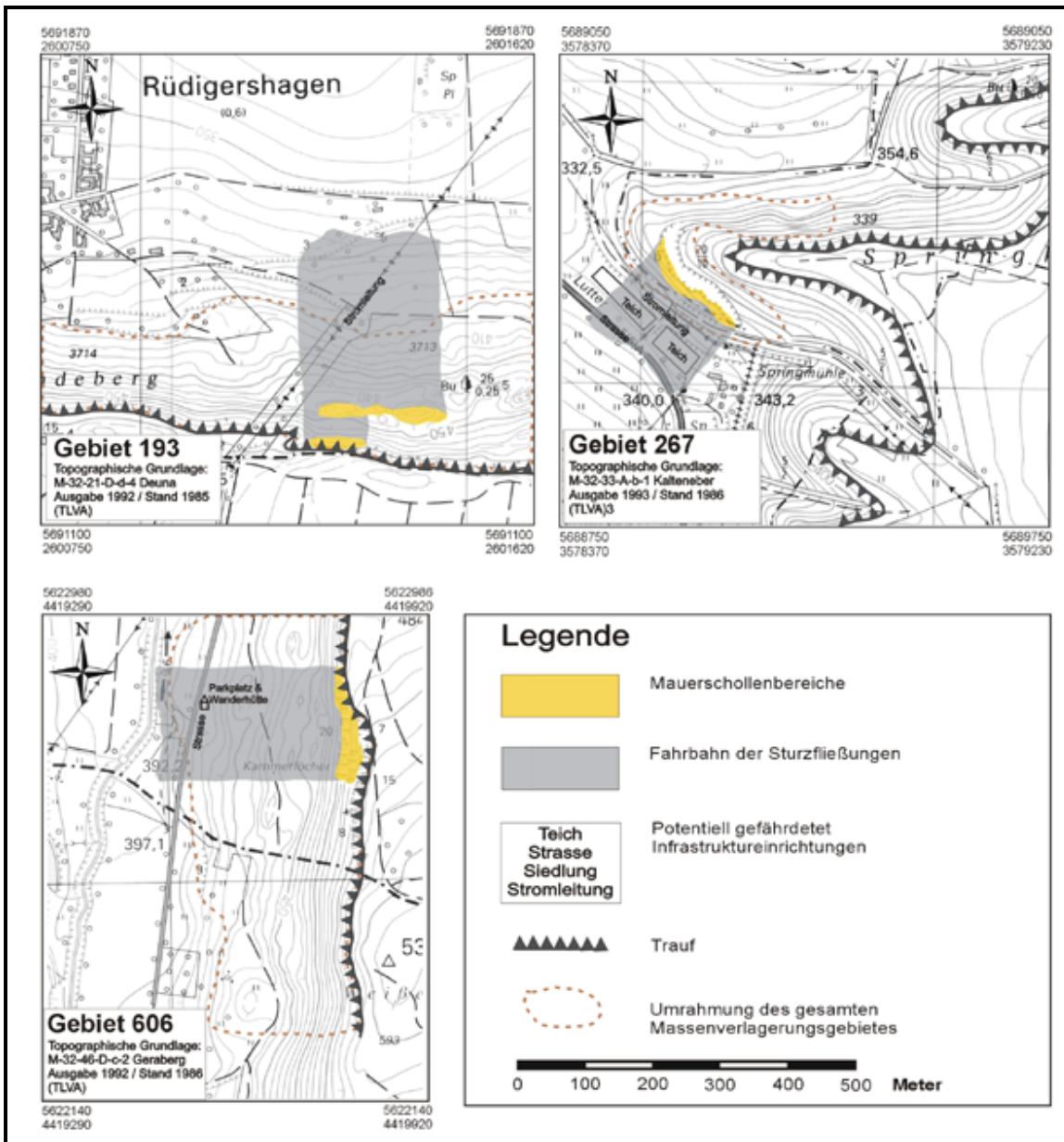


Abb. 5.54: Gefährdete Objekte im Vorland von Mauerschollen im Falle einer Sturzfließung

Im Fall des am Dün gelegenen Gebietes 193, würde eine sich ereignende Sturzfließung die ca. 150 m entfernten Mastanlagen einer 110 kV Oberstromleitung erfassen (vgl. Abb. 5.53). In dem im Oberen Eichsfeld & Hainich gelegenen Gebiet 267 befinden sich in nur ~110 m Horizontalentfernung zur Mauerscholle zwei gefüllte Teiche mit einem Gesamtfassungsvermögen von ~13000 m<sup>3</sup>. Sollten die Teiche bei einer Sturzverlagerung zerstört werden, würden die Wassermassen in sehr kurzer Zeit die nur 350 m talabwärts gelegene Siedlung Lutter erreichen. Zudem befindet sich zwischen den Teichen und dem Stufenhang eine Stromleitung sowie eine an die Teiche angrenzende Landstraße, die die Ortschaften Lutter und Kalteneber verbindet. Im Gebiet 606 würden im Ernstfall die nur 170 m von den Hauptmauerscholle entfernt gelegene Verbindungsstraße zwischen den Ortschaften Angelroda und Geraberg sowie ein Parkplatz und

eine Wanderhütte mit hoher Sicherheit zerstört werden. Ob in diesen Gebieten rezent eine erhöhte Sturzverlagerungsgefahr besteht, ist am ehesten durch Bewegungsmessungen zu ergründen. Bewegungsmessungen von JOHNSEN & SCHMIDT (2000) verdeutlichen, dass abstürzenden Blöcken Zeiten erhöhter Bewegungsraten vorausgehen.

Wie im Kapitel 5.2.4.1.1 beschrieben wurde, sind v.a. in den nördlichen (Dün, Bleicheröder Berge) und westlichen Untersuchungsabschnitten (Gobert, Ringgau, Oberes Eichsfeld & Hainich) verstärkt Mauerschollen zu verzeichnen. Die Ursachen dafür wurden bereits genannt (vgl. v.a. Kap. 5.3.14). Entsprechend der v.a. vom Niederschlag abhängigen Kinematik der Massenverlagerungsprozesse, die sich sowohl in den Bewegungsmessungen an Mauerschollen (vgl. JOHNSEN 1981, JOHNSEN & SCHMIDT 2000) als auch im Auftreten der Sturzfließungen widerspiegelt (vgl. Kap. 5.3.15), ist insbesondere an den Mauerschollen der westlichen und nördlichen Untersuchungsabschnitte, die sowohl höhere mittlere Jahresniederschläge (> 800 mm / a) als auch höhere langanhaltende (vgl. Karte 6) sowie höhere kurzzeitige (vgl. Karte 5) Starkniederschlagsintensitäten empfangen, auch in Zukunft mit einem erhöhten Sturzfließungsrisiko zu rechnen. Dazu trägt auch die Tatsache bei, dass in den westlichen Bereichen des Untersuchungsraumes rezent eine Zunahme der winterlichen Niederschläge zu verzeichnen ist (vgl. RAPP & SCHÖNWIESE 1996). Die derzeit nachweislich aktivste Mauerscholle befindet sich im Massenverlagerungsgebiet 107 (Sturzfließungsgebiet 3: Krajaer Kopf). Hier erfolgten bereits in der Vergangenheit mehrere Sturzverlagerungen (vgl. JOHNSEN 1984). Mit rezenten Bewegungsraten von mehreren Zentimetern pro Jahr (JOHNSEN & KOSTAK 1980, JOHNSEN 1981, JOHNSEN & SCHMIDT 2000) bei gleichzeitig starker Kippung der Mauerscholle ist hier in naher Zukunft mit einer weiteren Sturzverlagerung zu rechnen (vgl. Anhang A: Gebiet 107).

Abgesehen von zerstörten Waldflächen und Forstwegen und mit Ausnahme des Zementwerkes Deuna (Gebiet 190: vgl. Karte 8) sind durch Sturzfließungen verursachte größere Schäden bislang nicht zu verzeichnen. Eine 1975 im Zementwerk Deuna durch anthropogene Eingriffe initiierte Sturzfließung zerstörte die für den Röttagebau angelegten Abbaukulissen (vgl. Kap.5.3.9). Zudem gab es erhebliche Probleme beim Bau einer Zufahrtsstraße zum Wellenkalk-Tagebau (vgl. FISCHER et al. 1975). Die Nachbewegungen dauern bis heute an (vgl. SCHMIDT et al. 2001), wobei der Röttagebau in den neunziger Jahren stillgelegt und rekultiviert worden ist. Aufgrund dieser aufwendigen Rekultivierungsmaßnahmen wurde das Gebiet entsprechend der noch zu verzeichnenden Mauerscholle als Gebiet mit hoher materieller Gefährdung eingestuft (vgl. Karte 17 und Tab. 5.29).

Neben den Mauerschollengebieten existieren eine große Anzahl ältere Massenverlagerungsgebiete, die von verschiedensten Infrastruktureinrichtungen unmittelbar



tangiert werden. So verläuft durch das Massenverlagerungsgebiet 287 die Landstraße zwischen den Ortschaften Kalteneber und Dieterode. Gleiches trifft für das Gebiet 253 zu, durch welches die Landstraße zwischen Heiligenstadt und Bernterode verläuft. Auch im Gebiet 193 quert eine von Rüdigershagen nach Mühlhausen führende, viel befahrene Landstraße die hier vorzufindenden Massenverlagerungskörper (Absatz-, Rückenschollen). In den im Oberen Eichsfeld & Hainich gelegenen Massenverlagerungsgebieten 334 und 339 führt je ein Tunnel der heute stillgelegten Eisenbahnstrecke Leinefelde – Geismar durch die vordersten Bereiche der Bergsporne an denen sich die Massenverlagerungen befinden. Neben diesen Verkehrsverbindungen existieren zudem zahlreiche Gebäude, die auf ältere Massenverlagerungskörpern, insbesondere auf Fußschollen, erbaut wurden. Beispiele dafür sind u.a. das Gaststättenlokal Iberghaus im Massenverlagerungsgebiet 249, Bunkeranlagen im Massenverlagerungsgebiet 244 bzw. eine Teile der Bungalowsiedlungen Kleinbreitenbach im Massenverlagerungsgebiet 590 (Ohrdruffer Platte).

Insgesamt ist festzuhalten, dass abgesehen vom Zementwerk Deuna (vgl. oben) und abgesehen von einzelnen kostenaufwendige Präventionsmaßnahmen (z.B. Massenverlagerungsgebiet 565: Ritterstein bei Arnstadt) (vgl. Kap. 1.1 und Abb. 1.1) größere Schäden durch Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe bislang nicht bekannt geworden sind. Dies resultiert aus der Tatsache, dass die steilen Schichtstufenhänge, mit Ausnahme der Forstwirtschaft, von anderen Nutzungsaktivitäten bislang weitgehend verschont geblieben sind. Wie zahlreiche Autoren bestätigen (vgl. DOCKTER 1962, 1964, PUFF 1963, ZIEGENHARDT & JUNGWIRTH 1971, JOHNSEN 1974b, DOCKTER & STEINMÜLLER 1993), ist die Röt-Wellenkalk-Schichtgrenze insgesamt aber als äußerst kritischer - unsicherer Baugrund zu bewerten. Ausnahmen bilden lediglich die Schichtkämme, die aufgrund ihres steilen, hangwärtigen Schichteinfallens gegenüber Massenverlagerungsprozesse stabiler sind (vgl. Kap. 5.3.6). Unsachgemäße Böschungsein- und -anschnitte können auch ältere, bis dahin latent inaktive Massenverlagerungen reaktivieren, die, sofern Mauerschollen vorhanden sind, sogar in den katastrophalen Sturzfließungen kulminieren können (vgl. Zementwerk Deuna). Die aufgezeigten, anthropogenen Aktivitäten im näheren Umfeld der Mauerschollengebiete verdeutlichen, dass sich im Falle von Sturzverlagerungen, einzelne Bereiche als potentiell gefährdet herausstellen. Die hier aufgezeigte Verbreitung der Massenverlagerungsgebiete (vgl. Karte 8) sowie die vereinfachte Gefahrenabschätzung für den Bereich der Mauerschollengebiete (vgl. Karte 17) kann für zukünftige landschaftsplanerische Vorhaben eine mögliche Grundlage und Entscheidungshilfe bieten.

## 6. Zusammenfassung und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurde die großräumige Verbreitung von Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken und deren Eigenschaften sowie der Einfluss verschiedener Steuerungsfaktoren, die das räumliche Verteilungsbild bestimmen, untersucht.

An 12 naturräumlich begrenzten Wellenkalk-Schichtstufenabschnitten mit einer Gesamtlänge von 980 km konnten 744 Massenverlagerungsgebiete mit einer Gesamtbreite von 224 km ausgewiesen werden. Damit sind durchschnittlich 22,8 % der Stufenhänge von Massenverlagerungen betroffen. Regional ergeben sich hierbei jedoch erhebliche Unterschiede. Von den betrachteten Untersuchungsabschnitten nimmt in der Reihenfolge: Gobert, Bleicheröder Berge, Dün, Ringgau, Oberes Eichsfeld & Hainich, Ohrdruffer Platte, Hainleite, Zeugenberge Mittleres Saaletal, Ilm-Kalk-Platte, Tautenburger Forst die Massenverlagerungsbeeinflussung der Stufenhänge ab. An den Schichtkämmen Hörselberge und Schmücke treten keine Massenverlagerungen auf.

In den Massenverlagerungsgebieten vergesellschafteten sich pleistozäne und holozäne, rezent inaktive Massenverlagerungsformen mit jüngeren rezenten Formen (Mauerschollen, Sturzfließungen), wobei letztere wesentlich seltener zu verzeichnen sind. Das Nebeneinander unterschiedlich alter Formen zeigt, dass die instabilen Wellenkalk-Stufenhänge zu verschiedenen Zeiten wiederholt aktiv waren. Die jüngeren Massenverlagerungen treten dabei räumlich konzentriert, an den bereits zu früheren Zeiten verstärkt von Massenverlagerungen betroffenen Untersuchungsabschnitten, auf. In Abhängigkeit von der Intensität der Massenverlagerungsbeeinflussung bestehen deutliche Unterschiede in den morphometrischen und morphologischen Merkmalsausprägungen der Massenverlagerungsgebiete. Dabei erweist sich die Breite der Gebiete als geeigneter Indikator für unterschiedliche Massenverlagerungsaktivitäten.

Aufbauend auf den vorgefundenen Verteilungsmustern wurde der Einfluss von 15 morphologischen und klimatologischen Steuerungsfaktoren auf die großräumliche Variabilität der Massenverlagerungen untersucht. Einzelne der Faktoren werden in der Literatur teilweise sehr kontrovers diskutiert. Von den 15 analysierten Faktoren zeigen 5 deutliche Zusammenhänge zu räumlichen Variabilität der Massenverlagerungen.

Abgesehen von einigen allgemeingültigen Grundvoraussetzungen lassen die Faktoren: lithologisch-strukturelle Eigenschaften von Stufenbildner und Sockelgestein, Mächtigkeit des Stufenbildners, Mächtigkeit des Sockelgesteins, Mächtigkeitsrelation, Schichtneigung, Neigungsrichtung, Rötgipssubrosion und Exposition keine Zusammenhänge erkennen. Die untersuchten Starkniederschlagsverteilungen deuten auf eine begünstigende Beeinflussung hin, können aber die

räumliche Variabilität der Massenverlagerungen nicht zufriedenstellend erklären und sind demnach für deren Auftreten nicht zwingend erforderlich.

Signifikante Zusammenhänge zur räumlichen Variabilität der Massenverlagerungen konnten aus den Faktoren: Lage zur Erosionsbasis, Lage im Stufengrundriss, Lage zum Gewässernetz, Häufigkeit von Hangquellen und von der jährlichen mittleren Niederschlagshöhe abgeleitet werden. Dabei kristallisiert sich die, in der Steuerungsfaktorendiskussion bislang vernachlässigte Jahresniederschlagshöhe als die maßgeblich beeinflussende Steuergröße heraus, wobei zwischen dieser und den 4 weiteren sich begünstigend auswirkenden Faktoren enge Wechselwirkungen bestehen.

Im Untersuchungsgebiet nimmt mit zunehmenden mittleren Jahresniederschlägen der Anteil der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge kontinuierlich zu. Dies gilt insbesondere auch für die jüngeren Massenverlagerungen, die verstärkt erst ab mittleren Jahresniederschlägen von 750 mm auftreten. Mit zunehmenden Jahresniederschlägen wird die grundwasserbedingte Formung und damit verbunden, die Destabilisierung der tonigen Rötsockel intensiviert. Die dabei im Einzelnen ablaufenden Prozesse sind sehr komplex und bislang nur anfänglich bekannt. Die Befunde zeigen jedoch sehr deutlich, dass eine kontinuierlich höhere Durchfeuchtung der Stufenhänge sich maßgeblich begünstigend auf das Auftreten dieser tiefen Massenverlagerungen auswirkt.

Mit zunehmender Massenverlagerungsbeeinflussung nimmt gleichermaßen auch die Fließgewässer- und Quellhäufigkeit zu, wobei auch dies unter gleichen lithologisch-strukturellen Grundvoraussetzungen direkt abhängig vom jährlichen Niederschlagseintrag ist. Durchschnittlich 86 % der von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhänge befinden sich im unmittelbaren Einflussbereich von Fließgewässern. Die Fließgewässer wirken sich linearerosiv versteilend auf die Stufenhänge, insbesondere auf die Rötsockel aus. An versteilten Stufenhängen erhöhen sich die Schubspannungen bei gleichzeitigem Abbau des Widerlagers, was bekanntlich massenverlagerungsförderlich ist. Die Sockelhänge der älteren rezent inaktiven Massenverlagerungsgebiete sind durchschnittlich 2 - 3° flacher als die Sockelhänge der Massenverlagerungsgebiete, die jüngere Massenverlagerungsformen aufweisen.

Quellen als Indikatoren für erhöhte Hangdurchfeuchtung deuten auf verstärkte hydrologische Destabilisierungsprozesse der Rötsockelhänge hin. Von den im Untersuchungsgebiet erfassten Quellaustritten treten 78 % an den von Massenverlagerungen betroffenen Stufenhängen auf. Besonders häufig sind diese in den Gebieten, die jüngere Massenverlagerungen aufweisen, zu verzeichnen.

Die Fließgewässer sind maßgeblich für die Grundrissgestaltung der Stufenhänge verantwortlich. Die überwiegende Mehrzahl der Massenverlagerungen tritt an den Stufenvorsprüngen, und hier bevorzugt an deren Flanken, auf. Dies sind die Stufenhangabschnitte, die sich im unmittelbaren Einflussbereich der versteilend wirksam werdenden Fließgewässer befinden. Bei mittleren Jahresniederschlägen  $>800$  mm sind an annähernd allen Vorsprungsflanken Fließgewässer und gleichzeitig auch Massenverlagerungen zu verzeichnen. In Buchtenlagen, in denen der seitlich linearerosive Versteilungsimpuls stark abgeschwächt ist, sind die Stufenhänge insgesamt flacher ausgebildet. Massenverlagerungen kommen hier nicht vor.

Die vorzufindenden Verteilungsmuster verdeutlichen, dass dort, wo langfristig mehr Niederschlag fällt, die hangdestabilisierenden Prozesse auch intensiver und großräumiger wirksam werden als dort, wo langfristig weniger Niederschlag zu verzeichnen ist. Der ganze Mechanismus ist als Kausalkette zu verstehen, an dessen Anfang die langfristigen Niederschlagshöhen stehen. Da die älteren und jüngeren Massenverlagerungsgebiete regional in ähnlich unterschiedlicher Häufung vorkommen, ist davon auszugehen, dass diese Steuermechanismen auch zu früheren Zeiten ihre Gültigkeit hatten, wenn auch mit verstärkter Intensität. Insgesamt zeigt sich, dass die Verbreitung der Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe nicht zufällig ist, sondern nach klaren Gestzmäßigkeiten funktioniert.

Basierend auf der morphologischen Bestandsaufnahme konnte für die Massenverlagerungsgebiete in denen Mauerschollen vorkommen, eine erste Gefährdungsabschätzung vorgenommen werden. Diese begründet sich aus der Tatsache, dass Mauerschollen die Ausgangsformen für größerer Sturzverlagerungen (Sturzfließungen) sind. Mit Sturzbahnen von über 300 m stellen diese eine potentielle Gefahr für angrenzende Siedlungs- und Infrastruktureinrichtungen dar. Von den 111 Mauerschollengebieten ist im Fall einer Sturzfließung in 17 Gebieten mit größeren Schäden zu rechnen. Mit der sich in Westeuropa abzeichnenden Erhöhung der Winterniederschläge wird in den ohnehin stärker von Massenverlagerungen betroffenen, westlichen Untersuchungsabschnitten, in denen auch verstärkt Mauerschollen auftreten, das Massenverlagerungsrisiko zunehmen.

Aufbauend auf den hier gewonnen Erkenntnissen könnten in zukünftigen Studien GIS-basierte Modelle abgeleitet und gezielt auf vergleichbare Gebiete übertragen werden, in denen die Verbreitung instabiler Hangbereiche bislang nur wenig bekannt ist. Entsprechend der aufgezeigten Steuergrößen sind insbesondere auch von der Massenverlagerungshydrologie, deren Prozessforschung noch in den Anfängen steckt, wichtige Kenntniszuwächse zu erwarten. Die hier vorgestellten Ergebnisse stellen eine mögliche Grundlage für diesbezüglich weiterführende Untersuchungen dar.

## 7. Literaturverzeichnis

- ABELE, G. (1994): Felsgleitungen im Hochgebirge und ihr Gefahrenpotential.- Geographische. Rdsch., H.7 – 8, 414 - 420.
- ACKERMANN, E. (1953): Der aktive Bergrutsch südlich der Mackenröder Spitze in geologischer Sicht.- Nach. Akad. d. Wiss. Göttingen, II. Mathm.-Phys.-Chem. Abt. Nr. 5, 67 - 83.
- ACKERMANN, E. (1958): Die Sturzfließung am Schickeberg südlich Eschwege.- Notizbl. Hess. L.-A. f. Bodenforsch., 87, 172 - 187, 1 - 33.
- ACKERMANN, E. (1959): Der Abtragungsmechanismus an der Wellenkalk-Schichtstufe. Bewegungsarten der Massenverlagerungen und morphologische Formen.- Z. f. Geomorph. N.F., 3, 193 - 226 u. 283 – 304.
- ACKERMANN, E. (1977): Zeitliche und räumliche Gliederung der Rutschfließung an der Wellenkalk-Schichtstufe.- In.: Exkursionsführer Geotagung 1977, Exk. L., 113 - 120, Göttingen.
- AS-SARURI, M. & R. LANGBEIN (1987): Verbreitung und Entstehung intraformationeller Konglomerate im Unteren Muschelkalk Thüringens ( Mittlere Trias).- Z. geol. Wiss., Bd. 15, 4, 511 - 519.
- BACHMANN, G., ELSE, K. u. PUTSCHER, S. (1974): Auftreten und Ursachen von Rutschungen in einer Kalksteinlagerstätte.- Zschr. Geol. Wiss., Bd. 2, 3, 315 - 324.
- BACKHAUS, E. (1987): Baugeologie der Lockergesteine.- In: Grundbautaschenbuch, Bd. 1, Berlin.
- BAUM, I. & K.-H. SCHMIDT (2001): Temporal classification of mass movements on the Wellenkalk scarp in Thuringia and northern Hesse- possibilities and limitations.- Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd. 125, 25 - 41.
- BERGMANN, E. (1996): Der Ritterstein bei Arnstadt –eine naturräumliche Betrachtung.- Aus der Vergangenheit v. Arnstadt u. Umgebung, 6, 123 - 140.
- BERICHTE D. ERSTEN DDR-RUTSCHUNGSTAGUNG (Massenbewegungen an Böschungen).- Z. geol. Wiss. Berlin 1974.
- BERRISFORD, M.S. & MATTHEWS, J.A. (1997): Phases of enhanced rapid mass movements in climatic variations during the Holocene: a synthesis.- In: FRENZEL, B. et al. (Hrsg) (1997): Rapid mass movements as a source of climatic evidence for the Holocene, 409 - 440..
- BERNHARD, H. (1967): Massenverlagerungen an der Röt/ Muschelkalkgrenze.- Mitt. deutsch. Geol. Ges. , Bd. 119, 585 - 586.
- BERNHARD, H. (1968): Alte Rutschungserscheinungen an der Grenze Röt/ Muschelkalk im nördlichen Hessen.- Mitt. aus dem Geol. Inst. d. Techn. Uni. Hannover, 8, 21 - 33.
- BEYER, I. (1997): Verbreitung und Morphometrie von Massenverlagerungen an der Wellenkalk- Schichtstufe im Raum nördlich von Rudolstadt (Thüringer Becken).- Dipl. Arb., Univ. Halle., Inst. Geogr., (unveröff.).
- BEYER, I. & K.-H. SCHMIDT (1999): Untersuchungen zur Verbreitung und Morphometrie von Massenverlagerungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Raum nördlich von Rudolstadt (Thüringer Becken).- Hall. Jb. Geowiss, R.A, 21, 67 - 82.
- BEYER, I. (2002): Massenverlagerungen an der Wellenkalk- Schichtstufe im Thüringer Becken und ihre Abhängigkeit von morphometrischen Steuerungsfaktoren.- Trierer Geogr. Studien, 25, 143 - 160.
- BIBUS, E. (1986): Die Rutschung am Hirschkopf bei Mössingen (Schwäbische Alb) – Geowissenschaftliche Rahmenbedingungen.- Geoökodynamik, 7, 333 - 360.

- BIBUS, E. & TERHORST, B. (1999): Angewandte Studien zu Massenbewegungen.-Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten, D, 5, 1 - 241.
- BLUME, H. (1987): Probleme der Schichtstufenlandschaften.- Darmstadt.
- BRUNHOF, W. (1983): Geomechanische Eigenschaften halbfester Tonsteine der oberen Röt- Folge in der westlichen Kuppenrhön.- Diss. Univ. Kiel.
- BRUNSDEN, D. & IBSEN, M.-L. (1994): The temporal causes of landslides on the south-coast of Great Britain.- In: CASALE, R., MANTECHI, R. & FLAGEOLLET, J.-C. (eds.): Temporal occurrence and forecasting of landslides in European Community.- European Commission, Science Research Development, 339 - 383.
- BUNDESANSTALT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung.- Hannover.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR UMWELT, NATURSCHUTZ UND REAKTORSICHERHEIT (2000): Hydrologischer Atlas von Deutschland.- Bonn.
- BÜHMANN, D. & RAMBOW, D. (1979): Der Obere Buntsandstein (Röt) bei Borken/Hessen, Stratigraphie und Tonmineralogie.- Geol. Jb. Hessen, 107, 125 - 138.
- CARRARA, A., CARDINALI, M., DETTI, R., GUIZZATI, F., PASQUI, V., & P. REICHENBACH (1991): GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard.- Earth Surf. Processes Landforms 16, 427 - 445.
- CLERICI, A. & S. PEREGO (2000): Simulation of the Parma River blockage by the Corniglio landslide (Northern Italy).- Geomorphology 33, 1 - 23.
- CROZIER, J. (1999): Prediction of rainfall-triggered landslides: A Test of the antecedent water status model.- Earth Surf. Process. Landforms 24, 825 - 833.
- DEMEK, J. (1976): Handbuch der geomorphologischen Detailkartierung.- Wien.
- DEUBEL, (1964): Erläuterungen zur Geologischen Karte der DDR 1:25 000 Blatt 5036 Bürgel.- Berlin.
- DEUTSCHER WETTERDIENST ( 1997): Starkniederschlagshöhen für Deutschland – KOSTRA Atlas.- Offenbach a.M..
- DIETZE, G. (1947): Über den Jahresgang der Niederschlagshöhe in Thüringen.- Mitt. d. Thüringischen Landeswetterwarte, 8, 1 – 57.
- DIKAU, R., BRUNSDEN, D., SCHROTT, L. & IBSEN, L. (1996): Landslide Recognition.- Chichester.
- DIKAU, R. & T. GLADE (2002): Gefahren und Risiken durch Massenbewegungen.- Geogr. Rdsch. 54, 1, 38 - 45.
- DOCKTER, J. (1962): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte der DDR 1:25.000 Blatt 4630 Schernberg.- Berlin.
- DOCKTER, J. (1963): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte der DDR 1:25.000 Blatt 4631 Sondershausen.- Berlin.
- DOCKTER, J. & A. STEINMÜLLER (1993): Erläuterungen zur Geologischen Karte 1:25.000 von Thüringen Blatt 4530 Nordhausen (Süd).- Weimar.
- DYCK, S. & PESCHKE, G. (1995): Grundlagen der Hydrologie.- Verlag für Bauwesen, Berlin.
- EINSELE, G., HEITFELD K.-H., LEMPP CH., & K. SCHEDELIG (1985): Auflockerung und Verwitterung in der Ingenieurgeologie: Übersicht, Feldansprache, Klassifikation (Verwitterungsprofile).- In: Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgestein.-2 - 28, Berlin.

- EISENBRAU, I. & ROMMEL, W. (1986): Rutschungen in Keupergesteinen des Stromberges (Baden-Württemberg).- Jber. Mitt. Oberrhein. Geol. Ver., N.F. 68, 271 - 285.
- FRÜHAUF, M. (1991): Neue Befunde zur Lithologie, Gliederung und Genese der periglazialen Lockermaterialdecken im Harz: Fremdmaterialnachweis und Decksedimenterfassung.- Petr. Geogr. Mitt., Jg. 135, 4, 249 - 255.
- FRÜHAUF, M. (1992): Die Bedeutung jungdryaszeitlicher geomorphologischer Prozesse für die Landschaftsgenese in den Mittelgebirgen.- Z. geol. Wiss., 20, 3, 239 - 244.
- IRIGARAY C., FERNANDEZ, T., EL HAMDOUNI & J. CHACON (1999) : Verification of landslide susceptibility mapping: a case study.- Earth Surf. Processes Landforms 24, 537 - 544.
- FISCHER, P., FÖRSTER, W., MOLEK, H. & REUTER, F. (1975): Ingenieurgeologische, bodenmechanische und geophysikalische Probleme beim Straßenbau im Bereich der Röt/Muschelkalkgrenze.- Zschr. F. angew. Geol., Bd. 21, 7, 332 - 335.
- FREIES WORT (1994a): Geologische Untersuchung des Baugrundes reicht nicht aus.- Nr. 4, S. 3, 06.01.1994.
- FREIES WORT (1994b): Felsteile sind schon abgebrochen.- Nr. 58, S. 2, 10.03.1994.
- FREIES WORT (1994c): Weitere Probebohrungen wurden gemacht.- Nr. 105, 30.05.1994.
- FRITSCH, K. v. (1892): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten Blatt 5233 Remda.- Königl. Preußische Geol. Landesanstalt, Berlin.
- FREYBERG, B. (1923): Die tertiären Landoberflächen in Thüringen.- Fortsch. d. Geol. u. Paläontol. H. G, 1 - 77.
- GIEBELHAUSEN, K. (1872): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten Blatt 5638 Keula.- Königl. Preußische Geol. Landesanstalt, Berlin.
- GLADE, T. (2000): Modelling landslide triggering rainfalls in different regions of New Zealand- the soil water status model.- Z. Geomorp. N.F., Suppl.-Bd. 122, 63 - 82.
- GLASER, R. & SPONHOLZ, B. (1993): Erste Untersuchungen von Hangrutschungen an der Frankenhöhe.- Würzb. Geogr. Arb., 87, 339 - 354.
- GLAWE, U. & MOSER, M. (1989): Erste Untersuchungsergebnisse zur Kinematik der Bergzerreißung Treßdorfer Höhe (Karnische Alpen).- Jb. Geol. B.-A., Bd. 132, 4, 629 - 644.
- GLAWE, U. & MOSER, M. (1993): messtechnische und theoretische Bearbeitung von Bergzerreißungen und Blockbewegungen.- Felsbau, Jg. 11, 5, 235 - 250.
- GNEIST, M. (1999): Geomorphologischer Vergleich von zwei Hangrutschungen am Nordrand des Thüringer Beckens. Dipl.-Arb., Univ. Halle. Inst. f. Geogr. (unveröff.).
- GÖBEL, P., LESER, H. & G. STÄBLEIN (1973): Geomorphologische Kartierung. Richtlinien zur Herstellung geomorphologischer Karten 1:25.000.
- GRABNER, J. (1970): Geologische Untersuchungen in der Umgebung von Wanfried.- Dipl. Arb. Univ. Frankfurt, (unveröff.)
- GRITZNER, M.-L., A. MARCUS, R. ASPINALL & S.-G. CUSTER (2001): Assessing landslide potential using GIS, soil wetness modelling and topographic attributes, Payette River, Idaho.- Geomorphology 37, 149 - 165.
- GRUNDMANN, L. (1998): Rudolstadt und das Mittlere Saaleetal.- Werte der Deutschen Heimat, 58, 1 - 246.
- GRUNERT, J. & HARDENBICKER, U. (1991): Hangrutschungen im Bonner Raum- ihre Genese und Kartierung für Planungszwecke.- Z. Geomorp. N.F., Suppl.-Bd. 89, 35 - 48.

- GRUNERT, J. & HARDENBICKER, U. (1993): Gravitative Hangangabtragung im Bonner Raum während des Holozäns.- Würzb. Geogr. Arb., 87, 325 - 338.
- GRUNERT, J. & SCHMANKE, V. (1997): Hangstabilität im Südwesten Bonns.- Geogr. Rdsch., 49, 10, 584 - 590.
- HAMMER, H. (1985): Systematische Untersuchungen von Rutschungen im Nordbayrischen Deckengebirge.- Veröff. d. Grundbauinst. d. Landesgewerbeanst. Bayern, 42, 1 - 103, Nürnberg.
- HAB, O. (1996): Geologische Kartierungen und ingenieurgeologische Untersuchungen von Rutschungen am Burgberg bei Breven, Kreis Holzminden. Dipl. Arb., TU Braunschweig, (unveröff.).
- HECHT, G. (1966): Trinkwassererschließung im Rötastrich auf dem Meßtischblatt Bürgel.- Geologie, 7, 810 - 821, Berlin.
- HEIM, A. (1882): Über Bergstürze.-1.Aufl., Zürich.
- HEIM, A. (1932): Bergsturz und Menschenleben.- 1. Aufl. Zürich.
- HEIMBACH, W. (1962): Gravitative Deformationen im Muschelkalk Unterfrankens.- Geol. Jb., Bd.100, 527 - 536.
- HEMPEL, L. (1955): Studien über Verwitterung und Formenbildung im Muschelkalkgestein.- Gött. Geogr. Abh., 18, 1 - 112.
- HENNINGSEN, D. & G. KATZUNG (1992): Einführung in die Geologie Deutschlands.- Stuttgart.
- HEITFELD, K.-H. (1978): Beispiele von Felsrutschungen im Nordteil des Rheinischen Schiefergebirges.- Ber. 3. Nat.Tag.Felsmech., Aachen, 337 - 366, Essen (DGEG).
- HEITFELD, K.-H. (Hrsg.) (1985): Ingenieurgeologische Probleme im Grenzbereich zwischen Locker- und Feststeinen.- Heidelberg.
- HOHL, R. (1985) (Hrsg.): Die Entwicklungsgeschichte der Erde.-Werner Dausien Hanau/Main, 7. Aufl., Hanau.
- HÖHNE, U. (1996): Stichpunktartige Manuskripte zur Sanierung B4 im Bereich Ritterstein.- 1 - 3, (unveröff.).
- HOPPE, W. & G. SEIDEL (1974): Geologie von Thüringen.- Leipzig/ Gotha.
- HUTCHINSON, J.N. (1988): General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology.- Proceed. 5<sup>th</sup> Int. Symp. Landslides in Lausanne, 1, 3 - 35.
- JOHNSEN, G. (1974a): Blockbewegungen an der Wellenkalktrauf Thüringens.- Z. geol. Wiss., 2, 4; 449 - 455.
- JOHNSEN, G. (1974b): Baumaßnahmen an der Wellenkalksteilstufe Thüringens.- Bauplanung-Bautechnik, Jg. 28, 4, 180 - 182.
- JOHNSEN, G. (1981): Bewegungsmessungen im Bereich von Blockrutschungen an der Röt/Wellenkalk-Schichtstufe Thüringens.- Zschr. f. angew. Geol., 27, 8, 386 - 392.
- JOHNSEN, G. (1984a): Beobachtungen an einem aktiven Bergrutsch an den Bleicheröder Bergen bei Kraja.- Beitr. z. Heimatkunde a. Stadt u. Kreis Nordhausen, 9, 26 - 34.
- JOHNSEN, G. (1984b): Hangbewegungen vom Block-Typ östlich Berggießhübel.- In: Ingenieurgeologische Untersuchungen im Fels, Vortrags- und Exkursionstagung der GGW 1984 in Freiberg, 29 - 38.
- JOHNSEN, G. u. KLENGEL, K. J. (1973): Blockbewegungen an der Wellenkalksteilstufe Thüringens in ingenieurgeologischer Sicht.- Engineering Geology, 7, 231 - 257.



- JOHNSEN, G. u. KOSTAK, B. (1980): Zusammenhang zwischen den Niederschlägen und der Aktivität der Hangdeformationen - Messungen im Gebiet Kraja (Nordthüringen).- Casopis pro mineralogii a geologii, roc. 25, c. 2, 1980. (tschech.)
- JOHNSEN, G. & K.-H. SCHMIDT (2000): Measurement of block displacement velocities on the Wellenkalk-scarp in Thuringia.- Z.f. Geomorph., Suppl. Bd. 123, 93 - 110.
- JORDAN, H. & H.-J. WEDER (1999): Hydrogeologie- Grundlagen und Methoden.- Stuttgart.
- KAISER, E. (1904): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarter Bundesstaaten, Blatt 4727, Lengfeld.- Königl. Preuss. Geol. Landesanstalt und Bergakademie, Berlin.
- KALLINICH, J. (1999): Verbreitung, Alter und geomorphologische Ursachen von Massenverlagerungen an der Schwäbischen Alb auf der Grundlage von Detail und Übersichtskartierungen.- Tübinger Geographische Arbeiten, D, 4, 1 - 166.
- KAUF, H. (1947): Die Einwirkung der Orographie des Mittleren Saaletales auf die Niederschlagsverteilung- Teil I Mittlere Niederschlagsverhältnisse in der Umgebung von Jena.- Mitt. Der Thüringischen Landeswetterwarte, 8, 31 - 57.
- KIRBIS, G. (1950): Beiträge zur Morphologie der Goburg.- Gött. Geogr. Abh., 5, 1 - 42.
- KLENGEL, K. J. u. PASEK, J. (1974): Zur Terminologie von Handbewegungen.- Zschr. angew. Geol., Bd. 20, 3, 128 - 132.
- KLENGEL, K.J. & H.C. RICHTER (1992): Geologischer Aufbau und Baugrundverhältnisse von Dresden und seiner Umgebung.- Vorträge Baugrundtagung Dresden, 3 - 10, Essen (DGGT).
- KNOBLICH, K. (1971): Zur Scherfestigkeit und Rutschempfindlichkeit der Tone.- Giessener Geol. Schr., 2, 1-177.
- KOCH, H.-G. (1953): Wetterheimatkunde von Thüringen.- Jena
- KÖNIG, W. (2001): Morphometrische Analyse von Wellenkalk-Schichtstufenhängen im Raum Jena.- Dipl. Arb. Univ. Halle, Inst. Geogr., (unveröff.).
- KRAUT, C. (1995): Der Einfluß verschiedener Geofaktoren auf die Rutschempfindlichkeit an der Schichtstufe der Schwäbischen Alb.- Dipl. Arb. Univ. Tübingen, Inst. Geogr., (unveröff.)
- KRAUTER, E. (1990): Phänomenologie natürlicher Böschungen (Hänge) und ihrer Massenbewegungen. In: Grundbau-Taschenbuch, 3. Aufl., 1 - 46.
- KRAUTER, E. (1994) Hangrutschungen und deren Gefährdungspotential für Siedlungen.- Geogr. Rdsch., 7 - 8, 422 - 428.
- KRAUTER, E. (1998): Rutschungen unter Kontrolle? Monitoring und Stabilisierung von Massenbewegungen.- Geospektrum, 4, 20 - 24.
- KRAUTER, E., LIPPOMANN R., MOSER, M., MÜLLER, B. & PRINZ, H. (1996): Kinematical-geotechnical aspects of landslides in Germany.-Proceed. 7<sup>th</sup> Int. Symp. Landslides in Trondheim, 1, 251 - 256.
- KRÜMMLING, H., E. TORNACK, J. WIEFEL & K. WUCHER (1975): Massenverlagerungen an der Röt-Muschelkalk-Schichtstufe Nordwest-Thüringens.- Zschr. angew. Geol., 21, 552 - 558.
- KUGLER, H. (1982): Ausgewählte Verfahren der allgemeingemorphologischen Reliefkennzeichnung für die geomorphologische Übersichtskartierung.- Petermanns Geogr. Mitt., 281, 42 - 55.
- LANGBEIN R. & G. SEIDEL (1960): Zur Geologie im Gebiet des Holunger Grabens (Ohmgebirgsgrabenzone).- Geologie, Jg. 9, H.1, 36 - 56.
- LANGBEIN, R. & G. SEIDEL (1976): Zur Ausbildung des oberen Teils des Bundsandsteins im Thüringer Becken.- Z. geol. Wiss., Jg. 4, 1, 751 - 769.

- LANGBEIN, R., PETER, H. U. H.J. SCHWAHN (1983): Karbonat- und Sulfatgesteine.- Leipzig.
- LIEDTKE, H. & J. MARCINEK (1994) (Hrsg.): Physische Geographie Deutschlands.- 1. Aufl., Gotha.
- LIPPMANN, F. (1956): Clay minerals from the röth member of the triassic near Göttingen (Germany).- J. Sedim. Petrol., 26, No. 2, 125 - 139.
- MARTIN, W. (1965): Geologie der Umgebung von Weißenborn auf Blatt 4826 Eschwege (Nordhessen).- Dipl. Arb. Univ. Frankfurt, Inst. f. Geogr., (unveröff).
- MEITZ, P. (1998): Höhenstufendifferenzierungen von Schichtstufenhängen auf dem Colorado Plateau – Der Einfluß von Lithologie und Klima.- Diss. Univ. Halle, Inst. F. Geogr. (unveröff.).
- MEIBL, G. (1996): Entwicklung eines Modells zur Berechnung der Reichweite von Felsstürzen.- Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VIII, Beiträge zum AGIT – Symposium, 3. – 5. Juli 1996, Salzburger Geographische Materialien, 24, 243 - 248.
- MENENDEZ DUARTE, R. & J. MARQUINEZ (2002): The influence of enviromental and lithologic factors on rockfall at a regional scale: an evaluation using GIS.- Geomorphology, 43, 117 - 136.
- MERZ, G. (1987): Zur Petrographie, Stratigraphie, Paläogeographie und Hydrologie des Muschelkalks (Trias) im Thüringer Becken.- Z. geol. Wiss., Bd. 15, 1, 457 - 473.
- METEOROLOGISCHER DIENST DER DDR, HAUPTAMT FÜR KLIMATOLOGIE POTSDAM (Hrsg.) (1976-1989): Monatlicher Wetterbericht für das Gebiet der Deutschen Demokratischen Republik.- Potsdam.
- MEYNEN, E., SCHMITHÜSEN, J., GELLERT, J., NEEF, E., MÜLLER- MINY, H. & SCHULTZE, J.H. (1959 - 62): Handbuch der naturräumlichen Gliederung Deutschlands.- Bad Godesberg.
- MORGENEYER, W. (1963): Die Gliederung des Röts westlich des Saaletal.- Dipl. Arb. Univ. Halle, (unveröff.)
- MORTENSEN, H. & J. HÖVERMANN (1956): Der Bergrutsch an der Mackenröder Spitze bei Göttingen. Ein Beitrag zur Frage der klimatisch bedingten Hangentwicklung.- Premier Rapport de la Commission pour l'Etude des Versants, 149 - 155.
- MORTENSEN, H. (1960): Neues über den Bergrutsch südlich der Mackenröder Spitze und über die holozäne Hangformung an Schichtstufen im mitteleuropäischen Klimabereich.- Zschr. f. Geomorph., Suppl. Bd. 1, 114 - 123.
- MORTENSEN, H. (1963): Hangformung in der näheren und weiteren Umgebung von Göttingen, - Nachr. D. Akad. D. Wiss. in Göttingen, II. math.-Phys. Kl., 1963, 279 - 288.
- MOSER, M. & GLAWE, U. (1994): Das Nassfeld in Kärnten- geotechnisch betrachtet.- Abh. Geol.B.-A., 50, 319 - 340.
- MOSER, M. (1999): Großhangbewegungen im alpinen Raum.- Relief Boden Paläoklima, 14, 97 - 116.
- MOSER, M. (2001): Untersuchungen zur Bilanzierung gravitativer Massenbewegungen in Locker- und Festgesteinen der Nördlichen Kalkalpen.- DFG Zwischenbericht zum Projekt-Nr. Mo 248/14 - 1, 1 – 17.
- MOESTA, F. (1876): Erläuterung der geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten, Blatt 4826 Eschwege.- Königl. Preußische Geol.. Landesanstalt, Berlin.
- MÖLLER, K. (1988): Reliefentwicklung und Auslaugung in der Umgebung des Unterwerra-Sattels (Nordhessen).- Berliner Geogr. Abh., 48, 1 - 187.
- MÜCKE, E. (1962): Die Formung der nordthüringischen Muschelkalkschichtstufe.- Wiss. Zschr. d. Univ. Halle, Math.-Nat. R. XI/10, 1213 - 1222.
- MÜNCHNER RÜCKVERSICHERUNG (2000): Naturkatastrophen- Stand der Dinge.- Sonderheft Millenium.

- NAUMANN, E. (1904): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und benachbarter Bundesstaaten, Blatt 4627 Dingelstädt.- Königl. Preußische Geol. Landesanstalt, Berlin.
- NAUMANN, E. (1907): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und benachbarter Bundesstaaten, Blatt 4827 Treffurt.- Königl. Preußische Geol. Landesanstalt, Berlin.
- NAUMANN, E. (1915): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und benachbarter Bundesstaaten, Blatt 5035 Jena.- Königl. Preußische Geol. Landesanstalt, Berlin.
- PASEK, J. (1974): Haupttypen und Ursachen der Hangbewegungen.- Zschr. Geol. Wiss., Bd. 2, 4, 315 – 324, Berlin.
- PASSARGE, S. (1914): Morphologie des Meßtischblattes Stadtrenda.- Mitt. Geogr. Ges. Hamburg, 28, 1 – 221.
- PATZELT, G. (1994): Streifzüge durch die Erdgeschichte Nordwest-Thüringens.-Geographische. Bausteine, Neue Reihe, 1 - 96.
- PLASSE, J. (1923): Bergstürze im Unteren Muschelkalk bei Jena und Kahla.- Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft zu Jena, 37, 42 - 52.
- PLATE, E., CLAUSEN, L., HAAR, U., KLEEBERG, H.-B., KLEIN, G., MATTHEß, G., ROTH, R. & SCHMINKE, U. (1993): Naturkatastrophen und Katastrophenvorbeugung.- Bericht zur IDNDR, Weinheim.
- POISEL, R. & W. EPPENSTEINER (1983): Gang und Gehwerk einer Massenbewegung- Teil 2: Massenbewegungen am Rand des Systems >>Hart auf Weich<<.- Felsbau, 7, 16 - 20.
- POLLACK, V. (1925): Über bisherige Klassifikation der Boden- oder Massenbewegungen und deren Verwertung.- Zschr. F. Geomorphologie, Bd. 1, 302 - 339.
- PUFF, P. (1963): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte der Deutschen Demokratischen Republik Blatt 5234 Rudolstadt.- Berlin.
- RAPP, J. & C.D. SCHÖNWIESE (1996): Atlas der Niederschlags- und Temperaturtrends in Deutschland 1891 – 1960.- Frankfurter Geow. Arb., 35, 1 - 253.
- REINHARDT, H. (1934): Niederschlagsschwankungen in Thüringen.- Mitt. Der Thüringischen Landeswetterwarte, 6, 1 - 40.
- REUTER, F., KLENGEL, K.J. & J. PASEK (1992): Ingenieurgeologie.- 3. Aufl., Leipzig/Stuttgart.
- RICHTER, R. (1885): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten Blatt 5234 Rudolstadt.- Königl. Preußische Geol. Landesanstalt, Berlin.
- ROHDENBURG, H. (1965): Die Muschelkalk-Schichtstufe am Ostrand des Sollings und Bramwaldes.- Gött. Geogr. Abh., 3, 1 - 83.
- ROSENKRANZ, E. (1966): Physische-geographischer Überblick über das Thüringer Becken und seine Randgebiete (Bezirk Erfurt).- Ztschr. F. d. Erdkundeunterricht, 18, 163 - 173.
- ROSENKRANZ, E. (1978): Die Reliefgliederung am Ostrande des Thüringer Beckens.- Peterm. Geogr. Mitt., Jg. 122, 30 - 36.
- ROSENKRANZ, E. (1985): Geomorphologische Forschungen in Thüringen. - Geogr. Ber., 115, 2, 133 - 149.
- RÖSING, F. & B. WENZEL (1989): Der Bergrutsch am Nordhang der Hörne bei Bad Sooden-Allendorf (Nordhessen) am 21. 7. 1985.- Geol. Jb. Hessen, 117, 237 - 250.
- RÜGER, L. (1937): Der Wellenkalk.- Ber. z. Geolog. v. Thüringen, Bd IV, H.1 - 6, 137 - 155.

- SAHLING, I. (2002): Möglichkeiten der dendrogeomorphologischen Analyse der Öffnungsraten von Spalten an der Wellenkalk-Schichtstufe im südlichen Thüringer Becken.- Dipl.-Arb., Univ. Halle. Inst. f. Geogr. (unveröff.).
- SCHÄDEL, K. & STOBER, I. (1988): Rezente Großrutschungen an der schwäbischen Alb.- Jh. Geol. Landesamt Baden- Württemberg, 30, 413 - 439.
- SCHENK, D. (1983): Auswirkung der Verwitterung auf Festigkeit und Mikrogefüge überkonsolidierter Tonsteine der oberen Röt-Folge (Rhön).- Diss. Univ. Kiel.
- SCHENK, U. (1992): Die Rutschungen an der Wellenkalk-Schichtstufe der Gobert.- Dipl.-Arb. Uni. Berlin, Inst. f. Geogr., (unveröff.).
- SCHMANKE, V., KIRSCHHAUSEN, D. & GRUNERT, J. (1996): Bodengefährdung durch Hangrutschungen.- Mitt. Dt. Bodenkundl. Ges., 79, 427 - 430.
- SCHMID, E.E. (1889): Erläuterung der geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten, Blatt 5131 Arnstadt.- Königl. Preußische Geol. Landesanstalt, Berlin.
- SCHMIDT, K.-H. (1988a): Die Reliefentwicklung des Colorado Plateaus.- Berliner Geogr. Abh., 49, 1 - 183.
- SCHMIDT, K.-H. (1988b): Die Wellenkalkschichtstufe in Nordhessen.- Ber. dt. Landeskunde, 62, 337 - 355.
- SCHMIDT, K.-H. & I. BAUM (1998): Massenbewegungen an der Muschelkalk-Schichtstufe in Nordhessen und Thüringen.- DFG-Abschlussber., SCHM 472/10 - 1, 1 - 45.
- SCHMIDT, K.-H., BEYER, I. & KUMPERT, O. (2000): Massenbewegungen an der Muschelkalk-Schichtstufe in Nordhessen und Thüringen.- DFG-Abschlussber., SCHM 472/10 - 2, 1 - 28.
- SCHMIDT, K.-H. & P. MEITZ (2000a): Schichtstufenhänge auf dem Colorado Plateau, USA- lithologische Steuerung und klimatische Höhenstufendifferenzierung.- Die Erde, 131, 181 - 204.
- SCHMIDT, K.-H. & P. MEITZ (2000b): Effects of increasing humidity on slope geomorphology: cuesta scarps on the Colorado Plateau, USA.- The Hydrology-Geomorphology Interface, 261, 165 - 181.
- SCHMIDT, K.-H. & I. BEYER, (2001): Factors controlling mass movement susceptibility on the Wellenkalk-scarp in Hesse and Thuringia.- Z Geomorph. N.F., Suppl.-Bd. 125, 43 - 63.
- SCHMITTHENNER, H. (1939): Die Muschelkalkstufe in Ostthüringen.- Ber. d. Sächs. Akad. d. Wiss. Leipzig, Math.-Phys. Kl. XCI, 85 - 118.
- SCHMITTHENNER, H. (1954): Die Regeln der morphologischen Gestaltung im Schichtstufenland.- Pet. Geogr. Mitt., Jg. 98, 3 - 10.
- SCHNEIDER, H.-E. (1968): Gipsführung und Auslaugungserscheinungen im Röt von Deuna (Eichsfeld) und ihre Bedeutung für die Zementindustrie.- Z. angew. Geol., 14, H. 1, 18 - 25.
- SCHÖNWIESE, C.D. (1979): Klimaschwankungen.- Verständl. Wissenschaft, 115, 1 - 181, Heidelberg.
- SCHRÖDER, E. (1929): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Preußen und benachbarten deutschen Ländern, Blatt 5135 Kahla.- Königl. Preußische Geol. Landesanstalt, Berlin.
- SCHUNKE, E. (1968): Die Schichtstufenhänge im Leine-Weser-Bergland in Abhängigkeit vom geol. Bau und Klima.- Gött. Geogr. Abh., 43, 1 - 219.
- SCHUNKE, E. (1969): Die Schichtstufenhänge des Leine-Weser-Berglandes, Methoden und Ergebnisse ihrer Untersuchung.- Geol. Rdsch., 58, 446 - 464.
- SCHUNKE, E. (1971): Die Massenverlagerungen an den Schichtstufen und Schichtkämmen des Leine-Weser-Berglandes.- Nachr. Akad. Wiss. Göttingen, 2. Math.-Phys. Kl., 3, 47 - 77.

- SCHUNKE, E. & J. SPÖNEMANN (1972): Schichtstufen und Schichtkämme in Mitteleuropa.- Göttinger Geogr. Abh., 60, 65 - 92.
- SEIDEL, G. (1965): Zur geologischen Entwicklungsgeschichte des Thüringer Beckens.- Geol. Jg. 14, Nr. 50, 1 - 115.
- SEIDEL, G. (1990): Zur Gliederung der Wellenkalk- Folge (Muschelkalk) zwischen Jena und Freyburg.- Z. Geol. Wiss., Bd. 18, 7, 825 - 835.
- SEIDEL, G. (1992): Thüringer Becken.- Sammlung Geologischer Führer, 85, 1 - 204.
- SEIDEL, G. (1995): Geologie von Thüringen.- Stuttgart.
- SEIDEL, G. & STEINMÜLLER, A. (1993): Erläuterungen zur Geologischen Karte 1:25.000 von Thüringen Blatt 4936 Camburg.- Weimar.
- SEMMELE, A. (1985): Periglazialmorphologie.-Darmstadt.
- SEMMELE, A. (1996): Geomorphologie der Bundesrepublik Deutschland.- Stuttgart.
- SKEMPTON, A.W. & HUTCHINSON, J. (1969): Standsicherheit von natürlichen Böschungen. 7. Int. Kongreß für Bodenmechanik und Grundbau.- Mexiko.
- SPÖNEMANN, J. (1966): Geomorphologische Untersuchungen an Schichtkämmen des Niedersächsischen Berglandes.- Göttinger Geogr. Abh., 36.
- SPUREK, M. (1972): Historical catalogue of slope phenomena.- Studia geographica, 19, 1 - 178, Brno.
- STEINMÜLLER, A. (1965): Zusammenhänge zwischen Auslaugung, Lagerungs- und Oberflächenformen im thüringischen Eichsfeld.- Z.angew. Geol., 11 , 90 - 95.
- TOUSSAINT, B. (1979): Der Ringgau, ein natürliches Groß-Lysimeter – dargestellt am Wasserhaushalt der Breitauer Kressenteichquelle unter besonderer Berücksichtigung der Karsthydrologie.- Geol. Jb., C21, 99 - 135.
- TERHORST, B. (1996): Kartierlegende für Massenbewegungen und Hangformen, Maßstabsbereich 1:10.000 - 1:2.500.- Tübingen, (unveröff.).
- TERHORST, B. (1997): Formenschatz, Alter und Ursachenkomplexe von Massenverlagerungen an der schwäbischen Juraschichtstufe unter besonderer Berücksichtigung von Boden- und Deckschichtenentwicklung. Tübinger Geogr. Abh., D, 02, 1 - 212.
- THORNES, J.-B. & I. A. AYALA (1998): Modelling mass failure in a Mediterranean mountain environment: climatic, geological, topographical and erosional controls.- Geomorphology, 24, 87 - 100.
- THÜRINGER ALLGEMEINE (1992a): Im Eichsfeld tat sich zwischen Uder und Lutter plötzlich die Erde auf.- Ausgabe 247, 2, vom 20.10.1992.
- THÜRINGER ALLGEMEINE (1992b): Gipsauswaschung: Erdloch entstand- Geologen bestätigen Vermutung.- Ausgabe 248, 11, vom 21.10.1992.
- THÜRINGER MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT (1996): Grundwasser in Thüringen Bericht zur Menge und Beschaffenheit, 1 - 163, Gotha.
- TILCH, N. (1999): Rutschungs-Suszeptibilität im südlichen Niedersachsen – Von der Anatomie der Rutschung bei Brunkensen/Alfeld zur Prognose instabiler Hanglagen.- Braunschweiger Geowissenschaftliche Arbeiten, 22, 1 - 184.
- TRAUZETTEL, G. (1962): Die Rutschungen der Württembergischen Knollenmergel.-Arb. u. Mitt. Geol. Paläontol. Inst. TH Stuttgart, N.F. 32, 1 - 182.
- TRZCINSKI, J.B. (1974): Rutschungen und Böschungsdeformationen in Flußtäälern Ostsibiriens.- Zschr. geol. Wiss., 4, 457 - 465.

- UNESCO WORKING PARTY FOR WORLD LANDSLIDE INVENTORY (UNESCO) (1993): Multilingual Glossary for Landslides.- Canadian Geotechnical Society.
- UNGER, K. P. & SCHRAMM, H. (1968): Alttertiäre Rotlehme auf Muschelkalk in NE-Thüringen.- Jb. Geol., 2, 521 - 535.
- VAN ASCH, TH. W. J., BUMA, J. & L.P.H. VAN BEEK (1999): A view on some hydrological triggering systems in landslides.- Geomorphology, 30, 25 - 32.
- VARNES, D.J. (1978): Slope movement types and processes.- In: Landslide-Analysis and Control, Transportation Research Board Special Report, 176, National Acad. of Sciences, pp. 11 - 33.
- WAGENBRETH, O. & W. STEINER (1990): Geologische Streifzüge.- Dtsch. Verlag Grundstoffindustrie, 4. Auflg., Leipzig.
- WALTER, R. (1995): Geologie von Mitteleuropa.-E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 6. Auflg., Stuttgart.
- WEBER, H. (1929): Geomorphologische Studien in Westthüringen.- Forsch. dt. Landes u. Volkskd., 27, 269 - 473.
- WEBER, H. (1951): Auslaugung.- Zeitschr. f. d. Erdkundeunterricht, 9, 403 - 416.
- WEBER, H. (1952): Fragen der Oberflächengestaltung in der thüringischen Zechstein- und Trias-Landschaft.- Hall. Jahrb. f. mitteldt. Erdgeschichte, 1, 175 - 259.
- WEBER, H. (1955): Einführung in die Geologie Thüringens.- Berlin.
- WENZEL, B. (1991): Zur Lithostratigraphie und Sedimentologie des Röt und zu den Massenverlagerungen an der Röt-/Muschelkalkgrenze in Nordhessen.- Giessener Geol. Schr., 53, 1 - 229.
- WITTE, M. (1995a): Untersuchungen instabiler Hangbereiche an der Röt-Muschelkalkgrenze am Westufer der Weser bei Holzminden.- Teil a. Dipl. Kartierung., TU Braunschweig, (unveröff.)
- WITTE, M. (1995b): Untersuchungen instabiler Hangbereiche an der Röt-Muschelkalkgrenze am Westufer der Weser bei Holzminden.- Teil B. Dipl. Arb., TU Braunschweig, (unveröff.).
- ZARUBA, Q. & V. MENCL (1961): Ingenieurgeologie.- Berlin.
- ZARUBA, Q. & V. MENCL (1969): Landslides and Their Control.- Elsevier, 205 pp. Amsterdam 205 pp.
- ZIEGENHARDT, W. & JUNGWIRTH, J. (1968): Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte der Deutschen Demokratischen Republik, Blatt 5231 Plaue.- Berlin.
- ZIMMERMANN, E. (1892): Erläuterung der geologischen Spezialkarte von Preußen und den Thüringischen Staaten, Blatt 5232 Stadt Ilm.- Königl. Preußische Geol. Landesanstalt, Berlin.
- ZÖFEL, P. (1992): Statistik in der Praxis.- Stuttgart-Jena.

## 8. Verwendetes Kartenmaterial

### Topographische Karten

#### 1:100.000

C 4726 Mühlhausen (Thüringen)	Thüringer LVA, 2. Auflage, 1996
C 4730 Nordhausen	Thüringer LVA, 2. Auflage, 1996
C 4734 Halle (Saale)	Thüringer LVA, 2. Auflage, 1997
C 5126 Eisenach	Thüringer LVA, 2. Auflage, 1996
C 5130 Erfurt	Thüringer LVA, 1. Auflage, 1992
C 5134 Jena	Thüringer LVA, 3. Auflage, 1998
C 5530 Suhl	Thüringer LVA, 2. Auflage, 1996
C 5534 Saalfeld (Saale)	Thüringer LVA, 2. Auflage, 1996

#### 1:25.000

M-32-47-C-b Remda	Ministerium f. Nationale Verteidigung Militärtopographischer Dienst (Hrsg.): Ausgabe 1990, Stand 1987.
M-32-47-D-a Teichel	Ministerium f. Nationale Verteidigung Militärtopographischer Dienst (Hrsg.): Ausgabe 1990, Stand 1987.
M-32-47-D-b Engerda	Ministerium f. Nationale Verteidigung Militärtopographischer Dienst (Hrsg.): Ausgabe 1990, Stand 1987.
4528 Worbis	Thüringer LVA (Hrsg.): Ausgabe 1993, Stand 1993
4529 Bleicherode	Thüringer LVA (Hrsg.): Ausgabe 1993, Stand 1993
4626 Heilbad Heiligenstadt	Thüringer LVA (Hrsg.): Ausgabe 1999, Stand 1999
4627 Leinefelde	Thüringer LVA (Hrsg.): Ausgabe 1997, Stand 1997
4726 Grebendorf	Thüringer LVA (Hrsg.): Ausgabe 1997, Stand 1997
4727 Küllstedt	Thüringer LVA (Hrsg.): Ausgabe 1994, Stand 1994
4826 Eschwege	Hessisches LVA (Hrsg.): Ausgabe 1995, Stand 1992
4827 Treffurt	Thüringer LVA (Hrsg.): Ausgabe 1998, Stand 1998
4926 Herleshausen	Hessisches LVA (Hrsg.): Ausgabe 1995, Stand 1992
4927 Creuzburg	Thüringer LVA (Hrsg.): Ausgabe 1997, Stand 1997
4928 Mihla	Thüringer LVA (Hrsg.): Ausgabe 1998, Stand 1998

#### 1:10.000

M-32-20-D-d-4 Hohengandern	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1988, Stand 1986
M-32-21-C-c-3 Birkenfelde	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1988, Stand 1985
M-32-21-C-c-4 Uder	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1988, Stand 1985
M-32-21-C-d-1 Heilbad Heiligenstadt	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1988, Stand 1986
M-32-21-C-d-2 Wingerode	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1988, Stand 1985
M-32-21-C-d-3 Heilbad Heiligenstadt S	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1988, Stand 1986
M-32-21-C-d-4 Geisleden	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1985

<b>M-32-21-D-b-4 Haynrode</b>	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1989, Stand 1985
<b>M-32-21-D-c-3 Kreuzebra</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1985
<b>M-32-21-D-c-4 Birkungen</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1985
<b>M-32-21-D-d-3 Niederroschel</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1985
<b>M-32-21-D-d-4 Deuna</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1985
<b>M-32-22-C-a-3 Kraja</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1995, Stand: 1985
<b>M-32-22-C-a-4 Bleicherode</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1995, Stand: 1985
<b>M-32-22-C-c-1 Sollstedt</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1995, Stand: 1985
<b>M-32-22-C-c-2 Obergebra</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1995, Stand: 1985
<b>M-32-22-C-c-3 Vollenborn</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1990
<b>M-32-22-C-d-1 Kleinbrendten N</b>	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1989, Stand 1985
<b>M-32-22-C-d-2 Hainrode</b>	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1989, Stand 1985
<b>M-32-22-D-c-1 Großfurra</b>	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1989, Stand 1985
<b>M-32-22-D-c-2 Sondershausen N</b>	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1988, Stand 1986
<b>M-32-22-D-c-3 Schernberg N</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1990
<b>M-32-22-D-c-4 Sondershausen</b>	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1988, Stand 1986
<b>M-32-22-D-d-3 Sondershausen O</b>	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1985, Stand 1986
<b>M-32-22-D-d-4 Hachelbich</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1990
<b>M-32-33-A-a-1 Wüstheuterode W</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-A-a-2 Wüstheuterode</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-A-a-3 Asbach- Sickenberg</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1984
<b>M-32-33-A-a-4 Wiesenfeld</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1995, Stand: 1986
<b>M-32-33-A-b-1 Kalteneber</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-A-b-2 Heuthen</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-A-b-3 Ershausen</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-A-b-4 Großbarloff</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-A-c-2 Kella</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-A-d-1 Geismar</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-A-d-2 Lengefeld u.Stein</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-A-d-4 Hildebrandshausen</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-B-a-3 Küllstedt</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-B-c-1 Struth</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-B-c-3 Diedorf</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-C-b-1 Großburschla</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-C-b-2 Treffurt</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-33-C-b-3 Rambach</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1984
<b>M-32-33-C-b-4 Schnellmannshausen</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-33-C-c-3 Blankenbach</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1984
<b>M-32-33-C-c-4 Nesselröden</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1984
<b>M-32-33-C-d-2 Creuzburg</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-33-C-d-3 Herleshausen</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1984
<b>M-32-33-C-d-4 Pferdsdorf-Spichra</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-33-D-a-1 Schierschwende</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-33-D-a-3 Falken</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-34-B-b-2 Holzengel</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1991, Stand: 1986



<b>M-32-35-A-a-1 Seega</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1991
<b>M-32-35-A-a-2 Düppel</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1991
<b>M-32-35-A-b-1 Oldisleben</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1992
<b>M-32-35-A-b-2 Heldrungen</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1992
<b>M-32-36-C-d-3 Dornburg</b>	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1990, Stand 1987
<b>M-32-36-C-d-4 Frauenprießnitz</b>	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1990, Stand 1987
<b>M-32-45-B-b-4 Sattelstädt</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1991, Stand: 1986
<b>M-32-46-D-a-2 Gossel</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1994, Stand: 1993
<b>M-32-46-D-a-4 Liebenstein</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1995, Stand: 1986
<b>M-32-46-D-b-1 Siegelbach</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1995, Stand: 1986
<b>M-32-46-D-b-2 Arnstadt S</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-46-D-b-3 Plaue</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1986
<b>M-32-46-D-b-4 Wipfra</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1986
<b>M-32-46-D-c-2 Geraberg</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1986
<b>M-32-46-D-d-1 Martinroda</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-46-D-d-2 Bücheloh</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1986
<b>M-32-47-C-a-3 Niederwilligen</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1987
<b>M-32-47-C-a-4 Stadtilm</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1987
<b>M-32-47-C-b-3 Großhettstedt</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-47-C-b-4 Remda</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-47-C-c-1 Singen</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1987
<b>M-32-47-C-c-2 Gösselborn</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-47-C-d-1 Solsdorf</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-47-C-d-2 Sundremda</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-47-C-d-4 Quittelsdorf</b>	Ministerium f. Nationale Verteidigung-Militärtopographischer Dienst (Hrsg.) Ausgabe 1990, Stand 1987
<b>M-32-47-D-a-1 Haufeld</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1987
<b>M-32-47-D-a-2 Lengefeld</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1987
<b>M-32-47-D-a-3 Teichröda</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-47-D-a-4 Teichel</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-47-D-b-1 Dröbnitz</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1987
<b>M-32-47-D-b-2 Reinstädt</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1987
<b>M-32-47-D-b-3 Engerda</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-47-D-b-4 Heilingen</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-47-D-c-1 Lichstedt</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1995, Stand: 1987
<b>M-32-47-D-c-3 Bad Blankenburg</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-48-A-a-2 Jena N</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1988
<b>M-32-48-A-a-3 Jena W</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1988
<b>M-32-48-A-a-4 Jena</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1988
<b>M-32-48-A-b-1 Neugönna</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-48-A-b-2 Tautenburg</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1991, Stand: 1987
<b>M-32-48-A-b-3 Jena Ziegenhain</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-48-A-b-4 Jenalöbnitz</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1991, Stand: 1987
<b>M-32-48-A-c-1 Jena SW</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1988
<b>M-32-48-A-c-2 Jena S</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1988
<b>M-32-48-A-c-3 Zimmritz</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1991, Stand: 1987
<b>M-32-48-A-c-4 Rothenstein</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987
<b>M-32-48-A-d-1 Drackendorf</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1987
<b>M-32-48-A-d-2 Schöngleina</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1987
<b>M-32-48-C-a-1 Gumperda</b>	Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1992, Stand: 1987

M-32-48-C-a-2 Kahla Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987  
M-32-48-C-a-3 Orlamünde Thüringer LVA (Hrsg.) Ausgabe 1993, Stand: 1987

## Geologische Karten

### 1: 400.000

THÜRINGER LANDESANSTALT FÜR BODENFORSCHUNG WEIMAR (1994) (Hrsg.): Thüringen Geologische Übersicht 1: 400 000.-  
1. Aufl., Justus Perthes Verlag Gotha.

### 1:25.000

4528 Worbis	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1853) (Hrsg.).
4529 Bleicherode	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1853) (Hrsg.).
4530 Hayn (Nordhausen Süd)	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1853) (Hrsg.).
4625 Witzenhausen	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1878) (Hrsg.).
4626 Heiligenstadt	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1902) (Hrsg.).
4627 Dingelstedt	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1902) (Hrsg.).
4628 Niederorschel	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1853) (Hrsg.).
4629 Groß-Keula (Keula)	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1953) (Hrsg.).
4630 Immenrode (Schernberg)	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1853) (Hrsg.).
4630 Schernberg	Zentrales Geolog. Inst. Berlin (1959) (Hrsg.),2. Auflg.
4631 Sondershausen	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst. (Hrsg.).
4631 Sondershausen	Zentrales Geolog. Inst. Berlin (1961) (Hrsg.),2. Auflg
4632 Frankenhausen	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1925) (Hrsg.).
4726 Kella (Grebendorf)	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1902) (Hrsg.).
4727 Lengenfeld (Küllstedt)	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1902) (Hrsg.).
4732 Kindelbrück	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1892) (Hrsg.).
4826 Eschwege	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1972) (Hrsg.).
4827 Treffurt	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1907) (Hrsg.).
4926 Netra (Herleshausen)	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1872) (Hrsg.).
4927 Creuzburg	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1907) (Hrsg.).
4936 Camburg	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst. (Hrsg.).
5027 Eisenach	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1912) (Hrsg.).
5028 Wutha (Eisenach Ost)	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1904) (Hrsg.).
5035 Jena	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1927) (Hrsg.)
5036 Bürgel	Zentrales Geolog. Inst. Berlin (1961) (Hrsg.),2. Auflg
5131 Arnstadt	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1887) (Hrsg.).
5133 Kranichfeld	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1892) (Hrsg.).
5134 Blankenhain	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1892) (Hrsg.).
5135 Kahla	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1929) (Hrsg.).
5230 Crawinkel Oberhof	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1898) (Hrsg.).
5231 Plaue	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1898) (Hrsg.).
5232 Stadt Ilm	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1892) (Hrsg.).
5233 Stadt Remda (Remda)	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1892) (Hrsg.).
5234 Rudolstadt	Zentrales Geolog. Inst. Berlin (1968) (Hrsg.),3.Auflg.
5234 Rudolstadt	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1892) (Hrsg.).
5235 Orlamünde	Zentrales Geolog. Inst. Berlin (1956) (Hrsg.).
5333 Schwarzburg (Blankenburg)	Kgl. Preuss. Geolog. Landesanst.(1892) (Hrsg.).

## Angaben zur Person

Name: Ingo Beyer  
Geburtsdatum: 19.01.1973  
Geburtsort: Wippra (Sachsen-Anhalt)  
Familienstand: ledig  
Staatsangehörigkeit: deutsch

## Ausbildung:

1979 – 1989 Polytechnische Oberschule Vatterode  
10-Klassenabschluss

1989 – 1992 Berufsbildende Schulen des Landkreises Aschersleben  
Landwirt mit Abitur

1992 – 1998 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Studium zum Diplom- Geograph,  
Spezialisierungsrichtung: Physische Geographie-  
Geoökologie

1998 – 2002 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
Promotionsstudent

## Berufstätigkeit:

1998 – 2002 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg  
wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachbereich  
Geowissenschaften, Institut für Geographie, Arbeitsgruppe  
Physische Geographie

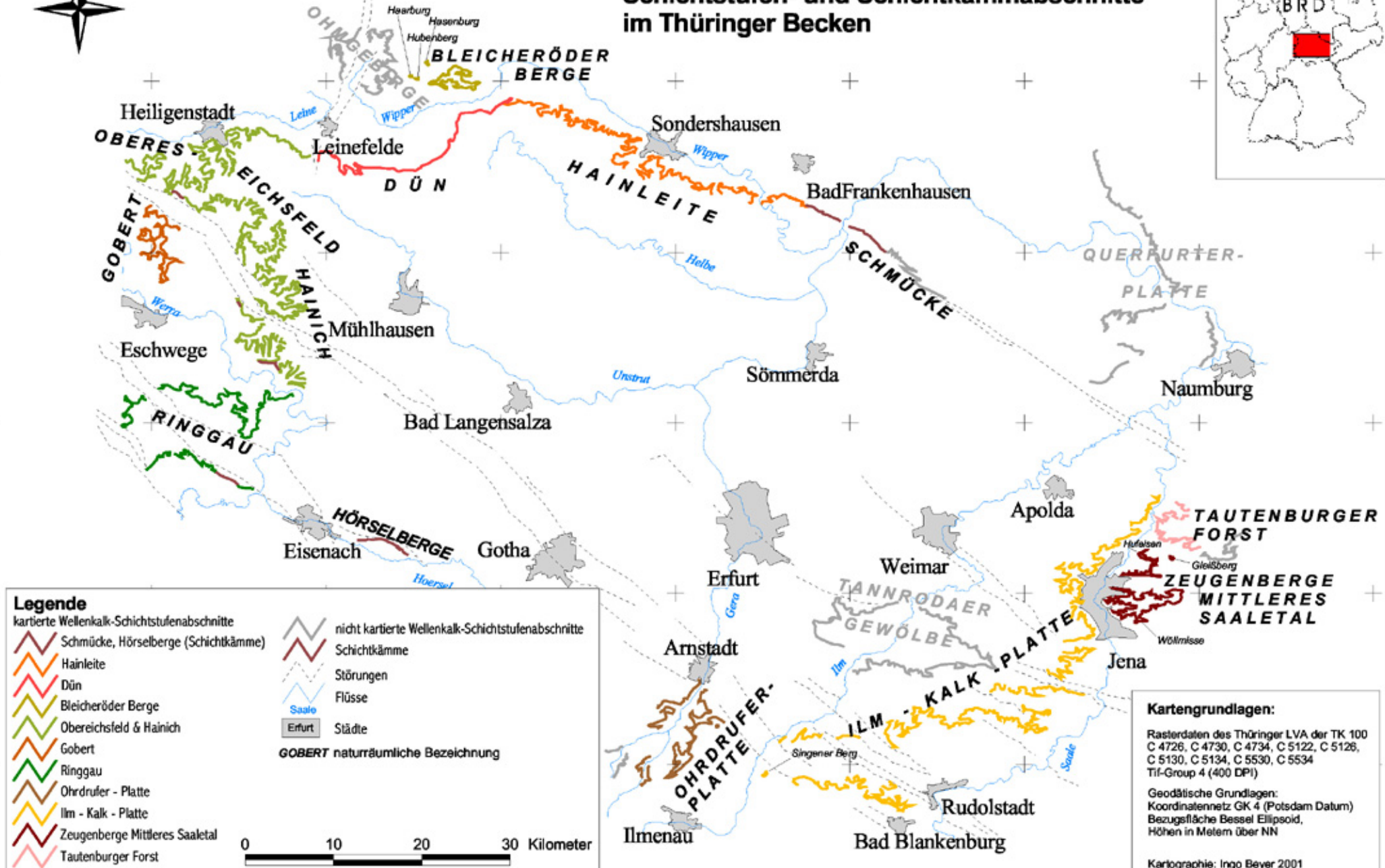
## **Erklärung**

Hiermit versichere ich, die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Hilfsmittel angefertigt zu haben. Diese Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

Halle (Saale), 2002-06-25

Ingo Beyer

# Karte 1: Lage und Bezeichnung der Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte im Thüringer Becken



**Legende**

	Schmücke, Hörselberge (Schichtkämme)		nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
	Hainleite		Schichtkämme
	Dün		Störungen
	Bleicheröder Berge		Flüsse
	Obereichsfeld & Hainich		Saale
	Gobert		Erfurt
	Ringgau		Städte
	Ohrdruffer - Platte		<b>GOBERT</b> naturräumliche Bezeichnung
	Ilm - Kalk - Platte		
	Zeugenberge Mittleres Saaletal		
	Tautenburger Forst		

0 10 20 30 Kilometer

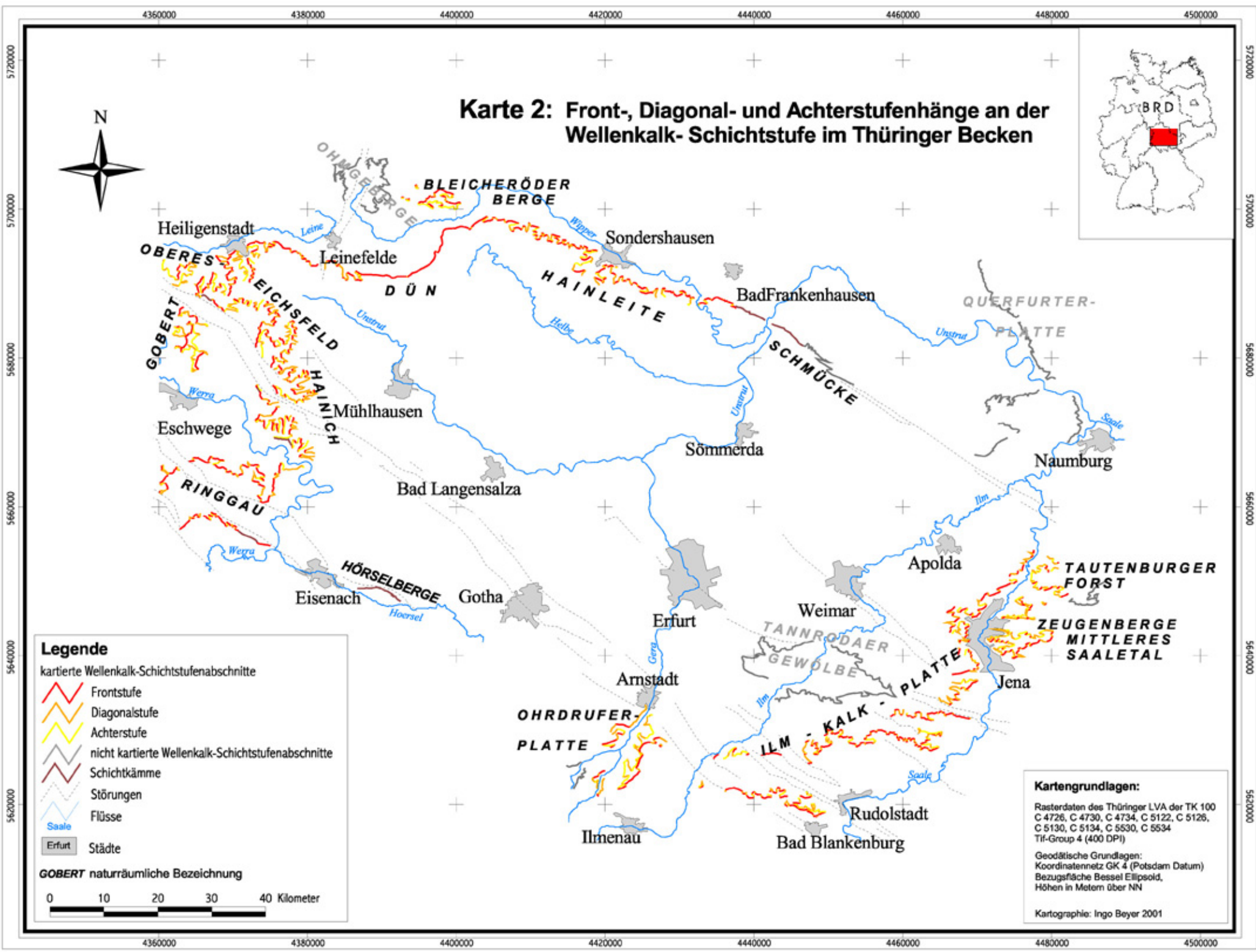
**Kartengrundlagen:**

Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100  
 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126,  
 C 5130, C 5134, C 5530, C 5534  
 Tif-Group 4 (400 DPI)

Geodätische Grundlagen:  
 Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
 Bezugsfläche Bessel Ellipsoid,  
 Höhen in Metern über NN

Kartographie: Ingo Beyer 2001

## Karte 2: Front-, Diagonal- und Achterstufenhänge an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken



**Legende**

- kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
  - Frontstufe
  - Diagonalstufe
  - Achterstufe
- nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- Schichtkämme
- Störungen
- Flüsse
- Städte

**GOBERT naturräumliche Bezeichnung**

0 10 20 30 40 Kilometer

**Kartengrundlagen:**

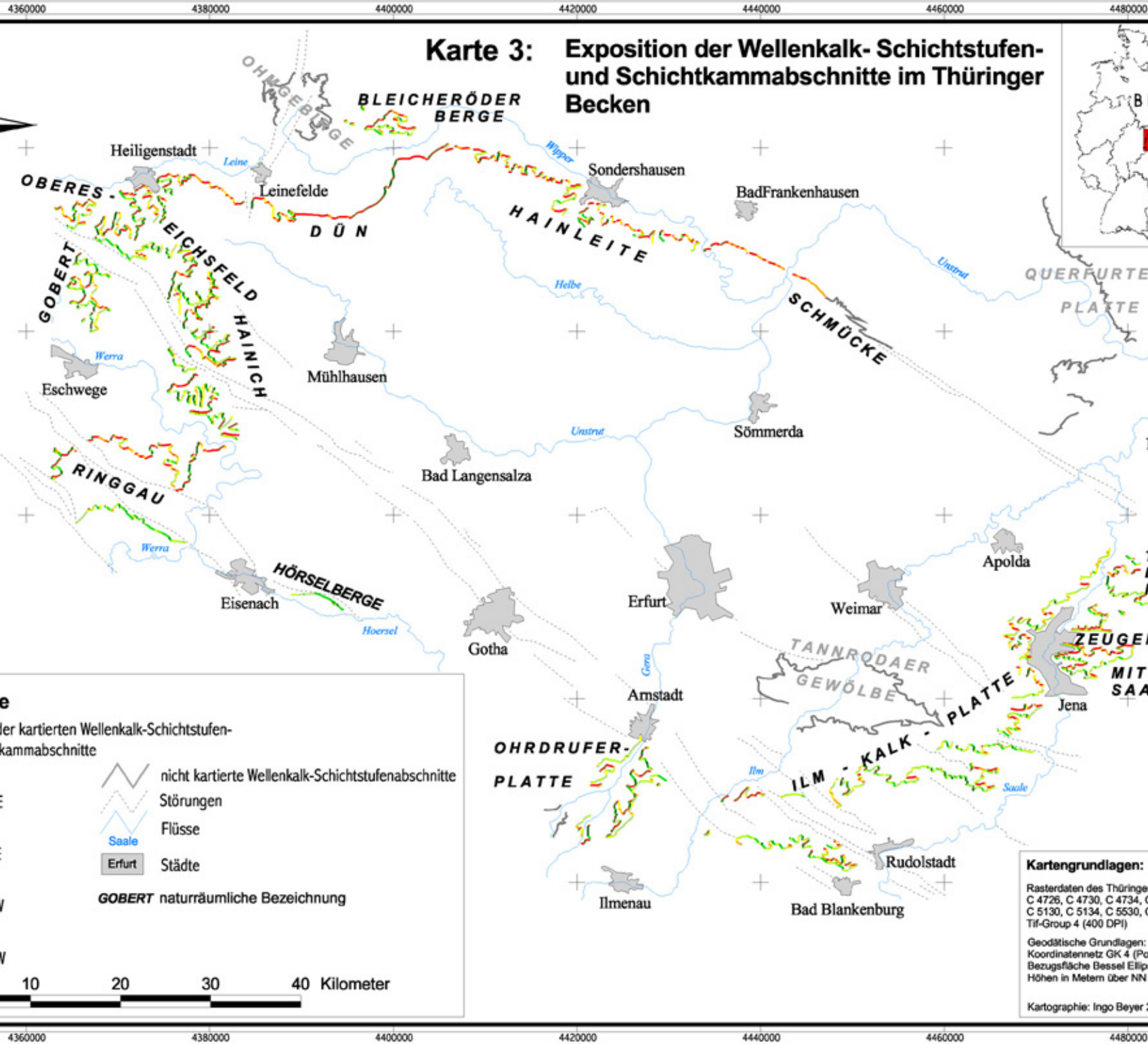
Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100  
 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126,  
 C 5130, C 5134, C 5530, C 5534  
 TIF-Group 4 (400 DPI)

Geodätische Grundlagen:  
 Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
 Bezugsfläche Bessel Ellipsoid,  
 Höhen in Metern über NN

Kartographie: Ingo Beyer 2001

4360000 4380000 4400000 4420000 4440000 4460000 4480000

# Karte 3: Exposition der Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte im Thüringer Becken



## Legende

Exposition der kartierten Wellenkalk-Schichtstufen- und Schichtkammabschnitte

- N
- NE
- E
- SE
- S
- SW
- W
- NW

- nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- Störungen
- Flüsse
- Städte

**GOBERT** naturräumliche Bezeichnung

0 10 20 30 40 Kilometer

## Kartengrundlagen:

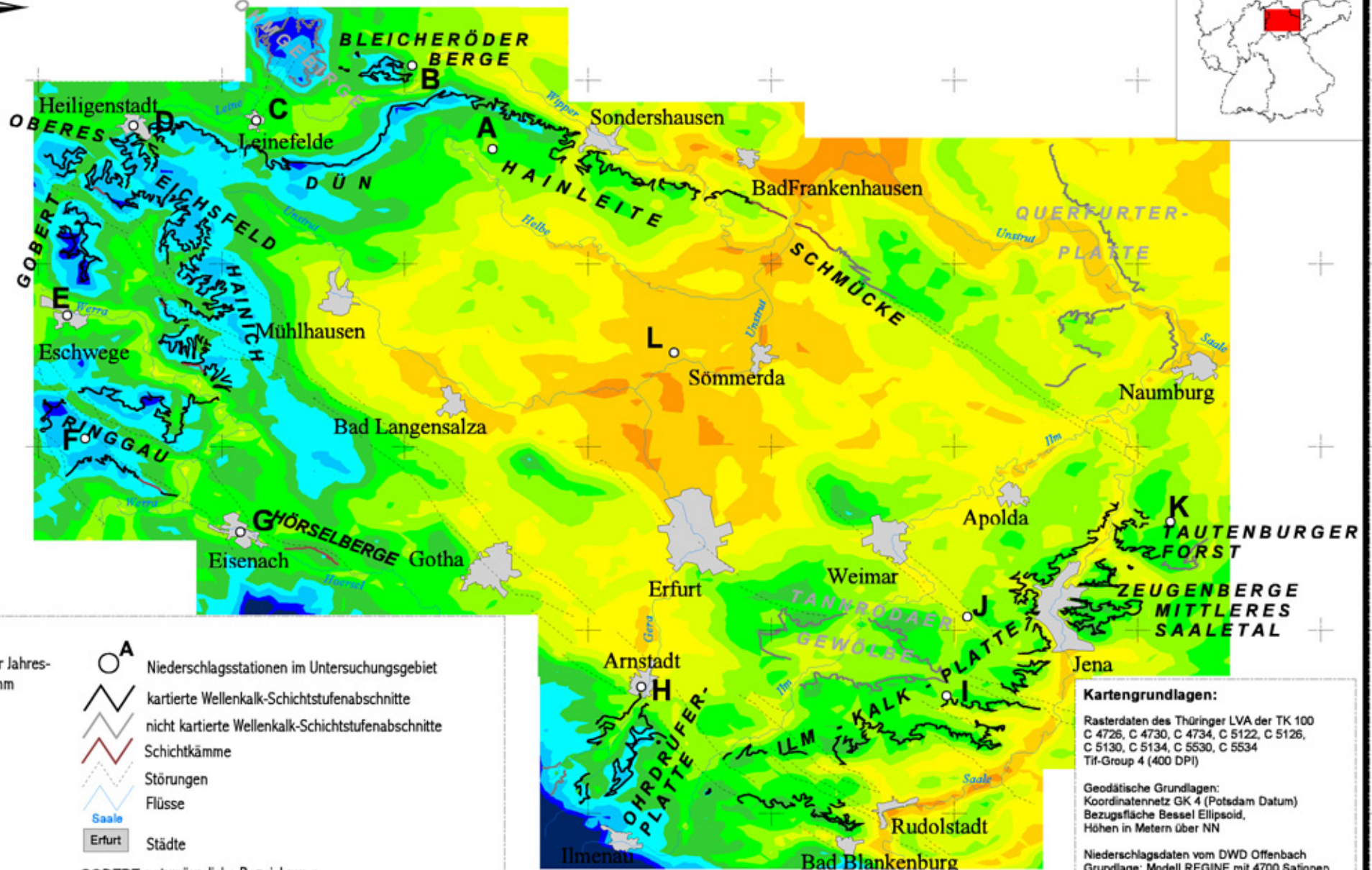
Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126, C 5130, C 5134, C 5530, C 5534 Tif-Group 4 (400 DPI)

Geodätische Grundlagen: Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum) Bezugsfläche Bessel Ellipsoid, Höhen in Metern über NN

Kartographie: Ingo Beyer 2001

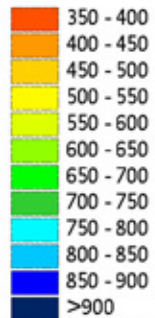
4360000 4380000 4400000 4420000 4440000 4460000 4480000

**Karte 4: Karte der mittleren jährlichen Niederschlags-  
höhen im Thüringer Becken**



**Legende**

durchschnittlicher Jahres-  
niederschlag in mm



- Niederschlagsstationen im Untersuchungsgebiet
- kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- Schichtkämme
- Störungen
- Flüsse
- Saale
- Städte

**GOBERT** naturräumliche Bezeichnung



**Kartengrundlagen:**

Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100  
C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126,  
C 5130, C 5134, C 5530, C 5534  
Tif-Group 4 (400 DPI)

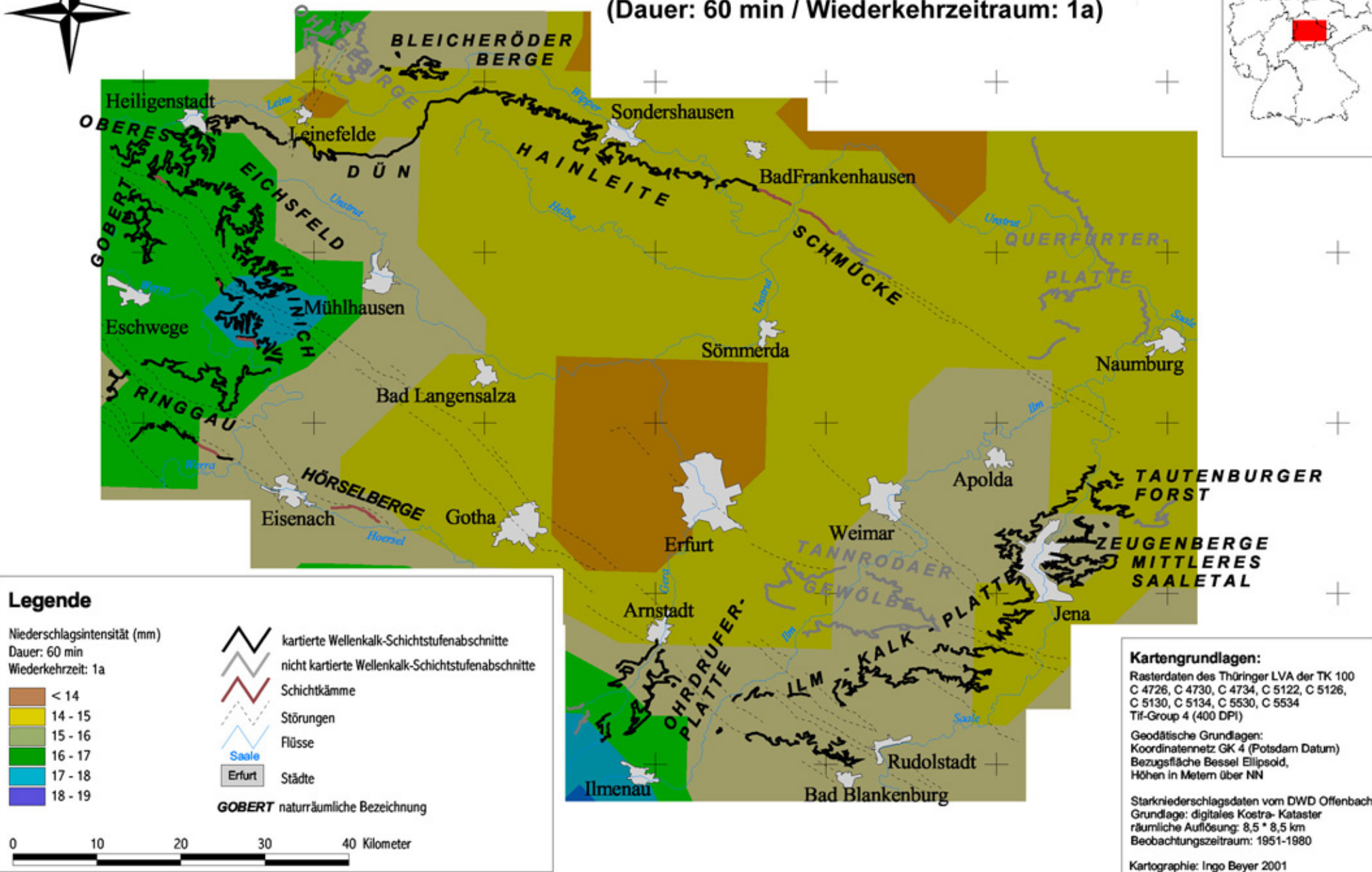
Geodätische Grundlagen:  
Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
Bezugsfläche Bessel Ellipsoid,  
Höhen in Metern über NN

Niederschlagsdaten vom DWD Offenbach  
Grundlage: Modell REGINE mit 4700 Stationen  
Beobachtungszeitraum: 1961-1990

Kartographie: Ingo Beyer 2001



**Karte 5: Die Verteilung von Starkniederschlägen im Thüringer Becken**  
(Dauer: 60 min / Wiederkehrzeitraum: 1a)



**Legende**

Niederschlagsintensität (mm)  
Dauer: 60 min  
Wiederkehrzeit: 1a

	< 14
	14 - 15
	15 - 16
	16 - 17
	17 - 18
	18 - 19

	kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
	nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
	Schichtkämme
	Störungen
	Flüsse
	Saale
	Städte

**GOBERT** naturräumliche Bezeichnung

0 10 20 30 40 Kilometer

**Kartengrundlagen:**

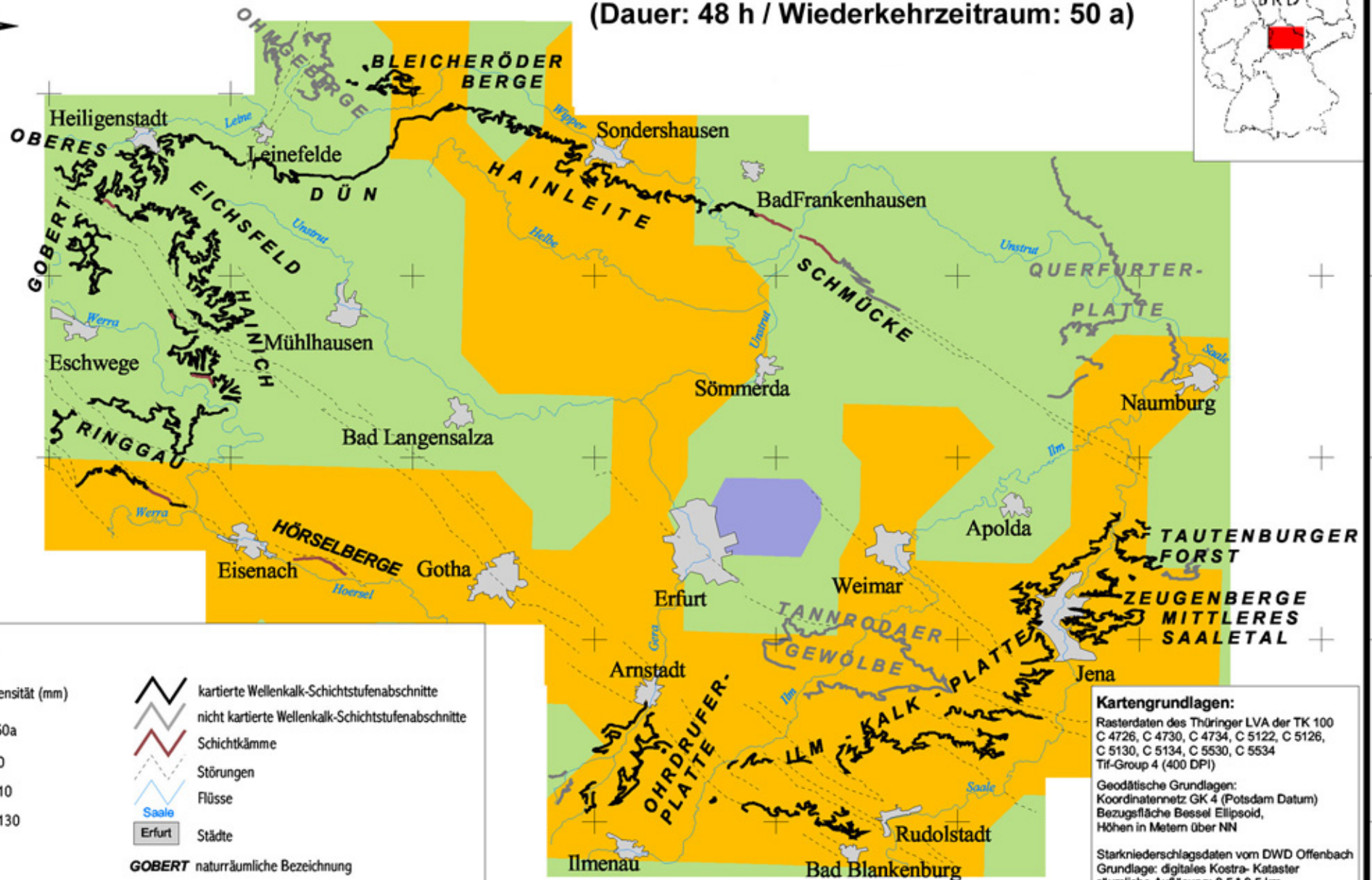
Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100  
C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126,  
C 5130, C 5134, C 5530, C 5534  
Tif-Group 4 (400 DPI)

Geodätische Grundlagen:  
Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
Bezugsfäche Bessel Ellipsoid,  
Höhen in Metern über NN

Starkniederschlagsdaten vom DWD Offenbach  
Grundlage: digitales Kostra- Kataster  
räumliche Auflösung: 8,5 \* 8,5 km  
Beobachtungszeitraum: 1951-1980

Kartographie: Ingo Beyer 2001

**Karte 6: Die Verteilung von Starkniederschlägen  
im Thüringer Becken  
(Dauer: 48 h / Wiederkehrzeitraum: 50 a)**



**Legende**

Niederschlagsintensität (mm)  
Dauer: 48 h  
Wiederkehrzeit: 50a

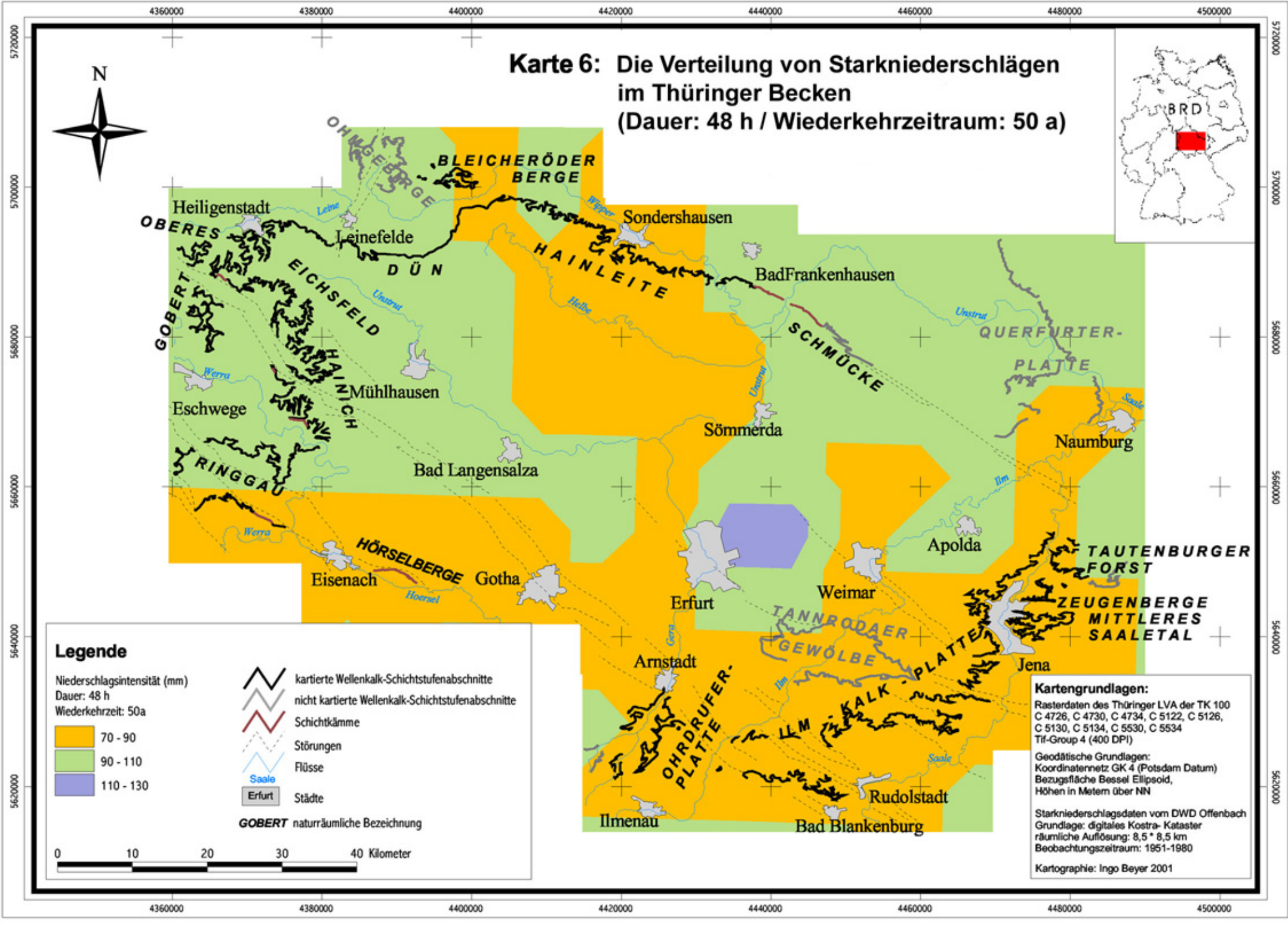
- 70 - 90
- 90 - 110
- 110 - 130

- kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- Schichtkämme
- Störungen
- Flüsse
- Städte

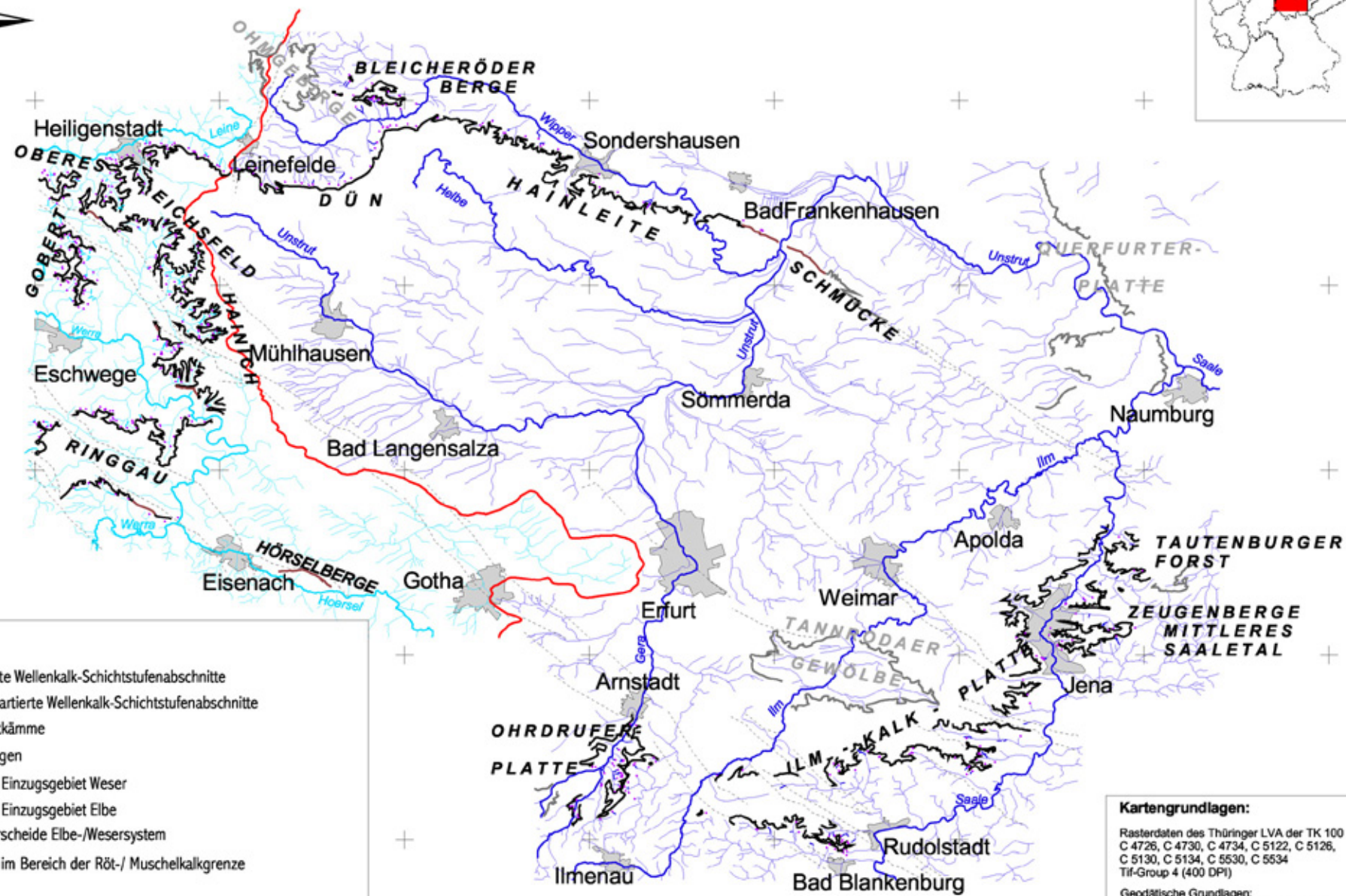
**GOBERT** naturräumliche Bezeichnung

0 10 20 30 40 Kilometer

**Kartengrundlagen:**  
 Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100  
 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126,  
 C 5130, C 5134, C 5530, C 5534  
 Tif-Group 4 (400 DPI)  
 Geodätische Grundlagen:  
 Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
 Bezugsfläche Bessel Ellipsoid,  
 Höhen in Metern über NN  
 Starkniederschlagsdaten vom DWD Offenbach  
 Grundlage: digitales Kostra- Kataster  
 räumliche Auflösung: 8,5 \* 8,5 km  
 Beobachtungszeitraum: 1951-1980  
 Kartographie: Ingo Beyer 2001



# Karte 7: Das Flussnetz im Thüringer Becken



**Legende**

- kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- Schichtkämme
- Störungen
- Flüsse Einzugsgebiet Weser
- Flüsse Einzugsgebiet Elbe
- Wasserscheide Elbe-/Wesersystem
- Quelle im Bereich der Röt-/ Muschelkalkgrenze
- Erfurt Städte

**GOBERT** naturräumliche Bezeichnung

0 10 20 30 40 Kilometer

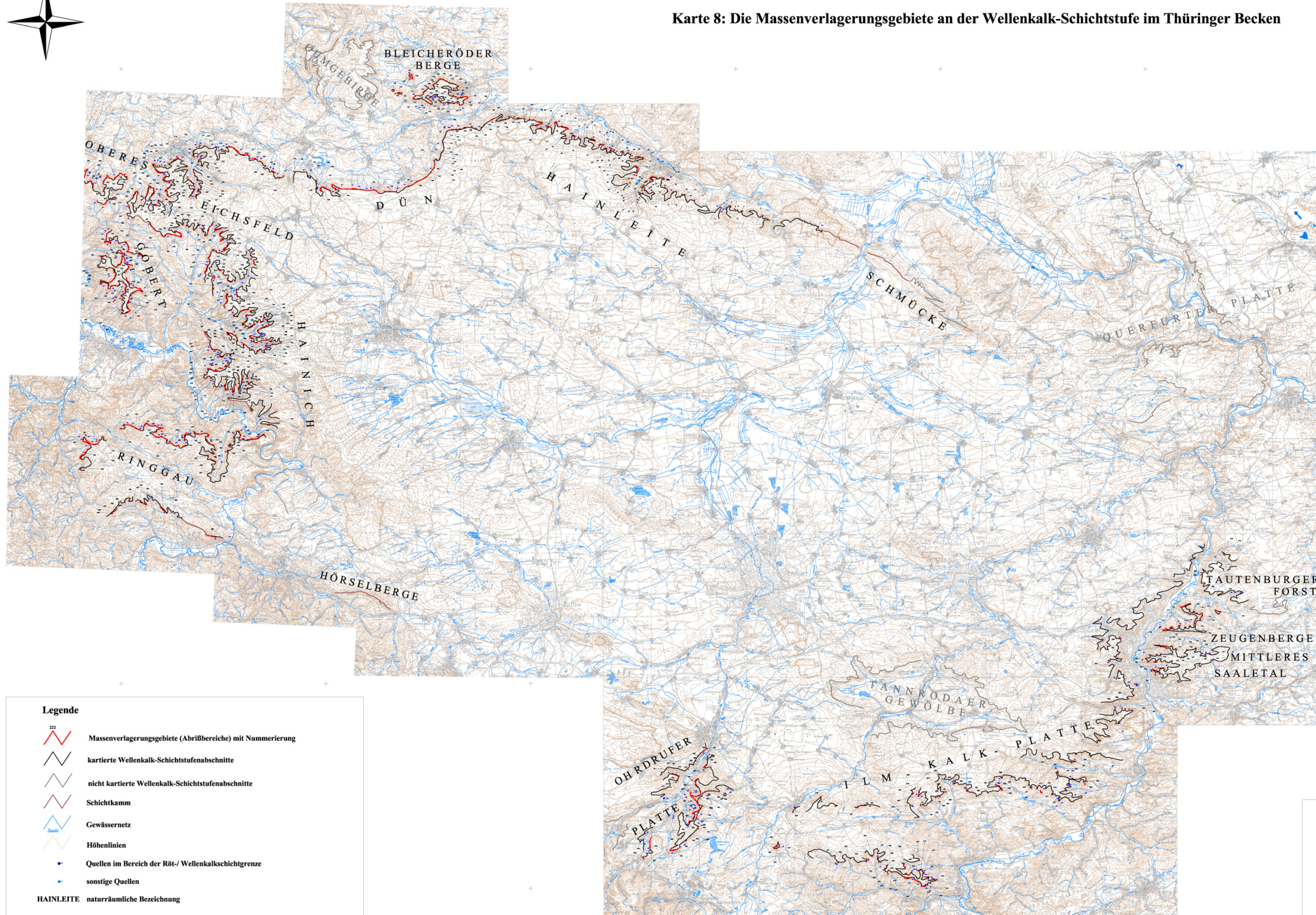
**Kartengrundlagen:**

Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100  
 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126,  
 C 5130, C 5134, C 5530, C 5534  
 Tif-Group 4 (400 DPI)









Geodätische Grundlagen:  
 Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
 Bezugsfläche Bessel Ellipsoid,  
 Höhen in Metern über NN

Kartographie: Ingo Beyer 2001

Karte 8: Die Massenverlagerungsgebiete an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken



**Legende**

-  Massenverlagerungsgebiete (Abrißbereiche) mit Nummerierung
-  kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
-  nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
-  Schichtkamm
-  Gewässernetz
-  Höhenlinien
-  Quellen im Bereich der Röt-/Wellenkalkschichtgrenze
-  sonstige Quellen

HAINLEITE naturräumliche Bezeichnung

0 4 8 12 16 20 24 28 Kilometer

**Kartengrundlage**

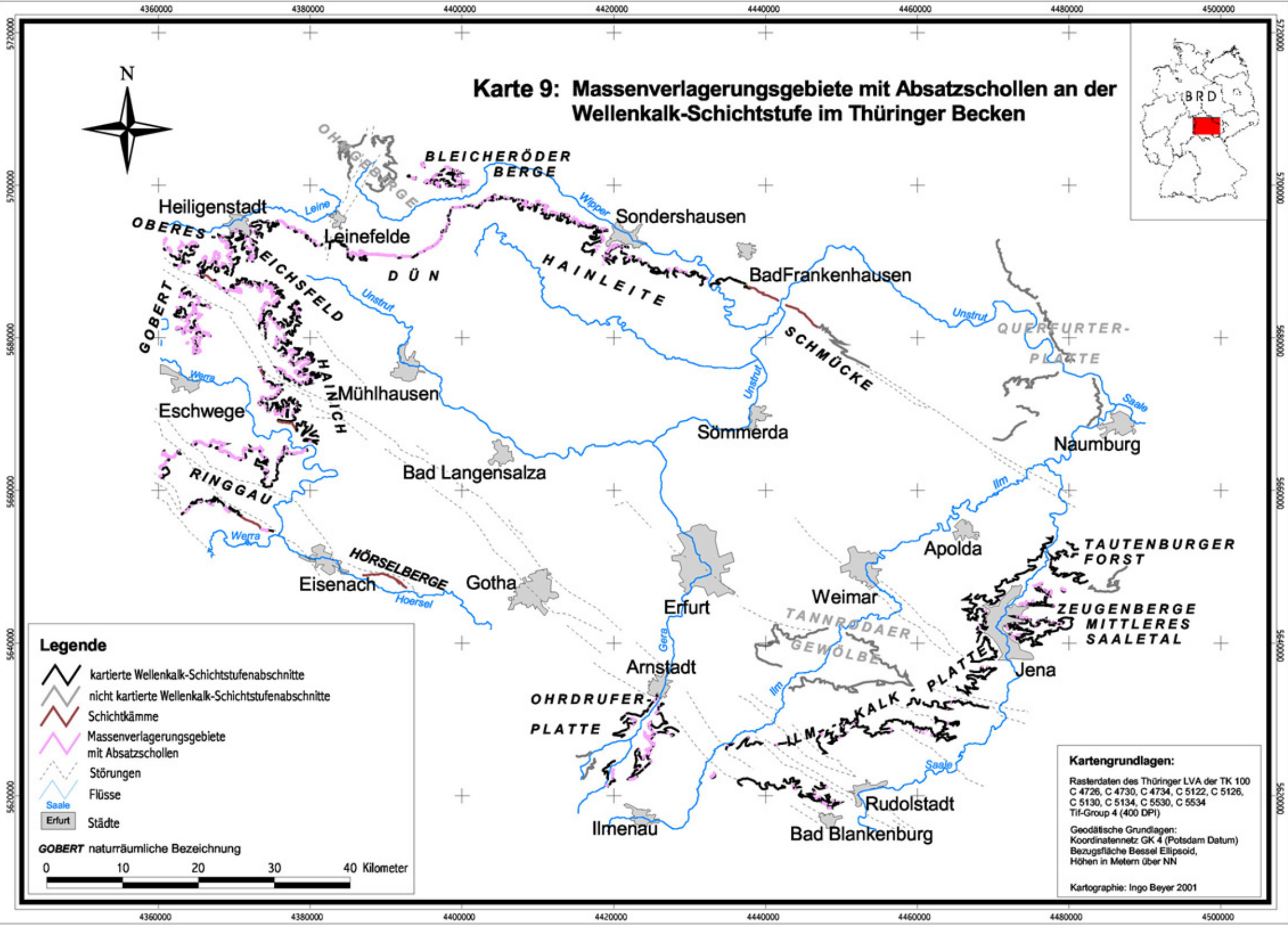
Reiterdaten des Thüringer Landesvermessungsamtes  
TK 100: C 4736; C 4738; C 4734; C 5121; C 5126;  
C 5128; C 5134; C 5138; C 5134  
TIF Group 4 (400 197)  
Layer: Grundriss; Höhenlinien; Hydrographie; Straßen  
Stand: 1991

Geodätische Grundlage:  
Koordinatenreferenzsystem (CRS-4) Potsdam Datum  
3425 Rechtswert (dm)  
5628 Höhenwert (dm)  
Bezugshöhe: Bonn-Friedrichshagen  
Höhe in Metern über NN

**Kartographie**

I. Beyer, M. Eichhorn, C. Ziemer  
Redaktionsjahr: 2001

# Karte 9: Massenverlagerungsgebiete mit Absatzschollen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken



**Legende**

- kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- Schichtkämme
- Massenverlagerungsgebiete mit Absatzschollen
- Störungen
- Flüsse
- Saale
- Städte

**GOBERT** naturräumliche Bezeichnung

0 10 20 30 40 Kilometer

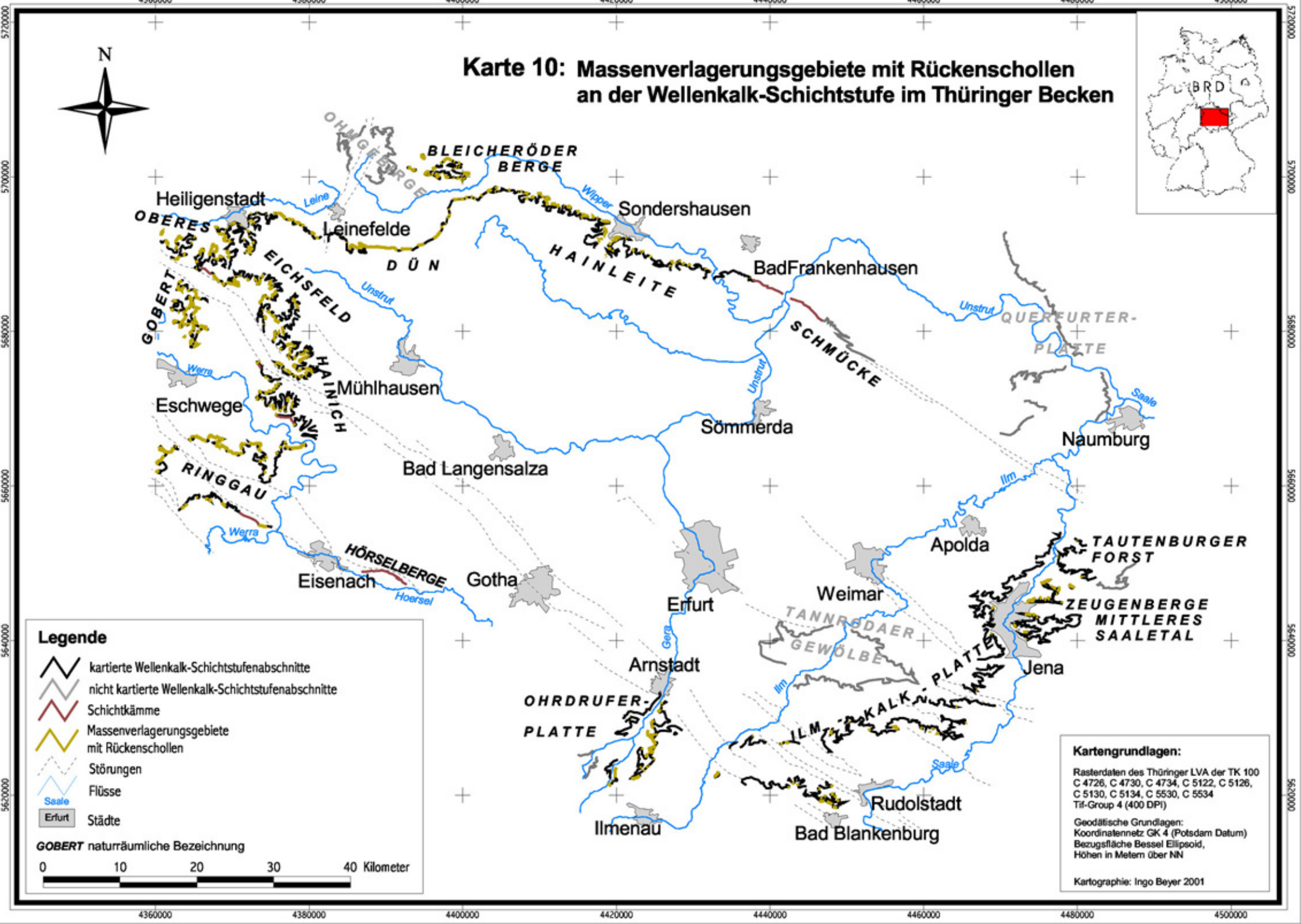
**Kartengrundlagen:**

Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100  
 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126,  
 C 5130, C 5134, C 5530, C 5534  
 Tif-Group 4 (400 DPI)

Geodätische Grundlagen:  
 Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
 Bezugsfläche Bessel Ellipsoid,  
 Höhen in Metern über NN

Kartographie: Ingo Beyer 2001

# Karte 10: Massenverlagerungsgebiete mit Rückenschollen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken



**Legende**

- kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- Schichtkämme
- Massenverlagerungsgebiete mit Rückenschollen
- Störungen
- Flüsse
- Städte

**GOBERT** naturräumliche Bezeichnung

0 10 20 30 40 Kilometer

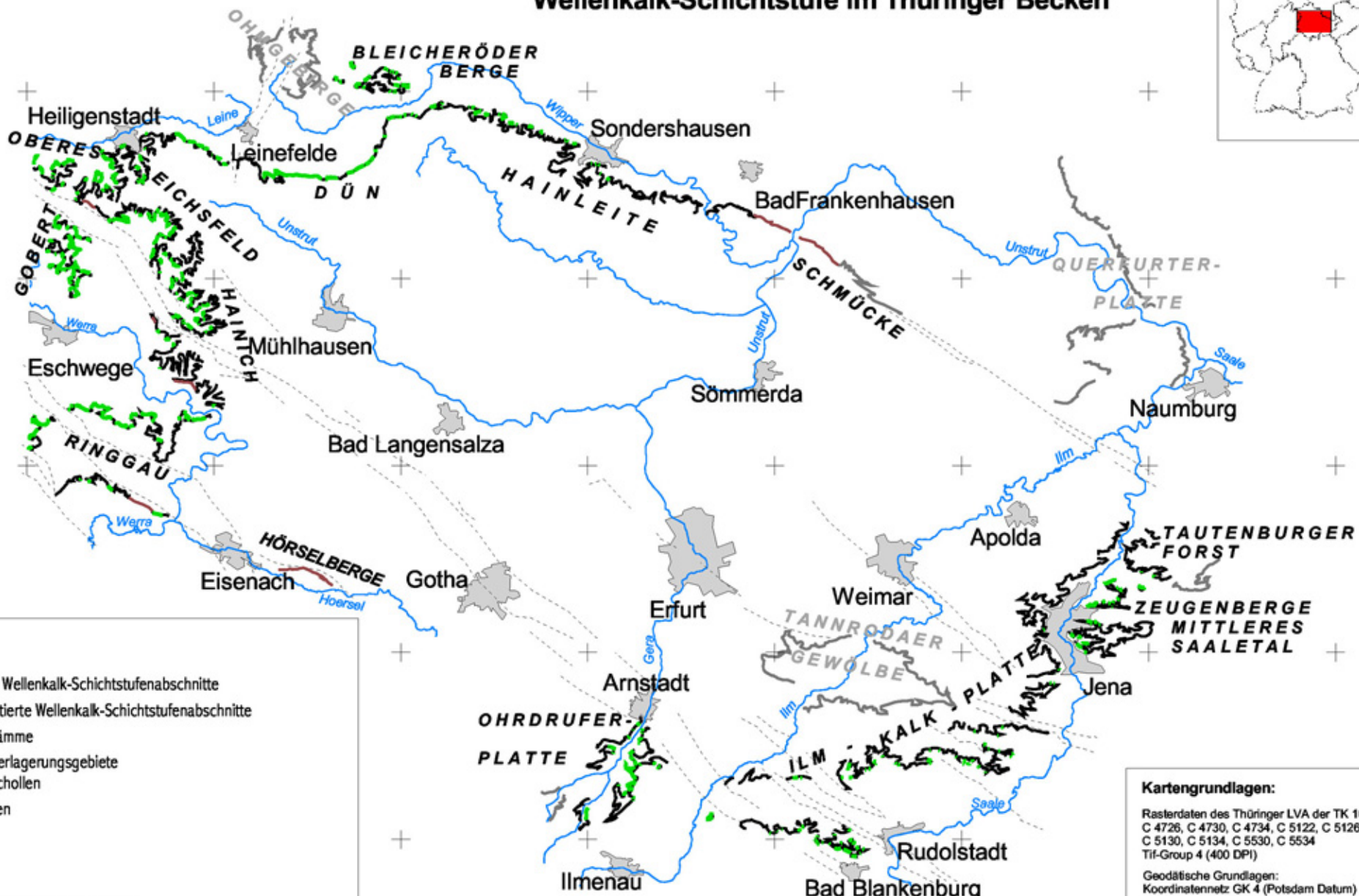
**Kartengrundlagen:**

Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100  
 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126,  
 C 5130, C 5134, C 5530, C 5534  
 Tif-Group 4 (400 DPI)

Geodätische Grundlagen:  
 Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
 Bezugsläche Bessel Ellipsoid,  
 Höhen in Metern über NN

Kartographie: Ingo Beyer 2001

# Karte 11: Massenverlagerungsgebiete mit Fußschollen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken



## Legende

- kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- Schichtkämme
- Massenverlagerungsgebiete mit Fußschollen
- Störungen
- Flüsse
- Städte

GOBERT naturräumliche Bezeichnung



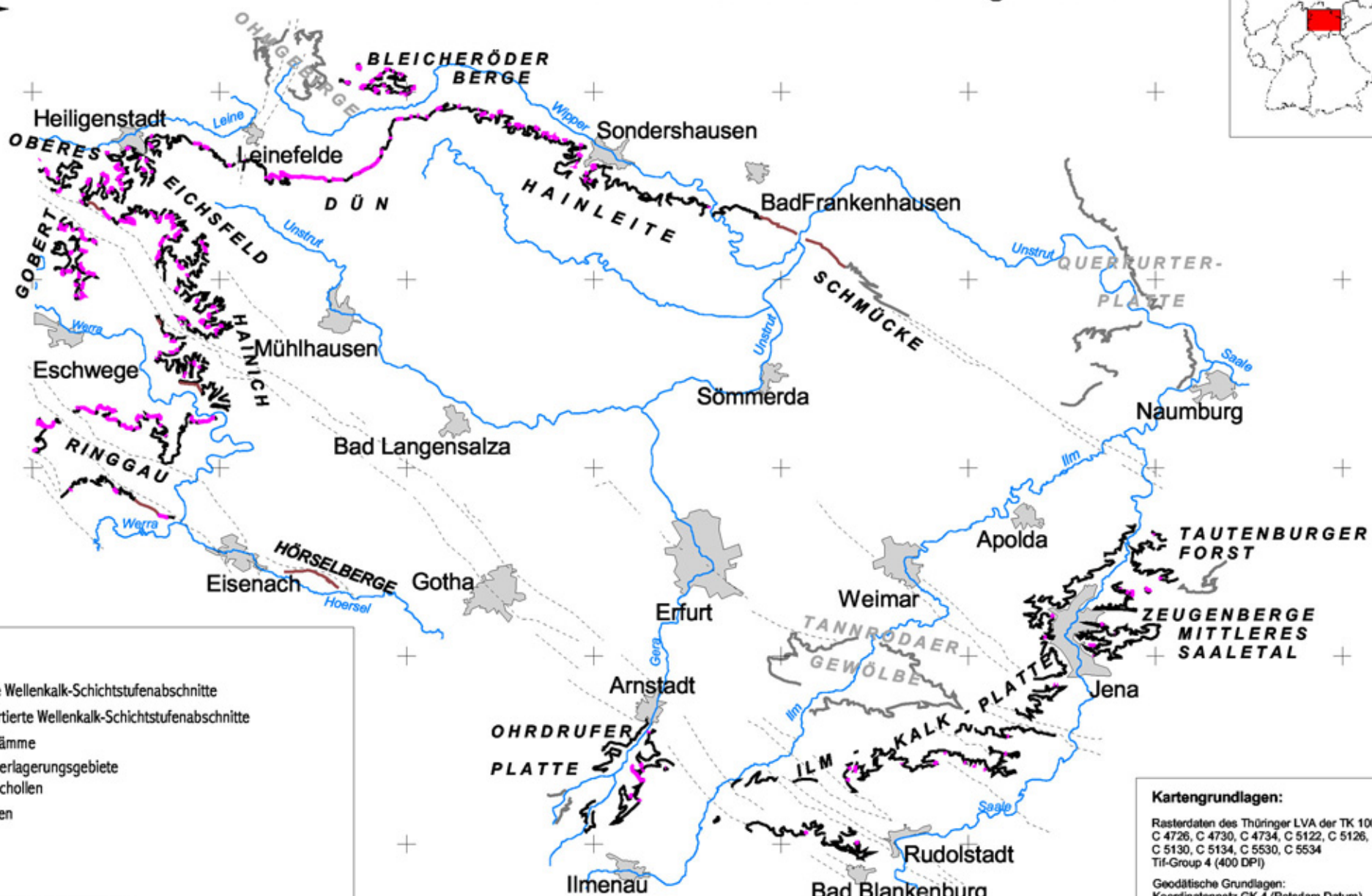
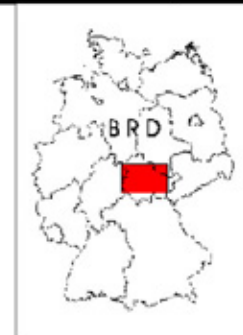
## Kartengrundlagen:

Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100  
 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126,  
 C 5130, C 5134, C 5530, C 5534  
 Tif-Group 4 (400 DPI)

Geodätische Grundlagen:  
 Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
 Bezugsfläche Bessel Ellipsoid,  
 Höhen in Metern über NN

Kartographie: Ingo Beyer 2001

# Karte 12: Massenverlagerungsgebiete mit Wallschollen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken



**Legende**

- kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- Schichtkämme
- Massenverlagerungsgebiete mit Wallschollen
- Störungen
- Flüsse
- Saale
- Städte

**GOBERT** naturräumliche Bezeichnung

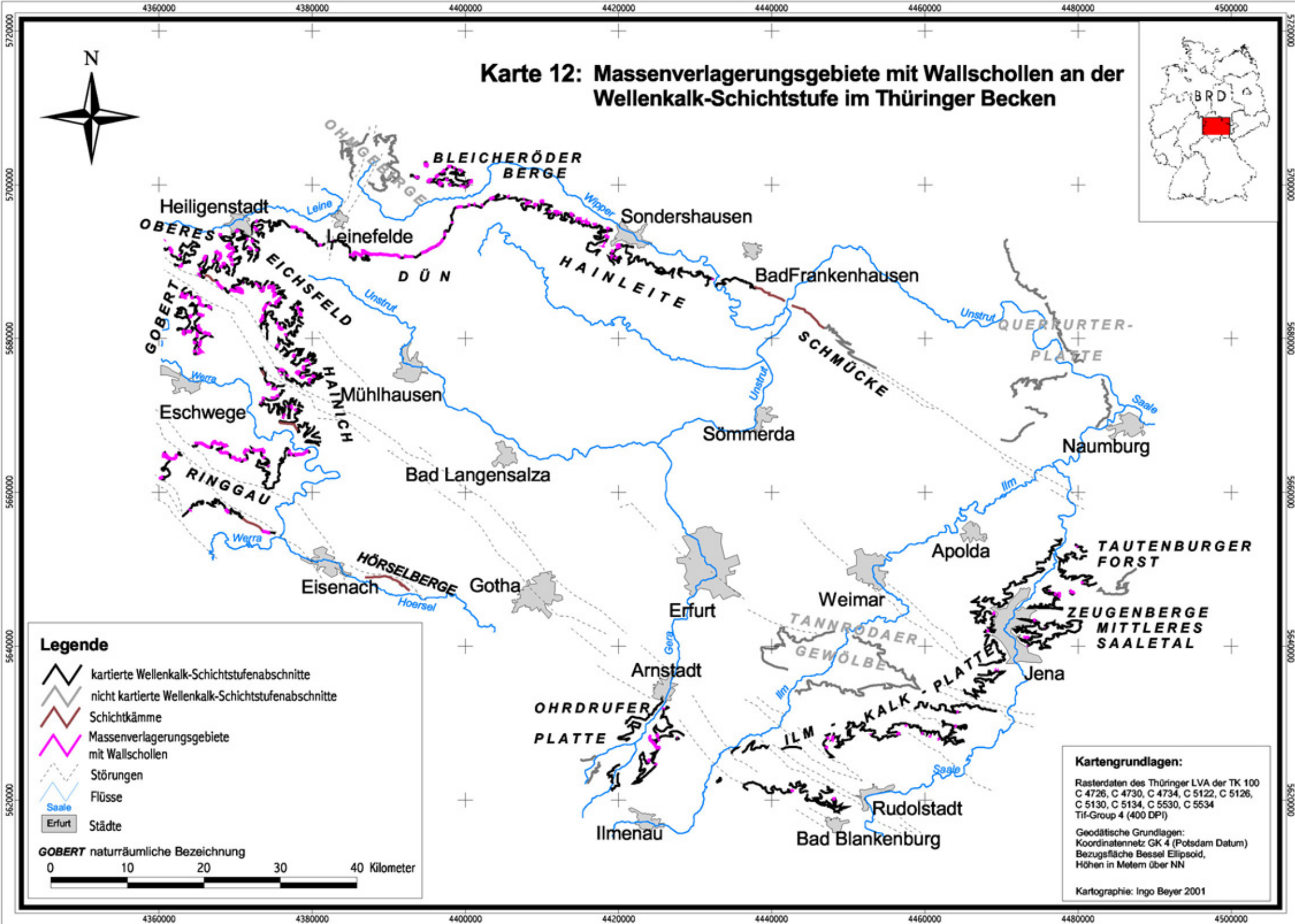
0 10 20 30 40 Kilometer

**Kartengrundlagen:**

Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100  
 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126,  
 C 5130, C 5134, C 5530, C 5534  
 Tif-Group 4 (400 DPI)

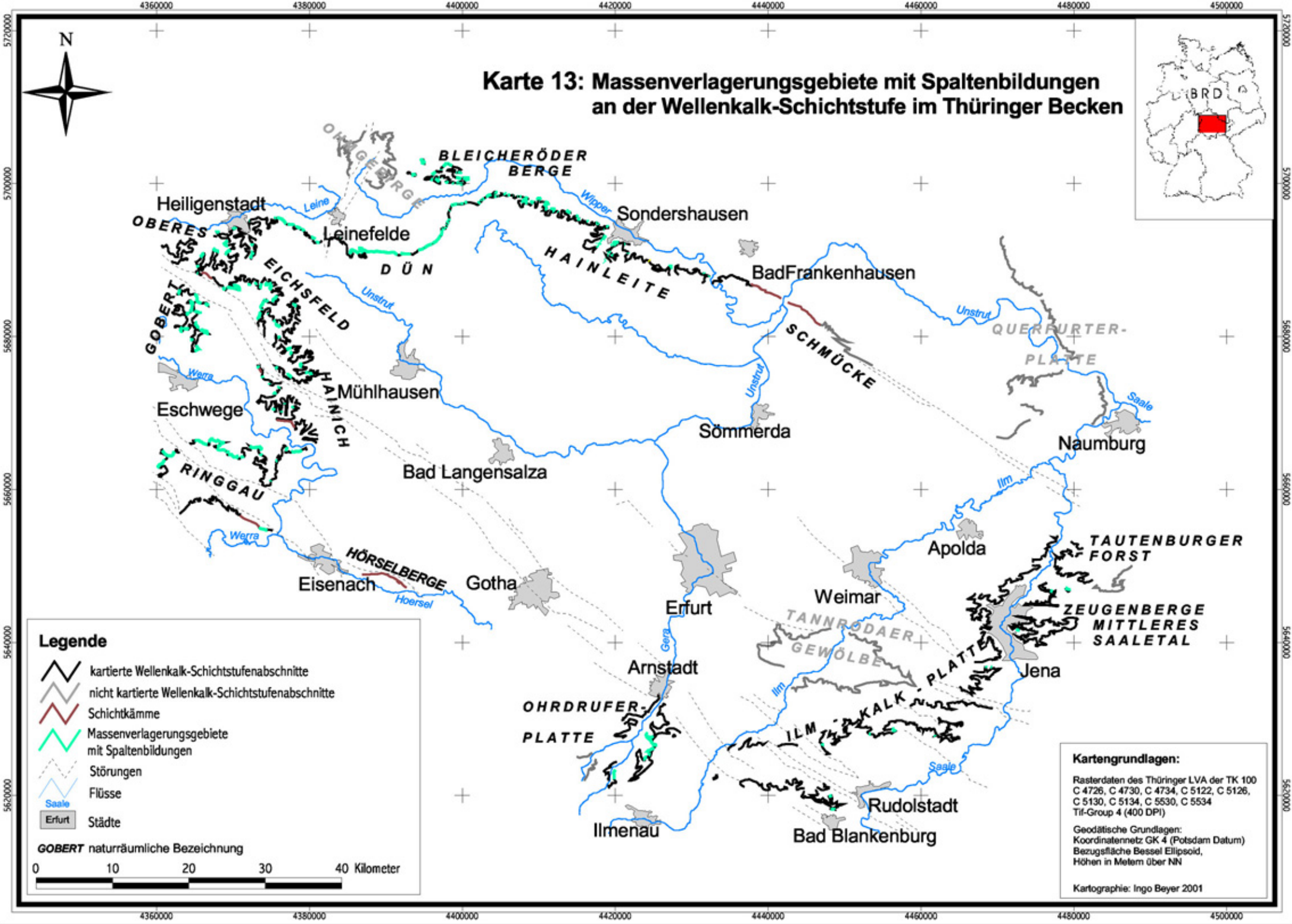
Geodätische Grundlagen:  
 Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
 Bezugsfläche Bessel Ellipsoid,  
 Höhen in Metern über NN

Kartographie: Ingo Beyer 2001





# Karte 13: Massenverlagerungsgebiete mit Spaltenbildungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken



**Legende**

- kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- Schichtkämme
- Massenverlagerungsgebiete mit Spaltenbildungen
- Störungen
- Flüsse
- Saale
- Städte

**GOBERT** naturräumliche Bezeichnung

0 10 20 30 40 Kilometer

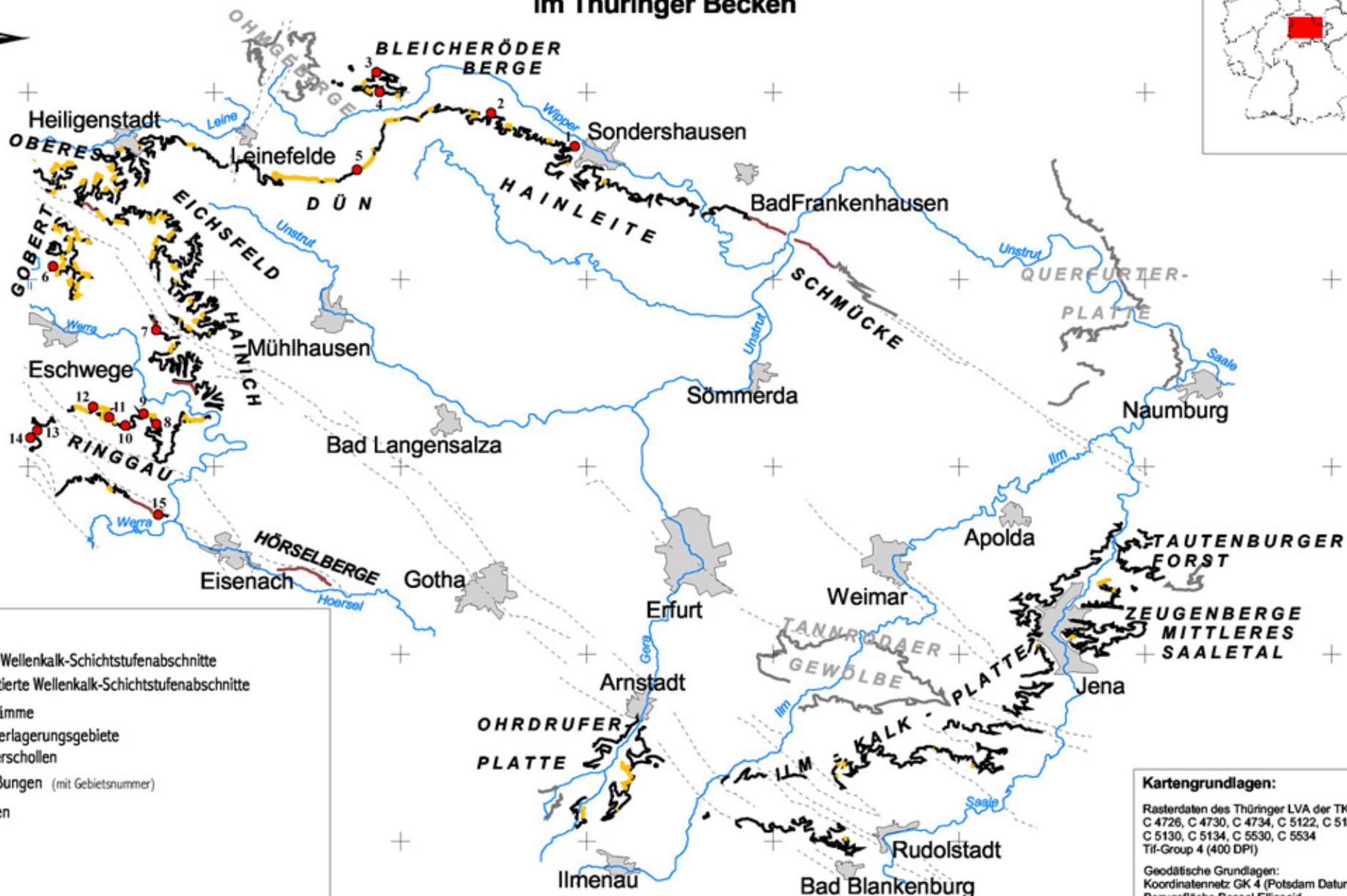
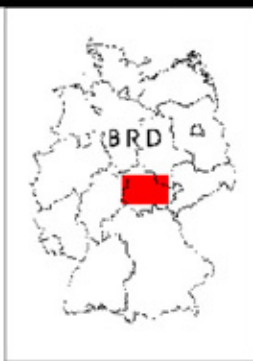
**Kartengrundlagen:**

Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100  
 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126,  
 C 5130, C 5134, C 5530, C 5534  
 Tif-Group 4 (400 DPI)

Geodätische Grundlagen:  
 Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
 Bezugsfläche Bessel Ellipsoid,  
 Höhen in Metern über NN

Kartographie: Ingo Beyer 2001

# Karte 14: Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen und Sturzfließungen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken



**Legende**

- kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- Schichtkämme
- Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen
- Sturzfließungen (mit Gebietsnummer)
- Störungen
- Flüsse
- Städte

**GOBERT naturräumliche Bezeichnung**

0 10 20 30 40 Kilometer

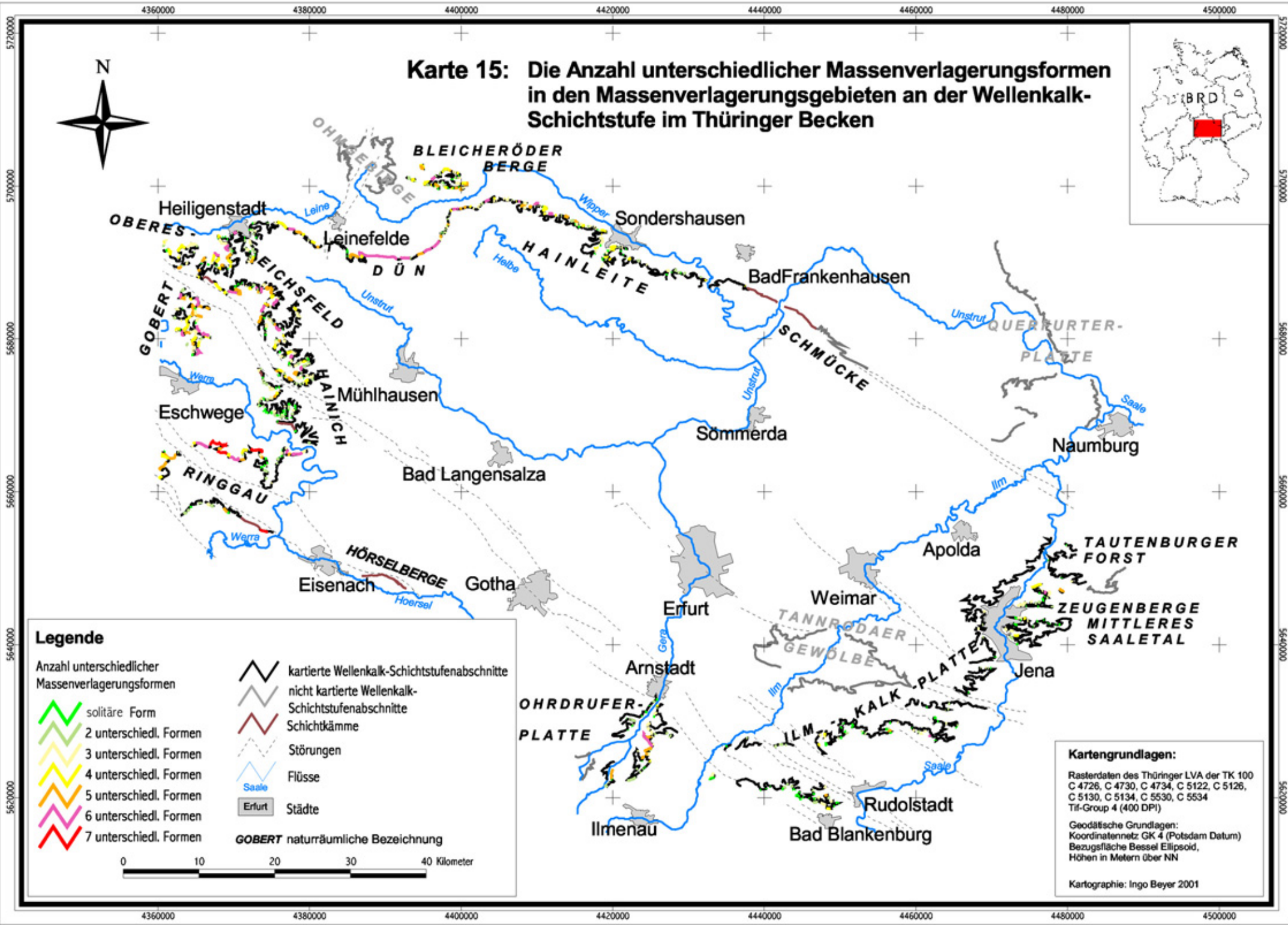
**Kartengrundlagen:**

Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100  
 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126,  
 C 5130, C 5134, C 5530, C 5534  
 Tif-Group 4 (400 DPI)

Geodätische Grundlagen:  
 Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
 Bezugsoberfläche Bessel Ellipsoid,  
 Höhen in Metern über NN

Kartographie: Ingo Beyer 2001

**Karte 15: Die Anzahl unterschiedlicher Massenverlagerungsformen in den Massenverlagerungsgebieten an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken**



**Legende**

Anzahl unterschiedlicher Massenverlagerungsformen

- solitäre Form
- 2 unterschiedl. Formen
- 3 unterschiedl. Formen
- 4 unterschiedl. Formen
- 5 unterschiedl. Formen
- 6 unterschiedl. Formen
- 7 unterschiedl. Formen

- kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- Schichtkämme
- Störungen
- Flüsse
- Städte

**GOBERT** naturräumliche Bezeichnung



**Kartengrundlagen:**

Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126, C 5130, C 5134, C 5530, C 5534 Tif-Group 4 (400 DPI)

Geodätische Grundlagen:  
Koordinatennetz: GK 4 (Potsdam Datum)  
Bezugsfläche: Bessel Ellipsoid,  
Höhen in Metern über NN

Kartographie: Ingo Beyer 2001

**Karte 16: Die Staffelanahl von Massenverlagerungskörpern innerhalb der Massenverlagerungsgebiete an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken**



**Legende**

Staffelanahl von Massenverlagerungskörpern innerhalb der Massenverlagerungsgebiete

- 1 Staffeln
- 2 Staffeln
- 3 Staffeln
- 4 Staffeln
- 5 Staffeln
- 6 Staffeln
- 7 Staffeln

- kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
- Schichtkämme
- Störungen
- Flüsse
- Städte

GOBERT naturräumliche Bezeichnung

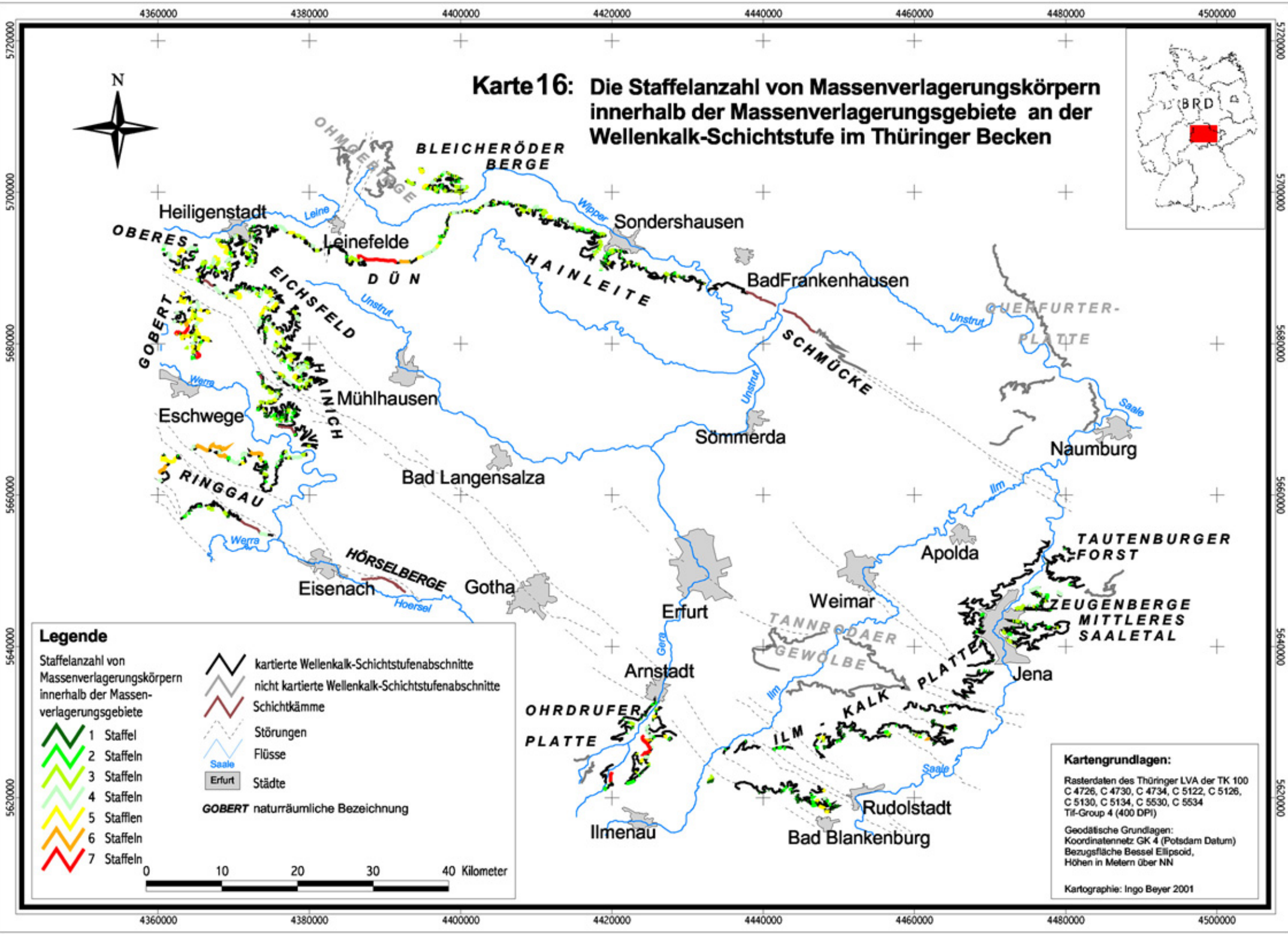


**Kartengrundlagen:**

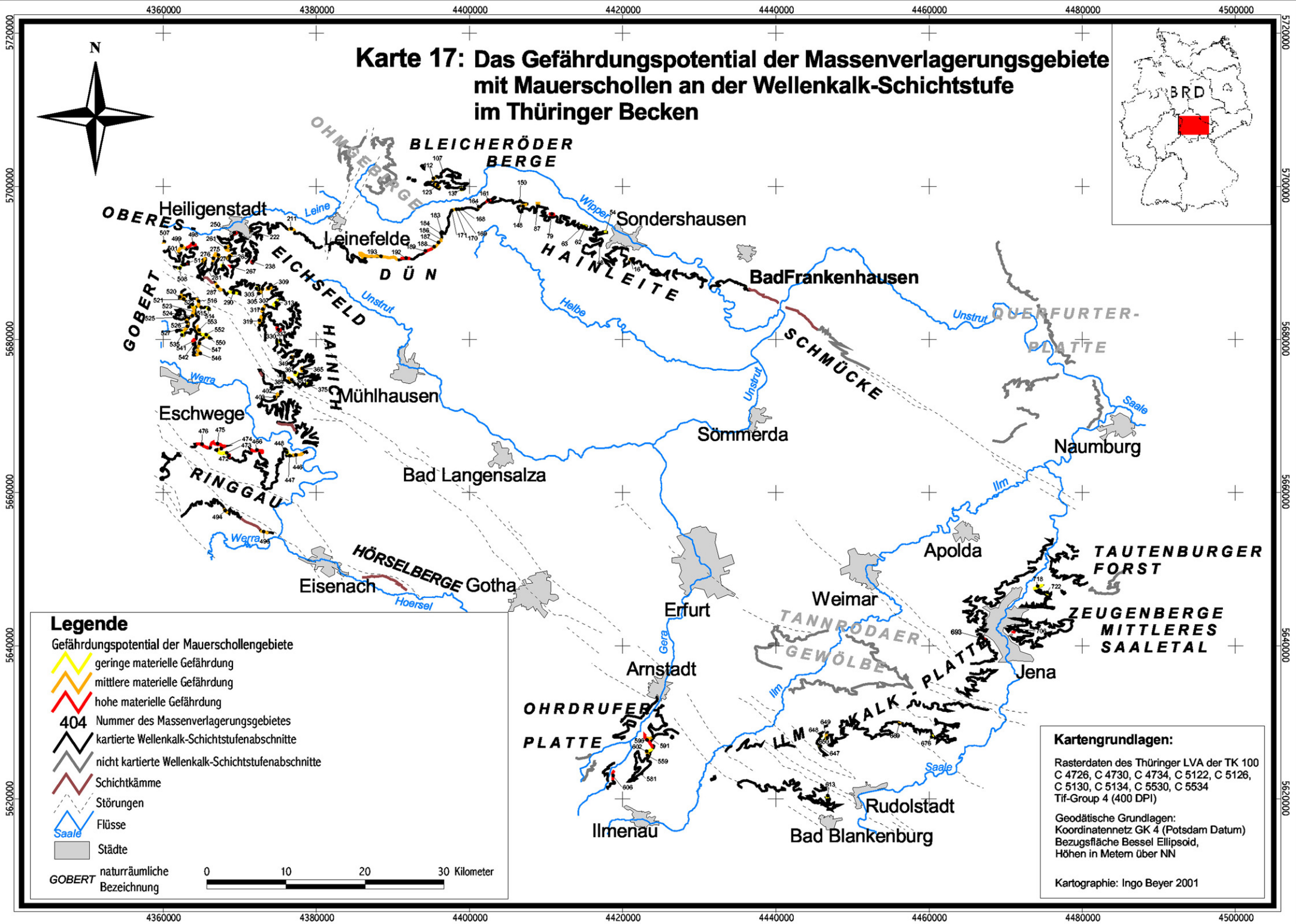
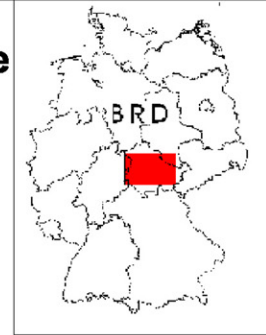
Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126, C 5130, C 5134, C 5530, C 5534 Tif-Group 4 (400 DPI)

Geodätische Grundlagen:  
Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
Bezugsfläche Bessel Ellipsoid,  
Höhen in Metern über NN

Kartographie: Ingo Beyer 2001

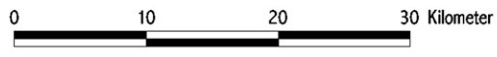


# Karte 17: Das Gefährdungspotential der Massenverlagerungsgebiete mit Mauerschollen an der Wellenkalk-Schichtstufe im Thüringer Becken



## Legende

- Gefährdungspotential der Mauerschollengebiete
- geringe materielle Gefährdung
  - mittlere materielle Gefährdung
  - hohe materielle Gefährdung
  - 404** Nummer des Massenverlagerungsgebietes
  - kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
  - nicht kartierte Wellenkalk-Schichtstufenabschnitte
  - Schichtkämme
  - Störungen
  - Flüsse
  - Städte
- GOBERT naturräumliche Bezeichnung



## Kartengrundlagen:

Rasterdaten des Thüringer LVA der TK 100  
 C 4726, C 4730, C 4734, C 5122, C 5126,  
 C 5130, C 5134, C 5530, C 5534  
 Tif-Group 4 (400 DPI)

Geodätische Grundlagen:  
 Koordinatennetz GK 4 (Potsdam Datum)  
 Bezugsfläche Bessel Ellipsoid,  
 Höhen in Metern über NN

Kartographie: Ingo Beyer 2001

## Spaltenbildungen



Gebiet 514



Gebiet 496



Gebiet 313



Gebiet 319



Gebiet 722



Gebiet 268



Gebiet 606



Gebiet 189



Gebiet 471



Gebiet 649



Gebiet 590



Gebiet 475

## Absatzschollen



Gebiet 308



Gebiet 74



Gebiet 683

## Mauerschollen



Gebiet 107



Gebiet 706



Gebiet 448



Gebiet 590



Gebiet 649



Gebiet 193



Gebiet 552



Gebiet 676



Gebiet 104



Gebiet 541



Gebiet 261



Gebiet 476



Gebiet 466

## Wallschollen



Gebiet 184



Gebiet 553



Gebiet 546



Gebiet 234



Gebiet 265



Gebiet 275



Gebiet 277



Gebiet 281



Gebiet 694



Gebiet 563



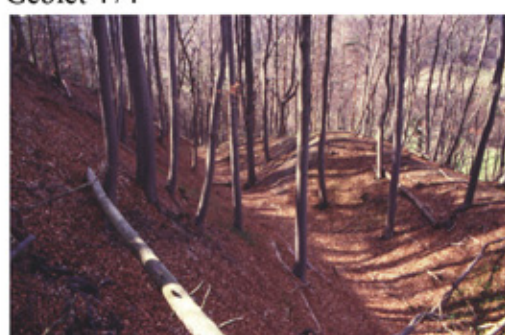
Gebiet 474



Gebiet 367



Gebiet 445



Gebiet 690



Gebiet 16



Gebiet 337



Gebiet 467



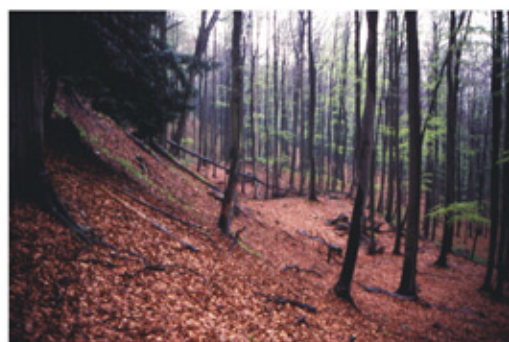
Gebiet 667



## Rückenschollen



Gebiet 104



Gebiet 261



Gebiet 428



Gebiet 148



Gebiet 701



Gebiet 434



Gebiet 490



Gebiet 291



Gebiet 310



Gebiet 328



Gebiet 88



Gebiet 358



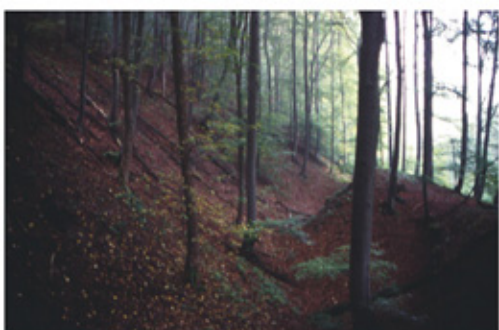
Gebiet 462



Gebiet 464



Gebiet 423



Gebiet 425

**Sturzfließungen**



Gebiet 189



Gebiet 107



Gebiet 54



Gebiet 528



Gebiet 483



Gebiet 496



Gebiet 394



Gebiet 473

**Fußschollen**



Gebiet 642



Gebiet 653



Gebiet 318



Gebiet 690



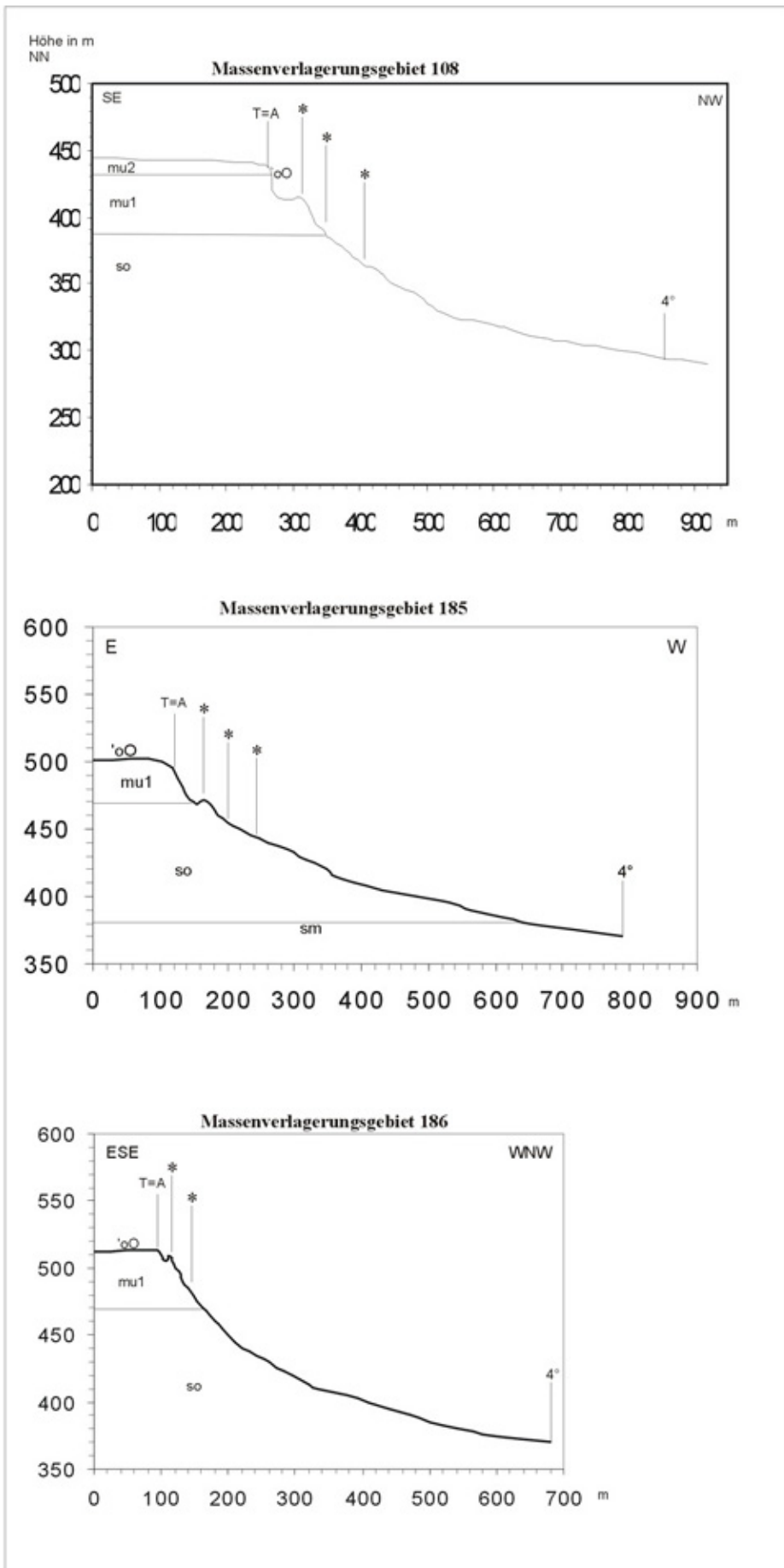
Gebiet 681



Gebiet 672

## Profile von Massenverlagerungshängen des Untersuchungsgebietes

(Horizontalmaßstab 1: 10.000/ Vertikalmaßstab 1: 5.000)

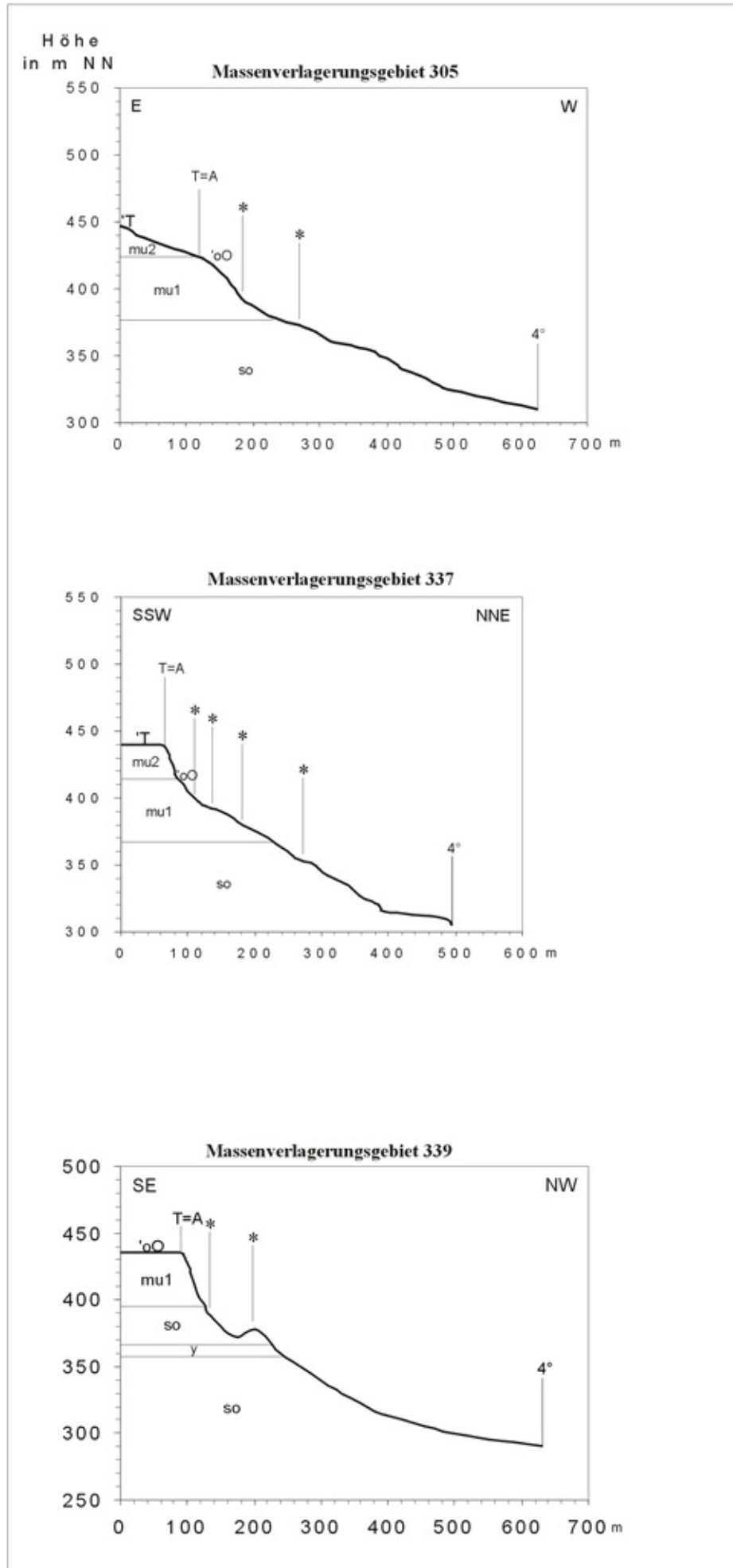


### Legende:

- mu3 Oberer Wellenkalk
- 'T Terebratelzone
- mu2 Mittlerer Wellenkalk
- 'oO Oolithzone
- mu1 Unterer Wellenkalk
- so Röt (Oberer Buntsandstein)
- Y Gipse im Röt
- sm Mittlerer Buntsandstein
  
- T Steilabfall der Trauf
- A Top der Abrißwand
- T=A Steilabfall der Trauf = Top der Abrißwand
- \* Lage von Massenverlagerungskörpern
- 4° 4° Fußpunkt bzw. 4° Böschungslinie

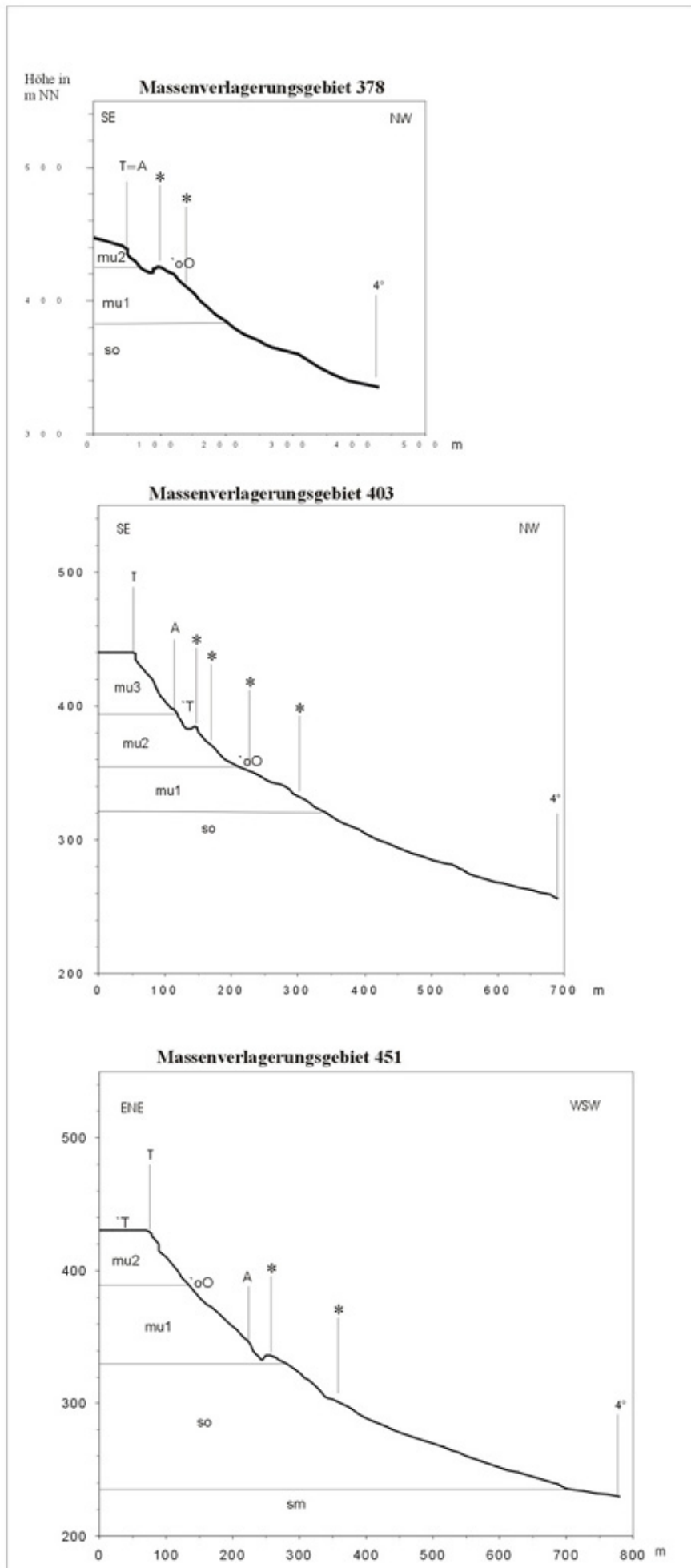
## Profile von Massenverlagerungshängen des Untersuchungsgebietes

(Horizontalmaßstab 1: 10.000/ Vertikalmaßstab 1: 5.000)



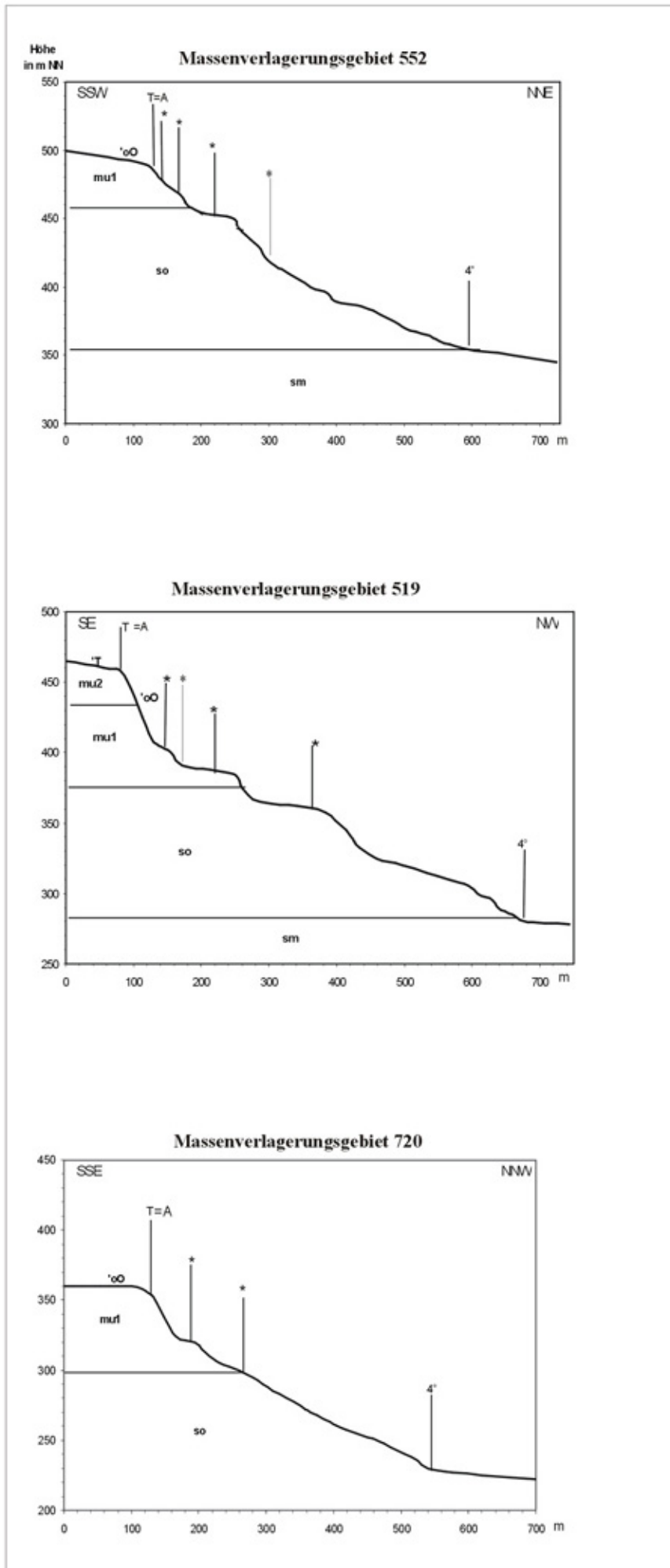
# Profile von Massenverlagerungshängen des Untersuchungsgebietes

(Horizontalmaßstab 1: 10.000/ Vertikalmaßstab 1: 5.000)



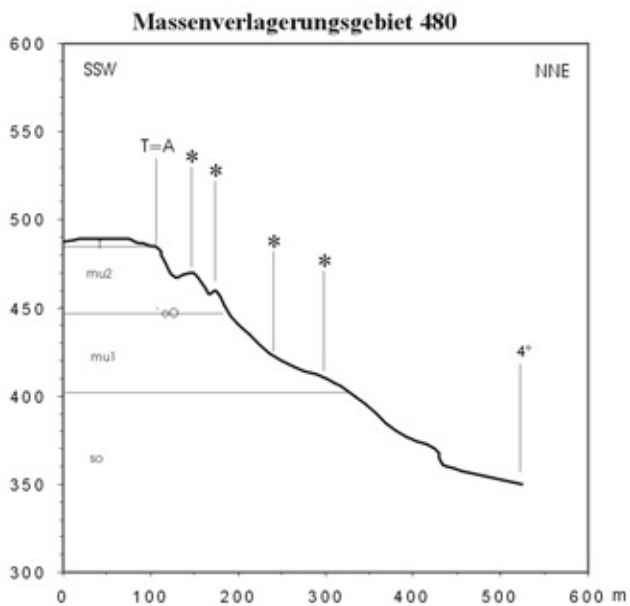
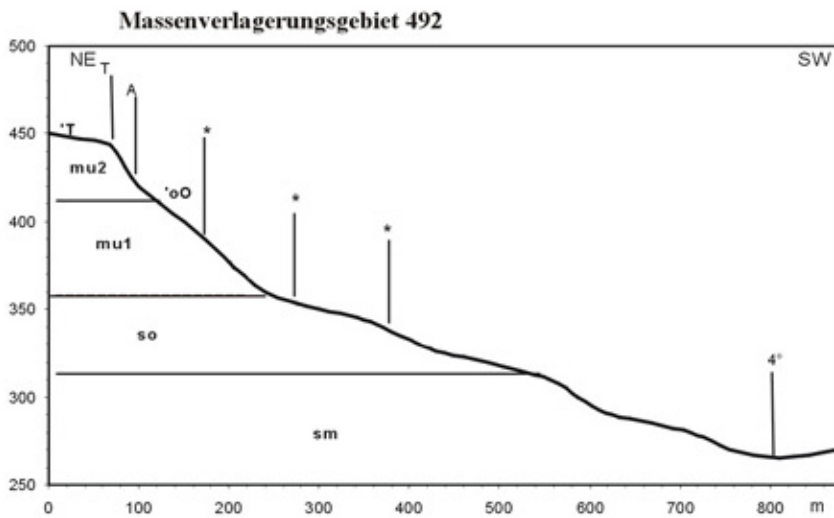
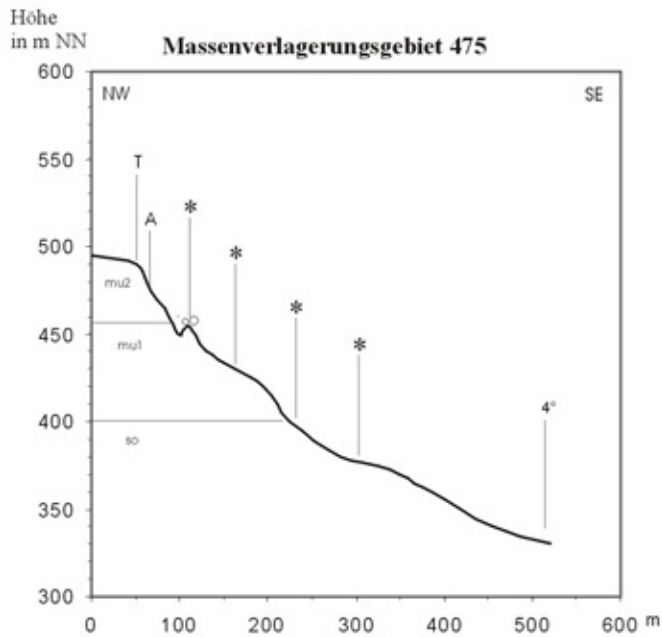
# Profile von Massenverlagerungshängen des Untersuchungsgebietes

(Horizontalmaßstab 1: 10.000/ Vertikalmaßstab 1: 5.000)



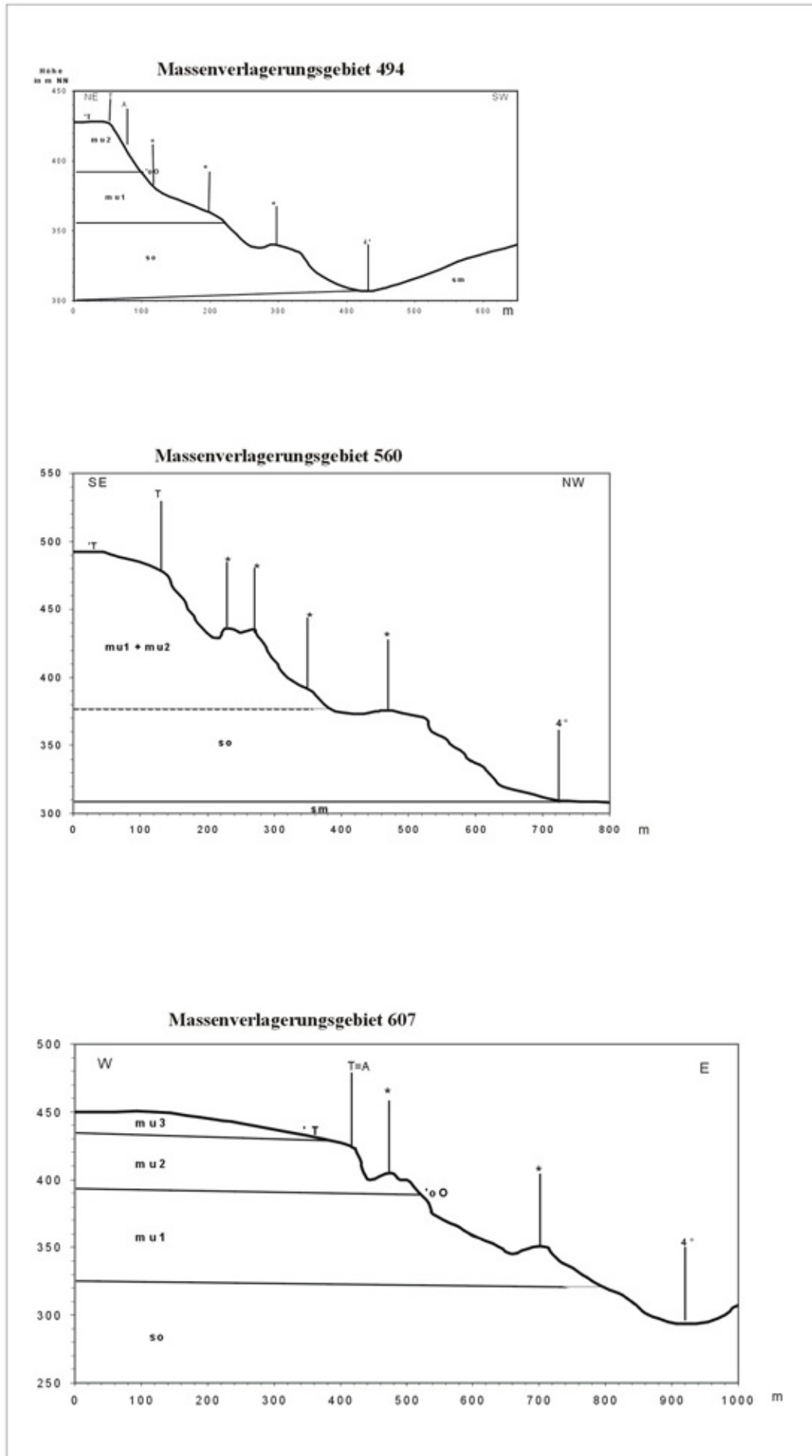
# Profile von Massenverlagerungshängen des Untersuchungsgebietes

(Horizontalmaßstab 1: 10.000/ Vertikalmaßstab 1: 5.000)



# Profile von Massenverlagerungshängen des Untersuchungsgebietes

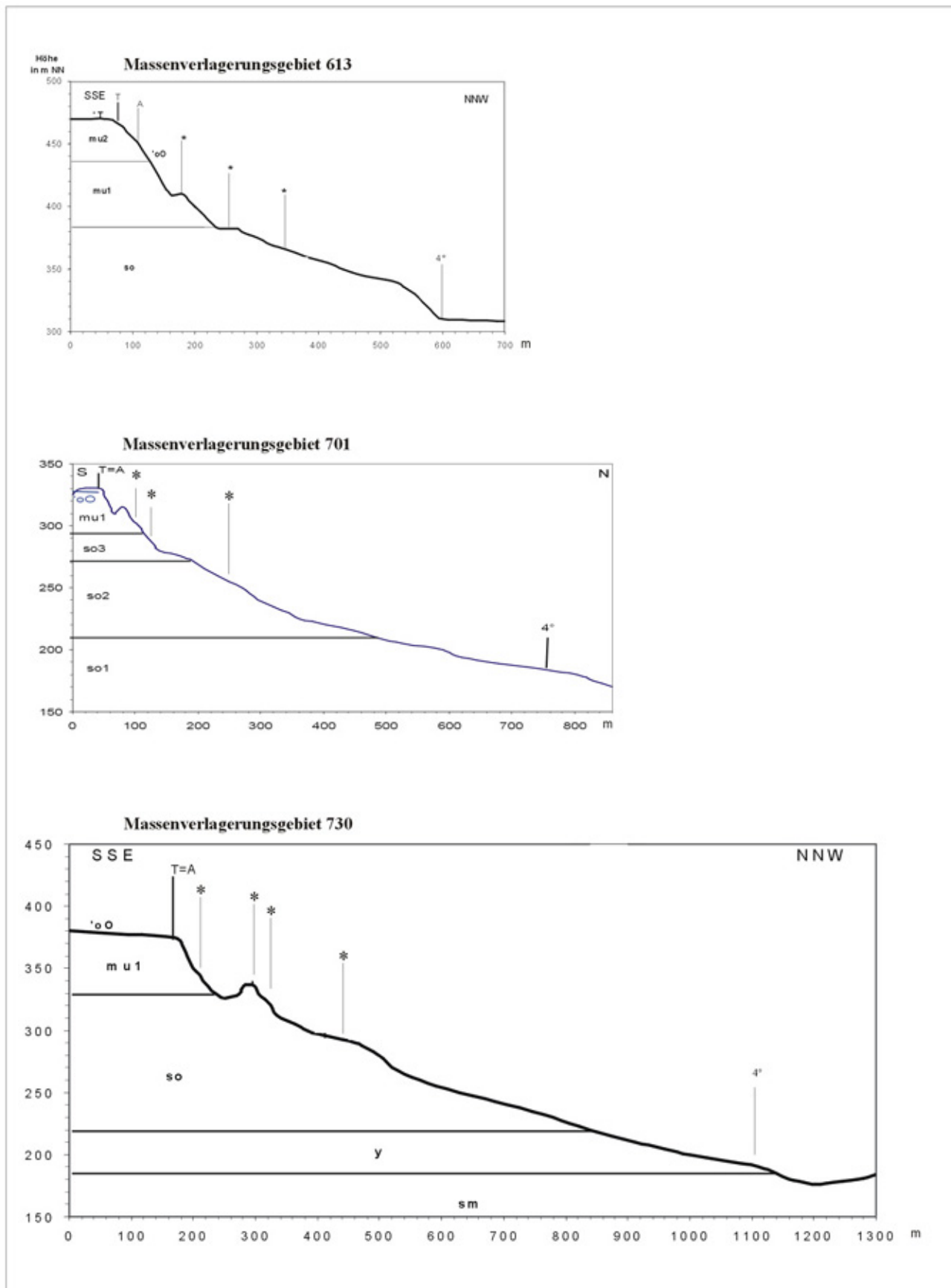
(Horizontalmaßstab 1: 10.000/ Vertikalmaßstab 1: 5.000)





# Profile von Massenverlagerungshängen des Untersuchungsgebietes

(Horizontalmaßstab 1: 10.000/ Vertikalmaßstab 1: 5.000)



Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschutz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis											
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A (m)	Clar (° / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)	
<b>Hainleite</b>																																				
1	4437443	5687140	65	50	3250	2								65		65		65			n.b.	nb	65			250	385	135	40	90	50	105	9	13	20	
2	4432293	5687840	75	150	11250	3								75		75		75	75		4/205	0	75			205	245	40	80	125	45	160	21	27	48	
3	4431635	5688272	130	70	9100	1									130		130	130			10/180	0	130			260	370	110	30	70	40	120	7	11	20	
4	4429483	5688782	225	50	11250	1								225		225	150	75			7/10	1	165	60		120	370	250	20	105	85	125	10	16	19	
5	4428993	5688887	75	70	5250	2								75		75	75				n.b.	nb	75			340	590	250	30	115	85	140	5	11	19	
6	4428729	5688928	230	90	20700	3								230		230	230				n.b.	nb	230			200	495	295	20	95	75	130	6	11	14	
7	4428309	5689243	235	50	11750	2								235	235		235				n.b.	nb	235			210	445	235	25	85	60	85	7	11	15	
8	4428112	5689342	30	20	600	1								30	30		30				n.b.	nb	30			175	350	175	25	90	65	90	8	15	20	
9	4427812	5689132	35	20	700	1								35		35		35			10/180	0	35			25	245	220	5	90	85	115	11	20	21	
10	4427736	5688963	70	60	4200	1								70		70		70			10/180	0	70			10	250	240	5	70	65	115	27	16	15	
11	4427112	5688619	130	170	22100	1								130		130		130			n.b.	nb	130			30	235	205	10	70	60	70	18	17	16	
12	4427252	5689205	420	90	37800	3								420	420		270	150			5/10	1	380	40		55	165	110	15	70	55	70	15	23	27	
13	4424480	5689921	145	30	4350	2								145		145	145				4/350	1	145			450	600	150	40	90	50	115	5	9	18	
14	4423459	5690484	220	60	13200	3								220		220	220				10/30	1	220			295	460	165	30	90	60	120	6	11	20	
15	4423185	5690526	115	40	4600	2								115		115	115				10/50	1	115			70	200	130	10	60	50	95	8	17	21	
16	4422167	5690691	380	160	60800	3		1						380		380	280	100			5/350	1	380			40	225	185	5	90	85	110	7	22	25	
17	4421708	5690850	120	30	3600	1								120		120		120			n.b.	nb		120			55	210	155	10	75	65	110	10	20	23
18	4421368	5691264	100	180	18000	2								100		100	100				n.b.	nb		100			80	240	160	25	70	45	110	17	16	16
19	4421072	5691706	105	50	5250	1								105		105		105			n.b.	nb		105			340	510	170	55	120	65	120	9	13	21
20	4421715	5691999	40	20	800	1								40		40					40/5	1	40			170	195	25	60	75	15	75	19	21	31	
21	4421244	5692079	90	20	1800	2								90		90					90 n.b.	nb	90			180	265	85	35	75	40	75	11	16	25	
22	4421237	5692225	165	130	21450	2								165	15	150	165				n.b.	nb	165			540	700	160	70	140	70	160	7	11	24	
23	4420849	5692276	135	120	16200	3								135		135	135				5/175	0	135			205	270	65	55	95	40	130	15	19	32	
24	4420559	5692247	95	40	3800	2								95		95		95			4/5	1	95			15	105	90	5	50	45	85	18	26	27	
25	4420378	5692349	120	210	25200	2								120		120	120				4/180	0		120			210	375	165	60	145	85	160	16	21	27
26	4419777	5692212	995	40	39800	3								995		995	500	140			355/160	0	945	50		335	495	160	50	120	70	145	9	13	24	
27	4419808	5691923	160	30	4800	2								160		160	160				2/185	0		160			25	70	45	5	20	15	50	11	16	18
28	4419503	5691920	165	30	4950	2								165		165	165				5/200	0	165			50	175	125	10	60	50	85	11	19	22	
29	4419398	5691869	20	15	300	2								20		20	20				n.b.	nb	20			330	445	115	50	95	45	125	9	12	21	
30	4419350	5691827	60	20	1200	2								60		60	60				n.b.	nb	60			285	385	100	45	95	50	125	9	14	27	
31	4419274	5691770	60	20	1200	1								60		60	60				n.b.	nb	60			320	395	75	45	90	45	125	8	13	31	
32	4419140	5691496	255	40	10200	2								255		255	255				6/330	1	255			300	435	135	40	80	40	120	7	10	17	
33	4418841	5691293	20	30	600	1								20		20		20			6/310	1	20			125	235	110	20	65	45	95	9	16	22	
34	4419035	5690946	90	50	4500	3								90		90					90/3195	0		90			20	105	85	10	45	35	70	27	23	22
35	4419226	5690920	100	40	4000	2								100		100		100			n.b.	nb	100			15	90	75	5	35	30	60	18	21	22	
36	4419430	5690764	15	15	225	1								15		15		15			n.b.	nb	15			65	130	65	10	35	25	60	9	15	21	
37	4419605	5690631	150	40	6000	3								110	40	150		80			9/100	1	110	40		10	115	105	5	45	40	45	27	21	21	
38	4419054	5690647	145	30	4350	1								145		145	145				5/40	1		145			35	170	135	5	50	45	85	8	16	18
39	4418631	5690704	135	30	4050	1								135		135		135			8/270	1	135			20	135	115	5	45	40	55	14	18	19	
40	4418714	5690484	80	20	1600	1								80		80		80			1/20	1	80			15	145	130	5	45	40	80	18	17	17	
41	4418717	5690160	55	30	1650	2								55		55		55			10/50	1		55			65	150	85	5	45	45	75	5	18	28
42	4418650	5689921	50	30	1500	3								50		50		50			4/50	1		50			25	135	110	5	40	35	65	11	17	18
43	4418529	5689660	65	30	1950	2								65		65		65			3/15	1		65			35	70	35	5	25	20	40	8	20	30
44	4417641	5691360	55	20	1100	1								55		55		55			n.b.	nb	55			125	255	130	15	60	45	100	7	13	19	
45	4417721	5691738	185	60	11100	3								185		185		185			12/320	1	185			120	405	285	10	65	55	110	5	9	11	
46	4417657	5692168	105	40	4200	2								105		105		105			n.b.	nb	105			20	100	80	5	40	35	90	14	22	24	

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschutz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis										
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A Clar (m) (° / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)	
47	4417982	5692155	195	70	13650	3			1	1	1	1			195		195		195	n.b.	nb	195	195		180	300	120	25	60	35	60	8	11	16	
48	4418173	5692528	195	40	7800	2		1	1		1				195		195		195	3/5	1	195			15	140	125	5	30	25	60	18	12	11	
49	4418418	5692480	140	50	7000	3						1			140		140		140	n.b.	nb		140		170	345	175	25	75	50	95	9	12	16	
50	4418574	5692913	550	80	44000	3			1	1					550	550		550	n.b.	nb		550			270	520	250	35	105	70	105	7	11	16	
51	4418497	5693409	585	110	64350	3				1	1	1			585	585	320	265	n.b.	nb		445	140		5	180	175	5	75	70	75	45	23	22	
52	4418542	5693960	60	50	3000	3			1	1	1	1			60				60	2/325	1	60			225	325	100	55	100	45	125	13	17	24	
53	4419137	5694259	45	30	1350	1				1		1			45	45		45	5/80	1			45		220	280	60	70	115	45	115	18	22	37	
54	4418984	5694389	225	250	56250	3	1	1	1						225	225		225	10/210	1	225			315	465	150	65	160	95	160	12	19	32		
55	4418599	5694491	440	210	92400	3				1	1	1	1		80	360		440	4/340	1	440			210	305	95	65	115	50	155	17	21	28		
56	4418290	5694399	85	40	3400	2				1		1			85			85	4/240	0			85		40	175	135	5	70	65	95	7	22	26	
57	4418007	5694555	55	50	2750	1						1			55			55	5/192	0		55			15	155	140	5	60	55	85	18	21	21	
58	4417797	5694701	105	200	21000	2			1	1			1		105	105	105		3/272	1	105			250	430	180	55	145	90	145	12	19	27		
59	4417561	5694876	115	200	23000	2			1			1	1		115		115		n.b.	nb		115			545	670	125	85	135	50	170	9	11	22	
60	4416982	5695013	250	70	17500	3				1	1	1			250		250		n.b.	nb			250		390	555	165	65	140	75	145	10	14	24	
61	4416769	5694978	150	60	9000	2				1	1				150		150		n.b.	nb		130	20		30	130	100	5	40	35	85	10	17	19	
62	4416355	5695039	95	60	5700	2		1	1			1			95		95	70	5/160	0		55	40		125	250	125	25	70	45	100	11	16	20	
63	4416063	5695156	270	80	21600	2		1		1	1	1			270	35	235		4/220	0			270		165	440	275	20	95	75	100	7	12	15	
64	4415763	5695325	285	80	22800	3			1	1	1				285		285		n.b.	nb		235	50		230	520	290	30	100	70	120	7	11	13	
65	4415582	5694994	80	20	1600	1						1			80		80		5/190	0		80			15	105	90	5	40	35	40	18	21	21	
66	4415331	5694953	30	10	300	2				1					30		30		n.b.	nb		30			35	110	75	5	40	35	40	8	20	25	
67	4415308	5695004	15	10	150	1				1					15		15		n.b.	nb			15		40	105	65	5	40	35	40	7	21	28	
68	4415315	5695077	35	20	700	2				1		1			35		35		n.b.	nb			35		45	105	60	10	35	25	45	12	18	23	
69	4415305	5695134	15	30	450	2				1		1			15		15		n.b.	nb		15			35	125	90	5	40	35	55	8	18	21	
70	4415286	5695344	210	70	14700	3			1	1	1				210	210		210	8/30	1			210		40	250	210	10	85	75	85	14	19	20	
71	4415105	5695309	45	20	900	2		1	1						45		45		n.b.	nb		45			40	120	80	5	45	40	45	7	21	27	
72	4415009	5695274	15	10	150	1				1					15		15		n.b.	nb		15			40	130	90	10	45	35	45	14	19	21	
73	4415031	5695713	255	130	33150	3			1	1	1	1	1		255	255		160	95	5/180	0	215	40		270	545	275	35	110	75	110	7	11	15	
74	4414627	5695755	405	90	36450	4				1	1				405		405		3/180	0	405			140	270	130	30	90	60	110	12	18	25		
75	4413873	5696289	520	200	104000	4			1	1	1	1	1		340	180		520		3/130	0	520			365	380	15	70	80	10	145	11	12	34	
76	4413233	5696468	85	30	2550	2				1		1			85		85		6/140	0		85			200	415	215	40	135	95	135	11	18	24	
77	4412543	5696318	75	20	1500	1			1	1		1			75		75		4/230	0		75			50	230	180	15	105	90	105	17	25	27	
78	4412380	5696490	165	100	16500	4				1	1	1	1		165	20	145		10/190	0	75	90		230	445	215	30	105	75	130	7	13	19		
79	4411836	5696736	630	210	132300	5		1	1	1	1	1	1		520	100	530		5/160	0	560	70		95	290	195	25	130	105	130	15	24	28		
80	4411015	5696690	245	230	56350	4			1	1	1	1			245	210	35		245	10/32	1		245		190	395	205	45	120	75	120	13	17	20	
81	4410961	5696849	120	100	12000	2			1	1		1			120		50	70		n.b.	nb		120			15	160	145	5	85	80	85	18	28	29
82	4410986	5697209	760	200	152000	3			1	1	1	1	1		760	230	530		260	500	12/200	0	760		210	385	175	50	100	50	125	13	15	16	
83	4411018	5697527	480	180	86400	3			1	1	1	1	1		480		480		5/160	0	480			355	400	45	80	115	35	130	13	16	38		
84	4410706	5697597	25	10	250	1			1						25		25		n.b.	nb			25		380	435	55	75	110	35	120	11	14	33	
85	4410515	5697632	155	220	34100	2				1		1	1		155	155		155	10/220	0	155			210	320	110	50	115	65	115	13	20	31		
86	4410175	5697756	40	30	1200	2				1		1	1		40		40		5/220	0			40		395	500	105	55	100	45	100	8	11	23	
87	4410019	5698103	510	200	102000	4	1	1	1	1	1	1	1		510	510		290	220	6/190	0	410	100		240	385	145	55	115	60	115	13	17	22	
88	4409121	5697604	360	210	75600	3			1	1	1	1	1		360	50	310		5/290	1	320	40		170	350	180	35	95	60	120	12	15	18		
147	4408366	5697447	400	70	28000	3			1	1		1			400		400		4/170	0			400		100	210	110	30	80	50	95	17	21	24	
148	4408156	5697795	790	150	118500	3		1	1	1	1	1	1		790		790		2/180	0	790			50	185	135	15	75	60	90	14	21	24		
149	4408370	5698097	405	130	52650	1			1	1		1			405		405		7/130	0	405			100	210	110	15	80	65	95	10	21	30		
150	4407648	5698307	205	230	47150	3		1	1	1	1	1	1		205		205		söhlig	0			205		400	510	110	55	120	65	135	8	13	30	
151	4407255	5698346	45	200	9000	3			1	1		1	1		45		45		7/170	0			45		380	540	160	50	120	70	130	7	12	22	

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschutz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis										
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A (m)	Clar (° / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)
152	4406711	5698415	40	20	800	1			1	1				40		40		40		n.b.		nb		40		100	235	135	20	75	55	75	11	18	22
153	4406059	5698525	340	60	20400	2			1	1		1		340		340		340		9/132		1		340	165	345	180	25	85	60	95	10	14	18	
154	4405628	5698678	155	30	4650	2			1	1	1			155		50	105		155		7/155		0	155	120	250	130	15	65	50	70	7	15	21	
155	4404697	5698405	60	10	600	3			1	1		1		60		60		60		5/140		0		60	160	340	180	30	90	60	90	11	15	18	
156	4404373	5698328	85	150	12750	2			1	1		1		85		85		85		n.b.		nb		85	100	210	110	15	55	40	55	9	15	20	
157	4404233	5698295	60	20	1200	2			1	1		1		60		60		60		3/180		0		60	80	180	100	10	50	40	50	7	16	22	
<b>Dün</b>																																			
158	4404172	5698584	30	60	1800	1			1	1				30		30				30 n.b.		nb		30	100	150	50	15	45	30	45	9	17	31	
159	4404236	5698619	25	80	2000	2			1	1				25		25				25 n.b.		nb	25	150	190	40	30	55	25	55	11	16	32		
160	4404408	5698752	180	110	19800	3			1	1		1		180		180		180		3/170		0	160	20	190	280	90	30	70	40	70	9	14	24	
161	4403429	5698428	680	200	136000	4		1	1	1	1	1	1	680		680		680		5/170		0		680	320	400	80	40	115	75	115	7	16	43	
162	4402751	5697994	225	120	27000	3			1	1				225		225		225		4/310		1		225	380	440	60	90	125	35	125	13	16	30	
163	4402450	5697770	115	130	14950	3			1	1		1		115		115		115		4/120		0	115	500	620	100	90	150	60	160	10	13	31		
164	4402187	5697517	170	40	6800	2		1	1			1		170		170		120	50	6/220		0	170	190	220	30	30	75	45	110	9	19	56		
165	4401636	5697413	165	130	21450	3				1		1		165		165		165		4/160		0		165	500	640	140	85	145	60	185	10	13	23	
166	4401214	5697621	185	150	27750	3				1	1	1	1	185		185		185		n.b.		nb		185	600	725	125	100	150	50	180	10	12	22	
167	4400452	5697520	310	140	43400	3			1	1	1	1	1	310		310		310		5/145		0		310	380	480	100	80	140	60	200	12	16	31	
168	4399949	5697355	345	210	72450	4		1	1	1		1	1	345		345		345		4/120		0		345	340	380	40	100	150	50	155	16	21	51	
169	4399567	5697335	145	200	29000	4		1	1	1	1	1	1	145		145		145		8/40		1		145	400	450	50	100	140	40	155	14	17	39	
170	4399116	5697293	550	300	165000	4		1	1	1	1	1	1	40	510	410	140	550		5/25		1		550	430	470	40	110	145	35	145	15	17	41	
171	4398623	5697128	220	180	39600	3		1	1	1		1		220		220		220		10/30		1		220	450	470	20	100	140	40	160	12	16	63	
172	4398318	5696443	30	10	300	1			1	1				30		30		30		7/120		0		30	330	450	120	55	120	65	120	10	15	28	
173	4398146	5695951	85	20	1700	1				1		1		85		85		85		6/350		1		85	430	580	150	55	130	75	130	7	12	27	
174	4398244	5695263	270	150	40500	3		1	1	1	1	1	1	270		270		270		7/260		1		270	370	540	170	60	115	55	115	9	12	18	
175	4398153	5695013	30	80	2400	1				1				30		30		30		n.b.		nb		30	170	300	130	30	85	55	85	10	16	23	
176	4398056	5694916	145	130	18850	2			1	1		1		145		145		145		n.b.		nb	145	400	550	150	50	105	55	105	7	11	20		
177	4397932	5694563	95	10	950	1			1	1				95		95		95		13/23		1		95	305	390	85	55	95	40	95	10	13	25	
178	4397864	5694280	65	20	1300	2			1	1				65		65		65		n.b.		nb		65	270	380	110	45	95	50	95	10	14	23	
179	4397822	5694180	80	110	8800	3			1			1		80		80		80		8/15		1		80	320	380	60	65	95	30	95	11	14	27	
180	4397767	5694115	15	10	150	1			1	1		1		15		15		15		10/350		1		15	170	200	30	40	70	30	70	13	19	45	
181	4397657	5694079	120	20	2400	2			1	1				120		120		120		10/360		1		120	180	230	50	35	70	35	70	11	17	35	
182	4397472	5694199	55	10	550	1			1					55		55		55		n.b.		nb	55	380	470	90	60	105	45	105	9	12	27		
183	4397339	5694141	40	150	6000	2		1	1	1				40		40		40		2/165		0		40	430	480	50	70	110	40	110	9	13	39	
184	4397251	5694076	55	30	1650	2		1			1			55		55		55		10/330		1		55	410	495	85	70	120	50	120	10	13	31	
185	4397303	5693671	365	160	58400	3			1	1	1	1	1	365		365		365		2/40		1		365	640	670	30	100	125	25	125	9	11	40	
186	4397238	5693288	300	130	39000	2		1	1	1				300		300		300		4/300		1		300	520	585	65	100	145	45	145	11	14	35	
187	4396921	5692841	580	200	116000	5		1	1	1	1	1	1	580		580		580		3/140		0		580	440	540	100	75	140	65	140	10	15	33	
188	4396447	5692351	640	200	128000	4		1	1	1	1	1	1	50	590	640		640		4/60		0		640	370	490	120	55	115	60	125	9	13	27	
189	4395494	5691914	1150	200	230000	4	1	1	1	1	1	1	1	350	800	1150		1150		4/80		1		1150	260	410	150	65	120	55	120	14	16	19	
190	4394607	5691388	750	210	157500	5			1	1	1	1	1	250	500	750		750		3/182		0		750	370	540	170	60	130	70	130	9	13	22	
191	4393328	5690869	80	60	4800	1			1	1		1		80		80		80		n.b.		nb		80	300	470	170	55	95	40	100	10	11	13	
192	4392574	5690831	1260	300	378000	6		1	1	1	1	1	1	160	1100	1260		1260		14/100		1		1260	520	690	170	70	155	85	155	23	24	27	
193	4388946	5691132	5915	300	1774500	7		1	1	1	1	1	1	1750	4165	5315	600	5615	300	10/350		1		5915	480	730	250	60	140	80	140	23	21	18	
194	4386888	5691029	220	170	37400	4		1	1	1		1		220		220		220		6/270		1	120	100	15	250	235	5	80	75	75	18	18	18	
195	4385787	5691251	1775	150	266250	3		1	1	1	1	1	1	1465	310	1085	690	1175	600	3/185		0	1505	270	320	455	135	40	85	45	85	7	11	18	
196	4385011	5691069	85	10	850	1			1					85		85		85		10/220		0		85	40	160	120	10	45	35	60	14	16	16	
197	4384948	5691496	45	10	450	2			1					45		45		45		n.b.		nb		45	110	255	145	15	55	40	55	8	12	16	

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschutz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis										
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A (m)	Clar (° / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)
198	4384988	5691662	90	20	1800	1						1		90		90		90	n.b.			nb			90	330	420	90	45	65	20	65	8	9	12
199	4384972	5691852	30	10	300	1				1				30		30		30	n.b.			nb			30	360	415	55	50	65	15	65	8	9	15
200	4384940	5691947	25	10	250	1				1				25		25		25	n.b.			nb		25	340	410	70	50	65	15	65	9	9	11	
201	4384307	5692422	10	30	300	1				1				10		10		10	n.b.			nb			20	55	35	5	30	25	40	14	29	35	
202	4383990	5692715	100	40	4000	2			1			1		100		100		100	n.b.			nb	80	20	70	80	10	20	30	10	30	16	21	45	
203	4382684	5692795	135	80	10800	2				1	1	1		135		135		135	4/160			0	135		210	280	70	35	75	40	75	10	15	30	
<b>Bleicheröder Berge</b>																																			
89	4400669	5700518	605	170	102850	3			1	1	1	1	1	505	100	605		100	505	5-9°/140		0	545	60	490	680	190	70	135	65	135	8	11	19	
90	4400347	5700745	660	200	132000	4			1	1	1	1	1	480	180	450	210	660	11°/191			0	660		405	490	85	80	125	45	135	11	15	28	
91	4399528	5700715	670	190	127300	3			1	1			1	520	150	670		670	5°/10			1		670	145	325	180	15	90	75	90	6	16	23	
92	4398801	5701277	130	40	5200	2						1		130		130		130	n.b.			nb	130		40	210	170	5	70	65	70	7	18	21	
93	4399180	5701394	90	50	4500	2			1	1	1			90		90		90	n.b.			nb		90	140	280	140	20	85	65	85	8	17	25	
94	4399298	5701395	45	20	900	1				1				45		45	45	45	5°/322			1		45	150	260	110	25	80	55	95	10	17	27	
95	4399390	5701400	15	10	150	1						1		15		15		15	n.b.			nb	15		170	270	100	30	80	50	95	10	17	27	
96	4399482	5701397	105	80	8400	1			1	1	1			105		105		105	5°/258			0	105		200	345	145	35	105	70	105	10	17	26	
97	4399729	5701397	230	200	46000	2			1	1	1	1		150	80	230		50	180	3°/326		1	190	40	270	375	105	55	120	65	120	11	18	32	
98	4399682	5701731	55	20	1100	1						1		55		55		55	2°/280			1	55		10	20	10	5	10	5	20	27	27	27	
99	4399816	5701822	40	80	3200	2				1	1			40		40		40	5°/290			1	10	30	430	550	120	85	125	40	125	11	13	18	
100	4399528	5702001	250	250	62500	3			1	1	1	1		250		250		250	4°/290			1		250	590	745	155	105	150	45	150	10	11	16	
101	4399166	5702125	180	210	37800	3			1	1	1			180		180		180	söhlilig			0		180	280	455	175	80	140	60	140	16	17	19	
102	4398896	5702176	110	210	23100	2				1	1	1		110		110		110	n.b.			nb		110	515	640	125	85	140	55	140	10	12	24	
103	4398542	5702354	180	200	36000	3			1	1	1	1		180		30	150	180	4°/208			0		180	505	615	110	85	135	50	150	10	12	24	
104	4398299	5702481	215	270	58050	3			1	1	1	1		215		215		215	n.b.			nb		215	610	740	130	95	150	55	150	9	11	23	
105	4397925	5702590	450	100	45000	4			1	1	1	1		20	430	450		450	n.b.			nb	400	50	400	530	130	95	165	70	165	13	17	28	
106	4397668	5702375	135	30	4050	2			1			1		135		135		135	3°/190			0		135	415	540	125	80	160	80	160	11	17	33	
107	4397542	5702247	180	200	36000	2	1	1	1			1		180		180		180	6°/160			0		180	485	610	125	95	165	70	165	11	15	29	
108	4397210	5702011	190	120	22800	3				1	1			160	30	190		100	90	5°/350		1	190		505	590	85	95	145	50	145	11	14	31	
109	4397210	5701877	10	10	100	1				1				10		10		10	5°/340			1		10	20	255	235	10	80	70	80	27	17	17	
110	4397237	5701782	90	20	1800	1			1	1				90		90		90	7°/180			0		90	50	230	180	10	70	60	70	11	17	18	
111	4396633	5701657	160	170	27200	3			1	1		1		160		160		160	5°/300			1	160		415	560	145	75	150	75	150	10	15	27	
112	4396264	5701312	470	300	141000	4			1	1	1	1	1	400	70	100	370	470	n.b.			nb	100	370	470	715	245	70	165	95	165	9	13	21	
113	4395289	5700825	800	300	240000	5				1	1	1	1	130	670	800		600	200	4°/355		1	800		385	580	195	85	140	55	140	12	13	16	
114	4395161	5700481	35	10	350	1				1				35		35		35	8°/35			1	35		420	530	110	65	115	50	115	9	12	24	
115	4395222	5700464	15	10	150	1				1				15		15		15	9°/30			1	15		500	620	120	70	125	55	125	8	11	25	
116	4395372	5700450	95	170	16150	3				1	1	1		95		95		95	10°/110			0	95		450	565	115	80	125	45	125	10	12	21	
117	4395640	5700450	230	140	32200	2				1	1			160	70	230		230	n.b.			nb		230	475	550	75	75	105	30	120	9	11	22	
118	4396031	5700476	185	210	38850	3			1	1	1	1		185		185		185	1°/120			0		185	485	600	115	85	130	45	130	10	12	21	
119	4396441	5700246	30	10	300	1				1				30		30		30	n.b.			nb	30		285	440	155	60	120	60	120	12	15	21	
120	4396634	5700119	280	150	42000	3				1	1	1		220	60	280		280	5°/10			1	280		405	585	180	65	130	65	130	9	12	20	
121	4396916	5699953	115	100	11500	2				1				90	25	115		115	söhlilig			0	115		395	570	175	55	130	75	130	8	13	23	
122	4397022	5699940	40	20	800	1				1				40		40		40	6°/330			1		40	180	370	190	40	120	80	120	12	18	23	
123	4396755	5700411	680	140	95200	3			1	1	1	1		80	600	680		680	3°/25			1	680		10	145	135	5	50	45	50	27	19	18	
124	4396964	5700704	150	40	6000	2				1	1			150		150		150	6°/222			0	150		10	135	125	5	60	55	60	27	24	24	
125	4397559	5700849	175	20	3500	2					1	1		175		50	125		175	8°/330		1	175		5	135	130	5	60	55	60	45	24	23	
126	4397392	5700654	65	30	1950	2				1	1			65		65		20	45	10°/240		0	65		135	310	175	25	85	60	100	11	15	19	
127	4397720	5700694	30	10	300	1				1				30		30		30	n.b.			nb	30		90	230	140	20	95	75	95	12	22	28	
128	4398025	5700519	35	10	350	1					1	1		35		35		35	n.b.			nb		35	180	420	240	20	85	65	100	6	11	15	

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschutz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis											
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A (m)	Clar (° / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)	
129	4397762	5700355	155	110	17050	1	1					1		155		155		155		8°/20		1		155			110	280	170	25	90	65	90	13	18	21
130	4397984	5700140	310	80	24800	3			1	1	1	1		90	210	310			310	n.b.		nb	310			230	305	75	65	130	65	130	16	23	41	
131	4398256	5700071	25	80	2000	1			1					25		25			25	n.b.		nb		25		275	430	155	55	110	55	120	11	15	19	
132	4398702	5700098	40	10	400	1					1			40		40			40	n.b.		nb		40		235	490	255	45	105	60	120	11	12	13	
133	4398821	5700046	90	210	18900	3			1	1		1			90	90			90	2°/340		1	90		275	460	185	60	120	60	120	12	15	18		
134	4398938	5700037	25	10	250	1			1					25		25			25	n.b.		nb		25		270	465	195	55	115	60	130	11	14	17	
135	4399384	5700033	370	220	81400	3			1	1	1	1	1	370		370			370	n.b.		nb		370		460	590	130	70	135	65	135	9	13	27	
136	4399702	5700170	70	10	700	1			1						70	70			70	10°/10		1		70		305	530	225	35	100	65	100	6	11	16	
137	4399877	5699978	465	140	65100	3		1	1	1	1	1		465	465			265	200	6°/50		1	345	120	115	325	210	30	100	70	100	15	17	18		
138	4400346	5700099	135	180	24300	3			1	1	1			135	135			135	6°/50		1		135		180	380	200	50	120	70	120	16	18	19		
139	4400390	5700358	90	10	900	2			1	1				90		90			90	n.b.		nb	90		415	620	205	55	120	65	120	7	11	18		
140	4393878	5701021	90	60	5400	2			1	1				90		90			90	n.b.		nb		90		465	490	25	85	95	10	95	10	11	22	
141	4393527	5701050	290	140	40600	3			1	1	1	1		130	160	290			290	5°/245		0	290		610	640	30	100	115	15	115	9	10	27		
142	4393651	5701159	490	150	73500	3			1	1	1	1		210	280	490			490	6°/190		0	490		765	845	80	95	120	25	120	7	8	17		
143	4393121	5701411	430	80	34400	3			1	1	1	1		430	430	430			210	50	170	n.b.	nb	370	60	405	430	25	75	90	15	90	11	12	31	
144	4394955	5702850	510	120	61200	3			1	1	1	1		280	230	510			510	7°/95		1	510		700	790	90	100	155	55	155	8	11	31		
145	4394703	5703053	310	200	62000	3			1	1	1	1		200	110	310			310	n.b.		nb	230	80	660	760	100	100	160	60	160	9	12	31		
146	4394792	5702713	580	200	116000	5			1	1	1	1		580	580	580			320	260	n.b.	nb	560	20	590	730	140	120	165	45	165	11	13	18		
<b>Oberes Eichsfeld &amp; Hanich</b>																																				
204	4381082	5692260	415	120	49800	3			1	1	1	1	1	310	105	415			415	5/160		0	415		300	380	80	75	105	30	105	13	16	22		
205	4380443	5692909	585	260	152100	4			1	1	1	1		585		585			340	245	5/170		0	545	40	425	500	75	60	90	30	125	8	10	22	
206	4379942	5693152	45	220	9900	3			1			1		45		45			45	n.b.		nb	45		420	525	105	60	105	45	105	8	11	24		
207	4379785	5693253	15	120	1800	2			1	1		1			15	15			15	13/230		0	15		110	195	90	40	95	55	95	20	26	31		
208	4379344	5693755	40	20	800	3			1					40		40			40	n.b.		nb	40		12	160	150	5	60	55	60	14	20	21		
209	4379171	5693927	330	250	82500	3			1	1	1	1		330	330	330			330	12/210		0	330		340	595	255	40	130	90	130	7	12	20		
210	4378574	5694247	715	100	71500	3			1	1	1	1	1	475	340	715			565	150	8/195		0	575	140	195	400	205	25	100	75	100	7	15	20	
211	4377591	5694672	825	180	148500	5		1	1	1	1	1	1	670	155	825			825	9/180		0	755	70	480	550	70	75	115	40	115	9	12	29		
212	4376456	5695280	1500	250	375000	4			1	1	1	1	1	1300	200	1500			1500	10/215		0		1500	550	625	75	65	120	60	120	7	11	38		
213	4375533	5695463	110	120	13200	2			1	1	1			110		110			110	n.b.		nb		110		410	530	120	50	95	45	95	7	10	21	
214	4374510	5695407	70	20	1400	1			1	1				70		70			70	10/80		1	70		210	340	130	25	70	45	70	7	11	19		
215	4374449	5695478	50	10	500	2			1						50	50			50	n.b.		nb	50		330	400	70	45	75	30	75	8	11	23		
216	4373208	5695579	35	20	700	1			1	1				35		35			35	n.b.		nb		35		470	595	125	70	115	45	115	9	11	19	
217	4372716	5695468	115	200	23000	2				1		1		115		115			115	n.b.		nb	115		505	605	100	80	120	40	120	9	11	20		
218	4372463	5695427	105	20	2100	1					1			105		105			105	7/175		0		105	525	655	130	85	130	45	130	9	11	19		
219	4372154	5695088	25	10	250	2			1	1					25	25			25	5/175		0		25	415	510	95	70	125	55	125	10	14	30		
220	4372093	5695022	25	10	250	1			1	1					25	25			25	6/178		0		25	525	600	75	90	130	40	140	10	12	31		
221	4372057	5694511	220	80	17600	3			1					220		220			220	6/35		1	220		285	340	55	75	105	30	135	15	17	29		
222	4372220	5694419	75	20	1500	1		1	1	1				75		75			75	7/105		0	75		200	290	90	35	80	45	105	10	15	25		
223	4372539	5694525	135	80	10800	3				1	1			135		135			135	7/175		0	135		165	240	75	30	80	50	105	10	18	34		
224	4372807	5694328	165	40	6600	2			1	1	1			165		165			165	8/10		1		165	75	158	85	15	60	45	80	11	21	29		
225	4372615	5694100	65	30	1950	1			1	1	1				65	65			65	2/240		1	65		180	230	50	40	75	35	100	12	18	35		
226	4372594	5693897	110	140	15400	2			1			1		110		110			110	2/190		0	110		235	300	65	35	75	40	115	9	14	32		
227	4372899	5693596	35	10	350	1			1					35		35			35	8/200		0	35		95	135	40	10	30	20	80	7	13	27		
228	4372920	5693531	40	10	400	1			1					40		40			40	14/190		0	40		85	105	20	10	30	20	65	8	13	31		
229	4372941	5693463	55	10	550	1			1					55		55			55	6/225		1	55		30	60	30	5	20	15	50	9	18	27		
230	4372111	5693139	135	180	24300	3			1	1	1	1		135		135			135	n.b.		nb	135		180	265	85	30	75	50	75	8	16	30		
231	4372139	5692820	435	150	65250	3			1	1	1	1		435		435			435	5/290		1	435		155	255	100	30	80	50	90	10	17	27		

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschutz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis										
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A Clar (m)	Abw. FDA (° / °)	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)	
232	4372220	5692475	100	70	7000	3								100		100		100		6/300	1			100	105	185	80	20	70	50	95	12	21	31	
233	4372497	5692008	235	20	4700	1			1	1				235		235		235		n.b.	nb			235	105	185	80	20	70	50	90	11	21	32	
234	4372713	5691601	245	80	19600	3					1	1			245	245		245		15/175	0			245	60	170	110	20	80	60	80	20	25	28	
235	4372822	5691276	25	10	250	1				1				25		25			25	n.b.	nb			25	15	65	50	5	30	25	75	18	25	27	
236	4372630	5691074	30	10	300	2				1				30		30		30		n.b.	nb			30	75	165	90	15	55	40	100	11	18	24	
237	4372528	5690861	365	120	43800	3			1	1		1	1	365		365		250	115	5/195	0			315	40	170	130	5	60	55	90	7	19	23	
238	4372355	5690423	430	150	64500	4		1	1	1	1	1	1	430		430		330	100	5/200	0			360	100	200	100	15	75	60	106	9	21	31	
239	4371862	5690405	165	220	36300	3				1	1	1	1	165		165				165 n.b.	nb			165	25	290	265	5	100	95	100	11	19	20	
240	4372023	5690659	115	200	23000	3				1	1	1	1	115		115				115 n.b.	nb				115	25	230	205	5	80	75	105	11	19	20
241	4372103	5690812	100	120	12000	2				1	1			100		100				100 6/340	1				100	30	140	110	5	55	50	75	9	21	24
242	4372217	5691035	280	140	39200	2				1	1			280		280				280 6/320	1			280	20	165	145	5	60	55	85	14	20	21	
243	4372142	5691663	105	150	15750	2				1	1			105		105				105 n.b.	nb			105	245	355	110	30	80	50	95	7	13	24	
244	4371854	5691899	490	200	98000	3				1	1		1	490		490				490 n.b.	nb			490	220	370	150	30	95	65	95	8	15	23	
245	4371527	5692106	150	150	22500	3				1	1			150		150		150		n.b.	nb			150	70	215	145	10	65	55	80	8	17	21	
246	4371475	5693059	190	140	26600	3				1	1			190		190				190 n.b.	nb			190	155	310	155	25	85	60	85	9	15	21	
247	4371426	5693505	120	20	2400	1				1	1			120		120		120		n.b.	nb				120	65	270	205	10	50	40	65	9	11	11
248	4371047	5694016	25	100	2500	2				1	1			25		25				25 n.b.	nb				25	70	255	185	10	75	65	80	8	16	19
249	4370497	5694312	125	120	15000	3				1	1		1	125		125		125		5/40	1			125	580	665	85	90	140	50	160	9	12	31	
250	4370136	5694159	470	130	61100	4		1	1	1	1	1	1	150	320	470		470		3/80	1			470	500	600	100	75	145	70	165	9	13	35	
251	4369807	5693928	35	10	350	1					1			35	35	35		35		n.b.	nb			35	465	570	105	70	135	65	145	9	13	32	
252	4369490	5693699	40	30	1200	2				1	1			40		40		40		5/23	1				125	180	55	45	85	40	105	20	25	36	
253	4369158	5693339	100	40	4000	1				1	1			100		100				7/5	1			100	350	480	130	55	115	60	115	9	13	25	
254	4368803	5693570	70	100	7000	1				1	1			70		70		70		7/180	0			70	350	485	135	60	115	55	125	10	13	22	
255	4368520	5693546	110	100	11000	1				1	1			110		110		110		n.b.	nb				110	420	550	130	65	110	45	150	9	11	19
256	4368323	5693531	60	20	1200	1				1	1			60		60		60		2/200	0				60	370	530	160	65	120	55	120	10	13	19
257	4367960	5693692	350	150	52500	3				1	1	1	1	260	90	300	50	150	200	15/125	0			220	410	525	115	75	145	70	145	10	16	31	
258	4367838	5693544	40	130	5200	2				1	1			40		40		40		2/285	1				40	615	715	100	85	150	65	155	8	12	33
259	4367942	5693411	40	100	4000	2				1	1			40		40		40		4/270	1				40	710	820	110	105	165	60	175	9	11	29
260	4368411	5692789	1290	200	258000	5				1	1	1	1	1290		1290		500	790	5/230	1			1130	470	575	105	80	155	75	160	10	15	35	
261	4368891	5692161	1180	200	236000	5		1	1	1	1	1	1	1180		1180		780	400	6/175	0			1000	240	315	75	55	115	60	130	13	20	39	
262	4369620	5691894	305	90	27450	2				1	1			305		305				2/5	1				305	70	185	115	10	70	60	90	8	21	27
263	4369877	5691774	55	20	1100	1				1	1			55		55		55		n.b.	nb				55	20	140	120	5	50	45	80	14	20	21
264	4369771	5691538	130	60	7800	3				1	1			130		130		130		2/330	1			130	25	155	130	5	60	55	85	11	21	23	
265	4369363	5691092	810	200	162000	4		1	1	1	1	1	1	810		660	150	810		6/310	1			750	330	540	210	50	145	95	145	9	15	24	
266	4369415	5690350	620	150	93000	3				1	1	1	1	620		400	220	100	520	7/200	1			570	225	340	115	35	100	65	115	9	16	30	
267	4369550	5689764	310	70	21700	3		1	1	1	1			310		160	150	150	160	5/195	1			280	125	200	75	20	60	40	70	9	17	28	
268	4369236	5689401	65	90	5850	1					1	1		65		65				65 7/85	0				65	120	220	100	15	55	40	90	7	14	22
269	4368883	5689792	60	110	6600	3				1	1	1	1	60		60				60 25/270	1			60	285	365	80	50	90	40	105	10	14	27	
270	4368479	5689917	545	220	119900	4		1	1	1	1	1	1		545	545				545 4/340	1			515	290	460	170	55	120	65	120	11	15	21	
271	4368105	5689481	355	120	42600	3				1	1	1	1	355		355				3/195	1			225	220	310	90	45	90	45	110	11	16	27	
272	4367690	5689611	200	110	22000	2				1	1			200		200				200 n.b.	nb				200	40	180	140	10	65	55	65	14	20	21
273	4367755	5689875	35	10	350	1				1	1			35		35				35 5/310	1				35	265	320	55	50	80	30	100	11	14	29
274	4367955	5690560	825	200	165000	3				1	1	1	1	825		85	740			825 10/95	0			825	485	620	135	85	135	50	150	10	12	20	
275	4367695	5691201	885	250	221250	5		1	1	1	1	1	1	520	365	685	200			3/25	0			765	795	890	95	115	175	60	175	8	11	32	
276	4367309	5690791	945	200	189000	4		1	1	1	1	1	1	945		945		945		4/170	0			945	335	465	130	65	140	75	150	11	17	30	
277	4367062	5690166	310	110	34100	3				1	1	1		310		310		310		5/230	1			310	145	330	185	25	100	75	100	10	17	22	
278	4366764	5690018	30	10	300	2				1	1				30	30				4/10	1				30	100	180	80	25	55	30	80	14	17	21

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschutz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis										
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A Clar (m / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)	
279	4366637	5689938	165	30	4950	2									165		165	165		6/280	1	125	40		140	260	120	20	60	40	80	8	13	18	
280	4366289	5690610	385	350	134750	3								385		385			385	n.b.	nb	385			405	650	245	70	140	70	140	10	12	16	
281	4365983	5690633	760	150	114000	3	1	1	1	1	1			760		400	360	760		2/10	0	760			365	440	75	55	95	40	95	9	12	28	
282	4365781	5690197	95	20	1900	2								95		95		95		n.b.	nb		95			440	525	85	55	95	40	95	7	10	25
283	4365705	5690096	35	10	350	1								35		35		35		9/10	1		35			325	440	115	45	90	45	90	8	11	21
284	4365360	5689170	325	180	58500	3			1	1	1	1		325		325		325		5/90	0		325			380	450	70	65	110	45	110	10	13	33
285	4365176	5688495	185	150	27750	3								185		185		185		n.b.	nb	135	50		345	435	90	55	90	35	90	9	12	21	
286	4365355	5688251	155	180	27900	2			1	1	1	1		155		155		155		9/315	1	155			535	600	65	95	135	40	135	10	13	32	
287	4367859	5687022	1290	220	283800	4	1			1	1	1		230	1060	1290		600	690	10/270	1		1290			380	465	85	50	90	40	100	7	12	25
288	4368800	5686251	415	180	74700	4			1	1		1		415		335	80	415		6-10/130	0	415			435	515	80	65	115	50	115	9	12	32	
289	4369164	5686204	145	200	29000	3								145		145			145	n.b.	nb	145			700	755	55	90	110	20	110	7	9	20	
290	4369810	5686303	1240	180	223200	4	1	1	1	1	1	1		445	795	1240		1090	150	16/35	1		1240			350	440	90	60	105	45	105	10	13	27
291	4370738	5686469	1610	210	338100	5			1	1	1	1		545	1065	1610		1110	500	5/20	1	1430	180		480	585	105	95	145	50	145	11	14	26	
292	4370048	5687029	50	10	500	1								50		50		50		3/20	1		50			70	195	125	15	65	50	65	12	18	22
293	4370251	5687066	160	30	4800	1								160		160		160		10/340	1	160			65	105	40	35	65	30	80	28	32	27	
294	4370648	5687281	55	10	550	1								55		55			55	n.b.	nb	55			85	200	115	15	70	55	90	10	19	36	
295	4370531	5687393	40	30	1200	2				1				40		40			40	10/280	1		40			15	90	75	5	45	40	70	18	27	28
296	4370969	5687299	120	70	8400	2					1	1		120		120		120		3/10	1		120			285	370	85	45	85	40	110	9	13	25
297	4371047	5687507	45	10	450	1								45		45			45	5/15	1	45			30	125	95	5	55	50	55	10	24	28	
298	4371418	5687242	35	20	700	1								35		35		35		n.b.	nb		35			30	180	150	5	60	55	90	10	18	20
299	4371607	5687076	125	150	18750	3				1	1	1		125		125		125		4/185	1	125			385	565	180	45	115	70	140	7	11	21	
300	4372098	5686809	325	210	68250	4			1	1	1	1		110	215	250	75	100	225	5/250	1	235	90		445	580	135	65	140	75	140	9	13	29	
301	4372469	5686996	45	10	450	1								45		45			45	n.b.	nb	45			265	375	110	40	85	45	100	9	13	22	
302	4372645	5687265	240	120	28800	2				1	1			240		240			240	10/70	0	240			125	265	140	25	75	50	100	11	16	20	
303	4373001	5686887	210	140	29400	4	1	1	1	1	1	1		210		210		210		8/90, 6/70	0	150	60		220	230	10	80	90	10	125	20	21	45	
304	4373115	5686596	190	150	28500	3								190		190		190		6-10/35	1	160	30		200	290	90	40	90	50	105	11	17	29	
305	4373270	5686311	280	240	67200	5	1			1	1	1		210	70	160	120	280		13/270	1	280			410	505	95	65	115	50	115	9	13	28	
306	4373369	5686181	145	170	24650	2								145		145			145	n.b.	nb	145			725	820	95	95	140	45	160	7	10	25	
307	4373621	5686575	680	170	115600	4	1	1	1	1	1	1		680		330	350		680	6/312	1	600	80		475	610	135	70	120	50	135	9	11	20	
308	4373997	5687276	335	140	46900	2								210	100	135	200		335	5/34	1	335			105	280	175	25	75	50	90	13	15	16	
309	4374485	5686726	1150	170	195500	3	1	1	1	1	1	1		640	510	290	860	350	800	5/120	0	1120	30		195	255	60	50	115	65	120	15	24	47	
310	4374840	5686383	845	200	169000	5			1	1	1	1		690	155	160	685	550	295	3/350	1	645	200		220	280	60	50	95	45	120	13	19	37	
311	4374980	5685641	780	150	117000	4				1	1	1		520	260	470	310	350		430	7/156	0	750	30		245	330	85	85	145	60	145	19	24	35
312	4375872	5685455	130	210	27300	4								80	50	130			130	5/19	1		130			280	345	65	50	85	35	85	10	14	28
313	4375437	5684967	1085	260	282100	5	1	1	1	1	1	1		765	320	1085		835	250	10/360	1	915	170		475	565	90	80	135	55	150	10	13	31	
314	4374814	5684425	255	210	53550	3								255		255			255	5/190	1	255			210	305	95	45	100	55	100	12	18	30	
315	4374485	5684609	240	220	52800	3			1	1	1	1		240		240			240	2/360	1	190	50		345	425	80	60	100	40	115	10	13	27	
316	4374173	5684762	255	300	76500	5				1	1	1		80	175	175	80		255	8/315	1	225	30		565	690	125	95	150	55	150	10	12	24	
317	4373851	5684191	1000	210	210000	5	1	1	1	1	1	1		430	570	790	210	850	150	5/50	0	880	120		320	515	195	70	135	65	135	12	15	18	
318	4373768	5683480	150	170	25500	2				1				150		150		150		4/250	1		150			500	620	120	95	145	50	145	11	13	23
319	4373452	5682697	1040	120	124800	4	1	1	1	1	1	1		390	650	260	780	1040		6/260	1		1040			585	640	55	105	135	30	150	10	12	29
320	4374202	5680686	200	200	40000	1								200		200			200	4/270	1	200			430	490	60	75	115	40	135	10	13	34	
321	4374173	5681026	90	60	5400	1								90		90			90	2/260	1	90			580	710	130	75	125	50	125	7	10	21	
322	4374184	5681488	135	70	9450	2								135		135			135	10/90	0		135			460	525	65	85	115	30	125	10	12	25
323	4374339	5681900	550	150	82500	3				1	1	1		550		550		400	150	6/340	1	510	40		365	450	85	80	120	40	140	12	15	25	
324	4373989	5682925	125	100	12500	1								125		125			125	n.b.	nb		125			230	360	130	45	95	50	95	11	15	21
325	4374490	5683174	35	10	350	2								35		35		35		2/90	0	15	20		25	95	70	5	40	35	60	11	23	27	



Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschutz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis											
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A (m)	Clar (° / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)	
326	4374549	5682975	45	10	450	1			1						45	45	45	45	7/65		0	5	40			130	215	85	30	75	45	90	13	19	28	
327	4374767	5682629	450	200	90000	4				1		1	1		450	450		450	2/195		1	380	70			320	430	110	50	105	55	120	9	13	27	
328	4375195	5682214	200	180	36000	3				1		1			200	120	80	200	8/80		0	130	70			400	560	160	65	135	70	135	9	13	24	
329	4375411	5682033	260	200	52000	4			1	1	1	1	1		170	90	120	140	8/65		0	190	70			130	260	130	40	90	50	100	17	19	21	
330	4375784	5681413	900	190	171000	5		1	1	1	1	1	1		465	435	120	780	5/80		0	750	150			200	240	40	50	85	35	125	14	19	41	
331	4376438	5681413	45	20	900	2				1					45	45		45	10/40		0	45				125	170	45	35	60	25	95	16	19	29	
332	4378098	5684095	490	170	83300	3			1	1	1	1			170	320	280	210	10/185		1	330	160			130	305	175	20	100	80	100	9	18	25	
333	4378410	5683384	615	150	92250	4			1	1	1	1			615		615	615	10/80		0	395	220			70	230	160	15	85	70	100	12	20	24	
334	4376563	5680572	160	100	16000	3				1	1	1	1		160	160		160	söhlig		0		160			335	490	155	55	130	75	130	9	15	26	
335	4376614	5680240	220	150	33000	3				1	1	1	1		220	180	40	220	9/270		1		220			175	280	105	35	85	50	115	11	17	26	
336	4376651	5679882	295	150	44250	3				1	1	1	1		185	110	295	295	5/210		1	295				75	230	155	10	80	70	90	7	19	24	
337	4376023	5679911	185	200	37000	4		1	1	1	1	1	1		25	160	185	185	115 6/330		1	145	40			270	435	165	60	135	75	135	12	17	24	
338	4375673	5680038	180	130	23400	3				1					180	180		180	5/80		0	180				305	395	90	65	110	45	110	12	16	27	
339	4375574	5680090	135	140	18900	2					1	1			135	135		135	n.b.		nb	135				510	540	30	105	145	40	145	12	15	53	
340	4375489	5679880	200	160	32000	3				1	1	1	1		200		200	200	söhlig		0	200				625	710	85	130	175	45	190	12	14	28	
341	4375551	5679617	355	150	53250	3				1	1	1	1		355		355	355	söhlig		0	355				700	750	50	135	185	50	200	11	14	45	
342	4375452	5679135	460	200	92000	4				1	1	1	1		370	90	180	260	460	söhlig		0	460				455	565	110	105	180	75	180	13	18	34
343	4376026	5678396	160	120	19200	1						1			160		160	160	n.b.		nb	160				215	310	95	45	80	35	105	12	15	20	
344	4376285	5677843	235	180	42300	3				1		1	1		235	235		235	3/280		1		235			410	555	145	100	150	50	150	13	15	19	
345	4376713	5677716	100	120	12000	2				1		1			100		100	100	5/50		0		100			350	390	40	80	110	30	135	13	16	37	
346	4377349	5678398	650	150	97500	3			1	1	1	1			650		650	650	15/130		0		650			215	295	80	50	85	35	125	13	16	24	
347	4377777	5678450	200	120	24000	3				1	1	1	1		200		200	200	10/150		1		200			235	260	25	50	70	20	105	12	15	39	
348	4378049	5678230	260	130	33800	3				1	1	1	1		260		260	260	5/280		1	230	30			30	185	155	5	65	60	100	9	19	19	
349	4377564	5677822	470	150	70500	5		1	1	1	1	1	1		180	290	290	180	4/320		1	390	80			305	490	185	60	135	75	135	11	16	22	
350	4377522	5677228	360	100	36000	4				1	1	1	1		360		220	140	360	söhlig		0		360			375	520	145	65	125	60	140	10	13	22
351	4377206	5677031	115	120	13800	2				1		1			115		115	115	n.b.		nb	115				395	445	50	80	110	30	140	11	14	31	
352	4377260	5676857	170	80	13600	2					1				170		170	170	10/220		1	170				425	450	25	85	110	25	150	11	13	45	
353	4377465	5676613	155	110	17050	2				1		1			155		155	155	14/240		1	95	60			280	435	155	45	100	55	120	9	13	19	
354	4377764	5676533	30	20	600	1					1				30	30		30	n.b.		nb		30			105	230	125	15	65	50	65	8	16	22	
355	4378148	5676624	430	320	137600	4				1	1	1	1		430		430	430	3/130		0	430				260	415	155	50	115	65	135	11	16	23	
356	4378508	5676891	280	290	81200	3				1		1			280		280	280	4/140		1	280				260	350	90	50	100	50	135	11	16	29	
357	4378783	5677114	160	240	38400	4				1	1	1	1		160		160	160	5/280		1		160			275	450	175	55	125	70	130	11	16	22	
358	4379240	5677153	495	190	94050	4				1	1	1	1		495		495	50	445	4/90		0	415	80		100	310	210	30	100	70	115	17	18	28	
359	4379569	5677581	180	60	10800	2				1	1	1			180		180	180	n.b.		nb	180				50	175	125	10	60	50	85	11	19	22	
360	4379800	5677415	180	70	12600	3				1					180		180	180	4/220		1	180				35	120	85	15	60	45	80	23	27	28	
361	4379850	5677150	115	50	5750	2				1	1	1			115		115	115	5/70		0		115			40	150	110	5	50	45	75	7	18	22	
362	4379940	5676914	135	90	12150	4				1	1	1	1		135	135	135	135	6/320		1		135			25	195	170	5	75	70	75	11	21	22	
363	4379702	5676790	170	120	20400	3				1	1	1	1		170		170	170	6/315		1		170			105	295	190	20	85	65	85	11	16	19	
364	4379323	5676624	550	140	77000	4				1	1	1	1		550		550	550	n.b.		nb		550			130	275	145	40	90	50	90	17	18	19	
365	4378796	5676245	630	180	113400	4		1	1	1	1	1	1		180	450	490	140	430	200	5/285		1	590	40		195	430	235	50	105	55	105	15	13	13
366	4378931	5675640	140	170	23800	2				1		1			140		140	140	5/350		1		140			100	185	85	25	65	40	95	14	19	25	
367	4377971	5675646	915	240	219600	5		1		1	1	1	1		750	165	500	250	200	715	13/360		1	885	30		215	360	145	60	125	65	130	16	20	24
368	4378366	5675114	165	180	29700	3				1		1			55	110		165	165	3/230		1	105	60		260	350	90	70	105	35	130	15	17	21	
369	4378778	5675018	585	100	58500	3				1	1	1	1		470	115	585		100	485	10/200		1	485	100		190	420	230	40	105	65	105	12	14	16
370	4379206	5675020	40	80	3200	2				1					40		40	40	n.b.		nb		40			175	290	115	25	55	30	90	8	11	15	
371	4379647	5675254	410	100	41000	4				1	1	1			310	100	270	140	410	7/160		0	410			95	250	155	25	85	60	85	15	19	21	
372	4380182	5675093	420	100	42000	3				1	1	1			420		420	420	10/260		1	380	40			110	215	105	25	70	45	65	13	17	23	

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschatz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis									
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A Clar (m)	Abw. FDA (° / °)	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)
373	4380353	5674831	280	60	16800	4				1	1			280		280		280	6/10	1	280				30	120	90	15	55	40	55	27	25	24
374	4379624	5674681	360	180	64800	3				1	1	1	1	130	230	280		50	310	8/340	1	320	40		190	290	100	55	80	25	80	16	16	14
375	4379603	5674310	200	160	32000	3	1			1	1	1		70	130	360		200	4/30	1	200				85	245	160	30	75	45	75	19	17	16
376	4379170	5674320	140	200	28000	3				1	1	1	1	140		200		140	4/350	1	140				135	280	145	35	75	40	75	15	15	16
377	4379035	5674317	45	180	8100	2						1	1	45		140		45	6/345	1		45			210	335	125	50	110	60	110	16	18	22
378	4378775	5674162	215	110	23650	3				1	1			215		45		215	6/330	1	215				220	375	155	50	110	60	105	13	16	21
379	4378275	5674258	300	90	27000	2				1	1			300		215		300	5/350	1		300			230	330	100	50	95	45	85	12	15	24
380	4377961	5674437	80	20	1600	1				1	1	1		80		300		80	n.b.	nb		80			170	270	100	40	80	40	80	13	17	22
381	4377411	5674834	770	270	207900	4	1	1	1	1	1	1	1	690	80	540	230	160	200	410 7/30	1	720	50		370	445	75	80	130	50	130	12	16	34
382	4376742	5675218	160	200	32000	4				1	1	1	1	160		160			160 7/70	0	130	30		130	270	140	40	85	45	85	17	17	18	
383	4376679	5675524	150	180	27000	3				1	1	1	1	150		150			150 6/240	1		150	150		400	480	80	90	130	40	150	13	15	27
384	4376487	5675768	290	150	43500	3	1			1	1	1		290		180	110	200	90 10/30	1	180	110		400	485	85	110	150	40	160	16	17	25	
385	4376075	5675993	580	250	145000	5				1	1	1	1	580		500	80	380	200 5/20	1	490	90		500	520	20	60	80	20	160	7	9	72	
386	4375673	5676094	120	90	10800	1				1				120		120			120 7/155	1	120				500	730	230	85	115	30	170	10	12	7
387	4375670	5675897	320	250	80000	4				1	1	1	1	185	135	230	90	320	10/230	1	280	40		340	485	145	75	95	20	120	12	12	8	
388	4375862	5675459	100	120	12000	1					1			100		100		100	n.b.	nb	100			370	515	145	80	110	30	125	12	12	12	
389	4375950	5675301	130	110	14300	1					1			130		130		130	3/295	1		130			195	405	210	60	115	55	115	17	16	15
390	4373512	5676141	150	300	45000	4				1	1	1		100	50	150			150 10/60	0	110	40		15	435	420	20	110	90	110	53	14	12	
391	4373294	5676014	280	90	25200	2				1	1	1		280		280		280	6/220	1	280			220	345	125	55	110	55	140	14	22	24	
392	4373823	5675080	45	100	4500	1				1				45		45		45	n.b.	nb		45			285	360	75	85	135	50	135	17	21	34
393	4373800	5674994	70	100	7000	2				1				70		70		70	9/345	1	70			260	390	130	80	140	60	140	17	21	25	
394	4373841	5674701	250	350	87500	1	1			1				250		200	50	250	6/140	0		250			415	525	110	120	205	85	205	16	21	38
395	4374002	5674372	350	210	73500	3				1		1		350		350		350	10/80	0	350			415	715	300	90	190	100	205	12	15	18	
396	4374326	5674149	330	40	13200	1					1	1		330		330		330	9/120	0	330			370	520	150	80	140	60	200	12	15	22	
397	4374723	5673809	130	200	26000	3				1	1	1		130		130		130	10/40	0	80	50		90	330	240	20	120	100	160	12	20	22	
398	4375019	5673490	530	170	90100	3				1	1	1	1	530		530		50	480 10/220	1	420	110		290	525	235	75	160	85	200	15	17	20	
399	4375587	5673669	150	50	7500	1				1				150		150		150	n.b.	nb		150			70	280	210	10	105	95	105	8	21	24
400	4375961	5673747	170	150	25500	1				1				170		170		170	n.b.	nb		170			40	210	170	5	65	60	65	7	17	19
401	4375989	5673324	105	50	5250	3				1	1	1		105		105		105	8/10	1		105			80	220	140	10	85	75	85	7	21	29
402	4375678	5672950	395	150	59250	4	1			1	1	1	1	395		395		395	15/35	1	335	60		170	375	200	40	140	100	175	13	20	27	
403	4375408	5672556	360	180	64800	5	1	1	1	1	1	1		80	280	360		360	2/160	1	320	40		355	575	220	65	140	75	185	10	13	19	
404	4374931	5672351	480	150	72000	3				1	1	1		220	260	480		480	söhlilig	0	480			520	745	225	80	145	65	175	9	11	16	
405	4374404	5672154	410	100	41000	3				1	1	1		410		410		410	4/20	1		410			480	590	110	85	125	40	150	10	12	20
406	4373929	5672229	200	220	44000	3				1				200		100	100	200	2/220	1	200			375	525	150	60	120	60	135	9	13	22	
407	4373623	5672273	260	180	46800	3				1	1	1		260		260		100	160 3/360	1	130	130		695	825	130	135	190	55	210	11	13	23	
408	4373481	5671941	55	150	8250	3				1	1			55		55		55	9/5	1		55			215	335	120	50	100	50	125	13	17	23
409	4373237	5671707	105	180	18900	3				1	1	1		105		105		105	4/310	1	105			275	380	105	55	105	50	135	11	16	26	
410	4373239	5671318	240	200	48000	2				1	1	1		240		240		240	n.b.	nb	240			165	355	190	25	100	75	140	9	16	21	
411	4373493	5671365	80	180	14400	1				1				80		80		80	5/110	0	80			90	270	180	20	90	70	135	12	18	21	
412	4373942	5671285	180	230	41400	3				1	1	1		180		180		180	6/360	1	180			185	330	145	50	100	50	160	15	17	19	
413	4374160	5670965	100	70	7000	3				1				100		100		100	n.b.	nb		100			170	275	105	40	80	40	150	13	16	21
414	4374160	5670732	100	70	7000	1				1				100		100		100	n.b.	nb		100			300	380	80	65	110	45	175	12	16	29
415	4374220	5670441	170	260	44200	1						1		170		170		170	n.b.	nb	170			285	380	95	35	90	55	130	7	13	30	
416	4374505	5670366	80	60	4800	1				1				80		80		80	n.b.	nb		80			265	420	155	35	95	60	130	7	11	21
417	4374874	5670369	120	40	4800	2					1			120		120		120	10/130	0		120			110	240	130	25	80	55	135	13	18	23
418	4374988	5670571	50	20	1000	1					1			50		50		50	n.b.	nb		50			40	120	80	10	35	25	115	14	16	17
419	4375325	5670491	325	50	16250	2				1	1	1		325		325		325	10/330	1	285	40		85	175	90	25	55	30	90	16	17	18	

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschatz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis										
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A Clar (m / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)	
420	4375434	5670037	355	80	28400	3					1	1		355		355		150	205	9/250	1	295	60		260	390	130	50	95	45	125	11	12	19	
421	4375727	5670078	160	60	9600	2								160		160			160	6/180	1	120	40		350	460	110	60	100	40	125	10	12	20	
422	4376153	5670096	195	50	9750	1								195		195		195	5/300	1	195			110	185	75	35	75	40	110	18	21	28		
423	4376225	5669816	220	30	6600	2						1	1	220		220		220	5/20	1		220			220	310	90	40	85	45	115	10	15	27	
424	4376350	5669925	165	120	19800	3								165		165			165	10/130	0	165			100	220	120	20	70	50	100	11	18	23	
425	4376371	5670148	175	160	28000	2					1	1	1	175		175			175	5/125	0	175			65	225	160	20	90	70	110	17	22	24	
426	4376371	5670332	155	100	15500	2								155		155			155	7/100	0		155			55	240	185	10	80	70	110	10	17	21
427	4376539	5670605	250	70	17500	1								250		250			250	6/140	0	110	140		50	165	115	10	60	50	95	11	18	23	
428	4376749	5671235	95	30	2850	2					1	1	1	95		95		95	6/250	1			95			20	120	100	5	65	60	60	14	47	31
429	4376801	5670745	50	30	1500	1								50		50		50	n.b.	nb	50				20	45	25	5	30	25	85	14	34	45	
430	4376793	5670408	50	20	1000	1								50		50		50	7/260	1	50				35	110	75	10	50	40	90	16	22	28	
431	4376762	5670182	160	90	14400	1								160		160		160	söhlilig	0		160			35	160	125	5	50	45	95	8	17	20	
432	4377035	5669689	110	70	7700	2								85	25	110			110	2/230	1	70	40		80	150	70	20	65	45	100	14	23	33	
433	4377185	5670828	90	20	1800	2								90		90			90	n.b.	nb	90			190	330	140	25	80	55	110	7	13	21	
434	4377279	5671147	485	110	53350	3								485		485			485	7/110	0	455	30		130	280	150	20	95	75	110	9	17	27	
435	4377336	5671503	120	120	14400	1								120		120			120	n.b.	nb		120			235	350	115	40	105	65	95	10	11	30
436	4377196	5671635	70	50	3500	1								70		70		70	n.b.	nb	70				120	300	180	20	90	70	90	10	17	21	
437	4378101	5671305	115	170	19550	1								115		115		115	n.b.	nb		115			40	335	295	5	95	90	95	7	16	17	
438	4378114	5670945	120	70	8400	2								120		120		120	n.b.	nb		120			110	200	90	25	90	65	90	13	18	36	
439	4377821	5670740	270	70	18900	2						1	1		270		270		270	5/320	1	270			85	225	140	20	80	60	100	13	20	23	
440	4377704	5670236	295	70	20650	2								295		295		295	5/240	1	275	20			130	265	135	25	90	65	115	11	19	26	
441	4377559	5669764	120	50	6000	2								120		120		120	6/250	1		120			95	255	160	15	80	65	110	9	17	22	
442	4375763	5669256	135	90	12150	2								135		135		50	85	40/20	1	85	50		115	255	140	40	95	55	95	19	20	21	
443	4378088	5667948	225	100	22500	2									225		225		225	8/190	1	225			450	500	50	110	135	25	145	13	15	27	
444	4379922	5666420	325	180	58500	3									325		325		325		1		325			105	415	310	35	110	75	120	18	16	13
497	4365098	5692387	180	200	36000	2								180		110	70		180	4/205	1	180			745	810	65	110	140	30	140	9	10	25	
498	4364348	5692626	1540	210	323400	4					1			830	710	760	780		850	6/131	0	1460	80		250	440	190	50	125	75	125	11	16	21	
499	4362907	5692199	1630	180	293400	5					1	1	1	600	1030	620	1010		1000	9/54	0	1510	120		410	515	105	90	160	70	160	12	17	34	
500	4362805	5691213	200	170	34000	4								200		200		200	8/226	1	200			460	555	95	80	125	45	135	10	13	25		
501	4362709	5690999	100	80	8000	3					1			100		100		100	3/148	1			100			210	305	95	50	100	50	105	13	18	28
502	4362662	5690852	100	180	18000	3								100		100		100	3/118	0	100				110	240	130	30	75	45	80	15	17	19	
503	4361653	5691617	1050	200	210000	4								310	740	150	900		120	930	10/243	1	1010	40		415	545	130	75	135	60	155	10	14	25
504	4361077	5691857	110	30	3300	2									110		110		110	n.b.	nb	80	30		150	200	50	35	60	25	80	13	17	27	
505	4360736	5692414	360	130	46800	2								360		120	240			360	n.b.	nb	360			165	295	130	40	85	45	95	13	16	19
506	4360911	5692939	800	150	120000	4								390	410	440	360		200	600	18/188	0	780	20		410	490	80	70	110	40	135	10	12	27
507	4360333	5692684	1260	150	189000	4					1	1	1		1260		1260		1260	10/159	0		1260			405	560	155	80	145	65	160	11	15	23
508	4362868	5689505	660	210	138600	5					1	1	1		660	550	110		300	360	3/285	1	610	50		465	575	110	85	125	40	125	10	12	20
509	4363096	5689842	90	30	2700	2								90		90			90	n.b.	nb		90			175	215	40	35	65	30	65	11	17	37
510	4363714	5690008	190	60	11400	3								190		170	20		190	5/8	1	190			285	330	45	50	80	30	80	10	13	34	
511	4363845	5690220	180	60	10800	3					1			180		140	40		180	2/213	1	180			265	330	65	60	85	25	85	13	15	21	
512	4364717	5691579	130	80	10400	2								130		130		130	5/198	1	130				125	320	195	30	85	55	95	13	15	16	
<b>Gobert</b>																																			
513	4366796	5684119	70	70	4900	4					1	1	1		70		70		70	5/32	0	70			300	310	10	80	90	10	95	15	16	45	
514	4366515	5684176	540	120	64800	5					1	1	1		540	260	280		540	5/32	0	540			290	340	50	80	110	30	110	16	18	31	
515	4365528	5684438	680	140	95200	5					1	1	1		680	430	250		680	10/35	0	680			360	520	160	75	120	45	130	12	13	16	
516	4365288	5685053	1210	190	229900	4					1	1	1		1210	900	310		1100	110	13/9	1	1210			345	455	110	95	150	55	150	16	18	27
517	4364298	5685414	280	180	50400	3								160	120	60	220		80	200	9/128	0	230	50		265	380	115	70	135	65	155	15	20	30

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschatz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis											
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A (m)	Clar (° / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)	
518	4363643	5685775	240	50	12000	3					1	1		240		240		240		9/40		0	240			170	360	190	15	90	75	110	5	14	21	
519	4363227	5686563	510	210	107100	5						1	1	160	350	470	40	510		4/330		1	450	60		415	595	180	95	180	85	180	13	17	25	
520	4362971	5685823	670	200	134000	5	1	1	1	1	1	1	1		670	610	60	670		10/77		0	670			195	440	245	60	165	105	165	17	21	23	
521	4363208	5685500	1070	220	235400	5	1	1	1	1	1	1	1	720	350	520	550		760	310	10/77		0	1050	20	490	810	320	95	200	105	200	11	14	18	
522	4364625	5684432	630	230	144900	4	1	1	1	1	1	1	1		630	630	630		460	170	13/198		1	630		320	450	130	60	100	40	155	11	12	17	
523	4364598	5683758	1480	220	325600	5	1	1	1	1	1	1	1	980	500	1480		1180	300	13/273		1		1480	515	615	100	90	165	75	165	10	15	37		
524	4364320	5683194	140	90	12600	3	1			1	1			140		40	100		140		5/271		1	140		320	435	115	100	165	65	165	17	21	30	
525	4364096	5683003	480	120	57600	5			1	1	1	1	1	480		50	430	190	290	6/158		0	480			325	475	150	60	125	65	135	10	15	23	
526	4363783	5682555	530	200	106000	6	1			1	1	1	1	410	120	70	460	530		4/193		1	430	100		390	535	145	105	200	95	200	15	20	33	
527	4363713	5681638	1240	200	248000	7	1			1	1	1	1	520	720	190	1050	1240		9/246		1		1240		650	710	60	200	260	60	270	17	20	45	
528	4362526	5681462	780	180	140400	7	1			1	1	1	1		780	440	340	270	510	10/176		0	590	190		625	710	85	155	220	65	220	14	17	37	
529	4362472	5681155	150	150	22500	6				1	1	1	1	150		150			150	n.b.		nb	150			480	535	55	135	160	25	185	16	16	24	
530	4362917	5681252	80	40	3200	2				1				80		80		80				nb	80			625	635	10	150	160	10	190	13	14	45	
531	4363039	5682603	180	180	32400	3				1	1	1	1		180		180		180	n.b.		nb	180			240	435	195	60	160	100	185	14	20	27	
532	4362181	5682887	310	170	52700	4				1	1	1	1		310		310		310	n.b.		nb	310			430	560	130	115	185	70	205	15	18	28	
533	4362518	5684079	500	180	90000	4				1	1	1	1	500		500		500		2/203		0	500			405	520	115	85	135	60	165	12	16	27	
534	4363219	5684200	50	20	1000	1				1				50		50		50		n.b.		nb		50		330	460	130	60	120	60	120	10	15	25	
535	4363168	5680856	780	170	132600	5	1	1	1	1	1	1	1	780		120	660	520	260	9/97		0	690	90		825	1010	185	180	255	75	255	12	14	22	
536	4363842	5680996	720	220	158400	5	1	1	1	1	1	1	1	430	290	560	160			720	n.b.	nb	650	70		790	890	100	145	190	45	190	10	12	24	
537	4364393	5681098	240	190	45600	3				1	1	1	1	240		70	170			240	5/140		0	180	60		215	335	120	50	90	40	90	13	15	18
538	4364921	5681133	580	150	87000	3				1	1	1	1	210	370	120	460		580	5/68		0		580		250	385	135	60	120	60	120	13	17	24	
539	4364948	5680664	430	120	51600	3				1	1	1	1	430		30	400			430	n.b.	nb		430		265	325	60	60	110	50	120	13	19	40	
540	4364948	5680330	130	180	23400	3				1	1	1	1		130	60	70			130	5/194		1	130		385	565	180	95	170	75	170	14	17	23	
541	4364622	5680003	580	250	145000	4	1			1	1	1	1	580		250	330	290	290	10/180		0	480	100		280	425	145	80	150	70	150	16	19	26	
542	4364616	5679537	280	200	56000	5	1	1	1	1	1	1	1		280	40	240		180	100	n.b.	nb	240	40		500	580	80	105	145	40	150	12	14	27	
543	4364646	5678930	570	260	148200	3				1	1	1	1	570		30	540			570	2/58		1	470	100		395	555	160	105	155	50	185	15	16	17
544	4364611	5678433	220	110	24200	4				1	1	1	1	220		60	160			220	15/200		0	220		295	505	210	60	130	70	130	11	15	18	
545	4364557	5678093	190	70	13300	2				1				190		190				190	n.b.	nb	140	50		310	345	35	70	100	30	110	13	16	41	
546	4365480	5678344	1180	180	212400	7	1	1	1	1	1	1	1	200	980	200	980	460	720	10/240		0	1130	50		355	540	185	105	200	95	200	17	20	27	
547	4365361	5679491	800	200	160000	5	1	1	1	1	1	1	1	800		190	610	800		8/256		0		800		570	730	160	95	150	55	200	10	12	31	
548	4365523	5679949	110	180	19800	3				1	1	1	1	110		110		110		6/277		0		110		565	750	185	95	155	60	180	10	12	18	
549	4365690	5680170	300	90	27000	2				1	1	1	1		300		300	300		5/324		0		300		525	720	195	95	185	90	210	10	15	25	
550	4366472	5680486	770	100	77000	5	1	1	1	1	1	1	1	770		660	110	110	660	6/358		1	770			340	470	130	90	155	65	155	15	18	27	
551	4366745	5680432	100	90	9000	3				1	1			100		80	20		100	6/358		1	100			485	590	105	80	130	50	130	9	12	26	
552	4366208	5680729	1110	200	222000	5	1	1	1	1	1	1	1	530	580	1110		1110		12/82		1	840	270		410	465	55	105	135	30	135	15	16	29	
553	4365234	5681425	970	210	203700	5	1	1	1	1	1	1	1	970		970				970	6/207		0	900	70		325	450	125	60	100	40	100	10	12	18
554	4364943	5682320	100	130	13000	3				1				100		100				100	n.b.	nb	100			190	455	265	25	100	75	100	7	12	16	
555	4365210	5682687	760	190	144400	4				1	1	1	1	760		250	510			760	n.b.	nb		760			355	490	135	60	115	55	115	10	13	22
556	4365436	5683186	870	200	174000	5				1	1	1	1	870		870		870		n.b.		nb	870			285	355	70	60	95	35	95	12	15	27	
557	4364937	5683698	630	150	94500	3				1	1	1	1	630		510	120			630	9/157		0	630		465	600	135	80	120	40	120	10	11	17	
558	4364859	5684168	100	30	3000	1				1				100		50	50			100	9/157		0	100		350	485	135	55	95	40	95	9	11	17	
559	4363813	5679410	440	170	74800	3				1				440		250	190			440	9/190		1	380	60		290	400	110	85	125	40	125	16	17	20
<b>Ringgau</b>																																				
445	4379248	5665331	525	80	42000	3				1	1	1	1	525		525		525		7/50		0		525		260	275	15	70	90	20	105	15	19	53	
446	4378353	5664960	1420	170	241400	4	1	1	1	1	1	1	1	540	880		1420		1420	6/175		1		1420		165	270	105	55	110	55	135	18	22	27	
447	4377250	5664949	335	160	53600	3	1			1	1	1	1	35	300	285	50		335	2/165		1	265	70		315	500	185	95	185	90	185	17	20	26	
448	4376985	5665222	420	140	58800	4	1	1	1	1	1	1	1	420		230	190			420	10/115		0	330	90		570	680	110	135	195	60	195	13	16	29

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschutz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis										
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A Clar (m) (° / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)	
449	4376879	5665715	260	200	52000	3				1	1	1		200	160		260		260	10/210	1	260			610	650	40	145	175	30	200	13	15	37	
450	4376339	5665512	65	20	1300	1				1				65			65		65	14/360	1		65		400	440	40	105	130	25	195	15	17	32	
451	4376293	5665056	375	150	56250	2				1	1	1		375		375		375	n.b.	nb			375		480	550	70	100	115	15	200	12	12	12	
452	4376301	5664672	165	130	21450	1				1				165		165		165	n.b.	nb			165		310	420	110	75	115	40	155	13	15	20	
453	4375992	5664420	70	100	7000	2				1				70		70		70	n.b.	nb			70		85	180	95	30	75	45	105	19	23	25	
454	4375808	5664316	250	140	35000	4				1	1			250		250		250	6/145	0	250			220	530	310	100	160	60	190	24	17	11		
455	4375673	5663746	180	60	10800	2				1	1			180		180		180	5/140	0	180			160	260	100	35	80	45	105	12	17	24		
456	4374941	5661130	130	60	7800	3				1	1	1		130		130		130	13/300	1	130			115	375	260	15	110	95	110	7	16	20		
457	4374261	5661758	310	40	12400	2				1	1			190	120	310		310	n.b.	nb		310		375	480	105	45	90	45	120	7	11	23		
458	4374150	5662731	670	110	73700	3				1		1		670		670		670	3/360 im N	1	670			110	310	200	40	80	40	100	20	13	11		
459	4373610	5663227	200	70	14000	1						1		200		200		200	9/75	1	200			125	230	105	30	70	40	80	13	17	21		
460	4374018	5663419	160	20	3200	1						1		160		160		160	160 3/195	0	160			125	185	60	30	60	30	100	13	18	27		
461	4374267	5663437	160	40	6400	1				1	1			160		90	70	160	9/175	0	160			50	200	150	10	55	45	85	11	16	17		
462	4374422	5663759	115	30	3450	1						1		115		115		115	5/180	0		115		45	190	145	10	45	35	90	12	13	13		
463	4374189	5664301	230	70	16100	2				1				230		230		230	n.b.	nb		230		395	565	170	55	110	55	155	8	11	18		
464	4373672	5664534	280	250	70000	5	1			1	1	1		280		30	250	280	10/180	0	280			340	435	95	80	160	80	180	13	20	40		
465	4373493	5664822	355	200	71000	3				1	1	1		100	255	355		355	7/190	0			355		55	290	235	20	115	95	145	20	22	22	
466	4373019	5665497	1940	240	465600	6	1	1		1	1	1		1940	1560	380	1070	290	580	11/190	0	560	180	1200	210	350	140	75	160	85	160	20	25	31	
467	4371649	5665489	300	180	54000	4				1	1	1		300		300		300	17/10	1	300			300	365	65	65	100	35	130	12	15	28		
468	4371182	5665364	735	160	117600	4				1	1	1		735		80	655		735	2/210	0	525	210		490	585	95	110	170	60	175	12	16	32	
469	4371166	5664825	210	80	16800	2				1	1			210		210		210	6/250	0	170	40		170	240	70	70	110	40	130	22	25	30		
470	4371146	5664249	455	200	91000	5				1	1	1		455		455		455	10/20	1			455		260	415	155	65	125	60	125	14	17	21	
471	4370092	5664262	1585	180	285300	4	1			1	1	1		1155	430	1345	240	1135	450	10/205	0	1385	200		230	360	130	60	125	65	125	15	19	25	
472	4369369	5664879	455	90	40950	2				1	1	1		455		455		455	4/270	0		455		215	360	145	65	120	55	120	17	18	21		
473	4368486	5665152	1350	190	256500	5	1	1		1	1	1		1350	1150	200	1350		6/185	0	1190	160		200	305	105	55	135	80	135	16	24	37		
474	4368126	5665652	485	150	72750	4				1	1	1		485		485		485	7/180	0	270	215		230	305	75	55	110	55	110	13	20	36		
475	4367991	5666353	3190	260	829400	6	1	1		1	1	1		1295	1895	2440	750	2430	90	670	8/200	0	3060	130		300	450	150	70	150	80	180	13	18	28
476	4365752	5666254	1785	240	428400	6				1	1	1		485	1300	1665	120	1785		3-5/200	0		1785		265	390	125	35	115	80	115	7	16	33	
477	4364769	5666418	260	300	78000	4				1	1	1		260		260		190	70	3/320	1	260		300	540	240	55	140	85	140	10	15	19		
478	4364520	5666042	295	190	56050	4				1	1	1		295		225	70	295	n.b.	nb		295		260	370	110	45	105	60	105	10	16	29		
479	4362654	5665172	130	30	3900	2				1	1			130		130		130	6/50	1		130		205	315	110	60	115	55	115	16	20	27		
480	4361560	5664399	2210	200	442000	5				1	1	1		890	1320	1720	490	1510	420	280	7/165	0	1050	1160		195	415	220	50	135	85	135	15	18	21
481	4360846	5665331	60	150	9000	1						1		60		60		60	8/330	1		60		370	495	125	65	130	65	130	10	15	27		
482	4360823	5664620	1315	250	328750	5				1	1	1		515	800	1065	250	350	965	8/260	1	1245	70		245	510	265	50	145	95	145	11	16	20	
483	4360698	5663317	1525	240	366000	6	1			1	1	1		700	825	250	1275	1175	350	9/155	0	1365	160		245	440	195	45	135	90	135	11	18	22	
484	4360242	5661891	480	210	100800	4				1	1	1		195	285	35	445	200	280	6/340	1	430	50		200	275	75	35	70	35	140	10	14	25	
485	4363593	5657149	310	40	12400	2				1	1			310		310		310	8/356	0			310		310	440	130	60	125	65	135	11	15	27	
486	4363783	5657326	40	120	4800	3				1	1			40		40		40	8/356	0			40		420	570	150	70	140	70	155	10	14	25	
487	4363942	5657497	230	160	36800	4				1	1			230		230		230	7/289	1			230		580	755	175	75	150	75	155	7	11	23	
488	4364087	5657630	100	30	3000	2				1	1			100		100		100	4/338	1	100			145	300	155	25	100	75	100	10	18	26		
489	4364341	5657966	130	40	5200	1				1				130		130		130	5/343	1	130			150	330	180	20	90	70	95	7	15	21		
490	4365373	5658434	200	120	24000	2				1	1			200		200		200	9/320	1	165	35		195	330	135	40	110	70	120	12	18	27		
491	4365741	5658472	90	190	17100	2				1		1		90		90		90	10/348	1	40	50		240	360	120	50	120	70	125	12	18	30		
492	4366608	5658289	370	240	88800	3				1	1	1		370		370		370	4/28	0	370			570	710	140	95	160	65	180	10	13	25		
493	4367166	5658048	500	120	60000	3				1	1			500		500		500	220	70	210	7/326	1	190	390	200	45	115	70	125	13	16	19		
494	4368838	5657554	700	160	112000	3				1	1	1		700		700		700	4/7	0		700		210	350	140	50	100	50	120	13	16	20		
495	4369319	5657187	210	20	4200	1				1				210		150	60	210		n.b.	nb		210		85	230	145	20	75	55	80	13	18	21	

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschutz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis											
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A (m)	Clar (° / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)	
496	4373867	5654767	1090	200	218000	4	1	1	1	1	1	1	1	1090	770	320	1090				16/22	0	1090				135	395	260	30	115	85	115	12	16	18
<b>Ohrdrufer Platte</b>																																				
560	4424657	5629320	600	350	210000	4			1	1	1	1	600	310	290				600	4/348	0	600				360	590	230	70	170	100	170	11	16	23	
561	4425469	5630310	190	130	24700	1						1	190		190			190	9/146	1	150	40			60	350	290	10	100	90	110	10	16	17		
562	4425571	5630734	490	270	132300	5			1	1	1	1	490	30	460			490	6/180	1	490				295	500	205	50	155	105	170	10	17	27		
563	4425780	5631424	90	170	15300	2						1	90		90			90	12/296	1		90			225	370	145	45	115	70	140	11	17	26		
564	4425831	5631746	230	150	34500	3			1	1	1	1		230	90	140		230	7/283	1	230				95	220	125	20	90	70	95	12	22	29		
565	4425816	5632558	210	80	16800	2			1				210		90	120		210	3/20	0		210			30	80	50	15	65	50	95	27	39	45		
566	4425423	5632292	310	200	62000	2			1			1		310	310			310	6/24	0	250	60			45	240	195	15	100	85	100	18	23	24		
567	4424876	5631730	40	120	4800	1						1		40	40			40	n.b.	nb		40			105	330	225	20	120	100	120	11	20	24		
568	4424657	5631260	40	30	1200	1			1					40		40		40	5/242	1	40				165	295	130	35	105	70	120	12	20	28		
569	4424407	5630898	190	160	30400	1						1	190		190			190	n.b.	nb	190				135	225	90	30	80	50	80	12	20	29		
570	4423814	5630392	20	10	200	2			1				20		20			20	11/351	0			20			150	215	65	25	55	30	55	10	15	25	
571	4421562	5630464	40	70	2800	2			1					40	40			40	9/343	0		40				40	250	210	5	90	85	90	7	20	22	
572	4421802	5630060	50	70	3500	1						1	50		50				50	12/203	1		50			25	125	100	5	55	50	55	11	24	27	
573	4422644	5629820	110	200	22000	3			1	1	1	1	110		110				110	4/193	1		110			85	265	180	15	90	75	105	10	19	23	
574	4422221	5629968	590	220	129800	2			1	1	1	1	590		590				590	10/231	1		590			135	375	240	30	115	85	125	12	17	19	
575	4422721	5629228	130	200	26000	2			1	1	1	1	130		130			130	4/321	0	130				400	575	175	75	155	80	160	11	15	25		
576	4422542	5629044	110	50	5500	1			1				110		110			110	11/21	0	110				60	195	135	10	80	70	100	10	22	27		
577	4422032	5628492	60	70	4200	2			1				60		60			60	n.b.	nb		60			150	245	95	25	65	40	65	10	15	23		
578	4423325	5625776	140	180	25200	3			1	1	1	1	140		140			140	9/295	1		140			125	295	170	15	80	65	90	7	15	21		
579	4422483	5621961	1200	120	144000	2			1	1	1	1		1200	370	830		1200	12/324	0	1200				110	395	285	25	125	100	125	13	18	19		
580	4423196	5623376	180	200	36000	3			1	1	1	1	180		180			180	4/274	1	150	30			25	160	135	5	50	45	80	11	17	18		
581	4423602	5622926	180	40	7200	2		1					180		180			180	n.b.	nb		180			335	555	220	40	100	60	110	7	10	15		
582	4423997	5623354	90	30	2700	1			1	1	1	1	90		90			90	n.b.	nb		90			330	620	290	35	120	75	120	6	11	15		
583	4424085	5623464	50	20	1000	1				1			50		50			50	n.b.	nb		50			285	620	335	30	110	80	110	6	10	13		
584	4424220	5623618	40	20	800	1				1			40		40			40	n.b.	nb		40			175	480	305	20	105	85	120	6	12	16		
585	4424895	5624190	50	250	12500	2			1			1	50		50			50	n.b.	nb		50			250	525	275	35	110	75	120	8	12	15		
586	4424877	5624431	220	230	50600	3			1	1	1	1	220		220			220	4/267	1	60	160			275	495	220	60	140	80	140	12	16	20		
587	4424722	5625386	450	200	90000	4			1	1	1	1		450	450			450	9/131	1		450			350	555	205	65	120	55	120	11	12	15		
588	4424941	5625983	340	220	74800	3						1	340		340			340	7/354	0		340			300	535	235	55	125	70	125	10	13	17		
589	4425315	5626588	190	180	34200	4			1	1	1	1	190		190			190	7/148	1	160	30			280	455	175	60	125	65	125	12	15	20		
590	4424609	5627166	2160	310	669600	7		1	1	1	1	1	520	1640	2090	70		1660	500	5/245	1	1930	230		700	835	135	150	210	60	210	12	14	24		
591	4424661	5627586	720	310	223200	6		1	1	1	1	1	420	300	490	230		420	300	8/348	0		720			660	775	115	115	185	70	185	10	13	31	
592	4425251	5627610	180	90	16200	3			1	1	1	1		180	180			180	8/305	0	180				315	515	200	55	110	55	110	10	12	16		
593	4425577	5628021	240	210	50400	2			1			1	240		240			240	n.b.	nb		240			365	530	165	50	100	50	105	8	11	17		
594	4427101	5628103	260	350	91000	5			1	1	1	1		260	260			260	8/294	1	220	40			425	700	275	70	130	60	130	9	11	12		
595	4427543	5627699	150	130	19500	2			1				150		150			150	14/106	0	150				150	225	75	20	70	50	80	7	20	34		
596	4427692	5627924	70	80	5600	2				1		1		70	70				70	n.b.	nb	70			135	425	290	20	75	55	80	9	10	11		
597	4425084	5628155	520	310	161200	4			1	1	1	1	520		520			260	260	7/327	0		520			400	635	235	65	165	100	165	9	15	23	
598	4424679	5628666	460	300	138000	4			1	1	1	1	460		460			460	7/51	0		460			385	485	100	90	165	75	165	13	19	37		
599	4424399	5625397	420	200	84000	4		1	1	1	1	1	420		100	320			420	4/74	1	270	150			260	470	210	60	135	75	135	13	16	20	
600	4423949	5624933	520	280	145600	5			1	1	1	1	520		520			520	3/56	1	480	40			505	755	250	80	145	65	145	9	11	15		
601	4423827	5624																																		

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschatz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis											
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A (m)	Clar (° / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)	
605	4419860	5621966	60	20	1200	1				1				60	60	60		60		n.b.		nb		60			30	385	355	5	95	90	95	10	14	14
606	4419820	5622709	1300	250	325000	7	1	1	1	1	1	1		750	550	1300		1300		7/150		1		1300			185	365	180	35	110	75	110	11	17	23
<b>Ilm-Kalk-Platte</b>																																				
607	4447988	5620975	290	340	98600	5					1	1	1	290	200	90		290		8/98		1	230	60		170	505	335	30	130	100	130	10	15	17	
608	4446436	5620528	160	110	17600	2					1	1	1	160	160			160		n.b.		nb		160		110	265	155	15	75	60	75	8	16	21	
609	4446529	5620140	260	120	31200	2				1				260	260					260	15/110	1	230	30		205	435	230	30	100	70	100	9	13	17	
610	4446564	5619507	190	100	19000	2				1				190		190				n.b.		nb	150	40		80	170	90	15	45	30	70	11	15	18	
611	4446775	5619433	120	90	10800	2				1	1			120	120			120		n.b.		nb		120		310	450	140	40	105	65	105	7	13	25	
612	4447148	5619629	220	250	55000	5				1	1	1		220	220					220	7/164	1		220		360	545	185	70	125	55	125	11	13	17	
613	4448106	5619929	400	300	120000	4	1	1		1	1	1		400	400			120	280	2/326		0	310	90		375	485	110	75	140	65	160	11	16	31	
614	4448498	5619570	310	200	62000	2					1	1		80	230	80	230		230	80	7/306	1		270	40		185	425	240	55	140	85	165	17	18	19
615	4448813	5619133	330	200	66000	2				1	1	1		330	330					330	4/347	0		330			115	275	160	25	105	80	130	12	21	27
616	4449505	5618952	150	160	24000	1								150	150					150	n.b.	nb	120	30			465	555	90	70	110	40	125	9	11	24
617	4449839	5618898	90	140	12600	1				1				90	90					90	n.b.	nb		90			420	570	150	65	115	50	115	9	11	18
618	4449191	5618490	100	330	33000	1								100	100			100		n.b.		nb		100			375	510	135	70	140	70	140	11	15	27
619	4448449	5618191	520	360	187200	5		1	1		1	1		520	520			520		11/216		1	520			490	655	165	85	150	65	150	10	13	21	
620	4447737	5618750	790	350	276500	5				1	1	1		790	630	160		790		2/278		1	790				560	780	220	100	195	95	195	10	14	23
621	4446731	5618957	660	290	191400	2					1	1		660	660			660		n.b.		nb		660			480	650	170	85	165	80	180	10	14	25
622	4445876	5619512	120	220	26400	1								120	120			120		n.b.		nb		120			535	690	155	95	170	75	170	10	14	26
623	4445130	5619659	120	250	30000	1								120	120			120		n.b.		nb		120			300	435	135	55	125	70	125	10	16	27
624	4444703	5619462	160	200	32000	1								160		160		160		n.b.		nb	140	20			485	555	70	95	140	45	175	11	14	33
625	4444497	5619718	200	270	54000	1								200	200			200		n.b.		nb	200				455	595	140	95	165	70	165	12	16	27
626	4444241	5619890	90	200	18000	2								90	90			90		n.b.		nb		90			615	700	85	115	165	60	205	11	14	35
627	4444379	5620042	130	190	24700	1								130	130			130		n.b.		nb	130				320	410	90	65	130	65	150	11	18	36
628	4444546	5620332	110	170	18700	1								110	110			110		8/57		0		110			355	400	45	70	105	35	135	11	15	38
629	4444001	5620660	70	120	8400	1				1				70	70			70		5/51		0	70				255	335	80	45	90	45	115	10	15	29
630	4443750	5620656	80	130	10400	1								80	80			80		11/345		0	80				230	290	60	65	110	45	130	16	21	37
631	4443627	5621107	290	60	17400	2				1	1			290	290			290		6/119		1	240	50			70	125	55	20	50	30	80	16	22	29
632	4443014	5621309	260	120	31200	2					1	1		260	260			260		5/64		0	260				135	220	85	30	75	45	110	12	19	28
633	4442660	5620985	350	140	49000	2				1	1			350	350			350		3/312		1	320	30			310	395	85	55	70	15	95	10	10	10
634	4442424	5620754	190	60	11400	1				1				190	190			190		5/124		1	190				365	525	160	45	110	55	125	7	12	19
635	4440780	5621058	50	180	9000	1								50	50			50		n.b.		nb		50			90	225	135	30	90	60	110	18	22	24
636	4440293	5620847	60	210	12600	1								60	60			60		n.b.		nb		60			190	300	110	35	80	45	115	10	15	22
637	4439518	5620636	120	270	32400	1								120	120			120		n.b.		nb		120			245	330	85	55	95	40	135	12	16	25
638	4433030	5622476	980	210	205800	3				1	1	1		980	400	580		980		400	n.b.	nb	980				520	715	195	95	170	75	170	10	13	21
639	4432863	5622116	160	220	35200	1								160	160			160		n.b.		nb		160			320	485	165	60	125	65	125	11	15	21
640	4433118	5622160	130	230	29900	1								130	130			130		n.b.		nb	130				330	525	195	60	130	70	130	10	14	20
641	4433320	5622248	140	230	32200	1								140	140			140		n.b.		nb	140				365	560	195	55	115	60	115	9	12	17
642	4442877	5626543	160	220	35200	2				1				160	160			160		4/333		0	160				470	685	215	55	115	60	145	7	10	16
643	4442200	5626570	530	240	127200	2					1	1		530	530			530		4/5		0		530			290	515	225	45	115	70	130	9	12	17
644	4441480	5626385	340	100	34000	2				1	1			340	340			340		5/356		0	340				410	540	130	75	135	60	135	10	14	25
645	4437694	5627545	140	90	12600	2				1	1			140	140			140		9/193		1	140				300	555	255	55	140	85	140	10	14	18
646	4434980	5626412	140	50	7000	2				1				140	140																					

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschatz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis										
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A Clar (m / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)	
651	4448130	5626666	315	250	78750	1							1	315		315		315	n.b.	nb	185	130			300	355	55	85	125	40	160	16	19	36	
652	4449755	5627430	130	180	23400	2			1				1	130		130		130	n.b.	nb	130				335	425	90	65	105	40	140	11	14	24	
653	4449913	5627545	30	10	300	1			1					30		30		30	5/330	0	30				355	515	160	75	160	85	160	12	17	28	
654	4450150	5627510	230	210	48300	2						1		230		230		230	n.b.	nb			230		500	605	105	85	125	40	165	10	12	21	
655	4450773	5628054	90	370	33300	2			1				1	90		90		90	n.b.	nb			90		545	670	125	100	140	40	175	10	12	18	
656	4450642	5628335	160	180	28800	1						1		160		160		160	n.b.	nb			160		475	560	85	85	125	40	140	10	12	25	
657	4450123	5628880	130	30	3900	1			1					130		130		130	7/100	1	130				20	150	130	5	60	55	60	14	22	23	
658	4450405	5629381	70	30	2100	1					1			70		70		70	8/40	0	200				50	100	50	10	20	10	90	11	11	11	
659	4451626	5629240	200	50	10000	1			1					200		200		200	10/20	0			70		30	80	50	10	35	25	85	18	24	27	
660	4451529	5628871	155	200	31000	1						1		155		155		155	n.b.	nb			155		35	125	90	5	50	45	100	8	22	27	
661	4452828	5628353	150	90	13500	1				1	1			150		150		150	10/300	0			150		160	260	100	45	95	50	130	16	20	27	
662	4452934	5628124	150	310	46500	1						1		150		150		150	10/300	1	150				405	550	145	90	135	45	140	12	14	17	
663	4453312	5627993	200	200	40000	2			1					200		200		200	9/220	0	200				190	325	135	60	110	50	110	18	19	20	
664	4456606	5628177	220	210	46200	1						1		220		220		220	n.b.	nb	220				215	340	125	55	95	40	105	15	16	18	
665	4456571	5628449	300	280	84000	3			1	1	1	1	1	300		300		300	4/330	0	300				350	455	105	65	110	45	145	11	13	23	
666	4456352	5628667	260	140	36400	2			1			1		260		260		260	2/352	0	260				200	290	90	45	80	35	120	13	16	21	
667	4456093	5628681	200	170	34000	2				1	1			200		200		200	4/10	0	200				180	330	150	40	85	45	120	12	15	17	
668	4456608	5629505	150	240	36000	1						1		150		150		150	n.b.	nb			150		455	490	35	85	105	20	125	11	12	30	
669	4457612	5629534	90	250	22500	2		1				1		90		90		90	2/18	0			90		290	385	95	70	120	50	120	13	17	28	
670	4459385	5628775	80	210	16800	1						1		80		80		80	3/350	0	80				225	310	85	55	100	45	135	13	18	28	
671	4459666	5628462	250	280	70000	4				1	1	1		250		250		250	3/32	0	250				330	405	75	70	115	45	115	12	16	31	
672	4460292	5628358	100	300	30000	3			1			1		100		100		100	4/38	0			100		230	380	150	55	130	75	130	13	19	27	
673	4460666	5628070	300	190	57000	3			1	1		1		300		300		300	10/340	0	300				210	270	60	35	70	35	75	10	15	30	
674	4460807	5627991	170	160	27200	2			1		1	1		170		170		170	10/34	0	170				180	230	50	55	70	15	70	17	17	17	
675	4461195	5628419	170	290	49300	4				1	1	1	1	170		170		170	17/220	1	110		60		480	670	190	80	135	55	140	10	11	16	
676	4461828	5627764	150	290	43500	6		1	1	1	1	1	1	150		150		150	5/234	1	90		60		280	410	130	85	150	65	150	17	20	27	
677	4462566	5627188	120	220	26400	1						1		120		120		120	n.b.	nb	120				260	305	45	70	100	30	100	15	18	34	
678	4464002	5629426	200	180	36000	3			1	1		1		200		70	130		200	10/200	1			200	640	160	80	155	75	155	10	13	25		
679	4462872	5629700	140	170	23800	1						1		140		140		140	n.b.	1			140		460	570	110	85	130	45	180	10	13	22	
680	4462501	5630139	200	160	32000	1						1		200		200		200	3/260	1			200		380	430	50	75	115	40	155	11	15	39	
681	4461415	5631535	100	300	30000	1						1		100		100		100	1/20	0	100				190	360	170	45	150	105	150	13	23	32	
682	4463886	5631099	75	210	15750	2			1			1		75		75		75	7/187	1			75		510	655	145	95	175	80	190	11	15	28	
683	4464264	5631272	180	130	23400	4				1	1			180		180		180	n.b.	nb	180				240	335	95	40	85	45	119	10	14	25	
684	4464361	5631959	220	150	33000	2			1			1		220		220		220	6/310	0			220		100	245	145	30	100	70	140	17	22	26	
685	4465300	5628854	140	170	23800	1						1		140		140		140	n.b.	nb	140				590	680	90	90	130	40	130	9	11	23	
686	4465509	5629160	125	210	26250	2						1	1	125		125		125	n.b.	nb	125				510	545	35	85	100	15	115	10	10	23	
687	4466937	5633452	90	50	4500	1						1		90		90		90	10/264	1	90				15	120	105	5	60	55	90	18	25	26	
688	4468499	5636748	65	40	2600	1			1	1				65		65		65	n.b.	nb	25		40		40	220	180	5	80	75	125	7	20	22	
689	4469222	5636791	130	100	13000	3				1	1	1		130		130		130	5/140	1	130				30	270	240	5	75	70	120	9	16	16	
690	4469542	5636752	115	290	33350	2				1		1		115		115		115	13/140	1			115		40	450	410	5	100	95	160	7	12	13	
691	4469899	5636708	80	180	14400	1						1		80		80		80	n.b.	nb			80		40	430	390	5	95	90	157	7	12	13	
692	4470467	5638173	120	270	32400	1						1		120		120		120	10/40	1	70		50		400	670	270	70	150	80	170	10	12	15	
693	4468834	5640770	100	110	11000	2		1						100		100		100	4/180	1	100				230	340	110	45	95	50	120	11	16	24	
694	4468204	5641879	280	180	50400	3				1	1	1		280		160	120		280	20/156	1			280		260	340	80	75	115	40	115	16	19	27
695	4468801	5642429	100	230	23000	2				1		1		100		100		100	8/160	1	100				295	335	40	70	90	20	100	13	15	27	
696	4468981	5644185	300	80	24000	2				1	1	1		50		250		300	10/190	1	210		90		15	260	245	5	70	65	95	18	20	15	



Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschatz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis												
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m²)	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A (m)	Clar (° / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)		
<b>Tautenburger Forst</b>																																					
697	4477447	5650953	50	70	3500	1						1		50		50			50	7/32		1		50			105	180	75	60	110	50	130	30	31	34	
698	4477440	5650708	40	70	2800	2				1		1			40		40			40	8/15		1	40			70	150	80	60	115	55	170	41	38	35	
699	4479206	5648610	80	110	8800	1						1			80		80			80	4/225		1		80			420	660	240	45	130	85	145	6	11	19
700	4480541	5648164	230	150	34500	2					1	1	1		230	230			90	140	6/280		0	210	20		110	310	200	35	100	65	100	18	18	18	
702	4479786	5652899	65	40	2600	1								65		65			65		10/70		1		65			95	135	40	25	40	15	130	15	17	21
703	4479894	5652798	50	60	3000	2						1	1		50		50			50	5/70		1		50			65	115	50	25	55	30	125	21	26	30
<b>Zeugenberge Mittleres Saaletal</b>																																					
701	4479199	5646944	700	200	140000	4			1	1	1	1	1		700	700			700	5/244		1	700			640	710	70	110	150	40	150	10	12	28		
704	4473191	5642461	100	30	3000	1								100		100				100	7/215		1	60	40		320	400	80	55	105	50	140	10	15	32	
705	4471827	5641825	500	210	105000	3					1	1	1		500	500			500	5/320		0	500			285	525	240	85	190	105	190	17	20	24		
706	4472665	5641587	450	180	81000	2		1	1						450		450			450	5/20		0	450			185	280	95	55	105	50	160	17	21	28	
707	4473284	5640997	650	200	130000	4					1	1	1	1	550	100			650	8/340		0	570	80		210	470	260	35	125	90	150	10	15	19		
708	4472557	5640673	700	210	147000	3									700	700			700	n.b.		nb	700			410	615	205	110	200	90	200	15	18	24		
709	4473309	5640026	70	190	13300	3						1	1		70		70			70	5/200		1	40	30		230	480	250	35	130	95	175	9	15	21	
710	4473385	5639918	50	50	2500	1									50		50			50	2/200		1	30	20		380	620	240	60	160	100	220	9	15	23	
711	4474018	5645030	1450	210	304500	3					1	1	1	1	1450	1110	340			600	850	3/357		0	1180	270		795	875	80	160	215	55	225	11	14	35
712	4475177	5645430	340	270	91800	4									340	340				340	4/141		1	340			655	710	55	140	180	40	180	12	14	36	
713	4475788	5645271	220	170	37400	3									220	120	100			220	6/211		1		220			365	385	20	80	110	30	110	12	16	56
714	4476263	5645390	240	170	40800	2									240	240				240	7/299		0		240			545	610	65	100	145	45	145	10	13	35
715	4476753	5645710	310	140	43400	1									310	310				310	5/220		1	310			305	420	115	45	100	55	100	9	13	26	
716	4476936	5646160	80	60	4800	1									80		80			80	3/262		0	80			540	625	85	65	105	40	105	7	10	25	
717	4476303	5646621	110	60	6600	1									110		110				3/14		0		110			410	475	65	90	120	30	140	12	14	25
718	4475875	5647581	1310	190	248900	4		1					1		780	530	430	880		150	1160	4/20		0	1110	200		785	860	75	160	185	25	185	11	12	18
719	4476306	5647135	80	40	3200	2									80		80			80	2/244		1		80			590	700	110	95	145	50	145	9	12	24
720	4476670	5646916	200	170	34000	3									200		120			200	8/85		1	200			280	420	140	70	125	55	125	14	17	21	
721	4476731	5646851	10	10	100	1									10	10				10	n.b.		nb				410	695	285	60	140	80	140	9	11	16	
722	4477066	5646711	320	200	64000	4		1	1	1	1	1	1		320		320			120	200	4/10		0	220	100		350	610	260	60	130	70	130	10	12	15
723	4477623	5646531	640	100	64000	2									640	490	150			470	3/341		0	590	50		270	505	235	55	120	65	120	11	13	16	
724	4477343	5645962	200	60	12000	3									200	200				200	n.b.		nb	170	30		365	510	145	50	105	55	105	8	12	21	
725	4477983	5644825	130	20	2600	2									130	130				130	n.b.		nb	130			585	630	45	90	110	20	105	9	10	12	
726	4476134	5644843	70	170	11900	1									70	70				70	8/356		0		70			630	690	60	125	165	40	165	11	13	34
727	4474547	5644858	80	10	800	1									80	80				80	4/351		0		80			490	650	160	90	180	90	180	10	16	29
728	4473065	5643390	150	140	21000	3									150	150				120	30	6/64		1	110	40		895	940	45	160	205	45	205	10	12	45
729	4473687	5643314	640	130	83200	3									640	640				640	n.b.		nb	530	110		790	850	60	135	185	50	185	10	12	40	
730	4474346	5643267	320	220	70400	4									320	320				320	4/112		1	300	20		820	880	60	140	185	45	200	10	12	37	
731	4474749	5642983	170	180	30600	2									170	170				170	n.b.		nb	170			715	845	130	90	150	60	150	7	10	25	
732	4475436	5642199	40	20	800	2									40	40				40	n.b.		nb		40		425	575	150	50	105	55	105	7	10	20	
733	4475652	5642224	40	20	800	2			1	1					40	40				40	n.b.		nb		40		45	195	150	10	70	60	70	12	20	22	
734	4475965	5642918	60	40	2400	2									60	60				60	n.b.		nb		60		535	685	150	105	145	40	145	11	12	15	
735	4476047	5642886	30	20	600	2									30	30				30	n.b.		nb	30			315	395	80	60	100	40	100	11	14	27	
736	4476850	5643070	50	30	1500	1									50	50				50	n.b.		nb	50			150	210	60	45	80	35	80	17	21	30	
737	4476968	5643037	50	20	1000	1									50	50				50	n.b.		nb		50		275	440	165	45	80	35	80	9	10	12	
738	4477386	5642731	40	10	400	1									40	40				40	n.b.		nb		40		325	460	135	45	80	35	80	8	10	15	
739	4477616	5642505	60	20	1200	2									60	60				60	n.b.		nb		60		105	215	110	20	50	30	50	11	13	15	
740	4477951	5642670	40	50	2000	2									40	40				40	n.b.		nb		40		350	480	130	55	85	30	85	9	10	13	
741	4478447	5642443	60	10	600	3									60	60				60	n.b.		nb		60		110	310	200	15	60	45	60	8	11	13	

Nr.	Lage		Gebietsgrößen			Staffeln & Formenschutz								Stufe		Abriß		Neigungsrichtung				Grundriß			Lage zur Erosionsbasis												
	RW	HW	Breite (m)	Länge (m)	Fläche (m <sup>2</sup> )	ST	S	M	SP	A	W	R	FU	TW (m)	T (m)	T=A (m)	T#A (m)	F (m)	D (m)	A (m)	Clar (° / °)	Abw. FDA	Fla. (m)	Sti. (m)	Ger. (m)	dS (m)	dH (m)	dR (m)	dF (m)	dV (m)	dA (m)	dT (m)	α (°)	β (°)	γ (°)		
742	4478940	5642447	210	10	2100	3								210	210	210				210	n.b.	nb		210				115	205	90	20	35	15	35	10	10	10
743	4473234	5643239	140	30	4200	1						1		140	140	140		140		6/64		1		140				315	385	70	95	130	35	130	17	19	27
744	4473827	5643052	60	130	7800	1							1	60		60		60		4/245		1		60				315	355	40	65	90	25	100	12	14	32

### Erläuterungen der Abkürzungen

**Nr.** Nummer des Massenverlagerungsgebietes (vgl. Karte 8)

**Lage**

RW Rechtswert  
HW Hochwert

**Staffelanzahl & Formenschutz**

ST Staffelanzahl  
S Sturzfließung  
M Mauerscholle  
A Absatzscholle  
SP Spaltenbildung  
W Wallscholle  
R Rückenscholle  
FU Fußscholle  
1 entsprechende Form kommt im jeweiligen Gebiet vor

**Stufe (Stufenhangtyp)**

TW Stufenhangabschluß: Trauf mit Walm bezogen auf die Massenverlagerungsgebietsbreite (m)  
T Stufenhangabschluß: Trauf bezogen auf die Massenverlagerungsgebietsbreite (m)

**Abriß (Lage vom Top der Abrißwand)**

T=A Höhenlage Trauf = Höhenlage Abrißwand  
T#A Höhenlage Abrißwand tiefer als Höhenlage Trauf

**Grundriß**

Fla. Grundrißposition: Vorsprung Flanke (m)  
Sti. Grundrißposition: Vorsprung Stirn (m)  
Ger. Grundrißposition: gestreckter Abschnitt (m)

**Neigungsrichtung**

F Fontstufe bezogen auf die Massenverlagerungsgebietsbreite (m)  
D Diagonalstufe bezogen auf die Massenverlagerungsgebietsbreite (m)  
A Achterstufe bezogen auf die Massenverlagerungsgebietsbreite (m)  
Clar Clar-Wert-Schichtmessung (Einfallswinkel ° / Einfallrichtung °)  
Abw. FDA Abweichungen zur Front-, Diagonal-, oder Achterstufenrichtung  
1 Abweichung von der Neigungsrichtung zu verzeichnen  
n.b. Schichtlagerung und damit Abweichungen nicht bestimmbar

**Lage zur Erosionsbasis**

dS Horizontaldistanz Fußpunkt - Röt- / Wellenkalk- Schichtgrenze (m)  
dH Horizontaldistanz Fußpunkt - Top der Abrißwand (m)  
dR Horizontaldistanz Röt-/ Wellenkalk-Schichtgrenze - Top der Abrißwand (m)  
dF Vertikaldistanz Fußpunkt - Röt- / Wellenkalk- Schichtgrenze (= Mächtigkeit Sockelgestein) (m)  
dV Vertikaldistanz Fußpunkt - Top der Abrißwand (= relative Stufenhöhe bis zum Top der Abrißwand) (m)  
dA Vertikaldistanz Röt- / Wellenkalk-Schichtgrenze - Top der Abrißwand (= Mächtigkeit Stufenbildner) (m)  
dT Vertikaldistanz Fußpunkt - Steilabfall der Trauf (= relative Stufenhöhe bis zur Trauf) (m)  
α Anstiegswinkel Fußpunkt - Röt- / Wellenkalk-Schichtgrenze (°)  
β Anstiegswinkel Fußpunkt - Top der Abrißwand (°)  
γ Anstiegswinkel Röt- / Wellenkalk-Schichtgrenze - Top der Abrißwand (°)