

**Veränderung von Waldökosystemen
aufgrund historischer Nutzung
im Schwarzwald und in den Vogesen**

Inaugural-Dissertation zur
Erlangung der Doktorwürde
der Fakultät für Forst- und
Umweltwissenschaften der
Albert-Ludwigs-Universität
Freiburg i. Brsg.

vorgelegt von

Katrin Bürger

Freiburg im Breisgau
2004

Dekan: Prof. Dr. E. Hildebrand

Referent: Prof. Dr. R. Glawion

Korreferent: Prof. Dr. R. Mäckel

Tag der mündlichen Prüfung: 16.11.2004

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die am Gelingen dieser Arbeit beteiligt waren.

Zuerst danke ich Herrn Prof. Dr. R. Glawion für die Bereitstellung des Themas und des Arbeitsplatzes sowie für die Betreuung dieser Arbeit. Ebenso gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. R. Mäckel, der als Sprecher des Graduiertenkollegs stets mit Rat und Tat zur Seite stand.

Insbesondere danke ich Frank Bode, Paul Dostal und Jochen Seidel für die Hilfe bei der Geländearbeit sowie die Diskussionsbeiträge und kritischen Anmerkungen zu der Arbeit. Den Herren Dostal und Seidel gilt ein ganz spezieller Dank für die vielen arbeitsintensiven aber lustigen Abende und Wochenenden, die zur Fertigstellung dieser Doktorarbeit wesentlich beitrugen (ich sage nur VAADS).

Weiter danke ich den betreffenden Kollegiaten des GK's für die Hilfe und Motivierung während dieser Arbeit sowie allen fleißigen Korrekturlesern, wobei ich hierbei namentlich Monika Ganz, Martin Strotz und Steffi Bürger erwähnen möchte. Herzlichen Dank gebührt auch meiner Bürokollegin Eva Zanyi für die zahlreichen Diskussionen sowie für ihre erweiternde und nahrhafte Unterstützung während der Endphase.

Ich danke auch dem Meteorologischen Institut (Herrn Prof. Dr. H. Mayer) für die Bereitstellung des Institutsgartens, in welchem zahlreiche interdisziplinäre Grillabende sowie kulinarische Mittagspausen während der drei Forschungsjahre stattgefunden haben.

Inhalt

Vorwort	7
1 Einleitung	8
1.1 Einführung	8
1.2 Stand der Forschung	9
1.3 Zielsetzung	11
2 Die Wälder im Schwarzwald und in den Vogesen	13
2.1 Waldbild	13
2.2 Nutzung der Wälder	18
2.3 Nutzungsformen	21
2.3.1 Wälder	21
2.3.2 Weiden	26
2.3.3 Wiesen	28
2.3.4 Äcker	28
3 Untersuchungsgebiete	30
3.1 Bannwald „Im Zweribach“	35
3.2 Menzenschwand	38
3.3 Blasiwald	40
3.4 Bannwald „Flüh“	43
3.5 Miellin	46
4 Vorgehensweise und Methoden	49
4.1 Flächenauswahl	49
4.2 Rekonstruktion der Nutzungsgeschichte	50
4.3 Aufnahme der Bodenprofile	52
4.4 Laboranalysen	53
4.4.1 Korngrößenverteilung	54
4.4.2 pH-Wert (CaCl ₂)	55
4.4.3 C/N-Verhältnis	55
4.4.4 Basensättigung	56
4.4.5 δ ¹⁵ N	56
4.5 Vegetationsaufnahmen	58
5 Ergebnisse	60
5.1 Boden	60
5.1.1 Bannwald „Im Zweribach“	60
5.1.1.1 Bodenprofile	61
5.1.1.2 Korngrößenverteilung	63
5.1.1.3 pH-Wert (CaCl ₂)	63
5.1.1.4 C/N-Verhältnis	64
5.1.1.5 Basensättigung	66
5.1.1.6 δ ¹⁵ N	68
5.1.2 Menzenschwand	68
5.1.2.1 Bodenprofile	68
5.1.2.2 Korngrößenverteilung	70
5.1.2.3 pH-Wert (CaCl ₂)	71
5.1.2.4 C/N-Verhältnis	72
5.1.2.5 Basensättigung	73

5.1.2.6 $\delta^{15}\text{N}$	74
5.1.3 Blasiwald	75
5.1.3.1 Bodenprofile	75
5.1.3.2 Korngrößenverteilung	77
5.1.3.3 pH-Wert (CaCl_2)	78
5.1.3.4 C/N-Verhältnis	79
5.1.3.5 Basensättigung	79
5.1.3.6 $\delta^{15}\text{N}$	81
5.1.4 Bannwald „Flüh“	81
5.1.4.1 Bodenprofile	81
5.1.4.2 Korngrößenverteilung	83
5.1.4.3 pH-Wert (CaCl_2)	84
5.1.4.4 C/N-Verhältnis	84
5.1.4.5 Basensättigung	85
5.1.4.6 $\delta^{15}\text{N}$	86
5.1.5 Miellin	87
5.1.5.1 Bodenprofile	87
5.1.5.2 Korngrößenverteilung	89
5.1.5.3 pH-Wert (CaCl_2)	90
5.1.5.4 C/N-Verhältnis	90
5.1.5.5 Basensättigung	91
5.1.5.6 $\delta^{15}\text{N}$	92
5.1.6 Zusammenfassende Betrachtung der Bodenanalysen	93
5.1.6.1 Vergleich zwischen den Untersuchungsgebieten	93
5.1.6.2 Korrelation	97
5.1.6.3 Diskriminanzanalyse	99
5.2 Vegetation	101
5.2.1 Bannwald „Im Zweribach“	102
5.2.2 Menzenschwand	105
5.2.3 Blasiwald	106
5.2.4 Bannwald „Flüh“	108
5.2.5 Miellin	110
5.2.6 Zusammenfassende Betrachtung der Vegetationsaufnahmen	111
6 Diskussion	114
6.1 Boden	115
6.1.1 pH-Wert (CaCl_2)	115
6.1.2 Organischer Kohlenstoff und C/N-Verhältnis	117
6.1.3 Basensättigung	121
6.1.4 $\delta^{15}\text{N}$	123
6.1.5 Zusammenfassende Betrachtung der Bodenparameter	126
6.2 Vegetation	127
6.3 Zusammenfassende Betrachtung	128
7 Ausblick	130
8 Zusammenfassung	133
9 Summary	134
10 Résumé	135
Literatur	136
Kartenmaterial	144
Anhang	I-XXIX

Abbildungen

Abb. 1: Einflussfaktoren auf die Nährstoffzusammensetzung von Waldböden	9
Abb. 2: Die Vegetationstypen unterschiedlicher Höhenzonen in den Vogesen (nach ONF 2000)	14
Abb. 3: Entwicklung der Baumarten im öffentlichen Wald Baden-Württembergs (nach BRANDL 1992)	15
Abb. 4: Entwicklung der Baumarten im Forêt de Saint-Antoine (nach GARNIER 1998)	16
Abb. 5: Pollendiagramm Schurtenseekar (FRIEDMANN 2000, ergänzt aus FRIEDMANN 2002)	17
Abb. 6: Historische Flurform im südlichen Schwarzwald (nach EGGERS 1964) und rezente Aufteilung der Nutzungsformen in Menzenschwand	19
Abb. 7.: Historische Form des Holztransports (nach MICHIELS & SCHULER 1857)	22
Abb. 8: Flößerei (nach MICHIELS & SCHULER 1857)	23
Abb. 9: Glasfabrikation in Aeule (JENISCH 2002)	24
Abb. 10: Les charbonniers (Die Köhler) (nach GROSS um 1550)	25
Abb. 11: Holz wird in den Berg geschafft (nach GROSS um 1550)	25
Abb. 11: Reutfeldwirtschaft (Rüttebrennen) (ABETZ 1955)	27
Abb. 13: Ackerbau im Schwarzwald (ABETZ 1955)	28
Abb. 14: Geologie des Schwarzwalds (nach WALTER & DORN 1992)	32
Abb. 15: Geologie der Vogesen (nach WALTER & DORN 1992)	33
Abb. 16: Untersuchungsgebiete im Schwarzwald und in den Vogesen	34
Abb. 17: Karte der Untersuchungsflächen im Bannwald „Im Zweribach“	37
Abb. 18: Alte Begrenzungsmauer (Standort ZB10)	37
Abb. 19: Karte der Untersuchungsflächen in Menzenschwand	39
Abb. 20: Typische Nutzungsaufteilung Wiese-Weide an einem Hang in Menzenschwand	39
Abb. 21: Karte der Untersuchungsflächen in Blasiwald	41
Abb. 22: Brandhorizont unter ehemaligem Reutfeld (Standort BW1)	42
Abb. 23: Alte Terrasse unter ehemaliger Ackernutzung (Standort BW5)	42
Abb. 24: Alte Begrenzungsmauer zwischen ehemaliger Weide und Wiese (Standort BW3)	43
Abb. 25: Karte der Untersuchungsflächen im Bannwald „Flüh“	45
Abb. 26: Alter Hainbuchen-Niederwald (Standort BF2)	45
Abb. 27: Karte der Untersuchungsflächen in Miellin	47
Abb. 28: Alte Terrassen unter ehemalige Ackernutzung (Standort Mi1)	48
Abb. 29: Katasterkarte (plan cadastral) und Katasterbeschreibung (matrice cadastral) von Miellin 1841 (Mairie de Miellin)	51
Abb. 30: Beziehung zwischen ^{15}N , ^{14}N und $\delta^{15}\text{N}$ (nach PETERSON & FRY 1987)	57
Abb. 31: Mächtigkeit des Oberbodens unter jeweiliger historischer Nutzung im UG Zweribach	61
Abb. 32: Bodenprofil unter altem Wald (ZB4)	62
Abb. 33: Bodenprofil unter ehemaliger Weide (ZB8), ehemaliger Wiese (ZB10)	62
Abb. 34: Korngrößenverteilung einer Oberbodenmischprobe je Standort im UG Zweribach	63

Abb. 35: pH-Wert für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Zweribach	64
Abb. 36: C/N-Verhältnis für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Zweribach	65
Abb. 37: C_{org} für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Zweribach	65
Abb. 38: Basensättigung für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Zweribach	67
Abb. 39: Kationenverteilung der Mischprobe des Oberbodens unter jeweiliger Nutzung im UG Zweribach	67
Abb. 40: $\delta^{15}N$ für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Zweribach	68
Abb. 41: Mächtigkeit des Oberbodens unter jeweiliger historischer Nutzung im UG Menzenschwand	69
Abb. 42: Bodenprofil unter altem Wald (Me2)	69
Abb. 43: Bodenprofil unter ehemaliger Weide (Me4), ehemaliger Wiese (Me3)	70
Abb. 44: Korngrößenverteilung einer Oberbodenmischprobe je Standort Menzenschwand	71
Abb. 45: pH-Wert für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort Menzenschwand	72
Abb. 46: C/N-Verhältnis für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort Menzenschwand	72
Abb. 47: C_{org} für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort Menzenschwand	73
Abb. 48: Basensättigung für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort Menzenschwand	74
Abb. 49: Kationenverteilung der Mischprobe des Oberbodens unter jeweiliger Nutzung Menzenschwand	74
Abb. 50: $\delta^{15}N$ für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort Menzenschwand	75
Abb. 51: Mächtigkeit des Oberbodens unter jeweiliger historischer Nutzung im UG Blasiwald	76
Abb. 52: Bodenprofil unter altem Wald (BW2) und ehemaliger Weide (BW1)	76
Abb. 53: Bodenprofil unter ehemaliger Wiese (BW3) und ehemaligem Acker (BW5)	77
Abb. 54: Korngrößenverteilung einer Oberbodenmischprobe je Standort im UG Blasiwald	77
Abb. 55: pH-Wert für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Blasiwald	78
Abb. 56: C/N-Verhältnis für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Blasiwald	79
Abb. 57: Basensättigung für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Blasiwald	80
Abb. 58: Kationenverteilung der Mischprobe des Oberbodens unter jeweiliger Nutzung im UG Blasiwald	80
Abb. 59: $\delta^{15}N$ für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Blasiwald	81
Abb. 60: Mächtigkeit des Oberbodens unter jeweiliger historischer Nutzung im UG Flüh	82
Abb. 61: Bodenprofil unter altem Wald (BF6)	82
Abb. 62: Bodenprofil unter ehemaliger Weide (BF4) und ehemaliger Wiese (BF5)	83

Abb. 63: Korngrößenverteilung einer Oberbodenmischprobe je Standort im UG Flüh	83
Abb. 64: pH-Wert für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Flüh	84
Abb. 65: C/N-Verhältnis für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Flüh	85
Abb. 66: Basensättigung für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Flüh	86
Abb. 67: Kationenverteilung der Mischprobe des Oberbodens unter jeweiliger Nutzung im UG Flüh	86
Abb. 68: $\delta^{15}\text{N}$ für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Flüh	87
Abb. 69: Mächtigkeit des Oberbodens unter jeweiliger historischer Nutzung im UG Miellin	88
Abb. 70: Bodenprofil unter altem Wald (Mi1) und ehemaliger Wiese (Mi2)	88
Abb. 71: Bodenprofil unter ehemaligem Acker (Mi1)	89
Abb. 72: Korngrößenverteilung einer Oberbodenmischprobe je Standort im UG Miellin	89
Abb. 73: pH-Wert für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Miellin	90
Abb. 74: C/N-Verhältnis für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Miellin	91
Abb. 75: Basensättigung für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Miellin	92
Abb. 76: Kationenverteilung der Mischprobe des Oberbodens unter jeweiliger Nutzung im UG Miellin	92
Abb. 77: $\delta^{15}\text{N}$ für drei Einzelproben und einer Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Miellin	93
Abb. 78: pH-Werte der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen in den jeweiligen Untersuchungsgebieten	94
Abb. 79: C/N-Verhältnisse der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen in den jeweiligen Untersuchungsgebieten	95
Abb. 80: Organischer Kohlenstoffgehalte der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen in den jeweiligen Untersuchungsgebieten	95
Abb. 81: Basensättigung der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen in den jeweiligen Untersuchungsgebieten	96
Abb. 82: $\delta^{15}\text{N}$ der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen in den jeweiligen Untersuchungsgebieten	96
Abb. 83: Streudiagramm der Gruppenzugehörigkeit basierend auf den gemessenen Bodenparametern und der unterschiedlichen Nutzung	100
Abb. 84: Verteilung der Reaktionszahlen unter verschiedenen Nutzungsformen im UG Blasiwald	112
Abb. 85: Verteilung der Reaktionszahlen aller erfasster Pflanzenarten unter verschiedenen Nutzungsformen	113
Abb. 86: pH-Werte der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen im Boxplot	116
Abb. 87: Organischer Kohlenstoffgehalt der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen im Boxplot	118
Abb. 88: C/N-Verhältnis der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen im Boxplot	120
Abb. 89: Basensättigung der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen im Boxplot	122
Abb. 90: Calciumgehalt der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen im Boxplot	122
Abb. 91: $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen im Boxplot	123

Abb. 92: Prozesse des Stickstoffkreislaufs, welche zur ¹⁵ N-Anreicherung im Oberboden führen	125
---	-----

Tabellen

Tab. 1: Nutzungsaufteilung im Schwarzwald zu unterschiedlichen Zeiten (nach SCHMIDT 1989 und MÜLLER 2003)	20
Tab. 2: Bewaldung in den Departements Vosges und Haut-Saône zu unterschiedlichen Zeiten (Daten aus CINOTTI 1996 bzw. von KOERNER zur Verfügung gestellt)	21
Tab. 3: Standortinformationen Bannwald „Im Zweribach“	36
Tab. 4: Standortinformationen Menzenschwand	38
Tab. 5: Standortinformationen Blasiwald	41
Tab. 6: Standortinformationen Bannwald „Flüh“	44
Tab. 7: Standortinformationen Miellin	47
Tab. 8: Vorarbeiten und Kooperationen in den Untersuchungsgebieten	49
Tab. 9: Kornfraktionen des Grobbodens (AG BODENKUNDE 1994)	54
Tab. 10: Kornfraktionen des Feinbodens (AG BODENKUNDE 1994)	54
Tab. 11: Einstufung der Bodenreaktion (AG BODENKUNDE 1994)	55
Tab. 12: Beziehung zwischen pH-Wert (CaCl ₂) und Basensättigung (BS) (AG BODENKUNDE 1994)	56
Tab. 13: Aufnahmeparameter nach BRAUN-BLANQUET (1964)	58
Tab. 14: Zeigerwerte nach ELLENBERG (1992)	59
Tab. 15: Korrelation nach Pearson zwischen verschiedenen Bodenparametern	97
Tab. 16: Korrelation nach Spearman zwischen unterschiedlicher Nutzung und den Bodenparametern	98
Tab. 17: Korrelation nach Spearman zwischen unterschiedlichen Beständen (Laub- bzw. Mischwald und Fichtenkultur) und den Bodenparametern	99
Tab. 18: Tatsächliche Gruppe und vorhergesagte Gruppe nach kanonischer Diskriminanzfunktion	100
Tab. 19: Vegetationsaufnahmen Bannwald „Im Zweribach“	104
Tab. 20: Vegetationsaufnahmen Menzenschwand	105
Tab. 21: Vegetationsaufnahmen Blasiwald	107
Tab. 22: Vegetationsaufnahmen Bannwald „Flüh“	109
Tab. 23: Vegetationsaufnahmen Miellin	110
Tab. 24: Der Einfluss ehemaliger agrarischer Nutzung von Waldstandorte auf verschiedene Parameter im Oberboden	127

Vorwort

Das DFG-Graduiertenkolleg „Gegenwartsbezogene Landschaftsgenese“ (DFG-GRK 692/1) an der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, in dessen Rahmen diese Dissertation eingebettet ist, gründet seinen fächerübergreifenden Forschungsschwerpunkt auf die Hypothese, dass das heutige Landschaftsbild des südlichen Oberrheingebiets durch die historische, anthropogene Nutzung sehr viel stärker überprägt worden ist, als bisher angenommen (MÄCKEL & STEUER 2003). Im Verlauf der Geschichte kam es zu massiven Umgestaltungen der Landschaft. Die heutigen Ökosystemzustände sind das Produkt dieser direkten und indirekten anthropogenen Veränderungen in der Vergangenheit. Dabei steht die Entwicklungsgeschichte des Menschen und seines Lebensraums in enger Relation zueinander, da jede Veränderung der Umwelt auch auf den Menschen zurückwirkt. Diese gegenseitigen Abhängigkeiten und Wechselwirkungen werden im Graduiertenkolleg entlang von Landschaftstransekten unter verschiedenen Gesichtspunkten erforscht. Das heutige Nebeneinander unterschiedlicher Landschaftsformen wird mit Hilfe archäologischer, historischer sowie naturwissenschaftlicher Methoden untersucht, wobei die Wechselwirkung zwischen Mensch und Umwelt in der abiotischen und biotischen Sphäre sowie in der Anthroposphäre aus unterschiedlichen Blickwinkeln behandelt werden. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich in diesem Zusammenhang mit der Frage, inwieweit die Wälder und speziell ihre Böden nicht nur von den gegenwärtigen ökologischen Bedingungen und Nutzungen bestimmt, sondern von anthropogenen Eingriffen in der Vergangenheit geprägt wurden. Die Rekonstruktion der historischen Zustände ist dabei ein wichtiger Arbeitsschritt. Zurückliegende Ereignisse wie die Rodung und landwirtschaftliche Nutzung von Waldflächen wirken immer noch auf den derzeitigen Zustand der Waldböden und auch der Waldbestände ein. Denn zum einen führten ehemalige Pflugarbeiten, Düngung und Bewässerung direkt zu irreversiblen Veränderungen der Standorte, zum anderen wurde indirekt durch die Schaffung einer anderen biotischen Ausgangssituation die Bestandsstruktur und Artenzusammensetzung der Wälder verändert. Solche Wechselbeziehungen zwischen der Landschaft und dem agierenden Menschen führten immer wieder zu Rückkopplungsprozessen im Laufe der Landschaftsgenese. Die Auswirkungen historischer Prozesse auf aktuelle Zustände der Ökosysteme sind abhängig von ihrer Intensität und davon, welcher Geofaktor verändert wurde. Ihre Relevanz für die heutigen Ökosystemzustände muss in gegenwärtige und zukünftige Planungen einbezogen werden.

1 Einleitung

1.1 Einführung

Die Wälder in Mitteleuropa wurden während der letzten Jahrhunderte in starkem Maße vom Menschen verändert. Die wachsende Bevölkerung und der damit gesteigerte Brenn-, Bau- und Werkholzbedarf sowie vorindustrielles, holznutzendes Gewerbe führten seit dem Mittelalter, vor allem aber in der Neuzeit, zur Umgestaltung weiter Waldgebiete (BRÜCKNER 1989, WILMANN 2001). Überdies wurden die Standorte in landwirtschaftliche Nutzflächen umgewandelt. Im Laufe der letzten beiden Jahrhunderte wurden Teile dieser agrarisch genutzten Gebiete wiederbewaldet (KÜSTER 2003).

Auch die Wälder der beiden Mittelgebirge Schwarzwald und Vogesen sind seit Jahrhunderten vom Menschen geprägte und veränderte Ökosysteme und müssen heute als das Produkt zahlreicher anthropogener Eingriffe in der Vergangenheit angesehen werden. Seit dem Mittelalter wurden die Wälder im Schwarzwald und in den Vogesen zur Gewinnung von Kulturland, für Ackerbau und Viehzucht massiv gerodet (EGGERS 1964, KOERNER 1999). Nur auf ungünstigeren Standorten blieben Reste der Wälder erhalten. Holznutzendes Gewerbe wie Bergbau, Flößerei, Köhlerei und Glashütten, aber auch die Rodung zur Gewinnung landwirtschaftlicher Nutzflächen, führten zu einer starken Degradation der Wälder. Der Bedarf an Holz sowie an offener Nutzfläche stieg parallel mit der Zunahme der Bevölkerung. Bis auf einige wenige Enklaven, welche aufgrund ihrer Topographie aus der Nutzung herausfielen, wurden die Wälder auf zwei Drittel ihrer ursprünglichen Fläche zurückgedrängt. So bestand der Schwarzwald 1780 nur noch zu ca. 30% aus Wald (EGGERS 1964, SCHMIDT 1989). Die Walddegradation erreichte Ende des 18. bzw. Anfang des 19. Jahrhunderts ihr größtes Ausmaß. Die Wälder zeigten sich als devastierte, lichte und von kahlen Flächen durchsetzte Bestände. Erst mit Einführung des Code forestière 1827 bzw. des 1. Badischen Forstgesetzes 1833 wurden die massiven und teilweise willkürlichen Eingriffe in die Wälder eingeschränkt. Mit Beginn der Industrialisierung im Laufe des 19. Jahrhunderts lies der starke Nutzungsdruck auf die Wälder allmählich nach und die damit einhergehende Wiederbewaldung, auf natürlichem Weg oder durch Pflanzungen mit Fichte, Tanne und Kiefer, setzte ein.

Die Nutzungsgeschichte von Schwarzwald und Vogesen zeigt, dass die rezenten Wälder zum großen Teil auf ehemals gerodeten und landwirtschaftlich genutzten Flächen wachsen. Von der Nutzung und Umgestaltung der Wälder war nicht nur die Vegetation betref-

fen. Durch Umwandlung von Wald in Offenland sowie durch direkte Bearbeitung wurde auch der ursprüngliche Zustand der Waldböden verändert. Die ehemalige ackerbauliche Nutzung der Böden heutiger Wälder schlägt sich in veränderten morphologischen, physikalischen, chemischen und isotopischen Eigenschaften wider. So können sich ehemals bearbeitete und gedüngte Böden unter Weide, Wiese und Acker in ihrem Nährstoffhaushalt von den nicht angereicherten Böden unter dauerhaftem Waldbestand unterscheiden. Die Nutzungsgeschichte ist demnach ein wichtiger Faktor, welcher unter anderem die Nährstoffzusammensetzung mitbeeinflusst (Abb. 1).

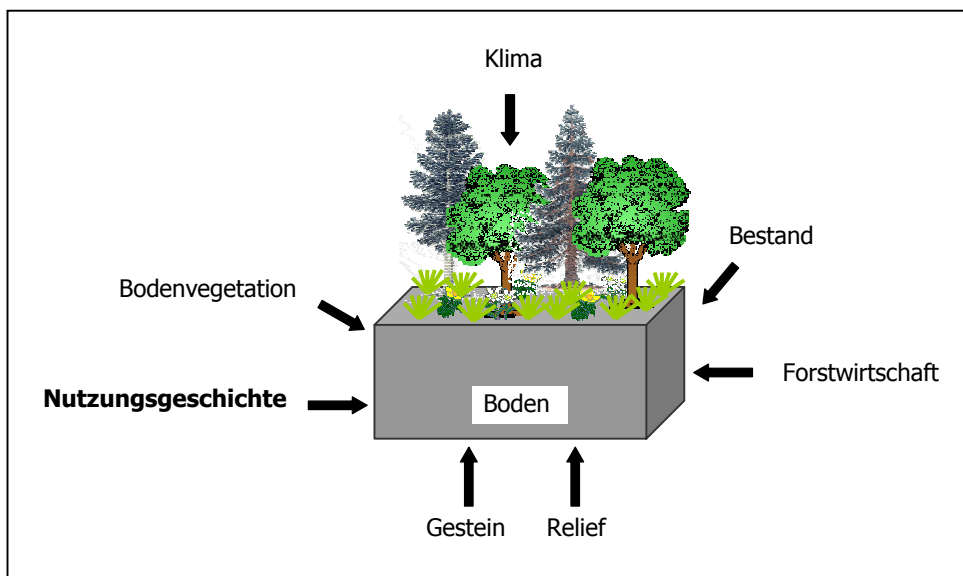


Abb. 1: Einflussfaktoren auf die Nährstoffzusammensetzung von Waldböden

Die langanhaltende und massive Landschaftsveränderung vor der Industrialisierung muss als wichtiger Aspekt bei der Betrachtung der Landschaftsgenese von Schwarzwald und Vogesen sowie bei der Entwicklung ihrer heutigen Waldlandschaften und deren Böden berücksichtigt werden. Besonders ökologische Untersuchungen müssen daher die Nutzungsgeschichte der Wälder als wichtige prozessbeeinflussende Komponente miteinbeziehen.

1.2 Stand der Forschung

Waldböden sind eine zentrale Komponente der Waldökosysteme. Hier findet das ökologische Zusammenspiel biologischer, chemischer und physikalischer Faktoren statt, dessen Ergebnis in der Bodenfruchtbarkeit zum Ausdruck kommt. Es besteht allgemein die Annahme, dass Waldböden sich weitgehend ungestört von menschlichen Eingriffen entwickeln konnten und sich daher in einem Gleichgewichtszustand befinden (RACKHAM 1980).

In der Regel werden sie nicht bearbeitet bzw. gedüngt. Diese Annahme trifft jedoch nur auf Böden unter historisch alten Wäldern zu. Der Begriff historisch alter Wald (ancient woodland) wurde in den 1970er Jahren in Großbritannien geprägt (RACKHAM 1980, vgl. Kap. 4.2). Solche historisch alten Waldstandorte können als Referenzstandorte bei der Rekonstruktion des menschlichen Einflusses auf Wälder herangezogen werden. Ihre Erforschung ist bisher jedoch hauptsächlich auf den vegetationskundlichen Bereich ausgerichtet. Zahlreiche Untersuchungen zu diesem Aspekt wurden bereits von BECKER et al. (2001), DAVID & ABRAMS (1994), DUPOUEY (1999, 2002a) DZWONKO (1993), EBERLE et al. (1999), FORSTER (1992), FORSTER et al. (1992), HERMY et al. (1999), MOTZKIN et al. (1996), ORWIG et al. (1994) und WULF (1994, 1999, 2003) durchgeführt. Die alten Wälder dienen dabei als Vergleichstandorte, um die Veränderung der Artenzusammensetzung und der Bestandstruktur durch historische, anthropogene Waldnutzung aufzuzeigen bzw. um den ursprünglichen Zustand der Wälder zu rekonstruieren.

Waldökosysteme müssen immer in ihrer Gesamtheit betrachtet werden, da Veränderungen eines Kompartiments auch immer Veränderungen eines anderen nach sich ziehen können. Der Boden und die Vegetation von Wäldern entwickeln sich unter natürlichen Bedingungen im engen Zusammenspiel. So kann eine Veränderung der Böden einen Wechsel der Vegetation hervorrufen. Umgekehrt kann aber auch die Vegetation wiederum die Ausbildung der Böden verändern (RACKHAM 1980). Dabei wirkt die Waldvegetation hauptsächlich durch ihre Streu auf den Waldboden ein. So beeinflusst der Baumbestand indirekt die Bodenentwicklung. Dieses natürliche Beziehungsgefüge zwischen Baumbestand, Bodenvegetation und Waldboden wurde in der Vergangenheit durch die historischen Nutzungsformen verändert. Die Umgestaltung der Wälder betrifft demnach nicht nur die Waldvegetation, sondern wirkt sich ebenso tiefgreifend auf das Kompartiment Boden aus. Der direkte Eingriff früherer Landnutzung auf den heutigen Zustand der Waldökosysteme zeigt sich deshalb am Zustand der Waldböden.

Aktuelle Studien über Waldböden beschäftigen sich vor allem mit heutigen Schadstoffeinflüsse wie beispielsweise dem Eintrag von Umweltkontaminationen oder der Betrachtung von unangepassten forstlichen Wirtschaftsweisen (GAERTIG & HILDEBRAND 2003, REHFUESS 1990). Inwieweit die Waldböden schon vor der Industrialisierung in ihren Eigenschaften verändert wurden, ist bisher kaum beachtet worden. Die Bodenveränderungen durch ehemalige, anthropogene Nutzung der Wälder wurde überwiegend in Vergleichsuntersuchungen unter verschiedenartigen Beständen betrachtet wie beispielsweise bei KUNDLER (1963) und REHFUESS (1990). Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der zunehmenden Bodenversauerung.

rung durch Fichtenanpflanzung (AUGUSTO et al. 1998, 2000; BERGER 2000). Untersuchungen über den Einfluss ehemaliger agrarischer Nutzung auf die Böden heutiger Wälder wurden vernachlässigt, obwohl besonders das Retentionspotential der Waldböden in engem Zusammenhang mit ihrer Nutzungsgeschichte steht. Gerade die direkte Bearbeitung durch Inanspruchnahme der Waldflächen hat die Morphologie und den Nährstoffhaushalt ihrer Böden verändert. Zudem führte langjährige Streunutzung zu einem umfassenden Biomassen- und Nährstoffentzug, dessen Auswirkungen bis heute anhalten.

Erst im letzten Jahrzehnt zeigten Ökologen in mehreren europäischen Ländern die Wichtigkeit des historischen, anthropogenen Eingriffs auf die Waldböden auf. So haben BONNEAU et al. (2000), DUPOUEY et al. (2002b), JUSSY et al. (2001), KOERNER et al. (1997, 1999, 2000) und MOARES et al. (2001) in Frankreich Veränderungen morphologischer, physikalischer, chemischer und isotopischer Eigenschaften von Waldböden festgestellt, die auf historische Nutzung zurückzuführen sind. Bei all diesen Studien zeigt sich, dass die Landnutzungsgeschichte und der weitverbreitete und langanhaltende Einfluss menschlicher Aktivität auf Waldökosysteme - insbesondere Waldböden - als wesentlicher Aspekt in ökologischen Studien und als kritische Komponente bei nachhaltiger Forstwirtschaft beachtet werden muss. Das Fortbestehen pedologischer Standortunterschiede in Wäldern aufgrund ehemaliger Nutzungseinflüsse, sogar Jahrhunderte nach der Wiederaufforstung, sollte im Forstmanagement Berücksichtigung finden.

1.3 Zielsetzung

Die Tatsache, dass ein Großteil der heutigen Waldgebiete über mehrere Jahrhunderte agrarisch genutzt wurde und sich rezente Wälder überwiegend auf gestörten Flächen entwickelt haben, spielt eine große Rolle bei der Zustandserfassung der Waldstandorte und darf daher nicht unberücksichtigt bleiben. Der Bodenzustand in den Wäldern muss auch heute noch in Relation zu den Auswirkungen der ehemaligen Nutzung gesehen werden. Zudem dürfen die Beziehungen zwischen den Waldbodenzuständen und -funktionen sowie anderen Ökosystemeigenschaften, wie z.B. der Vegetation nicht außer Acht gelassen werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, den Einfluss der historischen landwirtschaftlichen Nutzung auf die Böden ursprünglicher Waldflächen, die gerodet wurden und heute wiederbewaldet sind, aufzuzeigen. Es wird geprüft, ob die Variabilität verschiedener Bodenparameter auf der unterschiedlichen historischen Nutzung beruht oder ob heutige Einflüsse, wie durch die

rezenten Bestände, überwiegen. Anhand von Vergleichsuntersuchungen auf mehreren, möglichst homogenen Testflächen im Schwarzwald und in den Vogesen soll speziell untersucht werden, wie anthropogene Eingriffe die Bodenstruktur und den Nährstoffhaushalt verändert haben. Im einzelnen sollen folgende Fragen näher beleuchtet werden:

- Wie hat sich die Veränderung der Gebirgswaldökosysteme durch anthropogene Nutzung in der Vergangenheit auf morphologische, physikalische, chemische und isotopische Eigenschaften der Böden ausgewirkt?
- Welche Bedeutung haben historische Eingriffe heute noch für den Stoffkreislauf der Waldböden?
- Hat die historische Nutzung heute noch einen größeren Einfluss auf die Waldböden als die rezenten Waldbestände?

Auf heutigen Waldflächen werden hierzu vergleichende boden- und vegetationskundliche Ökosystemanalysen im Schwarzwald und in den Vogesen durchgeführt, um die Beziehung zwischen der historischen Nutzung und deren Auswirkung auf verschiedene Bodenparameter zu verstehen und die Konsequenzen auf den aktuellen Zustand des Waldes analysieren zu können. In bewaldeten Ökosystemen kann dies durch eine Gegenüberstellung von historisch alten Wäldern und sekundären Wäldern, deren Standort früher anderweitig, beispielsweise als Weide, Wiese oder Acker, genutzt wurde, aufgezeigt werden. Das Projekt verbindet ökologische Daten mit historischen, um neue Wege zur Interpretation der Waldökosysteme und ihrem zukünftigen Management zu entwickeln. Diese Entwicklung betrifft eine standortgerechte Forstwirtschaft, deren Ziel es sein sollte, die aufgrund ehemaliger Nutzungsformen aufgetretenen negativen Veränderungen auf den Landschaftshaushalt rückgängig zu machen.

2 Die Wälder im Schwarzwald und in den Vogesen

2.1 Waldbild

Die Zusammensetzung der Wälder im Schwarzwald und in den Vogesen ist heute eine andere, als vor den massiven Eingriffen des Menschen seit dem Mittelalter bzw. der Neuzeit. Das heutige Waldbild, d.h. die Verteilung, Struktur und der Zustand der Wälder ist mithin ein Ausdruck der historischen Siedlungs- und Wirtschaftsentwicklung sowie des Landnutzungswandels beider Mittelgebirge (EGGERS 1964, HERMLE & DEIL 2002, KÜSTER 1990, LUDMANN 1995).

Ursprünglich waren Schwarzwald und Vogesen in den montanen und hochmontanen Lagen von 500 m bis 1000 m ü. NN mit Buchen-Tannen-Wäldern bestanden (OBERDORFER 1957). Das heutige Erscheinungsbild der Wälder ist nicht mehr identisch mit dem ursprünglichen Wald (BARTSCH & BARTSCH 1929, BOGENRIEDER 2001, BRÜCKNER 1970, 1989, FIRBAS 1948). Unter dem Einfluss des Menschen hat sich durch Rodung und Holznutzung die Baumartenzusammensetzung geändert. Neben den natürlichen Laubmischwäldern sind heute Fichten- und Douglasienforste vor allem im Schwarzwald weit verbreitet. Besonders die colline Vegetationsstufe bis 500 m ü. NN wurde vom Menschen in starkem Maße umgestaltet. Die ursprüngliche Bewaldung bestand hier aus artenreichen Laubwäldern. Die montane Vegetationsstufe, welche den größten Flächenanteil einnimmt, ist das Hauptverbreitungsgebiet der Buchen-Tannen-Wälder. Ab 1000 m ü. NN folgen Buchen-Tannen-Fichtenwäldern (BRÜCKNER 1989, FRANKENBERG 1979, RUBNER & REINHOLD 1953).

Die Fichte, welche heute den größten Anteil der Baumartenzusammensetzung im Schwarzwald ausmacht, war nach der Eiszeit bis ins Mittelalter hinein nur mit geringem Anteil am Waldaufbau beteiligt (siehe Abb. 5). Erst nachdem die weitverbreiteten Baumarten Buche und Tanne durch die anthropogene Waldnutzung als Konkurrenz ausgeschaltet wurden, konnte sich die Fichte stark ausbreiten. Betrachtet man heute die Untersuchungsgebiete, so ist zumindest im Schwarzwald die Dominanz der Fichte auffällig. Obwohl das verstärkte Vordringen der Fichte auch als klimatisch bedingte Entwicklung diskutiert wird (BOGENRIEDER 2001, FRIEDMANN 2000), steht fest, dass die derzeitigen Bestände anthropogenen Ursprungs sind (VOLK 1969). Die „ursprüngliche“ Landschaft setzt sich nach MÜLLER (1939) aus Buchen-Tannen-Wäldern und nicht aus Beständen zusammen, in denen eine Baumart dominiert. Überdies haben vegetationskundliche Untersuchungen zur Bodenvegetation in Fichtenbeständen gezeigt, dass sich die Bestände nicht durch die für

natürliche Fichtenwälder charakteristischen Arten auszeichnen (ELLENBERG 1996). Natürliche und ursprünglich reine Fichtenbestände finden sich nur an wenigen Stellen wie beispielsweise an feuchten und kalten Lagen der Nordhänge sowie in Rand- oder Verlandungsgebieten von Hochmooren (BARTSCH & BARTSCH 1940).

In den Vogesen sind überwiegend Buchen-Tannenwälder vorzufinden. Sie werden hier als potentielle natürliche Vegetation angesehen (TIMBAL 1985a, 1985b) und dominieren in der montanen Bergstufe zwischen 500 m und 1000 m ü. NN (Abb. 2). Ab 1000 m ü. NN begrenzt das Höhenklima das Vorkommen der Tanne. Hier dominiert die Buche und bildet die Baumgrenze. Allerdings hat auch sie bei 1000 m ü. NN ihre optimale Höhengrenze überschritten (RUBNER 1953). Der Buchenwald zeigt daher ab 1200 m ü. NN eine andere Gestalt. Die Bäume werden knorriger und stehen lichter. So erreicht der Buchenwald hier eine niedrige Baumhöhe von teilweise nur 2 m (ISSLER 1939, OBERDORFER 1937). Umstritten ist, ob die sogenannten Hautes Chaumes (Hochweiden) durch Rodung entstanden sind oder ob sie auf eine natürliche postglaziale Entwicklung subalpiner Matten und Wiesen zurückgehen (STADELBAUER 1992).

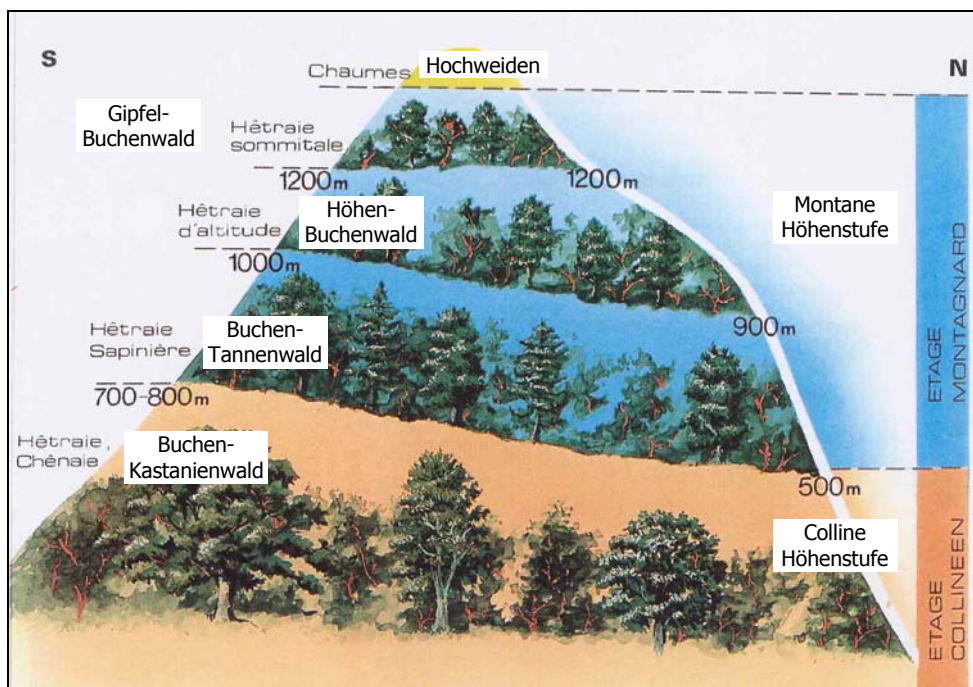


Abb. 2: Die Vegetationstypen unterschiedlicher Höhenzonen in den Vogesen (nach OFFICE NATIONAL DES FORÊTS 2000)

Die Fichte tritt in den Vogesen, im Vergleich zum Schwarzwald, seltener auf. Ihr heutiges Vorkommen wird überwiegend als vom Menschen geschaffen angesehen (BARTSCH & BARTSCH 1929). Auf natürliche Weise konnte sie sich nur an Nordhängen, an steilen Felshängen und am Rande der Hochmoore gegen Buchen und Tannen durchsetzen (OBERDOR-

FER 1937). Erst durch die Forstwirtschaft wurden in jüngerer Zeit neue Lebensräume frei, die dann auch von der Fichte besetzt werden konnten.

Aus ursprünglich buchenreichen Mischbeständen im Schwarzwald und in den Vogesen sind durch die menschlichen Eingriffe Wälder entstanden, deren Erscheinungsbild auf unterschiedliche Waldnutzungen zurückzuführen ist. Auf Flächen, welche dem Weidebetrieb unterlagen, entstanden Devastationsformen oder Bestände, die heute entweder durch die Dominanz oder das Fehlen einer Baumart geprägt sind. Nachdem Buche und Tanne durch Viehverbiss herausselektiert wurden, konnte die Fichte hier begünstigt vordringen und sich dauerhaft ansiedeln. Sie bestimmte fortan das Waldbild der Höhenlagen. Diese Tendenz wurde zusätzlich durch umfangreiche Kahlschläge gefördert, die vom 18. zum 19. Jahrhundert durchgeführt wurden. Die Kahlschlagflächen wurden der natürlichen Verjüngung überlassen oder durch Pflanzungen mit Buche, Tanne und Fichte wiederbewaldet. Vor allem die Fichte wies hierbei die nötige Robustheit auf, um auf den degradierten und ausgelaugten Böden wieder einen Waldbestand zu begründen. Die Veränderung der Bestandsstruktur der Wälder hatte weitreichende Folgen für die Böden. So haben Nadelwaldpflanzungen auf gerodeten und ehemals ackerbaulich genutzten Flächen zu Veränderungen in der Bodenentwicklung geführt. Fichtenbestände beeinflussen beispielsweise die Kohlenstoff- und Stickstoffvorräte im Boden und führen zu sauren Milieubedingungen (AUGUSTO et al. 1998, 2000, BERGER 2001, KUNDLER 1963, REHFUESS 1999).

Abbildung 3 zeigt die Entwicklung einiger Baumarten im öffentlichen Wald Baden-Württembergs. Eine deutliche Abnahme des Buchenanteil zu Gunsten der Fichte ist von 1850 bis 1980 zu erkennen.

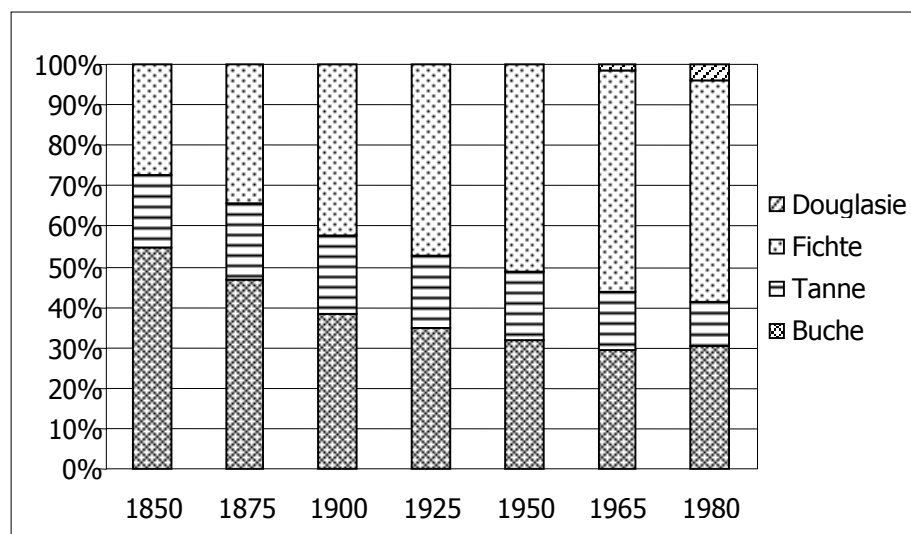


Abb. 3: Entwicklung der Baumarten im öffentlichen Wald Baden-Württembergs (nach BRANDL 1992)

Die Abbildung 4 stellt die Entwicklung der Baumarten im Forêt de Saint-Antoine dar, in dem, im Rahmen dieser Arbeit, Untersuchungen durchgeführt wurden (siehe Kap. 3.5). Die Fichte zeigt einen nicht ganz so deutlichen Zuwachs wie im Schwarzwald. Der Anteil an Buche nimmt von 1841 bis 1908 ab, steigt bis 1997 wieder gemeinsam mit dem Anteil der Tanne an.

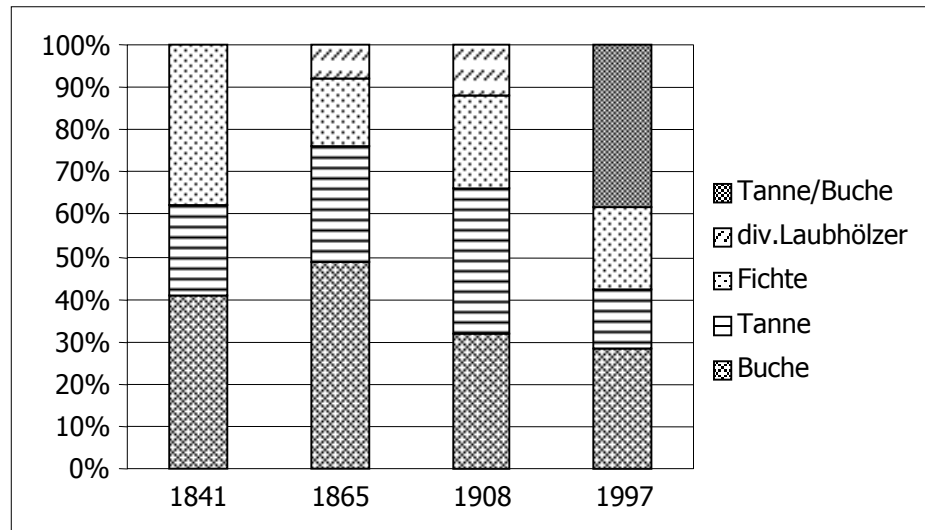


Abb. 4: Entwicklung der Baumarten im Forêt de Saint-Antoine (nach GARNIER 1998)

Im Laufe der Waldnutzungsgeschichte hat sich das Prinzip der Nachhaltigkeit bereits zu Beginn des 18. Jahrhunderts entwickelt. Die großflächigen Abholzungen gerieten schon damals in Kritik (BAUM 1994). Der Wiederaufbau zerstörter und übernutzter Wälder und die Gefahr von Holzangel wurden diskutiert. Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts scheiterten einzelne Versuche der Wiederbewaldung durch Privatbesitzer. Erst nach und nach, angefangen bei den für die Landwirtschaft unrentableren Flächen, setzte die Wiederbewaldung ein. Meist wurde aus Sparsamkeit nur dort kultiviert, wo natürliche Verjüngung ausblieb. Die durchgeführten Aufforstungen erfolgten überwiegend mit der schnellwüchsigen und pflegeleichten Fichte, was die Laubhölzer zurücktreten ließ. Durch die voranschreitende Industrialisierung im 19. Jahrhundert verloren die Landwirtschaft und das holznutzende Gewerbe ihre Dominanz in den Vogesen und im Schwarzwald.

Bei der Rekonstruktion des ursprünglichen Waldbilds ist neben pflanzensoziologischen Untersuchungen die Pollenanalyse ein gängiges Hilfsmittel. Die Blütenpollen der Bäume bleiben in Mooren auch über lange Zeiträume hinweg in einem guten Zustand erhalten.

Nach pollenanalytischen Untersuchungen wurden die Wälder im Schwarzwald und in den Vogesen vor der anthropogenen Einflussnahme überwiegend von Tannen und Buchen aufgebaut (FRIEDMANN 2000). Die Fichte hingegen ist vielfach nur mit sehr geringen Pol-

lenprozentwerten vertreten. Eine Ausnahme bilden die Hochlagen im südlichen Schwarzwald, sowie der daran angrenzende Baar-Schwarzwald, wo die Fichte mit höheren Pollenprozentwerten vertreten ist (GANZ & SUDHAUS 2003). Abbildung 5 zeigt ein Baumpollendiagramm des Schurtenseekar, welches FRIEDMANN (2000) erstellt hat.

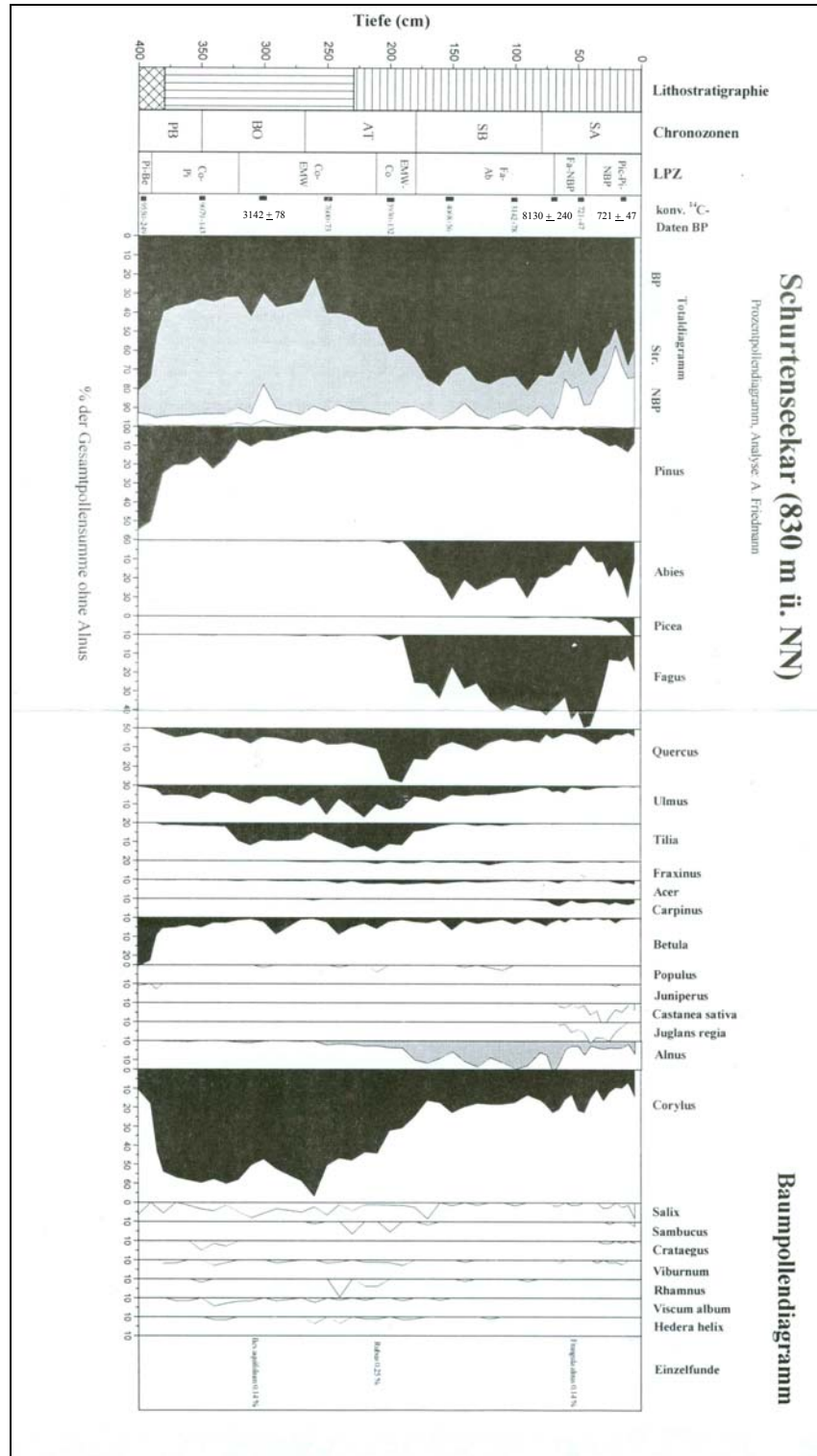


Abb. 5: Pollendiagramm Schurtenseekar (FRIEDMANN 2000, ergänzt aus FRIEDMANN 2002)

Das Kar liegt nördlich des Bannwaldes „Im Zweribach“. Durch Verlandung eines ehemaligen Karsees entstand hier ein Moor, welches sich im Atlantikum von einem Niedermoor zu einem Hochmoor entwickelte. Bis zum Subatlantikum dominierten die Baumarten Eiche, Ulme, Linde, Birke und Kiefer sowie die Hasel, die im Atlantikum einen Pollenanteil von bis zu 60% erreichte. Mit Beginn des Subboreals traten die Eichenmischwälder aufgrund des zunehmend kühl-feuchteren Klimas zurück und wurden durch das Einwandern von Buche und Tanne verdrängt. Ein montaner buchenreicher Buchen-Tannenwald bildete sich aus. Im späten Subboreal traten erstmals Hainbuche und Fichte auf. Im frühen Subatlantikum kam es zu ersten Rodungsphasen durch den Menschen, welche vor allem das Vorkommen der Tannen reduzierten (FRIEDMANN 2000, 2002). In dieser Zeit nahmen die Nichtbaumpollen deutlich zu (auf über 20%). Auch die Buche profitierte vom Rückgang der Tanne und konnte sich verstärkt ausbreiten. In einer weiteren großflächigen Rodungsphase im späten Subatlantikum wurde die Buche massiv gefällt. Ihr Waldanteil reduzierte sich von 48% auf 10% (FRIEDMANN 2000, 2002). Die Wiederbewaldung der Rodungsflächen erfolgte im späten Mittelalter und der Neuzeit weniger auf natürlichem Wege als vielmehr durch Wiederaufforstung mit Tanne, Kiefer und besonders mit Fichte, welche auf Standorten mit granitischem Untergrund konkurrenzstärker gegenüber den anderen Baumarten ist.

2.2 Nutzung der Wälder

Ursprünglich waren Schwarzwald und Vogesen reine Waldgebiete. Bis in das 10. Jahrhundert hinein galten beide Mittelgebirge als Wildnis in einer sie umgebenden Kulturlandschaft. Erst heute ist ein Großteil des Schwarzwald- und des Vogesenmassivs wieder mit Wald bedeckt. Der Schwarzwald und die Vogesen wurden relativ spät erschlossen und besiedelt. Lange Zeit blieben sie allein Köhlern und Holzfällern überlassen. Dem Adel, der seine Burgen an den Vorbergzonen hatte, dienten die Wälder als Jagdrevier. Die Besiedlung der höheren Gebirgslagen wurde vor allem durch die Klöster eingeleitet (STADELBAUER 1992). Die Wälder, welche die Klosteranlagen umgaben, wurden in massivem Ausmaß gerodet und nur ein geringfügiger Teil der Gebirgswälder war von der Nutzung durch den Menschen ausgenommen. Die geschlossene Walddecke wurde durch Rodung zur Schaffung von Weide-, Acker- und Siedlungsflächen beseitigt (EGGERS 1964). Eine der ersten Nutzungen, die den Wald zurückdrängte, war die Weidewirtschaft, begleitet von der Brenn- und Bauholznutzung. Im 12. und 13. Jahrhundert führten neben Ackerbau und Viehzucht vor allem Gewerbe mit hohem Holzbedarf, wie beispielsweise Bergbau, Köhler-

rei, Flößerei und Glashütten zur Ausbildung größerer Rodungsinseln und trugen maßgeblich zur Urbarmachung der Wälder bei. Jedoch gab es bis in das 17. Jahrhundert hinein in den höher gelegenen Gebirgslagen noch große, unerschlossene Gebiete, die nicht von der Rodung erfasst waren (LUDEMANN 1994, 1995). Dies änderte sich vor allem durch die Ansiedlung vieler Glashütten in den schwerer zugänglichen Bereichen während der folgenden 200 Jahre. Der enorme Holzbedarf für die Glasbläserei führte zu großflächigen Rodungen, was Raum für weitere Weide- und Siedlungsflächen schuf (BAUM 1994). Unter dem anthropogenen Einfluss nahm die Waldfläche im Schwarzwald und in den Vogesen zwischen dem 11. und 18. Jahrhundert um zwei Drittel ab (BRÜCKNER 1989, CORVOL 2000).

Die Hänge der Talgründe in beiden Mittelgebirgen waren während der Hauptnutzungsphasen in der Neuzeit von Flächen mit unterschiedlicher Nutzung geprägt. Abbildung 6 zeigt auf der linken Seite die historische Flurform im Schwarzwald nach EGGERS (1964). Das Foto daneben zeigt das aktuelle Erscheinungsbild der Hänge am Beispiel von Menzenschwand. Die typische Aufteilung in unterschiedliche Nutzungskategorien Wiese-Weide-Wald (vom Talboden zum Kamm) lässt sich heute noch erkennen. Im Talgrund nahe der Höfe befanden sich die Äcker und Wiesen. Der Ackerbau war nur auf wenige dafür geeignete Lagen beschränkt. Die von den Siedlungen weiter entfernten Flächen wurden als Weide genutzt oder waren teilweise noch mit Wald bestockt.

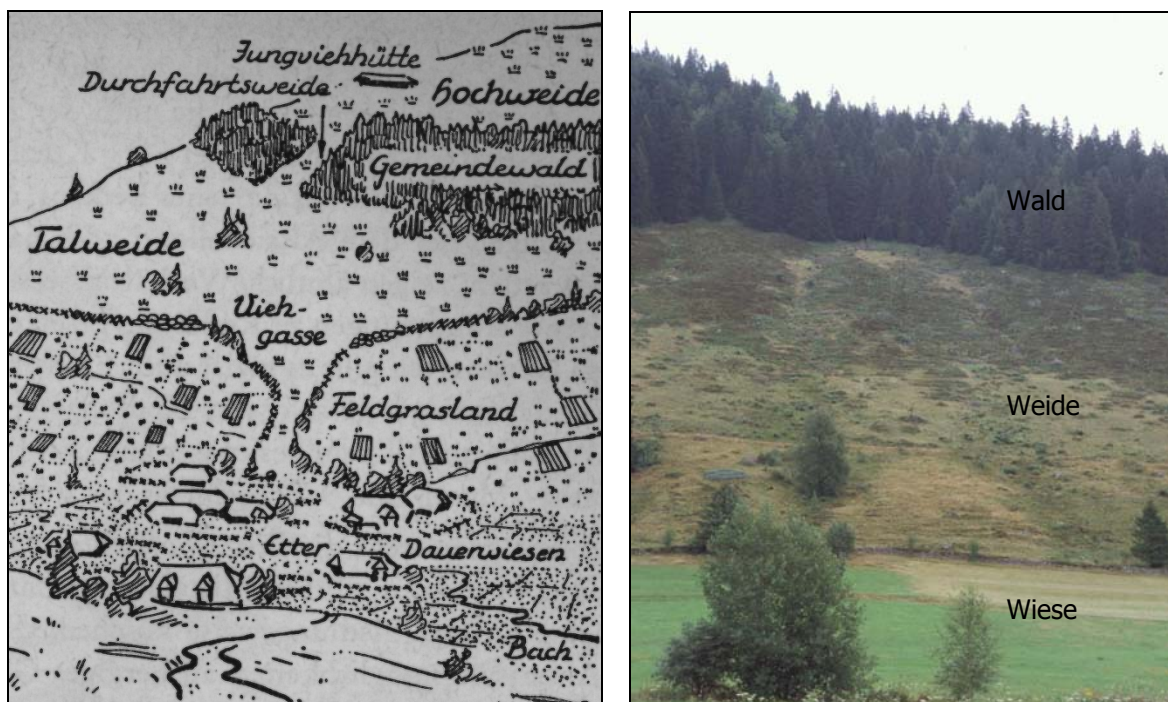


Abb. 6: Historische Flurform im südlichen Schwarzwald (nach EGGERS 1964) und rezente Aufteilung der Nutzungsformen in Menzenschwand (Aufnahme Juli 2003)

Aus klimatischen sowie topographischen Gründen dominierte die Viehzucht in der Neuzeit. Mit Anwachsen der Bevölkerung vermehrte sich auch der Viehbestand. Da die Weidemöglichkeiten in den Tälern beschränkt waren, griffen die Weideflächen zunehmend in die höheren Hanglagen hinein, so dass der Wald weiter zurückgedrängt wurde. Der hohe Anteil der Weiden im 18. Jahrhundert resultiert aus der isolierten Gebirgslage und der damit notwendigen Selbstversorgung der Bauern. Mit der Zeit verschlechterten sich jedoch die Zustände der Weidestandorte. Viehtritt und starke Bodenerosion, besonders auf den in steileren Hanglagen liegenden Weiden, ließen die Ertragsfähigkeit der Flächen immer weiter zurückgehen. Zudem nahm die Bedeutung des Ackerbaus in den höheren Lagen mit den Fortschritten in der Saatgutzüchtung und -reinigung ab. Der Rückgang der Weiden führte zu Flächenzuwachsen in der Forstwirtschaft, so dass schon im 19. Jahrhundert der Waldanteil im Schwarzwald wieder auf 45% anstieg. Ende 1850 wurden die ersten Weiden wieder aufgeforstet. Mit Einführung der geregelten Forstwirtschaft hatte der Waldanteil im Südschwarzwald von etwa 30% auf 50% zugenommen. Der gesamte Schwarzwald ist heute zu über 70%, die Vogesen zu 60% mit Wald bedeckt (SCHMIDT 1989, 2002).

In Tabelle 1 sind die prozentualen Anteile unterschiedlicher Nutzungsformen zu verschiedenen Zeitschnitten im Schwarzwald zusammengestellt. Während das Verhältnis Wald zu Offenland im Jahre 1780 noch 1:2 betrug, ist das Verhältnis heute umgekehrt.

Tab. 1: Nutzungsaufteilung im Schwarzwald zu unterschiedlichen Zeiten (nach SCHMIDT 1989 und MÜLLER 2004)

		1780	1853-1902	1925	1950	1985	2000
Bodennutzung (%)	Wald	31,1	45,4	51,5	52,2	59,6	71,5
	Weide	34,5	18,4	Offenland 48,5	Offenland 47,8	Offenland 40,4	Offenland 28,5
	Acker	20,6	21,3				
	Wiese	13,8	14,9				

Das Vogesenmassiv war nach KOERNER et al. (2000) von 1810 bis 1885 zwischen 13% und 23% bewaldet, während 1994 die bewaldeten Flächen 22% bis 43% einnahmen. Tabelle 2 zeigt die prozentualen Waldanteile der Departements Vosges und Haut-Rhine, zu dem ein Teil des Vogesenmassivs gehört. Da die Vogesen auf dem Gebiet von insgesamt sieben Departements liegen, konnten keine detaillierten Angaben über die unterschiedlichen Nutzungsformen im gesamten Vogesenmassiv zu verschiedenen Zeitabschnitten dargestellt werden, wie sie für den Schwarzwald vorliegen. Es liegen nur Daten zur Bewaldung

der einzelnen Departements vor. Dennoch ist aus Tabelle 2 ersichtlich, dass die Bewaldung ab 1878 wieder zunahm.

Tab. 2: *Bewaldung in den Departements Vosges und Haut-Saône zu unterschiedlichen Zeiten (Daten aus CINOTTI 1996 bzw. von KOERNER zur Verfügung gestellt)*

		1829	1862	1878	1912	1945	1948	1990	1992	1994
Bewaldung (%)	Departement Vosges	38	26	35	37	43	42	51	48	48
	Departement Haut-Saône	30	-	30	32	34	35	41	41	42

Ein Großteil der heutigen Wälder im Schwarzwald und in den Vogesen stocken demnach auf ehemals landwirtschaftlich genutzten Flächen. Aufgrund der intensiven Weidenutzung sind in beiden Mittelgebirgen noch immer große Offenflächen mit Wiesen und Weiden anzutreffen. Trotz der massiven Eingriffe in die Naturlandschaft gibt es heute noch annähernd „natürliche“ und „naturnahe“ Bereiche, welche die ursprünglichen Vegetationsverhältnisse widerspiegeln. Diese Gebiete sind überwiegend unter Schutz gestellt und beispielsweise als Bannwälder, den sogenannten „Urwäldern von morgen“, ausgewiesen (BÜCKING 1997, ERB & BÜCKING 2003). Sie sollen der natürlichen, vom Menschen unbeeinflussten Waldentwicklung dienen.

2.3 Nutzungsformen

2.3.1 Wälder

Die Wälder der Neuzeit lagen meist weit entfernt von den Siedlungen. Da sie oft zur Waldweide oder zur Streu- und Brennholzentnahme genutzt wurden, waren sie nicht dicht und hoch gewachsen, sondern eher verlichtet. Große Holzmengen wurden mittels Schlitten in die Täler transportiert (Abb. 7). Eine scharfe Trennung von Wald und Weide gab es anfangs nicht. Erst mit Einführung des 1. Badischen Forstgesetzes 1833 bzw. dem Code forestière 1827 erfolgte eine Abgrenzung sowie gezielte Aufforstungs- und Waldpflegemaßnahmen (REIF & KATZMAIER 1997). Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts wurde das Vieh in die Wälder getrieben, was einen großen Schaden, aufgrund des Verbisses und der daraus resultierenden ausbleibenden Verjüngung, anrichtete. Die Waldweide hatte neben der Holz- und Streuentnahme einen großen Anteil an der Umgestaltung der Wälder und der Waldverwüstung.

Auch die Streunutzung wirkte sich schädigend auf die Waldböden aus. Für die Stallfütterung wurden die Nadeln und Blätter der Waldbäume als Stalleinstreu und als Dünger für die Felder genutzt. Dies führte zu massivem Nährstoffentzug aus dem Ökosystem und zu einer Veränderung der Böden mit langfristigen Folgen, die bis heute nachwirken. Zusätzlich wurde die natürliche Verjüngung durch die Streuentnahme beeinträchtigt (BAUM 1994, HUG 2000).



Abb. 7.: Historische Form des Holztransports (nach MICHIELS & SCHULER 1857)

Für Waldgewerbe wie Bergbau, Glashütten, Köhlerei und Flößerei spielten die Wälder eine wichtige Rolle (BRÜCKNER 1989). Vor allem vom 15. bis 18. Jahrhundert wurden die Wälder durch die unterschiedlichen Gewerbearten in starkem Maße ausgebeutet. Durch den extremen Holzbedarf, den sie mit sich brachten, prägen sie das Waldbild bis heute mit. Die wichtigsten Waldgewerbe werden im folgenden erläutert:

Flößerei

Fast ein halbes Jahrtausend lang - vom 15. bis ins 20. Jahrhundert - war die Flößerei in den Vogesen und im Schwarzwald ein lohnendes Gewerbe (CORVOL 2000, GARNIER 2000a). Sie trug einen wesentlichen Anteil zur Erschließung der Wälder in den unwegsamen Gebirgen bei. Der Schwarzwald galt als der größte deutsche Holzlieferant. Das Holz der Tannen war begehrt für die Fertigung von Schiffsmasten (KÜSTER 2003). Ob zum Haus- und Schiffsbau oder zur Herstellung von Gebrauchsgegenständen, die ausreichende Versorgung mit Holz war unerlässliche Voraussetzung für die wirtschaftliche und gesellschaftli-

che Entwicklung vergangener Jahrhunderte (HUND 1994).

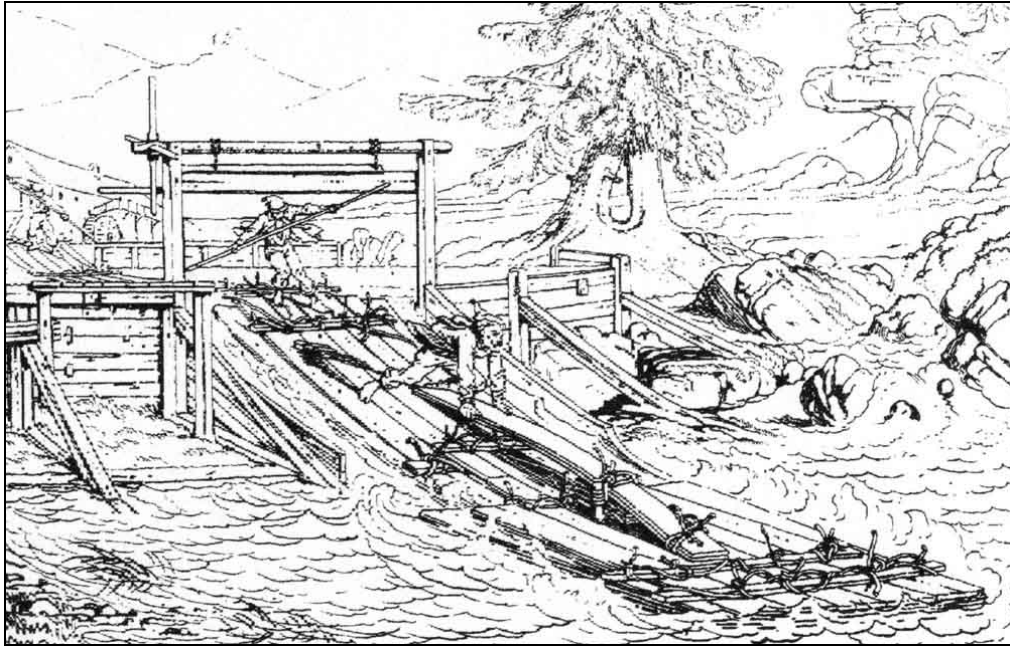


Abb. 8: Flößerei (nach MICHIELS & SCHULER 1857)

Nachdem die Bäume gefällt waren, wurden die Stämme an Ort und Stelle zurechtgehauen und auf dem Wasserweg zum Tal transportiert (Abb. 8). Die einfachste Art bestand hierbei in der Wildflößerei (Holztrift), wo die zersägten Holzstämme über kleinere Flüsse transportiert wurden. Dies diente vorwiegend dem Brennholzbedarf der Städte und waldarmen Gebiete. Die Langholzflößerei hingegen wurde auf den größeren Flüssen betrieben. Ihre Bedeutung für die vorindustrielle Wirtschaft war sehr groß. Mit den Flößen wurden riesige Mengen von Holz verschifft. Die Flößerei ist eine der Hauptursachen für die massiven Rodungstätigkeiten im Schwarzwald und in den Vogesen (WILSDORFER et al. 1960).

Glashütten

Die Glasmacherei übte in schwer zugänglichen und unbesiedelten Gebieten eine Kolonisationsfunktion aus (CORVOL 2000, GARNIER 1998, 2000a, 2000b). Die Glashütten waren an den Waldreichtum der Mittelgebirge gebunden. Zur Glasherstellung wurden große Mengen Brennholz benötigt wie Abbildung 9 zeigt. In Gebieten, wo der Holztransport erschwert war, konnten mit Hilfe der Glasindustrie großflächige Wälder stationär genutzt werden. Die Glashütten wurden in waldreichere Gebiete weiterverlagert, sobald sich am Standort Holzknappheit zeigte. So konnten sie in nur wenigen Jahrzehnten gewaltige Waldflächen aufbrauchen (BRANDL 1992). Viele Glashütten wurden nach vorheriger Standortverlagerung in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts aufgegeben, weil der Preis für Brennholz

aufgrund der Verknappung stieg und die Forstbetriebe die Glashütten im Wald nicht mehr dulden wollten (KÜSTER 2003).



Abb. 9: Glasfabrikation in Aeule (JENISCH 2002)

Im Schwarzwald gab es vom 12. bis zum 19. Jahrhundert 200 Glashütten, welche aber nie gleichzeitig betrieben wurden (BAUM 1994). Man geht davon aus, dass nur vier bis fünf Glashütten zur gleichen Zeit in Betrieb waren. Reste ehemaliger Glasöfen, Produktionsrückstände oder auch Teile der Glasprodukte lassen sich heute noch im Gelände finden bzw. Ortsnamen wie Altglashütten oder Neuglashütten weisen auf das frühere Gewerbe hin.

Köhlerei

Die Köhlerei ist ein weiteres Waldgewerbe, das an der Erschließung von Schwarzwald und Vogesen vom 15. bis 19. Jahrhundert maßgeblich beteiligt war (BAUM 1994). Für die Glasindustrie oder Eisenverhüttung war die Köhlerei wichtige Zulieferindustrie. Die Köhler verkohlten das Holz an der Stelle, wo die Bäume geschlagen wurden (Abb. 9). Die Köhlerei im Wald wurde vor allem dort betrieben, wo keine Holztransportmöglichkeiten bestanden (LUDEMANN & NELLE 2002). Mit steigender Nachfrage drangen sie immer tiefer in die unerschlossenen Wälder vor. So fielen ausgedehnte, von Siedlungen oder Gewerbe weitab gelegene Waldgebiete dieser Nutzung anheim (Abb. 10). Die zur Köhlerei bevorzugte Buche nahm ab, wodurch die Ausbreitung der Fichte begünstigt wurde (KÜSTER 2003). Auch heute findet man als Zeugnis dieses Gewerbes noch ehemalige Kohleplatten in den Wäldern.



Abb. 10: Les charbonniers (Die Köhler) (nach GROSS um 1550)

Bergbau

Auch der Bergbau auf Silber und Bleierz im Schwarzwald und in den Vogesen war von großer Bedeutung für die Landschaftsentwicklung. Als besonders holzintensive Industrie drängte er vom 11. bis 16. Jahrhundert den Wald auf entlegenste Gebiete zurück (GARNIER 2000a).

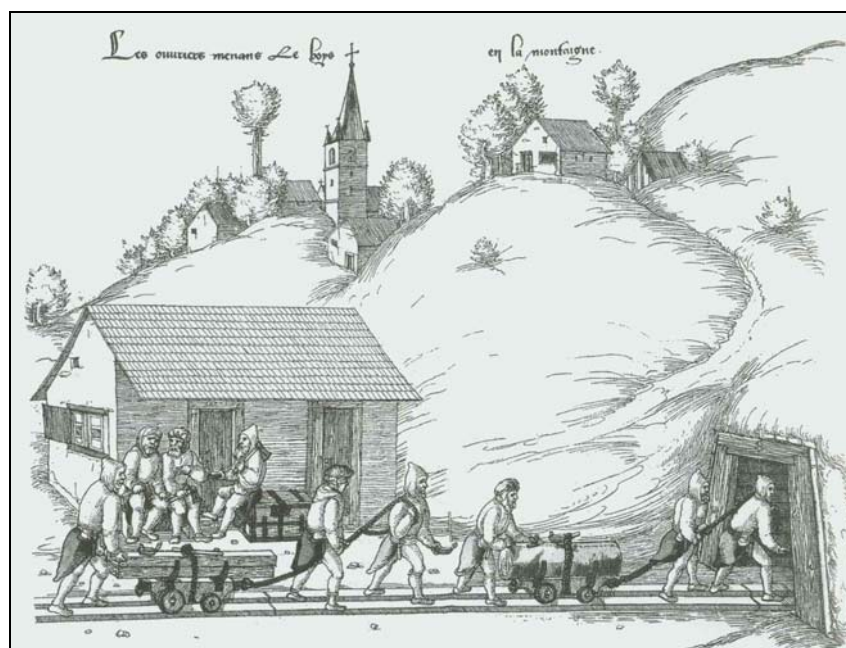


Abb. 11: Holz wird in den Berg geschafft (nach GROSS um 1550)

Die Deckung des Holzbedarfs für die Bergwerke sowohl unter als auch über Tage und die anschließende Verhüttung in Schmelz-, Hütten- und Hammerwerken hatte massive Rodungstätigkeiten zur Folge, wie es Abbildung 11 aus dem Lebertal verdeutlicht. Zur Erzschnmelze wurden die Öfen überwiegend mit Buche befeuert, da ihr Holz einen hohen Brennwert hat, um die erforderlichen Temperaturen zu erreichen. Die gezielte Nutzung der Buche wurde zum Vorteil für die weitere Ausbreitung von Fichte und Tanne (GARNIER 1998).

2.3.2 Weiden

In den gebirgigen Teilen des Schwarzwalds und der Vogesen bestanden nur eingeschränkte Siedlungs- und Bewirtschaftungsmöglichkeiten, bestimmt durch die Höhenlage und Geländemorphologie. Dies beinhaltete eine intensive Nutzung der wenigen begünstigten Standorte. Die Weidewirtschaft war weniger durch die Standortverhältnisse eingeschränkt und daher die dominierende Nutzungsform in den beiden Mittelgebirgen.

Bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts war eine konsequente Trennung zwischen Wald und Weide nicht üblich. Das Vieh wurde in beliebiger Anzahl in die ausgedehnten Waldungen getrieben, besonders an Stellen, die durch Rodungstätigkeiten gelichtet waren und daher üppigen Graswuchs aufwiesen. Die schädlichen Auswirkungen der Waldweide durch die zunehmende Auflichtung der Bestände und das Ausbleiben der Verjüngung wurden schon früh erkannt und in den Forstordnungen aufgegriffen. In den vorderösterreichischen Forstordnungen des ausgehenden 18. Jahrhunderts wurden immer wieder waldschützende Maßnahmen angeordnet, um die unkontrollierte Ausbreitung der Waldweide einzudämmen. Im Jahre 1789 wurde verfügt, dass bei einsetzender natürlicher Verjüngung die Weideflächen als Wald zu betrachten und von weiterer Beweidung auszuschließen sind. Im Laufe der Zeit hat die Waldweide aufgrund der Stallfütterung abgenommen, was zum Schutz des Waldes beitrug. Zudem wurde die strikte Trennung von Wald und Weide durch das 1. Badische Forstgesetz 1833 bzw. den Code forestière 1827 vorangetrieben (BAUM 1994).

Weit verbreitet war vor allem im Schwarzwald die sogenannten Reutfeldwirtschaft, welche ihren Ursprung in der Waldweide findet (HUG 2000, SCHWABE-BRAUN 1979, WILLMANS et al. 1979). Sie kann als Verbindungsglied zwischen Waldnutzung und Landwirtschaft angesehen werden. Im Gegensatz zu den Ackerflächen, die alljährlich landwirtschaftlicher Nutzung unterlagen, wurden die Reut- und Weidfelder nur periodisch als Ackerland genutzt.

Nach der Rodung einer zum Reutfeld bestimmten Waldfläche wurde beim sogenannte Weidbrennen (Rüttebrennen) der Waldboden angezündet und abgezogen (Abb. 12).



Abb. 12: Reutfeldwirtschaft (Rüttebrennen) (aus ABETZ 1955)

Im ersten Jahr wurde meist Roggen angesät. Im Jahr darauf folgte der Anbau von Hafer, Raps oder Kartoffeln. Nach zweijähriger ackerbaulicher Nutzung war die Fruchtbarkeit der Felder weitestgehend erschöpft. Die Flächen wurden sich selbst überlassen und lagen 5 bis 20 Jahre brach. Durch Samenanflug konnte frischer Gras- und Strauchwuchs aufkommen. Die Flächen dienten nun einige Jahre als Weide. Der während der Weidenutzung anfallende Dung wurde den ackerbaulich genutzten Flächen zugeführt. Der Viehtritt wirkte sich allerdings negativ auf die Bodenverhältnisse aus und führte stellenweise zu Bodenverdichtung. An mehr oder weniger steilen Reutberghängen trat zudem Bodenerosion auf, was zu weiterer Qualitätsminderung der Flächen führte (ELLENBERG 1996).

Mit Einführung der Dreifelderwirtschaft sowie infolge verbesserter Bodenbearbeitung, Düngung und Saatzucht nahmen die Reut- und Weidfelder ab. Die Bedeutung der Weidfelder ging ebenso durch die Intensivierung des Wiesen- und Ackerfutterbaus zurück. Als Konsequenz dieser wirtschaftlichen Entwicklung begannen viele Bauern ihre Reut- und Weidfelder aufzuforsten. 1855 wurde per Gesetz die Aufforstung der Reutberge sogar amtlich angeordnet (SCHÜLLI 1967).

2.3.3 Wiesen

Die Wiesen waren vor allem Mäh- und Wässerwiesen. Sie wurden oft auf Flächen angelegt, die für den Ackerbau zu feucht waren (JUSSY 2000, KOERNER 1999). Das Wässern von Wiesen ist eine der ältesten Maßnahmen zur Verbesserung der Nährstoffversorgung und damit zur Erhöhung der Futterproduktion bei der Viehzucht. Zudem diente das Bewässern der Entsäuerung sowie der Unkraut- und Schädlingsbekämpfung. Die Bewässerung mit fließendem Wasser auf gefrorenem Boden diente im Frühjahr auch der Erwärmung des Bodens, wodurch der Beginn der Vegetationsperiode um einige Tage vorgezogen wurde. Im 19. Jahrhundert erfuhr die Wiesenwässerung einen sehr großen Aufschwung und fand ihre weiteste Verbreitung (KONOLD 1997).

2.3.4 Äcker

Obwohl Klima, Relief und Boden in Schwarzwald und Vogesen gegen die Anlage und Bewirtschaftung von Äckern sprach und der Ertrag meist trotz intensivem Arbeitsaufwand nur äußerst spärlich ausfiel, konnte auf diese landwirtschaftliche Nutzungsform nicht verzichtet werden. Der Anbau von Feldfrüchten war für die Bergbauern eine zwingend notwendige Überlebensgrundlage. Die Ackernutzung der Flächen lief je nach Bodenverhältnissen über drei bis vier Jahre (HUG 2000).



Abb. 13: Ackerbau im Schwarzwald (aus ABETZ 1955)

Die ehemaligen Äcker sind in heute bewaldeten Gebieten meist durch ihre terrassenförmige Anlage zu erkennen. Sie weisen eine Länge von 2-15 m auf und folgen den Niveauverhältnissen im Gelände (KOERNER 1999). Die Terrassen sind oft durch Mauerwerk gefestigt, um den bearbeiteten Boden gegen Abschwemmung durch Starkregen zu schützen (JUSSY 2000). Die meisten ehemaligen Äcker sind heute jedoch der Wiesen- oder Weidenutzung unterworfen und nur in seltenen Fällen mit Wald bestanden. Im Vogesenmassiv sind Äcker sporadisch vorzufinden, was wohl mit der dominierenden Weidenutzung in Verbindung steht. Ehemalige Äcker wurden normalerweise mit Dung, aber auch mit Waldstreu angereichert. Die Böden weisen heute oft noch alte Pflughorizonte (rAp) auf, welche aus der mechanischen Bodenbearbeitung resultieren. Ab ca. 1850 nahm die Ackernutzung im Schwarzwald und in den Vogesen ab (HUG 2000). Durch die Verbesserung der Verkehrswege konnte Getreide billiger aus dem Rheintal herangebracht werden. Das Selbstversorgerprinzip wurde durch die Produktion für den allgemeinen Markt abgelöst.

3 Untersuchungsgebiete

Die Untersuchungsgebiete befinden sich im südlichen Teil des Schwarzwalds (Naturraum Hochschwarzwald) sowie in den Südvogesen (Departement Haute-Saône). Die beiden Mittelgebirge bestehen im südlichen Teil überwiegend aus kristallinen Gesteinen (Granit, Gneis), welche zu oligotrophen Braunerden verwittern (Abb. 14, Abb. 15). Zur Rheinebene hin fallen die Gebirgsränder steil ab; zur Gegenseite sind beide Gebirge flach abgedacht. Das Landschaftsbild des Schwarzwalds ist geprägt durch seine tief eingeschnittenen Täler zum Rheintal hin. Die Flusstäler der Vogesen sind nach Westen hin tiefer und länger eingeschnitten, die Täler der Ostseite sind wesentlich kürzer und enden in steilen Talschlüssen (EGGERS 1964, MÄCKEL & METZ 1997). Die Eiszeit hat in beiden Gebirgen deutliche Spuren hinterlassen. Die flächenhaften Plateauvergletscherungen der Vogesen hat manche Hochtäler ausgeweitet und die typisch gerundeten Bergformen geschaffen. Die überaus vielen Kare, hauptsächlich in den Mittel- und Südvogesen, sind ebenso Zeugen der Eiszeit. Aufgrund dieser glazialen Überformung der beiden Mittelgebirge sind die Ausgangsgesteine der rezenten Bodenbildung (8-10.000 Jahre) teilweise periglaziale Schuttdecken oder periglazial überformte Geschiebelehme der Moränen (HÄDRICH & STAHR 2001, STAHR 1979, ZÖTTL et al. 1977).

Das Klima des Schwarzwalds und der Vogesen ist kühl und niederschlagsreich. Aufgrund der flächenhaft ausgeprägten Hochlagen im Schwarzwald treten jedoch Differenzen in den thermischen und hygrischen Bedingungen auf (DOSTAL 2004). Das Klima der Vogesen ist atlantischer geprägt, als das des Schwarzwalds. Der Kamm der Vogesen bringt die feuchten Westwinde zum Abregnen, so dass nach Osten zu die Niederschlagsmengen und -häufigkeiten stark abnehmen. Folglich sind die entsprechenden Regionen des benachbarten Schwarzwalds wesentlich trockener (BOGENRIEDER 2001, HERMLE & DEIL 2002).

Die beiden Mittelgebirge wurden im Vergleich zu ihrem tiefer liegenden Umland relativ spät, erst um die Jahrtausendwende, dauerhaft besiedelt (EGGERS 1964). Die Waldgebiete der Vogesen wurden etwas früher vom Menschen in Besitz genommen als jene des Schwarzwalds. Die Klöster leisteten Pionierarbeit bei der Erschließung und Besiedlung der Gebirgswälder (STADELBAUER 1992). Das Netz der Klostergründungen um die Vogesen war schon im 7. und 8. Jahrhundert sehr dicht (Luxeuil 580 n. Chr., Lure 959 n. Chr.) (EGGERS 1964). Bereits zwischen dem 8. und 10. Jahrhundert erreichten die Rodungsphasen die Regionen des Hauptkamms, was vor allem in Zusammenhang mit der wachsenden Bevöl-

kerung stand. Zudem veranlasste der Mangel an Viehfutter die Rodung höher gelegener Waldflächen und die Inanspruchnahme als Weiden (EGGERS 1964).

Die Erschließung des Schwarzwalds konzentrierte sich auf das Mittelalter. Durch den Klosterbau, beispielsweise St. Blasien 850, St. Peter 1093 und St. Märgen 1118, drang der Mensch in unerschlossene Gebiete vor. Holznutzendes Gewerbe wie Bergbau, Flößerei, Köhlerei und Glashütten trieben die Verwüstung der Waldgebiete weiter voran. Die intensive Rodung der Wälder durch diese vorindustrielle Holznutzung drang mit der Neuzeit auch in siedlungsungünstigere Lagen vor (LUDEMANN 1995).

Ziel der Untersuchung ist der Vergleich von in der Vergangenheit unterschiedlich genutzten Flächen mit möglichst homogenen Milieubedingungen (z.B. Geologie). Es wurden mehrere Untersuchungsgebiete ausgewählt, um eine höhere Repräsentativität der Ergebnisse für den Raum zu sichern. Die Gebiete, bzw. auch die einzelnen Flächen differenzieren sich in ihrer Topographie, der Exposition und Hangneigung, wodurch die Standorte in ihrer Homogenität natürlich eingeschränkt sind. Diese Unterschiede in den standörtlichen Gegebenheiten führten auch zu unterschiedlicher ehemaliger Nutzung der Flächen. Steilere und höher gelegene Flächen, die sich nicht zur ackerbaulichen Nutzung verwenden ließen, wurden als Wald oder Weide genutzt. Ehemalige Äcker und Wiesen weisen ein flacheres Relief auf.

Es wurden in insgesamt fünf Untersuchungsgebieten 33 Flächen ausgewählt. Die Standorte unterlagen ehemals unterschiedlicher agrarischer Nutzung und sind heute wiederbewaldet. Als Referenzstandorte wurden Flächen hinzugezogen, die nach Möglichkeit kontinuierlich bewaldet waren (historisch alte Wälder), wobei eine Nutzung durch Waldweide oder Streuentnahme nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann.

Die Untersuchungsgebiete sind entweder als Bannwald oder Naturschutzgebiet ausgewiesen, um den heutigen Einfluss auf die Wälder und ihre Böden beispielsweise durch Düngung, Kalkung oder Bodenbearbeitung weitestgehend auszuschließen.

Im Südschwarzwald wurden die Gebiete Bannwald „Flüh“, Bannwald „Im Zweribach“, Blasiwald und Menzenschwand für die Untersuchungen ausgewählt, in den Südvogesen der Standort Miellin (Abb. 16). Der geologische Untergrund aller Untersuchungsgebiete wird von kristallinem Grundgebirge (Granit, Gneis) gebildet (Abb. 14, Abb. 15), wodurch eine geologische und annähernd pedologische Homogenität gewährleistet wird. Auf den Standorten herrschen Moder- und Rohhumusbraunerden (Ah-Bv-C) vor. Die dominieren-

den, bestandsbildenden Baumarten der Untersuchungsgebiete sind Buche (*Fagus sylvatica*), Tanne (*Abies alba*) und Fichte (*Picea abies*).

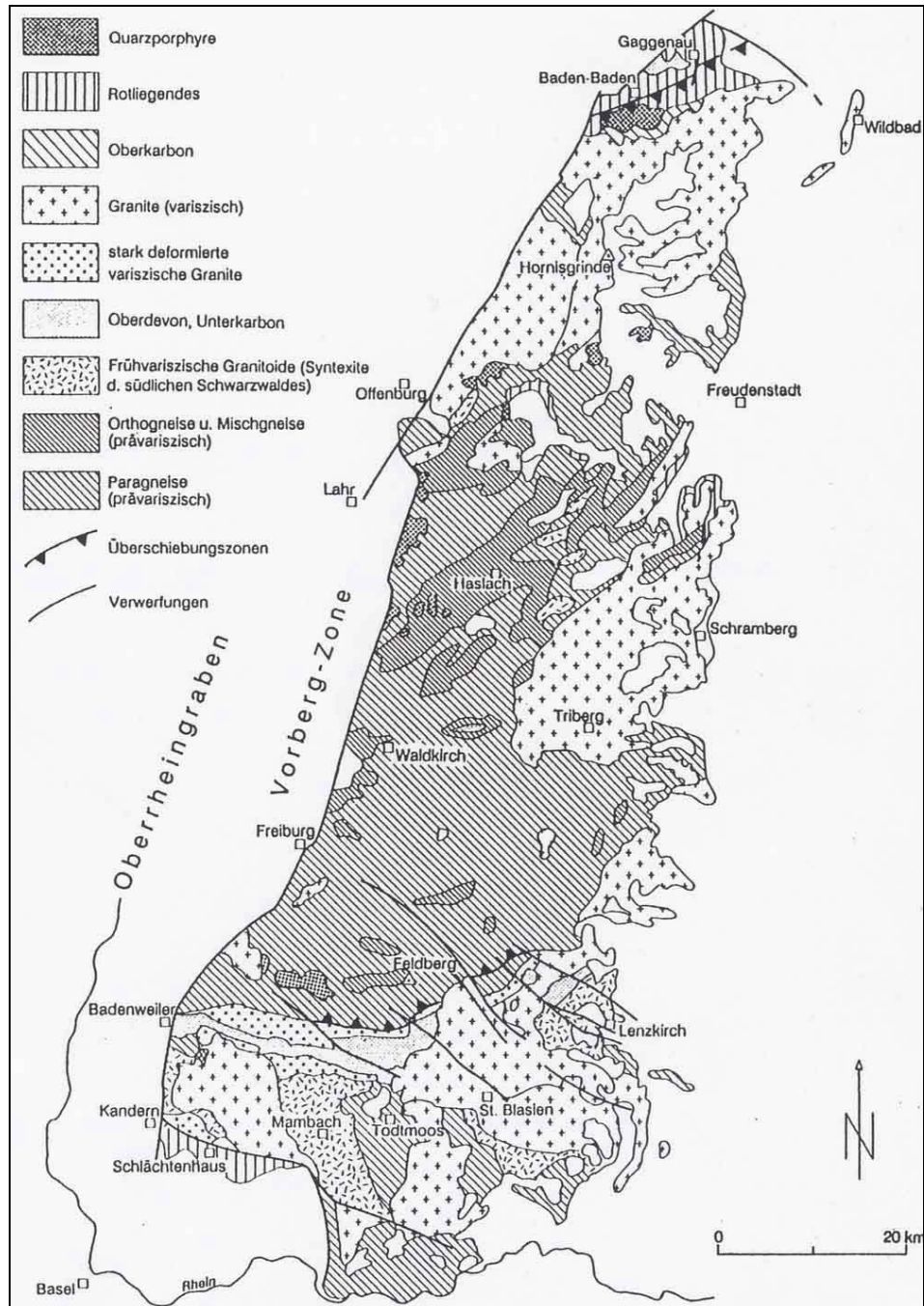


Abb. 14: Geologie des Schwarzwalds (nach WALTER & DORN 1992)

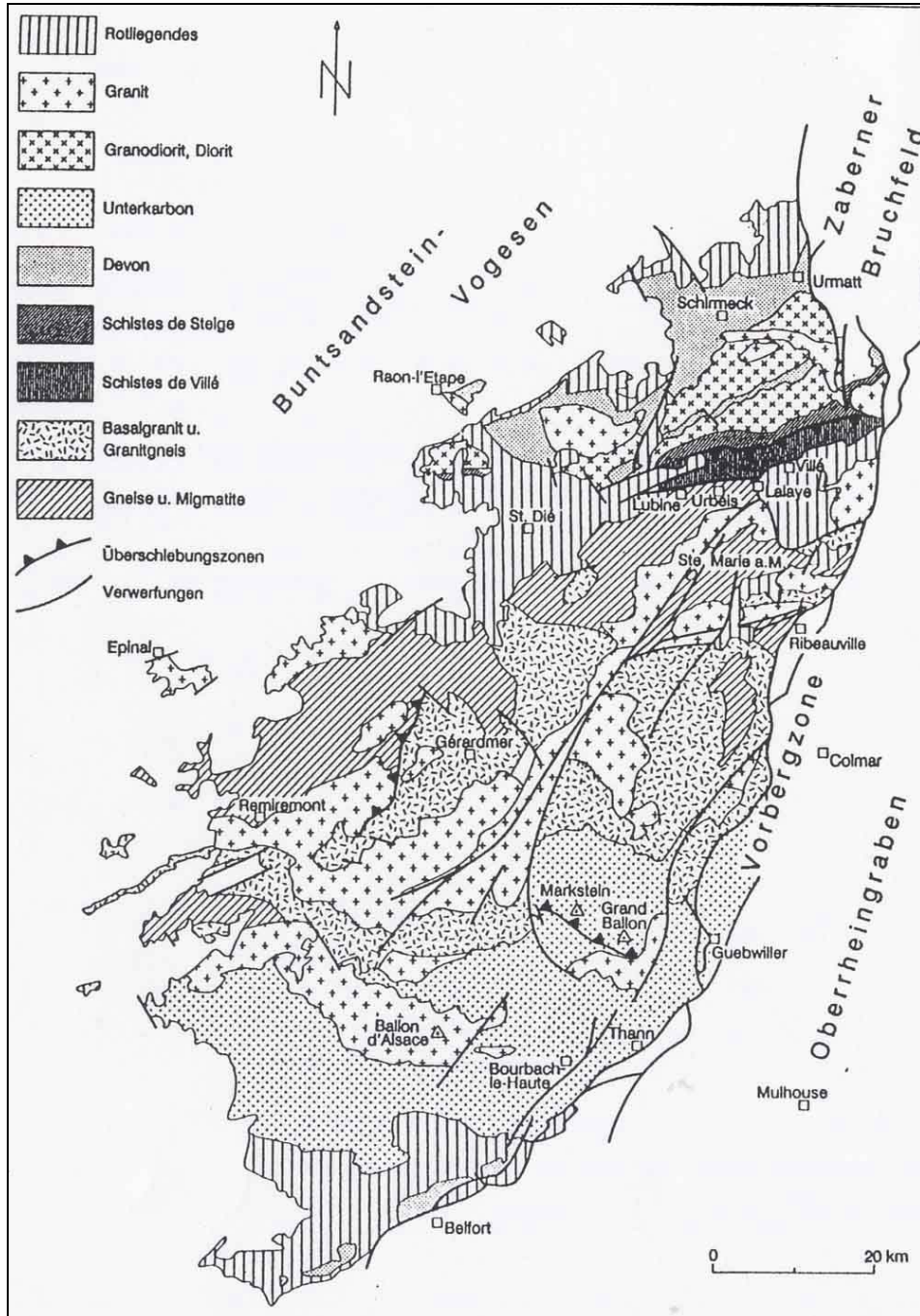


Abb. 15: Geologie der Vogesen (nach WALTER & DORN 1992)

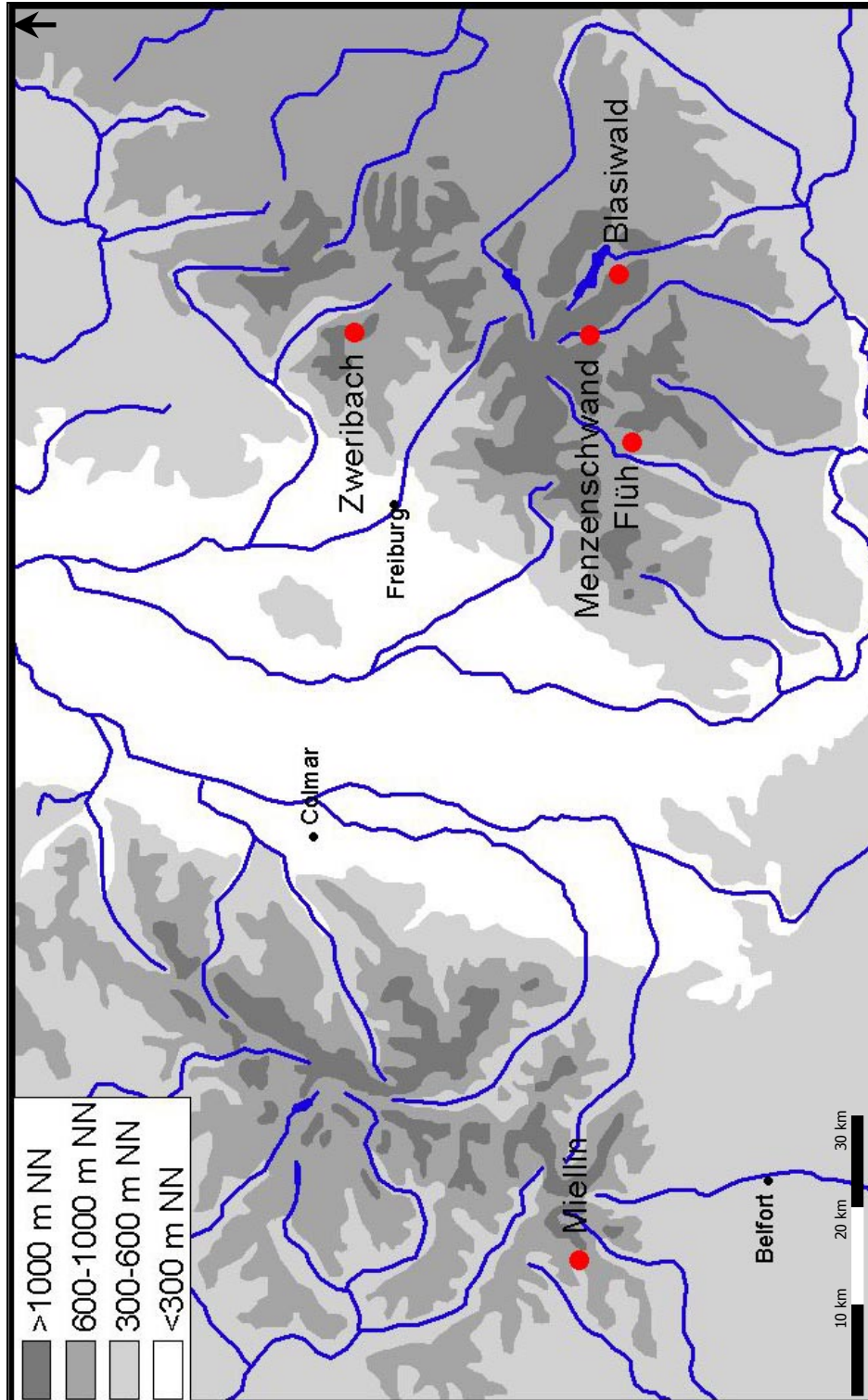


Abb. 16: Untersuchungsgebiete im Schwarzwald und in den Vogesen

3.1 Bannwald „Im Zweribach“

Der Bannwald „Im Zweribach“ liegt 4 km nördlich von St. Märgen und 5 km nordöstlich von St. Peter, im Übergangsbereich der Naturräume Mittlerer Schwarzwald, Südöstlicher Schwarzwald und Hochschwarzwald. Er befindet sich in der montanen Stufe zwischen 600 m und 1000 m ü. NN. Der geologische Untergrund wird von Paragneisen (Biotit-Plagioklas-Paragneis) gebildet, die anatektisch überprägt sein können (GROSCHOPF 1988, GK 1:25000, Blatt 7914). Ausgangsgestein der Bodenbildung sind periglaziale Schuttdecken (KELLER & RIEDEL 1999). Auf ihnen haben sich überwiegend Braunerden mit hohem Skelettanteil gebildet. Die durchschnittliche mittlere Niederschlagssumme gemessen an der Station St. Märgen beträgt 1744 mm, die Jahresmitteltemperatur 6,9°C (MÜHR 2000).

Das Zweribachtal wurde 1969 zum Naturschutzgebiet erklärt, 1970 dann zum Bannwald ausgewiesen. Das Tal weist eine steile, vom rhenanischen Flusssystem gestaltete Relief-form auf. Der Zweribach und der Hirschbach bilden tiefe Erosionsschluchten. Die höheren und steileren Lagen sind mit 100 bis 120 Jahre alten Buchen-Tannenwäldern bedeckt. Die ehemalige Weide- und Wiesenflächen sind mit 40- bis 80jährigen Buchen-Tannenwäldern, 20- bis 60jährigem Stangenholz (Bergahorn, Esche) oder mit Fichtenreinbeständen bestockt.

Die erste Besiedlung und Rodung des oberen Wildgutachtals, mit dem dazugehörigen Zweribachtal, erfolgte erst am Ende des 16. Jahrhunderts. Ende des 18. Jahrhunderts stand das Zweribachtal vor allem unter bäuerlicher Bewirtschaftung, seine Hänge wurden als wildes Reut- und Weidfeld genutzt. Aber auch kleinere Wiesenflächen und Äcker wurden angelegt. Ende des 18. Jahrhunderts, als die Entwaldung ihr größtes Ausmaß erreichte, entfielen 54% auf Reut- und Weidfelder, 13% auf Wiesen bzw. Ackerland. Nur etwa 16% waren mit ursprünglichen Mischwald bestanden, den Rest bedeckten Laub- und Ge-strüpphölzer (LUDEMANN 1992, 1995). Es gab keine homogenen Grasweideflächen sondern mehr mit Einzelgehölzen und Gehölzgruppen bestockte Weiden. Durchsetzte aufkommen-des Gehölz die Weiden, wurde dieses geschlagen, getrocknet und verbrannt. Die Weiden waren teilweise durch Begrenzungsmauern von den Wiesen abgetrennt (siehe Abb. 18).

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nahmen die Bauernwälder mit Buchen und Tannen wieder an Bestandsdichte zu. Nach der Nutzungsaufgabe von Reut- und Weidfel-der wurde die Wiederbewaldung hauptsächlich der Natur überlassen. Sie sind mit Bu-chenwäldern oder Fichtenbeständen bestockt (LUDEMANN 1992). Auf den frischen bis nas-sen, nährstoffreichen Standorten der ehemaligen Wiesen haben sich Bergahorn und Esche

angesiedelt. Bereits Ende des 19. Jahrhunderts verdoppelte sich die Waldfläche auf 63%. Das Gebiet ist heute - 200 Jahre nach stärkster Entwaldung - weitestgehend wieder mit Wald bedeckt (LUDEMANN 1994, 1995).

Für die Untersuchung wurden im Bannwald „Im Zweribach“ insgesamt zehn Flächen zwischen 740 m und 980 m ü. NN ausgewählt (Abb. 17, Tab.3). Nach den Gemarkungsplänen St. Peter (1903), Obersimonswald (1903), Wildgutach (1899), Hinterstraß/St. Märgen (1854) sowie dem Atlas der Gemarkung St. Peter (1852) unterlagen die ausgewählten Untersuchungsflächen den ehemaligen Nutzungsformen Wald, Weide (Weidfeld) und Wiese. Die Nutzung der 2. Hälfte des 18. Jahrhundert wurde als Zusatzinformation aus LUDEMANN (1992) hinzugezogen (vgl. Tab. 3).

Tab. 3: Standortinformationen Bannwald „Im Zweribach“

Standortnummer	ehemalige Nutzung (18. Jh.)	ehemalige Nutzung (Gemarkungspläne 1852-1903)	Höhe (m ü. NN)	rezipienter Bestand	Bodentyp	Exposition
ZB1	Wald	Wald	860	Tannen-Buchenwald <i>Abieti-Fagetum</i>	Braunerde	SSE
ZB2	Weide	Wald	800	Tannen-Buchenwald <i>Abieti-Fagetum</i>	Braunerde	SSE
ZB3	Weide	Weide	980	Hainsimsen-Buchenwald <i>Abieti-Fagetum</i>	Braunerde	O
ZB4	Wald	Wald	850	Tannen-Buchenwald <i>Abieti-Fagetum</i>	Braunerde	W
ZB5	Wiese	Wiese	740	Bergahorn-Eschen-Stangenholz <i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Fraxinus excelsior</i>	Braunerde	NO
ZB6	Weide	Weide	620	Fichtenmonokultur <i>Picea abies</i>	Braunerde	NW
ZB7	Wald	Wald	890	Tannen-Buchenwald <i>Abieti-Fagetum</i>	Braunerde	SSW
ZB8	Wald	Weide	850	Hainsimsen-Buchenwald <i>Luzulo-Fagetum</i>	Braunerde	S
ZB9	Weide	Weide	970	Hainsimsen-Buchenwald <i>Abieti-Fagetum</i>	Braunerde	NO
ZB10	Wiese	Wiese	910	Bergahorn-Eschen-Stangenholz <i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Fraxinus excelsior</i>	Braunerde	W

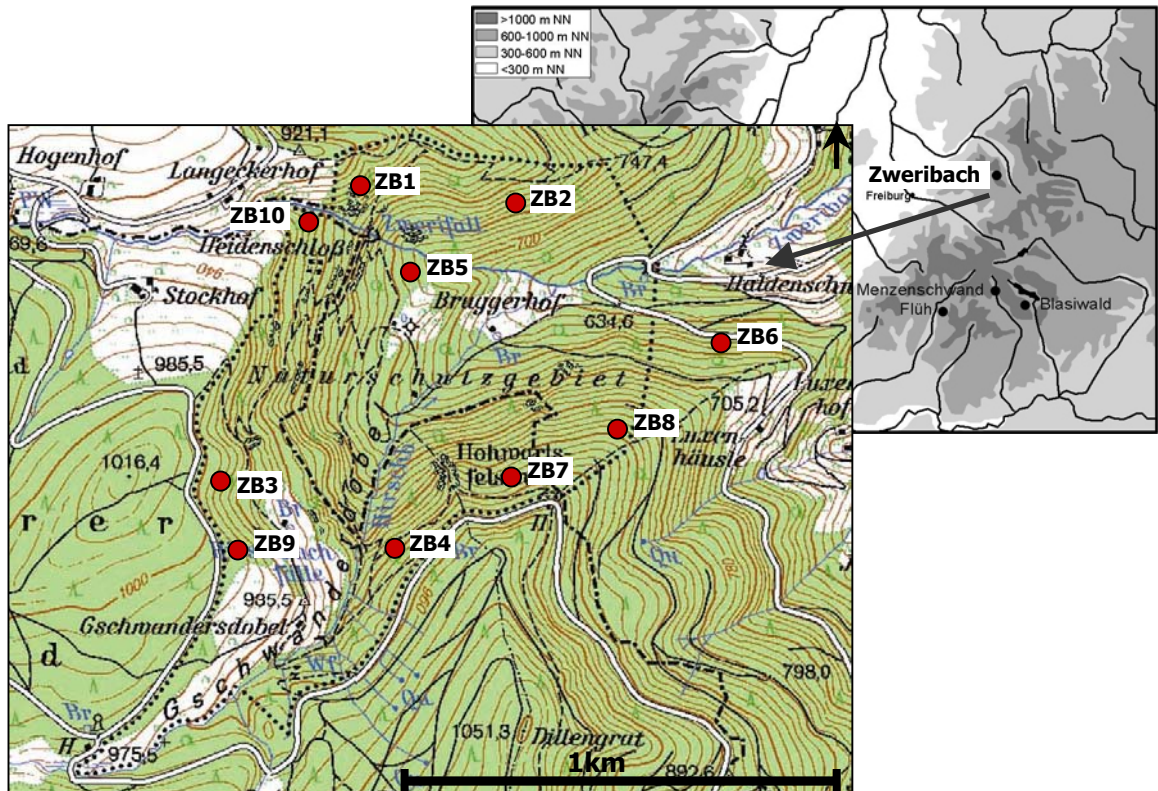


Abb. 17: Karte der Untersuchungsflächen im Bannwald „Im Zweribach“ (Ausschnitt TK25 7914. Grundlage: Topographische Karte 1:25 000 - © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (<http://www.lv-bw.de/>) vom 06.12.2004, Az.: 2851.2-D/3432)



Abb. 18: Alte Begrenzungsmauer (Standort ZB10, Aufnahme Juli 2001)

3.2 Menzenschwand

Das Menzenschwander Tal ist ein typisches Gletschertrogtal und liegt im Südschwarzwald ca. 5 km südlich des Feldbergs. Das Tal selbst erstreckt sich auf einer Höhe von 850 m bis über 1200 m ü. NN. Die Untersuchungsflächen selbst liegen zwischen 900 m und 1130 m ü. NN. Das Tal wird von der Menzenschwander Alb durchflossen. Den geologischen Untergrund bildet vorwiegend der Bärhaldegranit, welcher zu den jüngsten Gesteinen des Schwarzwalds zählt (WIMMENAUER & SCHREINER 1990, GK 1:25000, Blatt 8114). Er ist eine grobkörnige Granitvariante mit den beiden Glimmern Biotit und Muskovit. Im westlichen Teil liegen auch Gneise vor, die teilweise anatektisch überprägt sind. Auf dem geologischen Untergrund haben sich vor allem Braunerden ausgebildet. Unter ehemaligen Wasserwiesen wurden Naßgleye angetroffen. Die Niederschläge sind mit einem mittleren jährlichen Niederschlag von 1879 mm sehr hoch. Die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur beträgt 5,5°C (MÜHR 2000).

Die Besiedelung begann erst im Mittelalter durch Rodungs- und Kolonisationstätigkeiten ausgehend vom Kloster St. Blasien. Die erste urkundliche Erwähnung Menzenschwands stammt aus dem Jahr 1328 (MAYER & EHLERT 2000). Die Rodung der Wälder ging vom hinteren Teil des Tales aus und setzte sich nach und nach zum Talausgang hin fort. Für die nahe gelegenen Glashütten in Alt- und Neuglashütte sowie Aeule wurde Holz aus dem Menzenschwander Tal geliefert bzw. Holzkohle produziert. Aufgrund der Vorherrschaft von nährstoffarmen Granit- und Gneisböden in den Höhenlagen wurde hier nur Graswirtschaft betrieben. Die Weidewirtschaft spielte in Menzenschwand eine große Rolle und war daher weit verbreitet. Abbildung 20 zeigt die typische Nutzungsaufteilung Wiese-Weide, welche auch heute noch durch alte Begrenzungsmauern abgetrennt sind.

Tab. 4: Standortinformationen Menzenschwand

Standortnummer	ehemalig Nutzung (Gemarkungsplan 1871)	Höhe (m ü. NN)	rezepter Bestand	Bodentyp	Exposition
Me1	Weide	1040	Fichtenmonokultur <i>Picea abies</i>	Braunerde	S
Me2	Wald	1130	Hainsimsen-Buchenwald <i>Luzulo-fagetum</i>	Braunerde	S
Me3	Wiese	910	Fichtenmonokultur <i>Picea abies</i>	Naßgley	S
Me4	Weide	960	Fichtenmonokultur <i>Picea abies</i>	Braunerde	O
Me5	Wiese	900	Fichtenmonokultur <i>Picea abies</i>	Naßgley	W
Me6	Wald	1000	Hainsimsen-Buchenwald <i>Luzulo-Fagetum</i>	Braunerde	O

Für die Untersuchung wurden in Menzenschwand insgesamt sechs Flächen zwischen 910 m und 1130 m ü. NN ausgewählt (Abb. 19, Tab.4). Nach den Gemarkungsplänen Menzenschwand Vorderdorf (1871) und Menzenschwand Hinterdorf (1871) unterlagen die ausgewählten Untersuchungsflächen den ehemaligen Nutzungsformen Wald, Weide und Wiese.

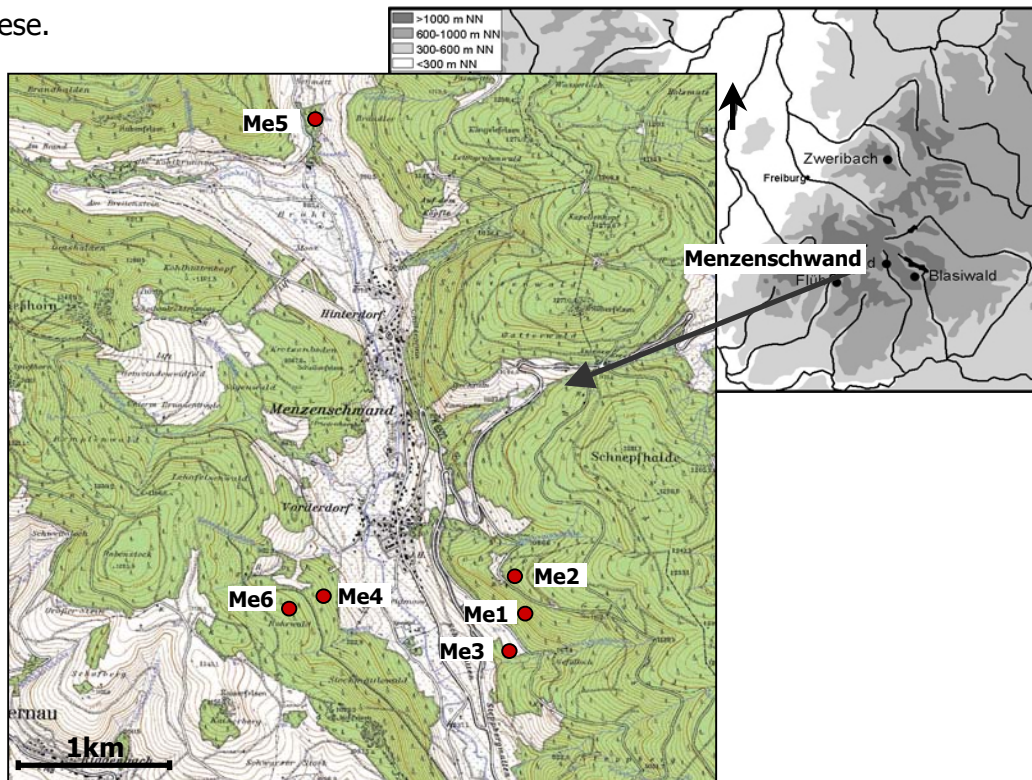


Abb. 19: Karte der Untersuchungsflächen in Menzenschwand (Ausschnitt TK25 8114. Grundlage: Topographische Karte 1:25 000 - © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (<http://www.lv-bw.de/>) vom 06.12.2004, Az.: 2851.2-D/3432)

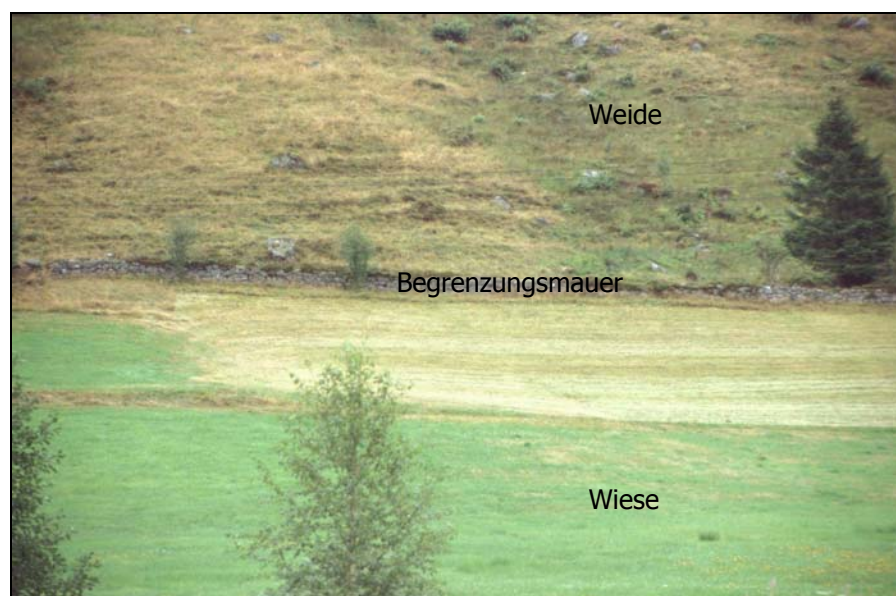


Abb. 20: Typische Nutzungsaufteilung Wiese-Weide an einem Hang in Menzenschwand (Aufnahme Juli 2003)

3.3 Blasiwald

Der Blasiwald liegt im Bereich des südlichen Schwarzwalds, ca. 15 km südlich des Feldbergmassivs, am südlichen Rand des Schluchsees. Das Grundgebirge setzt sich überwiegend aus Gneisen, anatektischen Gesteinen und Graniten zusammen (WIMMENAUER & SCHREINER 1990, SAWATZKI 1992, GK 1:25000 Blatt 8114 u. 8214). Die Untersuchungsflächen im Blasiwald befinden sich auf Schluchseegranit. Das Gebiet ist stark glazial überprägt, was sich in Moränenmaterial und meterdicken Schuttdecken zeigt. Hierauf haben sich überwiegend Braunerden und Podsole gebildet, wobei unter den Untersuchungsflächen neben Braunerden, an Vernässungsstellen Naßgleye vorgefunden wurden.

Die beiden nächstgelegenen Klimastationen geben folgende Werte für die mittlere jährliche Niederschlagssumme sowie die durchschnittliche Jahrestemperatur an: St. Blasien (795 m ü. NN) 1704 mm und 6,2°C; Schluchsee (963 m ü. NN) 1744 mm und 6,9°C (MÜHR 2000). Die Differenzen der Klimadaten ergeben sich aus der variierenden Höhenlage und Exposition.

Die Benediktinerabtei Sankt Blasien, von der die Erschließung des Blasiwaldes ausging, wurde um 850 n. Chr. in einer menschenleeren und unerschlossenen Wildnis angelegt (BAUM 1994). Hieraus erfolgte zum ersten Mal eine Besiedelung und Klostergründung im Zentrum des Südschwarzwalds (948 Kloster St. Blasien). Rodungstätigkeiten machten den umliegenden Wald urbar. Nach WERNET (1941) wurde im Blasiwald schon während des 16. Jahrhundert Glashüttengewerbe betrieben (älteste Glashütte 1579 (JENISCH 2002)). Dennoch war der Wald von St. Blasien im 18. Jahrhundert noch nicht von der intensiven Waldzerstörung betroffen. Erst während des 19. Jahrhunderts fand ein intensiver Raubbau statt. Vor allem die Anlage und der intensive Betrieb von Glashütten und Kohlemeilern führte zu einem enormen Holzverbrauch und zur Übernutzung der Wälder. Aufgrund des eintretenden Holz mangels im Laufe des Betriebes wurden die Glashütten immer weiterverlegt. Man muss davon ausgehen, dass durch diese Vorgehensweise die ganze heutige Gemarkung Blasiwald nach und nach abgeholzt wurde. Die Buche wurde im Umkreis der Glashütten in besonderem Maße gerodet, weil sie aufgrund ihres Brennwertes für dieses Gewerbe von besonderem Interesse war. Da die Laub- und Mischwälder starker Waldverwüstung unterlagen, konnte sich die Fichte bei der einsetzenden natürlichen Verjüngung weithin ausbreiten. Sie stellt heute die dominierende Baumart im Gebiet dar. Im Jahre 1896 waren auf der Gemarkung Blasiwald nur noch 23% der Fläche mit Wald bedeckt, 48% wurden als Weide genutzt. Heute sind 57% des Blasiwaldes mit Wald be-

stockt und 28% unter Weidennutzung. Die ackerbaulichen Nutzflächen umfassten 1896 nur 12% und ist heute nur noch geringfügig vorhanden (REINBOLZ 2003).

Im Untersuchungsgebiet Blasiwald wurden insgesamt fünf Flächen ausgewählt, welche nach dem Gemarkungsplan von 1869 unter den Nutzungsformen Wald, Weide, Wiese oder Acker standen. Die Probeflächen sind zwischen 890 m ü. NN und 1180 m ü. NN gelegen (Abb. 21, Tab.5). Noch heute kann man im Untersuchungsgebiet Zeugnisse ehemaliger Nutzung wie beispielsweise Brandhorizonte früherer Reutfeldwirtschaft (Abb. 22), Ackerterrassen (Abb. 23) oder Begrenzungsmauern (Abb. 24) zwischen Weide und Wiese finden.

Tab. 5: Standortinformationen Blasiwald

Standortnummer	ehemalig Nutzung (Gemarkungsplan 1869)	Höhe (m ü. NN)	rezenter Bestand	Bodentyp	Exposition
BW1	Weide	1150	Hainsimsen-Buchenwald <i>Luzulo-Fagetum</i>	Braunerde	S
BW2	Wald	1180	Hainsimsen-Buchenwald <i>Luzulo-Fagetum</i>	Braunerde	S
BW3	Wiese	890	Fichtenmonokultur <i>Picea abies</i>	Naßgley	O
BW4	Wald	1150	Hainsimsen-Buchenwald <i>Luzulo-Fagetum</i>	Braunerde	S
BW5	Acker	1005	Fichtenmonokultur <i>Picea abies</i>	Acker-Braunerde	NNO

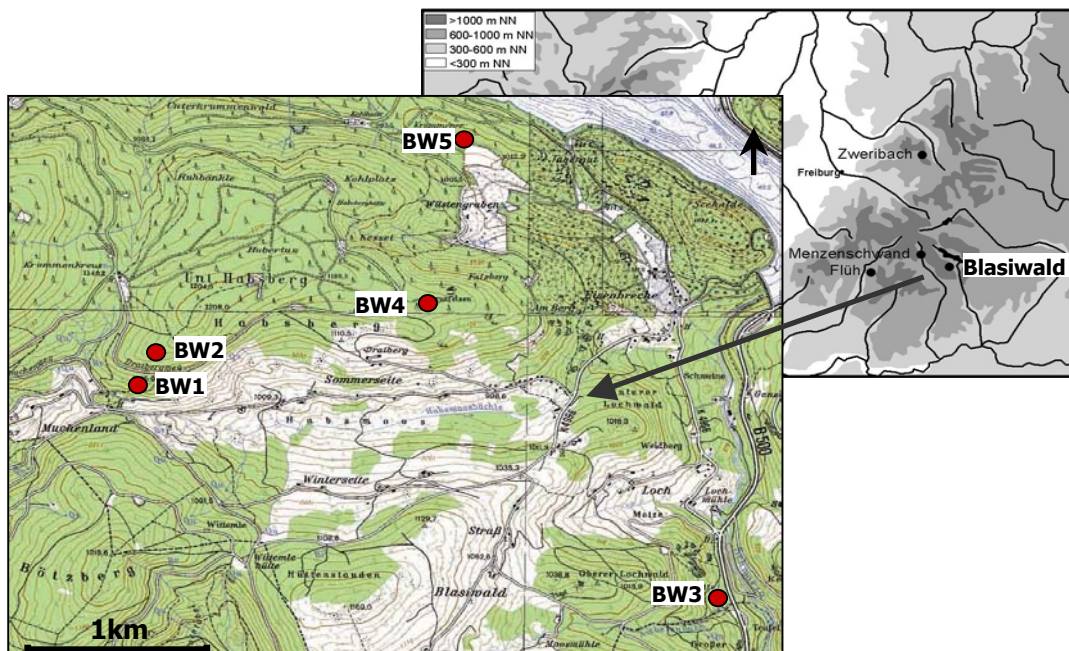


Abb. 21: Karte der Untersuchungsflächen in Blasiwald (Ausschnitt TK25 8114, 8214. Grundlage: Topographische Karte 1:25 000 - © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (<http://www.lv-bw.de/>) vom 06.12.2004, Az.: 2851.2-D/3432)

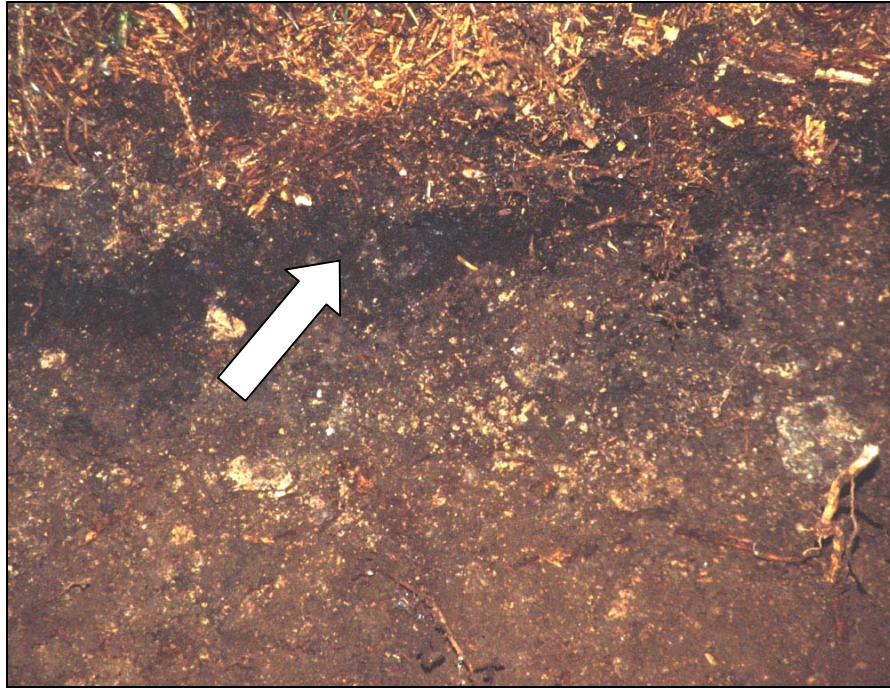


Abb. 22: Brandhorizont unter ehemaligem Reutfeld (Standort BW1, Aufnahme Juli 2002)



Abb. 23: Alte Terrasse unter ehemaliger Ackernutzung (Standort BW5, Aufnahme Juli 2002)



Abb. 24: Alte Begrenzungsmauer zwischen ehemaliger Weide und Wiese (Standort BW3, Aufnahme Juli 2002)

3.4 Bannwald Flüh

Der Bannwald „Flüh“ liegt im Südschwarzwald ca. 1 km südlich von Schönau, am nordwestlich bzw. westlich exponierten Talhang der Wiese. Er befindet sich in der submontanen Stufe zwischen 510 m bis 740 m ü. NN. Der geologische Untergrund wird von Umwandlungsgestein (Metamorphiten), die zum Teil aufgeschmolzen und umgelagert wurden sowie von Tiefengesteinen (Plutoniten) wie Granit geprägt (LANDESARCHIVDIREKTION B.-W. 1993). Es herrschen Biotit-Hornblende-Gneise vor, die eiszeitlichen Überformungsprozessen unterlagen (HANN & SAWATZKI 1997, GK 1:25000, Blatt 8213). Aus dem anstehenden Grundgestein gingen größtenteils nährstoffarme, skelettreiche Braunerden hervor. Die durchschnittliche Jahrestemperatur (Messstation Schönau 534 m ü. NN) beträgt 7,7°C, der mittlere jährliche Niederschlag liegt bei 1580 mm (DOSTAL 2004). Es herrscht ein niederschlagsreiches Klima bei einer für den Schwarzwald hohen Jahresmitteltemperatur.

Das Gebiet (insgesamt 37,3 ha) wurde 1970 zum Bannwald erklärt. Es unterteilt sich in 18,1 ha Staatswald, 14,8 ha Gemeindewald und 4,4 ha Gemeindeweidfeld (SCHWABE-BRAUN 1979). Der größte Teil ist mit naturnahen Buchen-Tannenwäldern sowie gepflanzten Fichtenbeständen bestockt oder mit baumfreien Weidfeldern bedeckt. Der alte Kern des Staatswaldes weist vor allem 120- bis 160jährige Buchenaltholzbestände auf, die als

historisch alter Wald betrachtet werden können. Das Gebiet des heutigen Gemeindewaldes wurde seit dem Mittelalter als Weide und Waldweide genutzt. Teilweise wurde noch bis in die 1950er Jahre hinein Reutfeldwirtschaft betrieben. Die Karte der Talvogtei Schönau von 1773 zeigt, dass das heutige Bannwaldgebiet in dieser Zeit bis auf wenige kleine Enklaven baumfrei war. Bis in das 19. Jahrhundert waren die Wälder von starkem Raubbau durch Bergbau, Köhlerei, Flösserei und Glasbläserei betroffen. Durch Waldweide und Streunutzung wurden den Wäldern zudem Nährstoffe entzogen. Die Vegetation zeigt heute noch Strukturmerkmale, die sich auf den Einfluss des Menschen und seine wirtschaftliche Tätigkeit zurückführen lassen, wie beispielsweise Hainbuchenniederwälder (Abb. 26).

Die Weidfelder waren Gemeindeweiden, die zur Allmende gehörten. Sie unterlagen der Reutbergwirtschaft, das heißt sie wurden mit Brandwirtschaft im Wechsel zwischen Weide und Acker bewirtschaftet. Etwa alle 20 Jahre fand ein Nutzungswechsel statt. Die mit aufkommendem Gehölz durchsetzte Weide wurde abgeholzt, das Material getrocknet und verbrannt. Die Asche wurde gleichmäßig verteilt. Daraufhin folgte 1 bis 3 Jahre Ackerbau. Durch diese Bewirtschaftungsform wurde der Boden freigelegt, was an steilen Hängen zu Rutschungen und Erosion führte. Erst nach Einführung des 1. Badischen Forstgesetzes 1833 wurde versucht, durch Aufforstung und Waldpflege die Schäden der Waldzerstörung zu beheben. Die Nutzung einiger Flächen als Weidfeld dauerte bis in die 1950er Jahre hinein an. Heute sind diese Standorte überwiegend mit 20- bis 50jährigen Fichtenmonokulturen oder mit Stangenholz aus Buche und Hainbuche mit Beimischung von Ahorn, Esche und Birke bestanden. Alte Brandhorizonte als Zeugnis der Bewirtschaftungsform sind heute noch auf ehemaligen Weidflächen anzutreffen.

Tab. 6: Standortinformationen Bannwald „Flüh“

Standortnummer	ehemalig Nutzung (Gemarkungsplan 1903)	Höhe (m ü. NN)	rezipienter Bestand	Bodentyp	Exposition
BF1	Wald	630	Hainsimsen-Buchenwald <i>Luzulo-Fagetum</i>	Braunerde	NNW
BF2	Weide	550	Hainbuchenniederwald <i>Carpinus betulus</i>	Braunerde	W
BF3	Weide	650	Fichtenmonokultur <i>Picea abies</i>	Braunerde	N
BF4	Weide	640	Hainsimsen-Buchenwald mit Stangenmischholz <i>Luzulo-Fagetum</i>	Braunerde	SW
BF5	Wiese	580	Fichtenmonokultur <i>Picea abies</i>	Braunerde	S
BF6	Wald	630	Hainsimsen-Buchenwald <i>Luzulo-Fagetum</i>	Braunerde	N

Insgesamt wurden für die Untersuchung im Bannwald „Flüh“ sechs Probeflächen zwischen 550 m und 650 m ü. NN ausgewählt (Abb. 25, Tab.6). Die Flächen unterlagen nach dem Übersichtsplan der Gemarkungen Schönau und Künaberg-Stutz von 1903 der Nutzung Wald, Weide oder Wiese. Ehemalige Ackernutzung wurde im Gebiet nicht angetroffen.

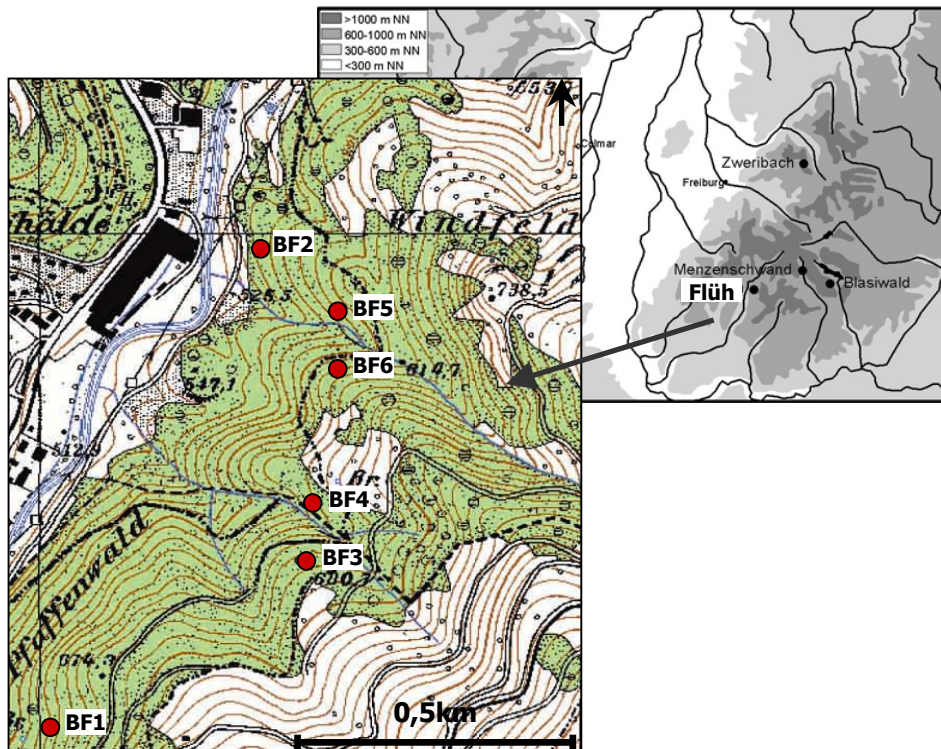


Abb. 25: Karte der Untersuchungsflächen im Bannwald „Flüh“ (Ausschnitt TK25 8213. Grundlage: Topographische Karte 1:25 000 - © Landesvermessungsamt Baden-Württemberg (<http://www.lv-bw.de/>) vom 06.12.2004, Az.: 2851.2-D/3432)



Abb. 26: Alter Hainbuchen-Niederwald (Standort BF2, Aufnahme August 2001)

3.5 Miellin

Das Untersuchungsgebiet liegt in den Südvogesen, ca. 2 km nordöstlich des Ortes Miellin, bzw. nördlich der Orte Giromagny und Planche-les-Mines (Departement Haute-Saône). Das Gebiet ist Teil des „Forêt de St. Antoine“ am Fuße des Ballon de Servance und befindet sich mit 600 m bis 1200 m ü. NN in der montanen Stufe. Der „Forêt de St. Antoine“ ist seit 1984 als Biologisches Schutzgebiet (Réserve Biologique Dominale) ausgewiesen. Der geologische Untergrund wird von porphyritischen Graniten, dem sogenannten „Granit des ballons“, gebildet (BRGM 1974). Hieraus haben sich vorwiegend saure Braunerden entwickelt. Die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur liegt mit 9,6°C hoch (CAILLET 2002). Es herrschen hohe mittlere jährliche Niederschläge von 2153 mm (Station Plancher-les-Mines).

Der Wald im Untersuchungsgebiet Miellin wurde vom Menschen schon sehr früh in starkem Maße genutzt. Seit dem Mittelalter unterlag er massiver Ausbeutung durch Glashütten und Köhlerei, aber auch durch Bergbau (GARNIER 1998). Bis zum 18. Jahrhundert wurden die Wälder von Tanne dominiert. Die Rodungstätigkeiten für die holznutzenden Gewerbe sowie das Vordringen von Ackerbau und Weidennutzung in die Wälder ermöglichten der Buche, sich stärker zu etablieren (CAILLET 2002). Die Wiederaufforstung im 19. Jahrhundert wurde vor allem mit Nadelbäumen betrieben. Tannen-Buchenwäldern, in denen sich teilweise die Fichte beimischt, bestocken heute das Gebiet.

Die erste urkundliche Erwähnung des Ortes Miellin stammt aus dem 13. Jahrhundert. Im Tal der Doux standen im Laufe der Zeit mehrere Glashütten. Die Glashütte, mit den nachhaltigsten Auswirkungen im Untersuchungsgebiet war von der Mitte des 18. Jahrhunderts (ca. 1730) bis 1836 in Betrieb. Zudem wurde der Wald massiv für die Köhlerei genutzt (GARNIER 1998). Zahlreiche Köhlerplatten sind noch heute als Zeugnisse dieser Tätigkeit anzutreffen. Auch alte Ackerterrassen wurden im Untersuchungsgebiet angetroffen und zeugen von der ehemaligen ackerbaulichen Nutzung (Abb. 28).

Für die Untersuchung wurden insgesamt sechs Flächen einbezogen, welche 1841 den Nutzungen Wald, Weide, Wiese und Acker unterlagen (Abb. 27, Tab.7). Die Untersuchungsflächen liegen auf Höhen zwischen 740 m und 860 m ü. NN. Der Forêt de St. Antoine war Untersuchungsobjekt im Rahmen des europäischen Life-Programms „Héritage bioculturel forestier“. Die Bodenprobenahme sowie die vegetationskundlichen Untersuchungen wurden daher in Zusammenarbeit mit dem Office National des Forêts - Division Lure durchgeführt.

Tab. 7: Standortinformationen Miellin

Standortnummer	ehemalige Nutzung (Plan cadastral 1841)	Höhe (m ü. NN)	rezepter Bestand	Bodentyp	Exposition
Mi1	Acker	760	Tannen-Buchenwald <i>Abieti-Fagetum</i>	Braunerde	SSO
Mi2	Wiese	780	Tannen-Buchenwald <i>Abieti-Fagetum</i>	Braunerde	SSO
Mi3	Wiese	740	Tannen-Buchenwald <i>Abieti-Fagetum</i>	Braunerde	S
Mi4	Wald	780	Tannen-Buchenwald <i>Abieti-Fagetum</i>	Braunerde	W
Mi5	Wald	820	Tannen-Buchenwald <i>Abieti-Fagetum</i>	Braunerde	N
Mi6	Weide	860	Tannen-Buchenwald <i>Abieti-Fagetum</i>	Braunerde	S

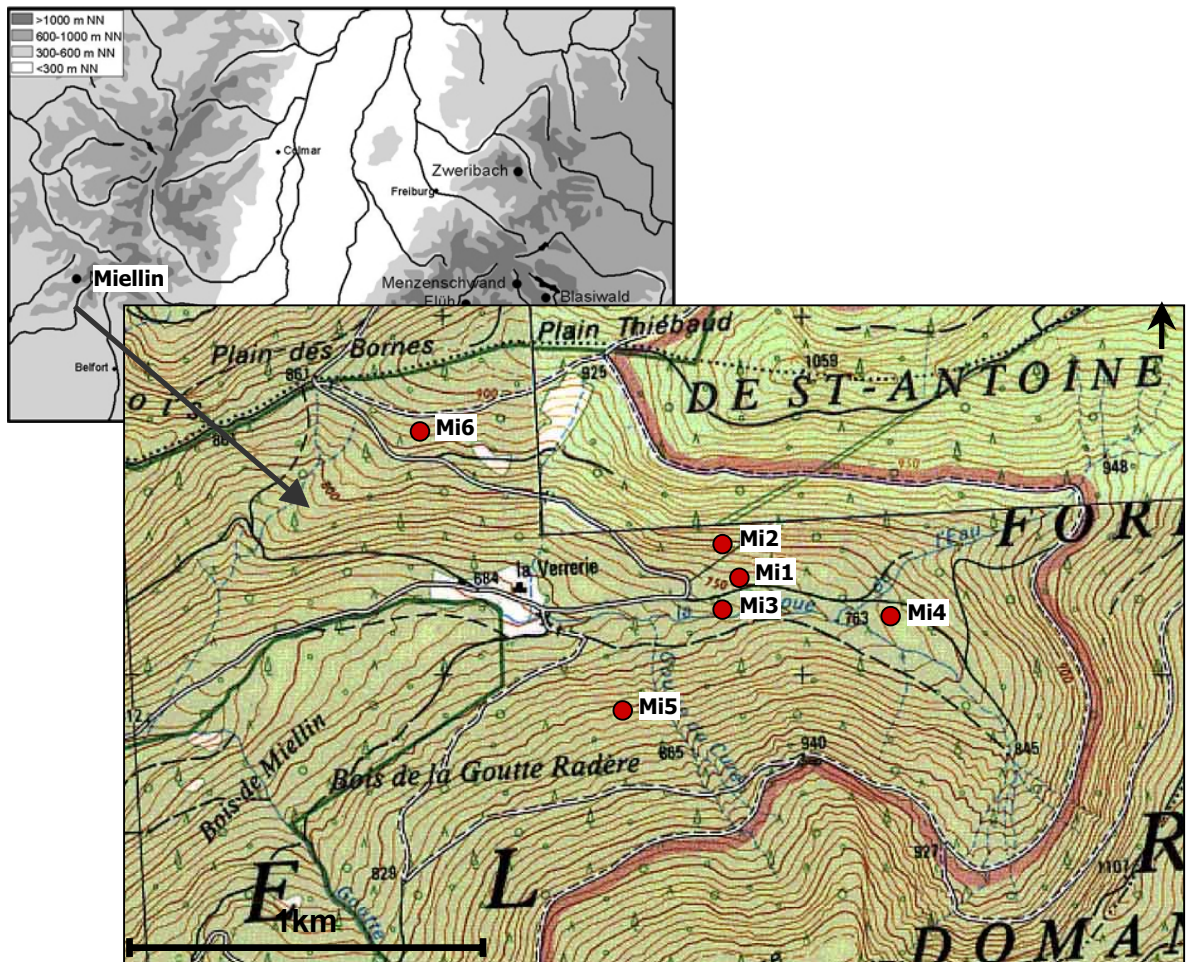


Abb. 27: Karte der Untersuchungsflächen in Miellin (Ausschnitt TOP25 3520 ET, IGN)



Abb. 28: Alte Terrassen unter ehemalige Ackernutzung (Standort Mi1, Aufnahme Juni 2002)

4 Vorgehensweise und Methoden

4.1 Flächenauswahl

In insgesamt fünf Gebieten wurden 33 Waldflächen exemplarisch für die bodenkundlichen sowie vegetationskundlichen Untersuchungen ausgewählt. Die Flächen unterlagen vor ca. 100 bis 160 Jahren unterschiedlichen agrarischen Nutzungsformen und sind heute wiederbewaldet, oder sie waren kontinuierlich bewaldet. Die Kriterien für die Auswahl der jeweiligen Standorte begründen sich zum einen auf bereits in den Gebieten gelaufenen Untersuchungen, deren Ergebnisse aufgegriffen werden konnten. Zum anderen wurden die Gebiete aufgrund der interdisziplinären Zusammenarbeit innerhalb des Graduiertenkollegs bzw. mit anderen Institutionen in die Forschungsarbeit einbezogen (Tab. 8).

Tab. 8: Vorarbeiten und Kooperationen in den Untersuchungsgebieten

Untersuchungsgebiet	Vorarbeiten bzw. Zusammenarbeiten die vollständigen Angaben zu den Werken befinden sich im Literaturverzeichnis
Bannwald „Im Zweribach“	LUDEMANN, T. (1992): Im Zweribach. Vom nacheiszeitlichen Urwald zum „Urwald von morgen“. KELLER, F. ; RIEDEL, P. (2001): Bannwald „Zweribach“. Forstbezirk St. Märgen. Erläuterungen zur Forstlichen Grundaufnahme 1999.
Bannwald „Flüh“	SCHWABE-BRAUN, A. (1979): Der Bannwald Flüh. SCHWABE, A.; KRATOCHWIL, A.; BÄMMERT, J.(1989): Sukzessionsprozesse im aufgelassenen Weidfeld-Gebiet des „Bannwald Flüh“ (Südschwarzwald) 1976-1988.
Menzenschwand	Zusammenarbeit im Graduiertenkolleg mit BODE, F. Institut für Biologie II/Geobotanik - Universität Freiburg Dissertationsvorhaben „Aktuelle Vegetation und subrezenter Landschafts- und Vegetationswandel im Südschwarzwald“
Blasiwald	REINBOLZ, A. (2003): Der Schwarzwald als Kulturlandschaft. Integrierte Landschaftsanalyse als Grundlage für ein differenziertes Nutzungsmanagement. BAUM, C. (1994): Der Klosterwald von St. Blasien.
Miellin	Zusammenarbeit mit dem Office National des Forêts, Division Lure, im Rahmen des Life-Environnement Programms „Héritage bioculturel forestier“. GARNIER, E. (1998): Un massif forestier et son histoire: La forêt de Saint-Antoine.

Die ausgewählten Gebiete sind weitestgehend homogen in ihren Standortbedingungen. Der geologische Untergrund aller Untersuchungsgebiete wird von kristallinem Grundgebirge gebildet (siehe Kapitel 3), wodurch eine geologische und annähernd pedologische Homogenität gewährleistet wird. Die Böden in den Untersuchungsgebieten sind überwiegend aus Granit- und Gneisverwitterung hervorgegangene, oligotrophe Moderbraunerden (Ah-Bv-C), wobei stellenweise aufgrund der rezenten Fichtenbestände die Humusform Roh-

humus vorliegt. Stellenweise sind unter alten Wässerwiesen Naßgleye anzutreffen (Aa-Gr).

4.2 Rekonstruktion der Nutzungsgeschichte

Um die Auswirkung der Nutzungsveränderung von Wäldern auf ihre Böden zu ermitteln, wurden zunächst die historischen Nutzungszustände der Untersuchungsgebiete erfasst. Historische Landkarten sind unersetzliche Quellen, welche flächenhafte Informationen zu den historischen Zuständen und Veränderungen der Landschaft geben. Als Grundlage zur Auswahl der Flächen im Schwarzwald diente die Nutzungskartierung der badischen Gemarkungspläne (1:10 000) aus dem 19. Jahrhundert. Zur Rekonstruktion der Nutzung in den Vogesen wurden die „plans cadastraux“ (1:20 000) mit den dazugehörigen „matrices cadastrales“, den Verzeichnissen über den Eigentümer sowie die Nutzungskategorie der Parzellen, hinzugezogen (Abb. 29). Diese Kataster wurden zwischen 1814 und 1840 unter Napoleon I^{er} aufgenommen. Es muss hinzugefügt werden, dass anhand des vorliegenden historischen Kartenmaterials keine Aussagen über die Zeitdauer der Nicht-Wald-Nutzung bzw. über den Beginn der agrarischen Nutzung von Waldflächen getroffen werden können. Es wird nur festgehalten, ob die Standorte immer Wald waren oder unter Offenlandnutzung wie Weide, Wiese oder Acker gestanden haben. Das Mindestalter der Nutzungsaufgabe kann annähernd über das heutige Bestandsalter datiert werden.

Anhand der Kartenwerke wurde für jedes Untersuchungsgebiet die Landnutzung vor ca. 100 bis 160 Jahren rekonstruiert. Die badischen Gemarkungspläne weisen in der Legende folgende agrarische Nutzungstypen aus: Gartenland, Ackerland, Wiese, Wald sowie Weide (Weid-, Reutfeld). Die „plans cadastrales“ unterteilen in die Nutzungskategorien: jardin (Garten), terre (Acker), prés (Wiese), pâture (Privatweide), pâquis (Gemeindeweide), bois (Privatwald), forêt (Wald). Die für die Untersuchungen ausgewählten Flächen repräsentieren folgende Nutzungstypen:

- Wald = kontinuierlicher Waldbestand seit mindestens 100 Jahren
- Weide = Weidenutzung vor mindestens 100 Jahren, heute wiederbewaldet
- Wiese = Wiesennutzung vor mindestens 100 Jahren, heute wiederbewaldet
- Acker = Ackernutzung vor mindestens 100 Jahren, heute wiederbewaldet

Im Rahmen dieser Arbeit werden Waldbestände, welche bereits in den Gemarkungsplänen bzw. Katasterplänen als solche verzeichnet sind, als „alte Wälder“ bezeichnet. Ihre Defini-

tion richtet sich nach WULF (1994, 1999). Sogenannte „alte Wälder“ sind seit mindestens 100 Jahren kontinuierlich bewaldete Flächen. Das Kriterium der Naturnähe ist hierbei nicht ausschlaggebend, sondern nur die dauerhafte Bestockung. Waldflächen, welche mit standortfremden Baumarten bestanden sind, werden ebenfalls hierzu gezählt. Zur Festlegung, ob es sich bei Beständen um historisch alte Wälder handelt oder nicht, wird in der Regel auf Kartenwerke aus der Mitte des 18. und 19. Jahrhunderts zurückgegriffen.

Basierend auf den historischen Aufnahmen wurden in jedem Untersuchungsgebiet mehrere Testflächen mit jeweils unterschiedlicher Nutzung ausgewählt. Zusätzlich zum Kartenmaterial konnten auch heute noch im Gelände anzutreffende Zeugnisse ehemaliger Nutzung wie beispielsweise Ackerterrassen, Begrenzungsmauern, Lesesteinhaufen, Brandhorizonte oder Weidbuchen zur Identifizierung der historischen Nutzungsform herangezogen werden.

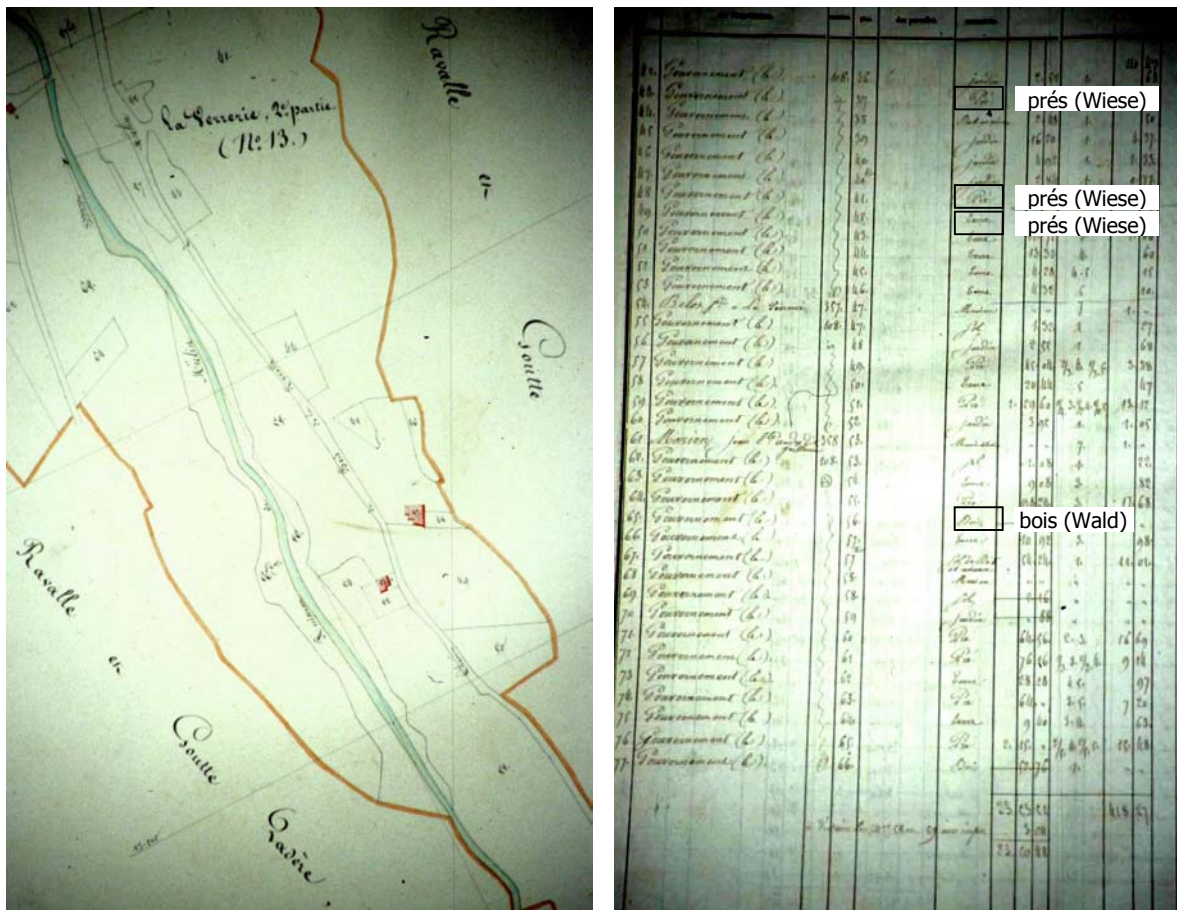


Abb. 29: Katasterkarte (plan cadastral) und Katasterbeschreibung (matrice cadastral) von Miellin 1841 (Mairie de Miellin)

4.3 Aufnahme der Bodenprofile

Jede Untersuchungsfläche (mit einer Größe von ca. einem Hektar) wurde bodenkundlich erfasst. Es wurden Probebohrungen mit einem Pürckhauer Erdbohrstock durchgeführt, um sicherzustellen, dass keine groben Störungen auf der Fläche vorliegen und um die Repräsentativität der Profilaufnahmen für den Standort zu gewährleisten. Auf jeder Untersuchungsfläche wurden zwei Bodenprofile in Anlehnung an die Bodenkundliche Kartieranleitung (AG BODEN 1994) aufgenommen. Folgende bodenphysikalische Standardparameter wurden vor Ort erfasst: Bodenart, Humusgehalt, Bodenfarbe, Durchwurzelungsintensität, Carbonatgehalt und Horizontabfolge. Anhand der Horizontfolgen konnten die Bodentypen bestimmt werden. Zudem wurde die Humusform im Gelände aufgenommen.

Die Bestimmung der **Bodenart** des mineralischen Fein- und Grobbodens im Gelände erfolgte anhand der Fingerprobe. Zusätzlich wurde eine Korngrößenanalyse im Labor durchgeführt.

Die Beurteilung des **Humusgehalts** resultiert aus dem optischen Eindruck. Je höher der Humusgehalt ist, desto dunkler ist die Bodenfarbe und desto feiner fühlt sich der Boden an. Da es oft sehr schwer ist, aus reiner Beobachtung Schlüsse auf die Höhe des Humusgehaltes zu ziehen, wurde zudem der organische Kohlenstoffgehalt im CNS-Analysator gemessen. Die organische Substanz kann aus den ermittelten Werten des organischen Kohlenstoffs berechnet werden, indem mit dem Faktor 1,72 multipliziert wird.

Die **Bodenfarbe** wurde gemäß der MUNSELL "Standard Soil Color Charts" ermittelt. Hier werden die Farben mit Symbolen aus Buchstaben und Zahlen festgelegt, wobei Farbe, Helligkeit und Intensität berücksichtigt werden.

Die **Durchwurzelungsintensität** gibt die mittlere Anzahl der Feinwurzeln pro dm^2 an. Als Feinwurzeln werden Wurzeln mit einem Durchmesser < 2 mm bezeichnet.

Die Bestimmung des **Carbonatgehalts** im Gelände erfolgte mit Hilfe 10%iger Salzsäure. Der Carbonatgehalt wird hierbei nach den optisch und akustisch erkennbaren Reaktionen der CO_2 -Entwicklung geschätzt.

Unter einem **Bodentyp** werden Böden zusammengefasst, welche die gleiche Kombination von charakteristischen Bodenhorizonten und die gleiche Bodengenese aufweisen. So haben beispielsweise alle Braunerden die Horizontabfolge Ah-Bv-C und sind bodengenetisch durch den Prozess der Verbraunung und der Verlehmung gekennzeichnet.

Die **Humusform** beschreibt den Aufbau und die Anordnung der organischen Auflage und

des obersten mineralischen Bodenhorizonts. Bei den aeromorphen Humusformen, welche unter aeroben Bedingungen entstehen, unterscheidet man zwischen Mineralboden-Humusformen (Mull) und Auflage-Humusformen (Moder, Rohhumus).

Aus den Profilen wurde horizontweise Bodenmaterial für weitere Laboranalysen entnommen. Im Vergleich zu tiefenbezogenen Probenahmen berücksichtigen horizontbezogene Entnahmen funktionale Differenzen in den Bodenhorizonten. Zusätzlich wurden auf der gesamten Fläche weitere zehn zufällig verteilte Einzelproben mit einem Split-Tube-Sampler gezogen.

4.4 Laboranalysen

Um auf den ausgewählten Untersuchungsflächen den Einfluss von unterschiedlicher Landnutzung wie Acker, Wiese und Weide im Vergleich zu dauerhaftem Wald eingehender zu untersuchen, wurden folgende physikalische, chemische und isotopische Bodenparameter in die Arbeit einbezogen: Korngrößenverteilung, pH-Wert, C/N-Verhältnis (organischer Kohlenstoffgehalt, Stickstoffgehalt), Basensättigung (Kationenaustauschkapazität) und $\delta^{15}\text{N}$ im Mineralboden. Diese Parameter befinden sich in ungestörten Waldböden in einem Gleichgewichtszustand. Eine Umgestaltung der Nutzungsform zieht die Veränderung der Prozesse, welche im Boden ablaufen (z.B. Bodenreaktion, Nährstoffkreislauf) mit sich. Insbesondere der Stickstoffkreislauf sowie die Nährstoffzusammensetzung der Böden ändern sich aufgrund der Düngemaßnahmen auf agrarisch genutzten Flächen. Die verwendeten Messgrößen sind daher geeignet, die Veränderungen in Waldböden aufgrund ehemaliger Nutzungsänderung aufzuzeigen. Sie sind zudem gängige Parameter der Bodenzustandserhebung im Wald (BML 1994) und wurden bereits in bisherigen Studien zum Einfluss historischer Nutzung auf Waldböden eingesetzt (vgl. BOSSUYT & HERMY 1999, COMPTON & BOONE 2000, FEGER 1992, GLATZEL 1991, GOOVEARTS et al. 1990, JUSSY et al. 2000, KOERNER 1999). Insbesondere das Verhältnis der Stickstoffisotope $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ (angegeben als $\delta^{15}\text{N}$) ist ein wirkungsvoller Indikator, um den Einfluss der ehemaligen agrarischen Nutzung auf Waldböden zu erkennen (KOERNER 1999, PARDO 1997, RIGA et al. 1971).

Das Bodenmaterial wurde für die weiteren Analysen luftgetrocknet und anschließend auf < 2mm gesiebt. Ein Aliquot wurde für einige Analysen bei 40°C getrocknet. Pro Fläche wurden jeweils drei Einzelproben (für pH-Wert fünf Einzelproben) und eine Mischprobe (aus zwölf Einzelproben) des Oberbodens sowie eine Mischprobe aus den unteren Boden-

horizonten verwendet.

Die Messungen der Basensättigung (Kationenaustauschkapazität) sowie des C/N-Verhältnisses (Stickstoff und organischer Kohlenstoff) wurden vom Labor des Instituts für Bodenkunde und Waldernährungslehre an der Universität Freiburg durchgeführt. Die Korngrößenverteilung des Feinbodens wurde vom Physischen Labor des Geographischen Instituts der Universität Bonn analysiert. Das Isotopenverhältnis $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ wurde am Forschungszentrum Waldökosysteme - Kompetenzzentrum Stabile Isotope in Göttingen gemessen.

4.4.1 Korngrößenanalyse

Die Korngrößenfraktion des Grobbodens wurde schon im Gelände an den Profilen aufgenommen. Ihre Einteilung erfolgte nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (Tab. 9). Die Korngrößenanalyse des Feinbodens wurde angelehnt an SCHLICHTING et al. 1995, ISO CD 11277 durchgeführt. Die Aufteilung der Kornfraktion des Feinbodens zeigt Tabelle 10.

Tab. 9: Kornfraktionen des Grobbodens (AG BODEN 1994)

Korngrößen Ø	Unterfraktion	Kurzzeichen
2-6,3 mm	Feingrus	fGr
6,3-20 mm	Mittelgrus	mGr
20-63 mm	Grobgrus	gGr
63-200 mm	kantige Steine	fX
200-630 mm	kantige Blöcke	mX
>630	kantige Großblöcke	gX

Tab. 10: Kornfraktionen des Feinbodens (AG BODEN 1994)

Äquivalent-Durchmesser	Unterfraktion
2-0,63 mm	grober Sand
0,63-0,2 mm	mittlerer Sand
0,2-0,063 mm	feiner Sand
<0,063 mm	grober Schluff
<0,02 mm	mittlerer Schluff
<0,0063 mm	feiner Schluff
<0,002 mm	Ton

4.4.2 pH-Wert (CaCl₂)

Unter dem pH-Wert des Bodens wird der negative dekadische Logarithmus der wirksamen Wasserstoff-Konzentration verstanden. Er ist eine Maßzahl für die Wasserstoff-Ionen-Konzentration in der Bodenlösung. Er kennzeichnet eine saure, neutrale oder alkalische Reaktion im Boden.

Der pH-Wert wurde nach der DIN 19684 Teil 1 analysiert. Es wurden 10g luftgetrockneter Feinboden mit 25ml 0,01 M CaCl₂-Lösung angesetzt und intensiv geschüttelt. Zur Überprüfung der Ergebnisse wurde jede Probe noch einmal zusätzlich mit einer 0,1 M KCl-Lösung angesetzt und der pH-Wert (KCl) gemessen. Die Proben wurden mindestens eine Stunde stehen gelassen und unmittelbar vor der elektrometrischen Messung nochmals gründlich geschüttelt. Danach wurde der pH-Wert der Suspension mit dem vorher geeichten pH-Messgerät analysiert. Die Aufteilung der pH-Bereiche nach der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG BODEN 1994) zeigt Tabelle 11.

Tab. 11: Einstufung der Bodenreaktion (AG BODEN 1994)

pH-Bereich	Bezeichnung
> 11	äußerst alkalisch
10 - 11	sehr stark alkalisch
9 - 10	stark alkalisch
8 - 9	mittel alkalisch
7,5 - 8	schwach alkalisch
7- 7.5	sehr schwach alkalisch
7	neutral
7 - 6,5	sehr schwach sauer
6,5 - 6	schwach sauer
6 - 5	mittel sauer
5 - 4	stark sauer
4 - 3	sehr stark sauer
< 3	äußerst sauer

4.4.3 C/N-Verhältnis

Aus den gemessenen Gehalten an organischem Kohlenstoff sowie Stickstoff wurde das C/N-Verhältnis des Bodens berechnet. Es ist ein Maß für die biologische Aktivität im Boden und die Zersetzbarkeit der organischen Substanz. Mit steigendem Stickstoffgehalt nimmt die Intensität der Zersetzung zu.

Der organische Kohlenstoff sowie der Stickstoff in der Feinbodenfraktion wurden im CNS-Analysator mittels trockener Verbrennung ermittelt.

4.4.4 Basensättigung

Bei den austauschbaren Kationen unterscheidet man zwischen basisch wirksamen Kationen wie Kalium, Calcium, Magnesium und Natrium (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) sowie den Kationensäuren, zu welchen Wasserstoff, Aluminium, Eisen und Mangan (H^+ , Al^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{2+}) zählen. Den prozentualen Anteil der basisch wirksamen Kationen an der Austauschkapazität bezeichnet man als Basensättigung. Die Basensättigung ist ein wichtiger bodenchemischer Kennwert zur Beurteilung des Säure-Basenzustands von Waldböden.

$$BS (\%) = \frac{Ca + Mg + Na + K}{KAK} \times 100 \quad (\text{SCHEFFER \& SCHACHTSCHABEL 1998})$$

Die Summe der beim aktuellen pH-Wert des Bodens an den Austauschern gebundenen Kationen bezeichnet man als effektive Kationenaustauschkapazität. Austauscher haben negative Ladungen an der Oberfläche. Dies sind in erster Linie Tonminerale sowie die organische Substanz. Die Basensättigung steht in Beziehung zum pH-Wert des Bodens (Tab. 12). Die austauschbaren Kationen (H^+ , Al^{3+} , Mn^{2+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ , Na^+) wurden nach der NH_4Cl -Extraktionsmethode von TRÜBY & ALDINGER (1989) ermittelt.

Tab. 12: Beziehung zwischen pH-Wert ($CaCl_2$) und Basensättigung (BS) (AG BODEN 1994)

BS (%)	pH ($CaCl_2$)	Bezeichnung
< 5	< 3,3	sehr basenarm
5 – 20	3,3 – 3,8	basenarm
20 – 50	3,8 – 4,8	mittelbasisch
50 – 80	4,8 – 6	basenreich
80 – 100	> 6	sehr basenreich bis basengesättigt

4.4.5 $\delta^{15}N$

Das Verhältnis der Isotope $^{15}N/^{14}N$ (angegeben als $\delta^{15}N$ in ‰) wurde anhand eines Massenspektrometers gemessen (REINEKING et al. 1993, WERNER et al. 1999). Die ^{15}N -Gehalte werden mit Hilfe des Koeffizienten δ ausgedrückt. $\delta^{15}N$ gibt den Quotienten des schwereren Isotops ^{15}N zum leichteren Isotop ^{14}N in Relation zum internationalen Atmosphärenstandard N_2 an und wird in Promille ausgedrückt (PETERSON & FRY 1987).

$$\delta = (R_{\text{Probe}} / R_{\text{Standard}} - 1) \times 1000$$

R_{Probe} : Isotopenverhältnis $^{15}N/^{14}N$ der gemessenen Proben

R_{Standard} : Isotopenverhältnis $^{15}N/^{14}N$ des Standards (Atmosphärenstickstoff)

Abbildung 30 zeigt die Beziehung der Stickstoffisotope zueinander sowie das Verhalten des $\delta^{15}\text{N}$ -Gehalts. Mit steigendem ^{15}N -Gehalt sinkt der ^{14}N -Gehalt, $\delta^{15}\text{N}$ wird größer.

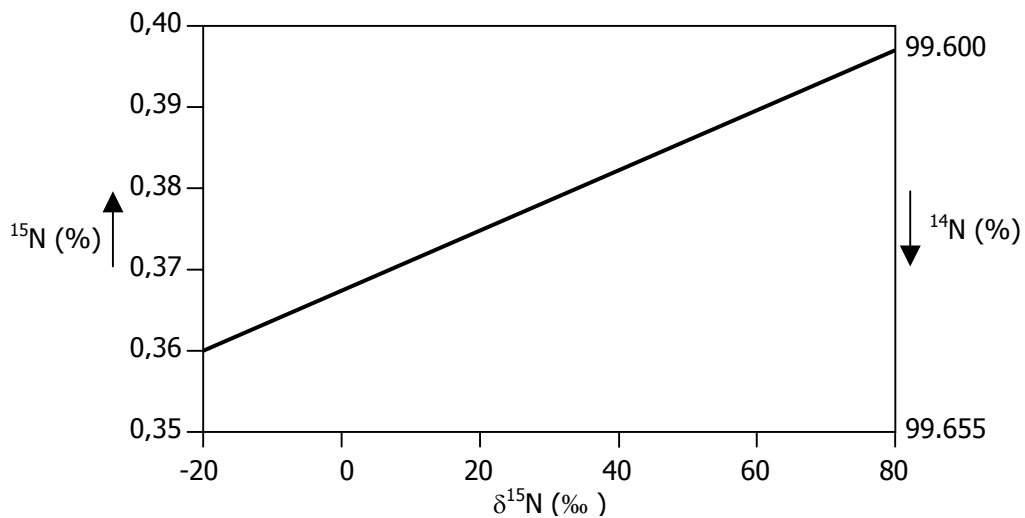


Abb. 30: Beziehung zwischen ^{15}N , ^{14}N und $\delta^{15}\text{N}$ (nach PETERSON & FRY 1987)

In Waldökosystemen hängen die Variationen der Stickstoffisotope von den Isotopensignaturen des Inputs und Outputs, der Stickstofftransformation und deren spezifischen Isotopeneffekten sowie der Aufteilung von Stickstoff im System ab. Da viele natürliche Prozesse Isotopenfraktionierung hervorrufen, können durch $\delta^{15}\text{N}$ -Messungen zusätzliche Informationen zur Stickstoffumsetzung in Waldökosystemen erzielt werden. Normalerweise ist bei chemischen und biologischen Prozessen das leichtere ^{14}N -Isotop beteiligt, was zur ^{15}N -Anreicherung im Substrat und ^{15}N -Entleerung im Produkt führt.

In Wäldern sind hohe $\delta^{15}\text{N}$ Werte mit einem hohen Nitrifikationspotential der Waldböden verbunden. Bei der Nitrifikation ist die Verminderung von ^{15}N im Substrat größer als bei der Stickstoffmineralisierung. Hohe Stickstoffeinträge in stickstofflimitierten Systemen verstärken die Nitrifikationsprozesse, welche ^{15}N -angereichertes NH_4 und ^{15}N -entleertes NO_3 liefern. Die Auswaschung von ^{15}N -entleertem Stickstoff wird durch Rodung, Nutzung oder Stickstoffdüngung hervorgerufen. Verluste an ^{15}N -verringertem NH_3 durch Verflüchtigung nach Harnstoffzugabe oder Verluste von ^{15}N -entleertem N_2O durch Denitrifikation können zur $\delta^{15}\text{N}$ -Erhöhung im Boden führen. Die Tatsache, dass $\delta^{15}\text{N}$ in kultivierten Böden höher ist, als in Waldböden, macht $\delta^{15}\text{N}$ zu einem ausgezeichneten Indikator, um die ehemalige Nutzung heutiger Waldstandorte aufzuzeigen.

4.5 Vegetationsaufnahmen

Auf jeder der bodenkundlich untersuchten Flächen wurde zusätzlich die Vegetation als den Boden beeinflussenden Standortfaktor aufgenommen. Auf homogenen Teilbereichen der Untersuchungsgebiete, die eine ungefähre Größe von 400 m² haben, wurden pflanzensoziologische Aufnahmen durchgeführt. Zur Aufnahme der Vegetation wurde die Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) angewendet. Diese Art der Vegetationsaufnahme enthält hauptsächlich eine Artenliste, eine Schätzung über die Artmächtigkeit sowie Angaben über deren Soziabilität. Die Artmächtigkeit berücksichtigt die Individuenzahl (Abundanz) sowie die Deckung der einzelnen Arten auf der Probefläche (Dominanz). Bei geringem Deckungsgrad (<5%) werden die Individuen, bei höheren Deckungsgraden (>5%) die Dominanz bewertet. Die Soziabilität beschreibt die Art der Verbreitung einer Pflanzenart auf der Fläche. Sie ist ein Ausdruck der horizontalen Verteilung von Pflanzen in einem Bestand.

Das Verfahren nach BRAUN-BLANQUET hat sich in Mitteleuropa weitgehend durchgesetzt, da es schnell viele Informationen über einen Bestand gibt und universell anwendbar ist.

Tab. 13: Aufnahmeparameter nach BRAUN-BLANQUET (1964)

Artmächtigkeit		Soziabilität
< 5% Deckung:	2a: Deckung 5-15%	1: einzeln wachsend
r: 1 Individuum	2b: Deckung 16-25%	2: gruppen- oder horstweise
+: 2-5 Individuen	3 : Deckung 26-50%	3: truppenweise (Polster, Flecken)
1: 6-50 Individuen	4 : Deckung 51-75%	4: kleine Kolonien, Teppiche
2m: >50 Individuen	5 : Deckung 76-100%	5: große Herden

Die aufgenommenen Pflanzenarten wurden in den Vegetationstabellen nach ihrer Stetigkeit (dem Vorkommen) in den Aufnahmen eines jeweiligen Untersuchungsgebiets sortiert. So lassen sich anhand der Tabellen mit Hilfe der sogenannten Charakter- oder Kennarten, welche eng an einen bestimmten floristischen Vegetationstyp gebunden sind, Gesellschaften definieren (DIERSCHKE 1994). Die Pflanzengesellschaften wurden aus OBERDORFER (1957) übernommen.

Zudem erfolgte eine Auswertung der pflanzensoziologischen Aufnahmen hinsichtlich der Zeigerwerte für bestimmte Standortfaktoren nach ELLENBERG (1992). Die ökologischen Ansprüche der Pflanzenarten an ihren Standort unterliegen einer mehr oder weniger großen Schwankungsbreite. Die Arten zeigen ganz unterschiedlich große Standortsamplituden; von sehr engen Amplituden mit genau spezifizierbaren Optima bis zu sehr breiten Vorkommensbereichen. Ein ökologischer Zeigerwert nach ELLENBERG soll Auskunft geben über

das synökologische Verhalten einer Art gegenüber einem bestimmten Umweltparameter. Die Ergebnisse der Zeigerwerte dürfen jedoch nicht als absolute Werte gesehen werden. So geben Zeigerpflanzen niemals den pH-Wert des Bodens an, sondern lediglich dessen relative Acidität. Messungen des pH-Werts und Zeigerwerte können nicht direkt korreliert werden (GLAWION 1988). Für die Arbeit kamen nur die Zeigerwerte für Licht, Feuchte, Reaktion und Stickstoff zum Tragen. Sie sind in Tabelle 14 aufgeschlüsselt und geben das ökologische Verhalten der Pflanzenarten gegenüber der Beleuchtungsstärke, der Bodenfeuchte, der Bodenreaktion sowie der Versorgung mit Mineralstickstoff an.

Tab. 14: Zeigerwerte nach ELLENBERG (1992)

Lichtzahl	Feuchtezahl	Reaktionszahl	Stickstoffzahl
1 Tiefschattenpflanze	1 Starktrockenzeiger	1 Starksäurezeiger	1 N-arm
2 zwischen 1 und 3	2 zwischen 1 und 3	2 zwischen 1 und 3	2 zwischen 1 und 3
3 Schattenpflanze	3 Trockenzeiger	3 Säurezeiger	3 N-arm, mittelmäßig
4 zwischen 2 und 4	4 zwischen 3 und 5	4 zwischen 3 und 5	4 zwischen 3 und 5
5 Halbschattenpflanze	5 Frischezeiger	5 Mäßigsäurezeiger	5 mäßig N-reich
6 zwischen 5 und 7	6 zwischen 5 und 7	6 zwischen 5 und 7	6 zwischen 5 und 7
7 Halblichtpflanze	7 Feuchtezeiger	7 Schwachsäurezeiger	7 N-reich
8 Lichtpflanze	8 zwischen 7 und 9	8 zwischen 7 und 9	8 ausgesprochen N-reich
9 Volllichtpflanze	9 Nässezeiger	9 Basenzeiger	9 übermäßig N-reich
	10 Wechselwasserzeiger		
	11 Wasserpflanze		
	12 Unterwasserpflanze		

5. Ergebnisse

5.1 Boden

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen zeigen, dass der heutige Zustand von Waldböden durch Rodung und die anschließende agrarische Nutzung der Waldstandorte in den letzten Jahrhunderten grundlegend verändert wurde. Besonders im Oberboden lassen sich Unterschiede in den morphologischen, physikalischen, chemischen sowie isotopischen Bodeneigenschaften erkennen, die auf frühere Landnutzung und Bodenbearbeitung zurückzuführen sind. Es wird daher nicht das gesamte Bodenprofil im Hinblick auf nutzungsbedingte Veränderungen dargestellt, sondern explizit auf die Analyseergebnisse der Oberböden eingegangen, da hier Unterschiede deutlich werden. Die Ergebnisse machen einen zunehmenden Nährstoffreichtum von Wald über Weide zu Wiese und Acker deutlich. Böden unter ehemals ackerbaulicher Nutzung oder Grünlandwirtschaft weisen beispielsweise höhere pH-Werte, höhere Basensättigung, höhere $\delta^{15}\text{N}$ -Werte sowie niedrigere C/N-Verhältnisse auf.

5.1.1 Bannwald „Im Zweribach“

5.1.1.1 Bodenprofile

Auf den Untersuchungsflächen des Bannwalds „Im Zweribach“ haben sich auf periglazialen Schuttdecken Braunerden ausgebildet. Die morphologischen Eigenschaften der Waldböden haben sich durch die historische Nutzung von ihrem natürlichen Zustand verändert. So ist schon direkt an den Bodenprofilen die Zerstörung der ursprünglichen Horizontierung durch den anthropogenen Eingriff mittels Kulturmaßnahmen zu erkennen. Abbildung 31 macht deutlich, dass die Böden in ihrer Gründigkeit variieren. Die Bodenprofile der Flächen ZB1, ZB2, ZB4 und ZB7, welche kontinuierlich mit Wald bestanden waren, weisen geringere Mächtigkeiten in den A-Horizonten auf (8 cm bis 12 cm). Die ehemaligen Weiden (ZB3, ZB6, ZB8, ZB9) zeigen im Oberboden Mächtigkeiten von 11 cm bis 17 cm. Obwohl sie teilweise unter Reut- bzw. Weidfeldnutzung gestanden haben, konnte keine Abtragung durch Erosion festgestellt werden. Die Fläche ZB5 (ehemalige Wiese) zeigt mit einem 25 cm mächtigen A-Horizont unter allen untersuchten Flächen die größte Tiefe im Oberboden. Die ebenso als Wiese genutzte Fläche ZB10 hat einen nur 12 cm tiefen Oberboden.

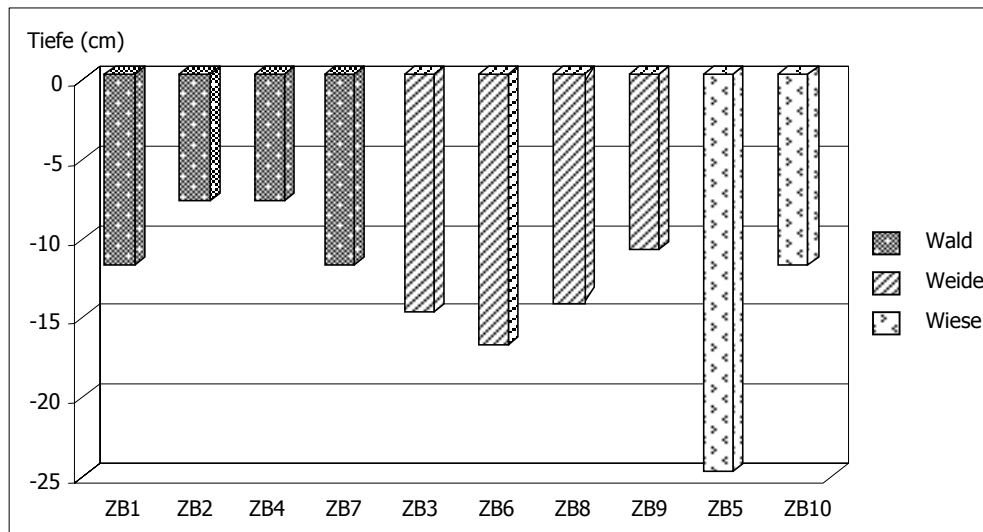


Abb. 31: Mächtigkeit des Oberbodens unter jeweiliger historischer Nutzung im UG Zweribach

Die Abbildungen 32 und 33 zeigen drei Böden im Untersuchungsgebiet Zweribach, welche unterschiedlicher Nutzung unterlagen (Wald, Weide, Wiese). Die Aufnahmen der Profile zeigen deutlich die Unterschiede in den Horizonten des Oberbodens aufgrund der ehemaligen Nutzung. Unter altem Wald (ZB4) ist die Grenze zwischen oberem und unterem Horizont verschwommen. Unter ehemaliger Weiden- und Wiesennutzung (ZB8, ZB10) hingegen sind die Grenzen zwischen den unterschiedlichen Horizonten sehr deutlich ausgeprägt. Die Fläche ZB8 wurde unter der Reutfeldnutzung abgebrannt und lässt heute noch im Bodenprofil einen deutlichen Brandhorizont mit einzelnen Kohlestücken erkennen.

Vergleicht man die drei Profile anhand der Bildaufnahmen in Abbildung 32 und 33, fällt deutlich ein Farbunterschied im Oberboden auf. Das Profil unter ehemaliger Weide (ZB8) hat die dunkelsten Farbtöne (10 YR 1.7/1), was auf den noch vorhandenen Brandhorizont zurückzuführen ist. Hellere Farbtöne im Oberboden (10 YR 2/1) finden sich in den Bodenprofilen des ehemaligen Wiesenstandortes ZB10 und unter historisch altem Wald der Fläche ZB4.

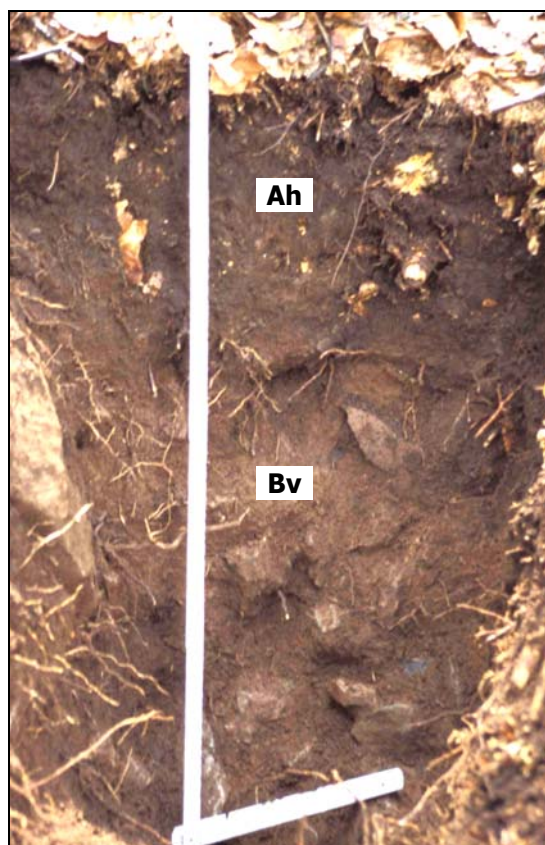


Abb. 32: Bodenprofil unter altem Wald (ZB4, Aufnahme Juli 2001)

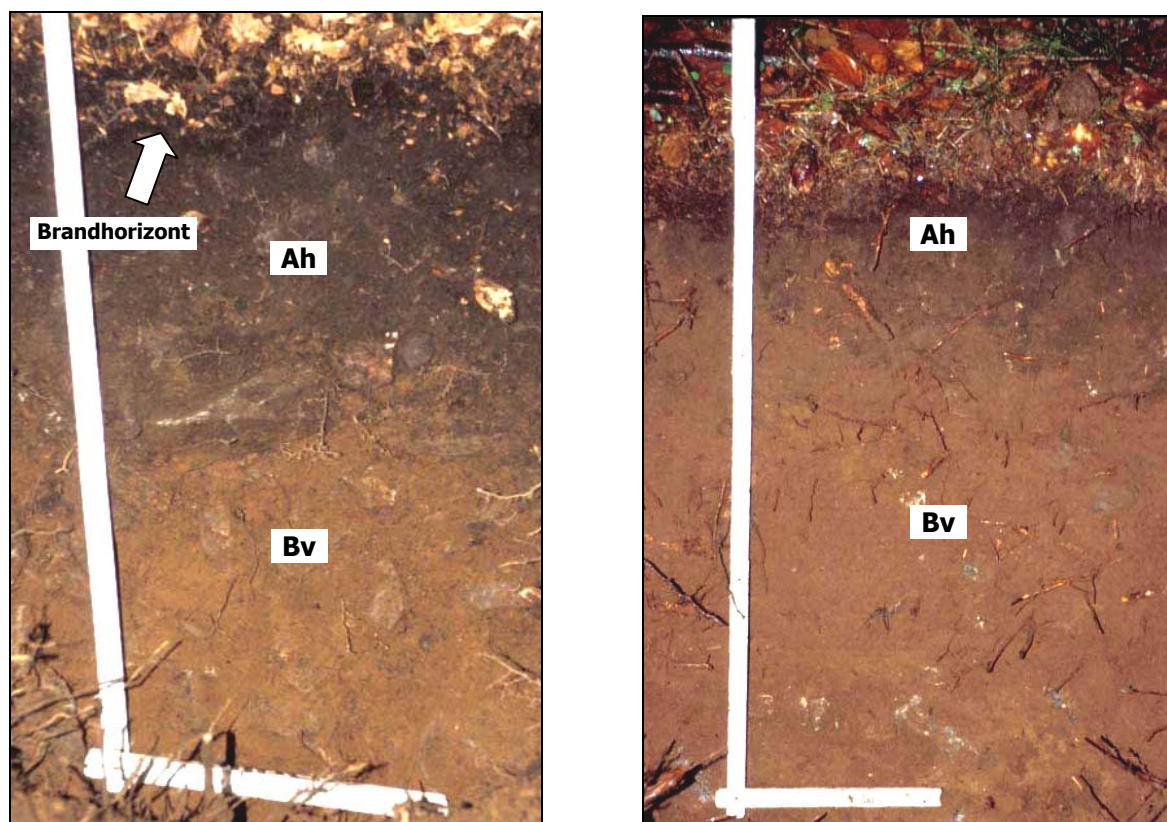


Abb. 33: Bodenprofil unter ehemaliger Weide (ZB8) und ehemaliger Wiese (ZB10) (Aufnahme Juli 2001)

5.1.1.2 Korngrößenverteilung

Die Böden unterscheiden sich am Grobbodenanteil und dessen Kornfraktion, wie an den Profilaufnahmen in Abbildung 32 und 33 erkennbar ist. Unter historisch altem Wald ist der Skelettanteil am höchsten und es sind kantige Steine von mehr als 63 mm Größe vorhanden. Unter ehemaliger Weide und Wiese hingegen ist mittlerer bis feiner Grus anzutreffen (vgl. Anhang). Die Korngrößenverteilung des Feinbodens in den oberen Horizonten weist keine Unterschiede im Vergleich zwischen dauerhaft mit Wald bestandenen und in der Vergangenheit landwirtschaftlich genutzten Flächen auf. Die vorherrschende Bodenart auf allen Flächen ist sandiger Lehm, mit einem Tonanteil zwischen 22% und 26%, einem Schluffanteil von 33% bis 41% und einem Sandanteil von 34% bis 43% (Abb. 34).

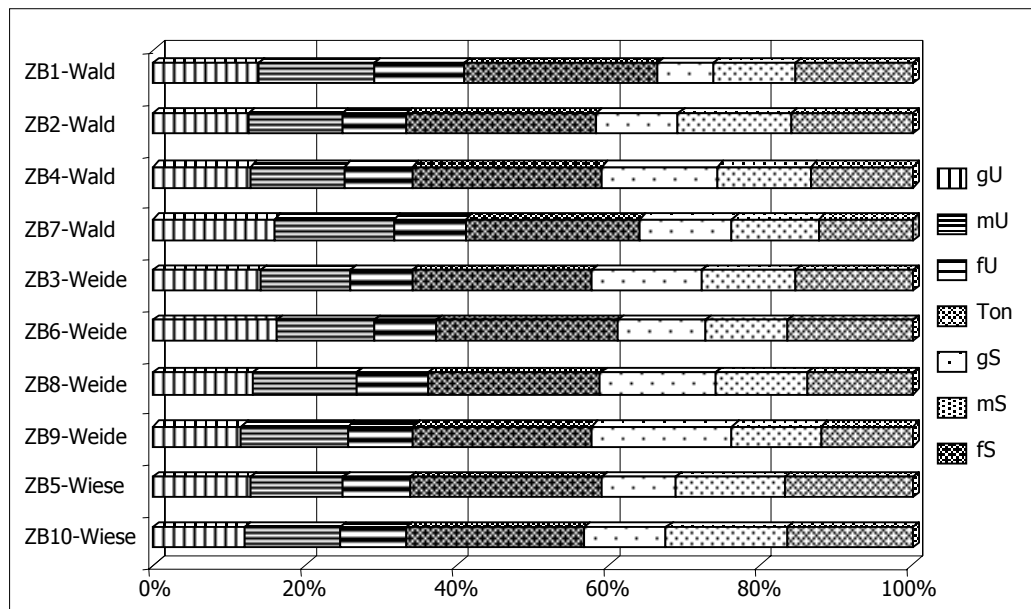


Abb. 34: Korngrößenverteilung einer Oberbodenmischprobe je Standort im UG Zweribach

5.1.1.3 pH-Wert (CaCl₂)

Der pH-Wert der Böden ist besonders in den oberen Horizonten Schwankungen unterworfen. Die Ergebnisse der aktuellen pH-Wert Messungen zeigen Unterschiede aufgrund der ehemaligen Nutzung (Wald, Weide, Wiese) der Standorte (Abb. 35). Die Böden historischer Waldstandorte (ZB1, ZB2, ZB4, ZB7) weisen die niedrigsten pH-Werte auf und liegen mit 3,4 bis 3,9 im sehr stark sauren Bereich. Die pH-Werte der Wälder und ehemaligen Weiden weichen nur gering voneinander ab. Es zeigen sich hier keine großen Unterschiede aufgrund der historischen Nutzung der Waldflächen. In den Böden der ehemaligen Weiden ZB3, ZB6, ZB8 und ZB9 schwanken die pH-Werte zwischen 3,2 und 4,1. Sie befinden sich ebenfalls im sehr stark sauren Bereich. Günstigere bodenchemische Bedin-

gungen mit höheren pH-Werten herrschen unter den Untersuchungsflächen, welche früher unter Wiesennutzung gestanden haben (ZB5, ZB10). Die pH-Werte liegen hier zwischen 4,2 und 4,6.

Zusätzlich kann der rezente Bestand Einfluss auf die Bodenreaktion nehmen. Betrachtet man die pH-Werte in Bezug zum rezenten Bestand, ist festzustellen, dass ihre Auswirkungen momentan noch weniger ins Gewicht fallen, als diejenigen der historischen Nutzung. So haben die Böden der Standorte ZB3, ZB9 und ZB6, welche früher als Weiden genutzt wurden und heute mit Buchen und Fichten bzw. nur mit Fichten bestanden sind, wider Erwarten etwas höhere pH-Werte (>3,5) als die Flächen ZB4 und ZB7, welche immer mit Buchen-Tannenwald bestanden waren. Es wäre aufgrund der ungünstigeren Milieubedingungen unter Nadelstreu der umgekehrte Fall zu erwarten. Die höchsten pH-Werte liegen mit 4,2 bis 4,6 unter den heute mit Stangenholz (Esche und Ahorn) bewachsenen Flächen ZB5 und ZB10, welche ehemals als Wiese genutzt wurden.

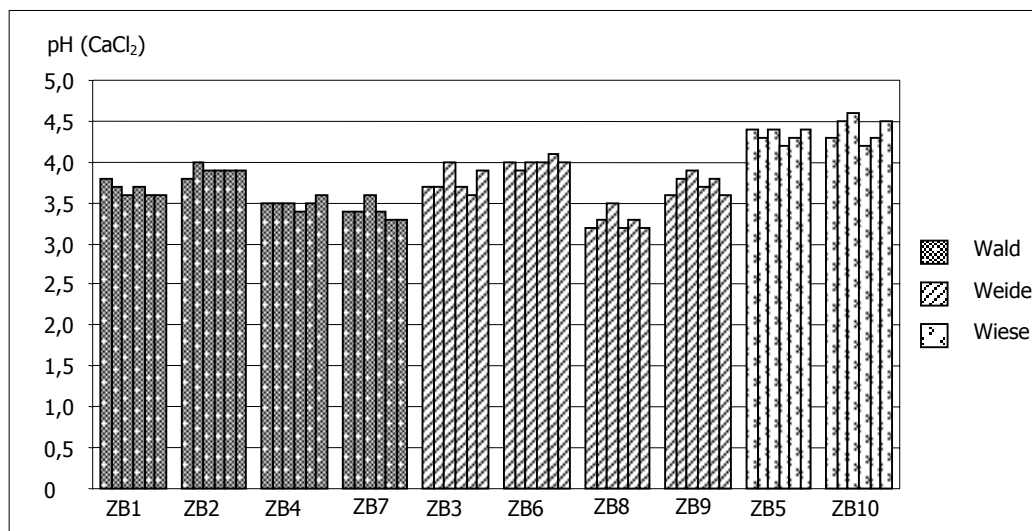


Abb. 35: pH-Wert für fünf Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Zweribach

5.1.1.4 C/N-Verhältnis

Allgemein sprechen C/N-Verhältnisse zwischen 10 und 20 für eine günstige mikrobiologische Aktivität im Boden, da hier genügend Stickstoff zum Abbau der organischen Substanz vorliegt. Das C/N-Verhältnis in den oberen Horizonten ist unter den ehemals als Wiese genutzten Flächen (ZB5, ZB10) enger als unter altem Wald oder unter ehemaliger Weide (Abb. 36). Hier sind Werte zwischen 11 und 14 gemessen worden, während sie sich in Böden unter altem Wald oder ehemaliger Weide zwischen 16 und 20 bewegen.

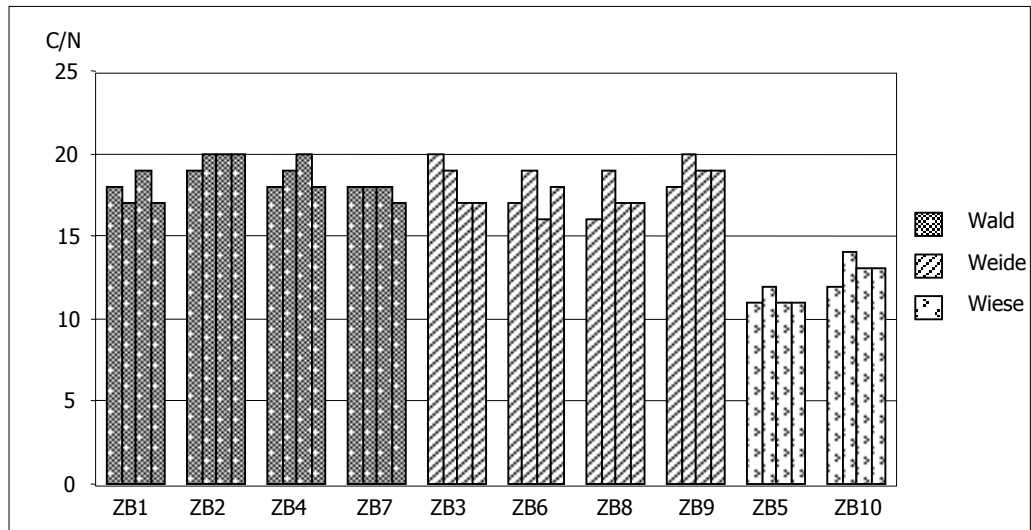


Abb. 36: C/N-Verhältnis für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Zweribach

Betrachtet man den Anteil des organischen Kohlenstoffgehaltes, so weisen die Böden der alten Wälder sowie der ehemaligen Weidestandorte höhere organische Kohlenstoffwerte auf als die ehemaligen Wiesenstandorte ZB5 und ZB10 (Abb. 37).

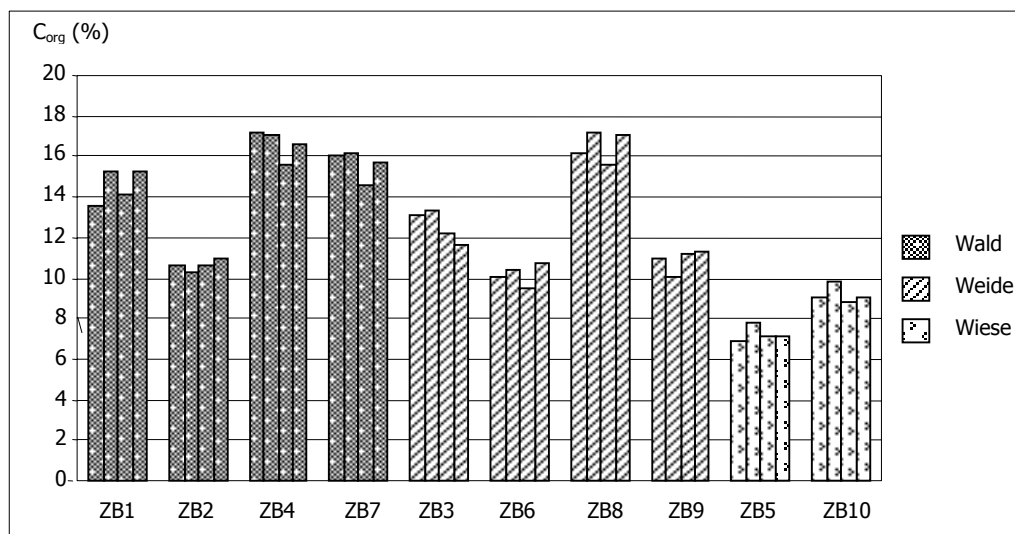


Abb. 37: C_{org} für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Zweribach

Unter den als Grünland genutzten Standorten wurden organische Kohlenstoffwerte zwischen 7% und 10% gemessen. Ein Vergleich der Gehalte zwischen alten Wald- und Weidestandorten zeigt nur teilweise Unterschiede aufgrund der ehemaligen Nutzung. Es muss hier von Standort zu Standort unterschieden werden. Im Durchschnitt weisen die historischen Wälder mit 11% bis 17% die höchsten C_{org}-Werte. Die Untersuchungsfläche ZB2 beispielsweise zeigt mit einem durchschnittlichen organischen Kohlenstoffgehalt von 10% die niedrigsten Werte. Dieser Standort wurde nach den Aufzeichnungen von LUDEMANN

(1992) in der Mitte des 18. Jahrhunderts noch als Weidfeld genutzt und war erst Mitte des 19. Jahrhunderts wieder vollständig mit Wald bedeckt. Diese, obwohl schon mehr als 200 Jahre zurückliegende Nutzung, zeigt heute noch Auswirkungen auf den Gehalt an organischer Substanz im Boden. Der ehemalige Weidestandort ZB8 hingegen weist sehr hohe organische Kohlenstoffwerte zwischen 16% und 17% auf, was mit dem noch vorhandenen Brandhorizont zusammenhängt, welcher ein Zeugnis der früheren Reutbergwirtschaft darstellt.

Nicht nur die ehemalige Nutzung kann Einfluss auf den organischen Kohlenstoffgehalt haben. Auch der aktuelle Bestand kann hierfür eine Rolle spielen. So kann die Streu von Laubbäumen schneller zersetzt und in Humus umgewandelt werden als die der Nadelbäume. Betrachtet man die organischen Kohlenstoffwerte in Bezug zum heutigen Bestand, ist festzustellen, dass die niedrigsten Werte nicht unter Fichtenstandorten anzutreffen sind, wie es eigentlich zu erwarten wäre. Der mit Fichten bestandene Standort ZB6 weist im Vergleich zu den Standorten ZB5 und ZB10, welche mit Stangenholz (Esche und Ahorn) bedeckt sind, mit 10% C_{org} höhere Werte auf. Unter den beiden ehemaligen Wiesenstandorten wurden mit 7% bis 9% die niedrigsten C_{org} -Werte analysiert. Die ehemalige Wiesennutzung verbesserte die Bedingungen der Mikroorganismen im Boden. So konnte die organische Substanz schneller umgesetzt und auch verbraucht werden. Die höchsten Werte an organischem Kohlenstoff (14%-17%) finden sich unter alten Waldflächen, auf denen die Buche dominiert (ZB1, ZB4, ZB7). Auf dieser beständigen Nutzungsform hat sich ein Gleichgewicht zwischen Anlieferung und Abbau der organischen Substanz eingestellt.

5.1.1.5 Basensättigung

Die Basensättigung zeigt den Nährstoffgehalt der Untersuchungsflächen auf. Wie Abbildung 38 deutlich macht, sind die Böden unter ehemals als Wiese genutzten Standorten (ZB5, ZB10) basenreich. Mit einer Basensättigung von 60% bis 85% liegen die Werte hier höher im Vergleich zu den Flächen unter altem Wald und ehemaliger Weide, welche maximale Basensättigungswerte von 20% erreichen. Zwischen den Standorten, welche früher als Weide genutzt wurden, und denjenigen, welche dauerhaft mit Wald bestanden waren, sind keine großen Unterschiede in der Basensättigung zu erkennen. Die Böden sind hier allesamt basenarm.

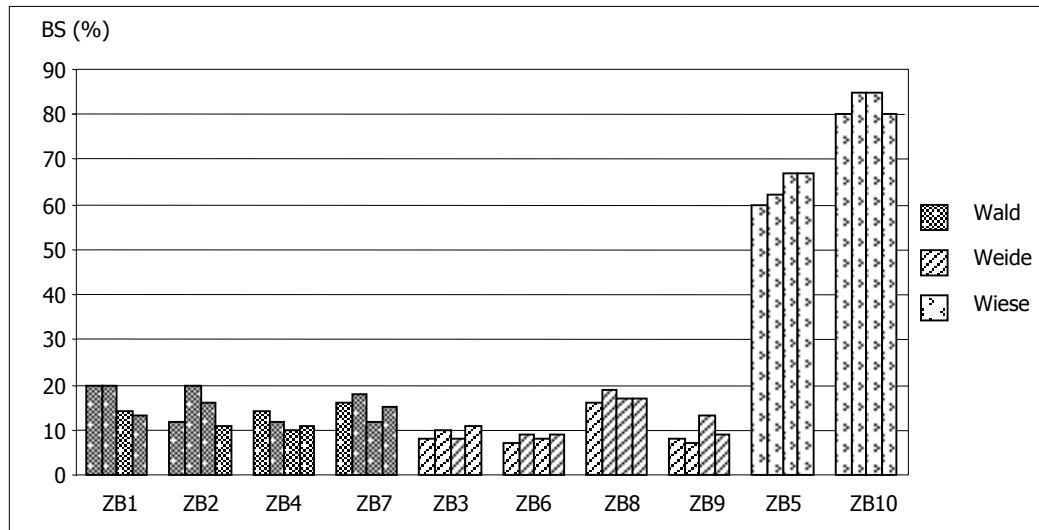


Abb. 38: Basensättigung für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Zweribach

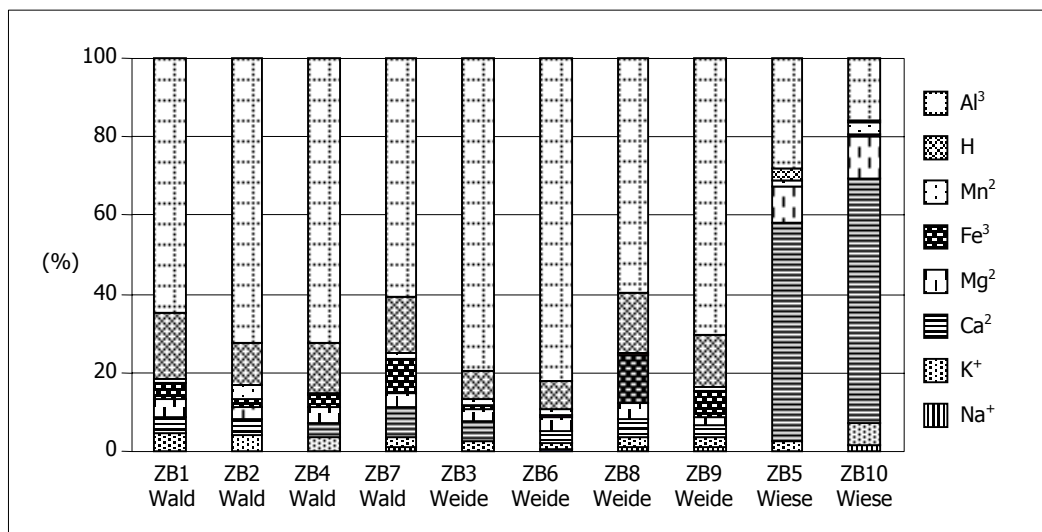


Abb. 39: Kationenverteilung der Mischprobe des Oberbodens unter jeweiliger Nutzung im UG Zweribach

Betrachtet man die Aufteilung der einzelnen basischen Kationen an den jeweiligen Standorten, so fallen vor allem die höheren Gehalte an Calcium (Ca^{2+}) unter ehemaliger Wiesennutzung auf (Abb. 39). Deutlich geringer sind sie in den Böden unter ehemaliger Weidenutzung bzw. unter altem Wald. Zudem sind die Wasserstoff- (H^+) und Aluminiumgehalte (Al^{3+}) unter ehemaliger Wiesennutzung geringer, womit sich die günstigeren bodenchemischen Bedingungen (d.h. höhere pH-Werte) unter ehemaligem Dauergrünland erklären lassen (siehe Kap. 5.1.1.3).

5.1.1.6 $\delta^{15}\text{N}$

Ein aussagekräftiger Indikator für die ehemalige Landnutzung in Wäldern ist das Verhältnis der beiden Stickstoffisotope $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ (angegeben als $\delta^{15}\text{N}$). Dieser Parameter zeigt sehr deutliche Unterschiede in den Böden aufgrund unterschiedlicher historischer Nutzung, welche den Stickstoffkreislauf beeinflusst hat. Eine Anreicherung von $\delta^{15}\text{N}$ kann unter ehemals agrarisch genutzten Flächen beobachtet werden. Die Ergebnisse der $\delta^{15}\text{N}$ -Messungen im Untersuchungsgebiet zeigen von allen analysierten Bodenparametern die deutlichsten Unterschiede in den Waldböden aufgrund der ehemaligen landwirtschaftlichen Nutzung. Die Werte steigen in Reihenfolge der historischen Nutzungsformen Wald < Weide < Wiese (Abb. 40). Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der historischen Waldstandorte (ZB1, ZB2, ZB4, ZB7) liegen alle im negativen Bereich zwischen -1,9‰ und -0,7‰. Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der ehemaligen Weidestandorte bewegen sich zwischen -0,9‰ und 1,4‰. Die höchsten $\delta^{15}\text{N}$ -Werte sind in den Böden der ehemals als Wiesen genutzten Flächen ZB5 und ZB10 mit 3,0‰ bis 6,3‰ anzutreffen.

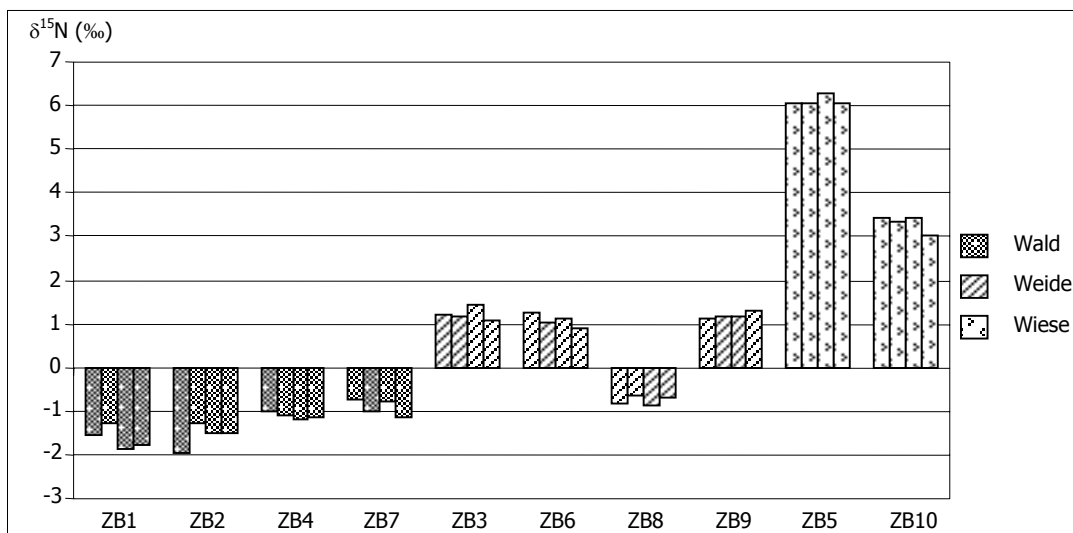


Abb. 40: $\delta^{15}\text{N}$ für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Zweribach

5.1.2 Menzenschwand

5.1.2.1 Bodenprofile

Die Braunerde tritt als dominierender Bodentyp im Untersuchungsgebiet Menzenschwand auf. Die Untersuchungsfläche Me5, welche ehemaliger Wiesennutzung (Wässerwiesen) unterlag, ist durch Grundwasser geprägt. Hier ist eine grundwasserbeeinflusste Braunerden bzw. ein Naßgley anzutreffen. Von allen untersuchten Standorten sind die

A-Horizonte unter ehemaliger Wiesennutzung mit 20 cm bzw. 24 cm am mächtigsten (Abb. 41). Im Vergleich hierzu erreichen die Oberböden unter altem Wald bzw. ehemaliger Weidennutzung geringere Tiefen von 10 cm und 12 cm. Die Grenzen zwischen dem oberen und unteren Horizont sind unter den beiden extensiveren Nutzungsformen Wald und Weide verschwommen. An den Bodenprofilen unter ehemaliger Wiesennutzung hingegen ist eine deutlichere Horizonttrennung zu erkennen (siehe Abb. 42, Abb. 43).

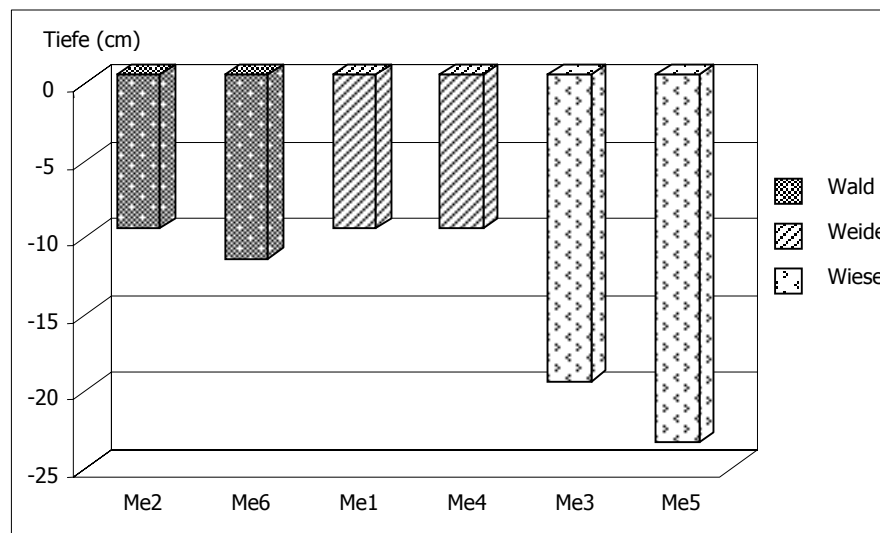


Abb. 41: Mächtigkeit des Oberbodens unter jeweiliger historischer Nutzung im UG Menzenschwand

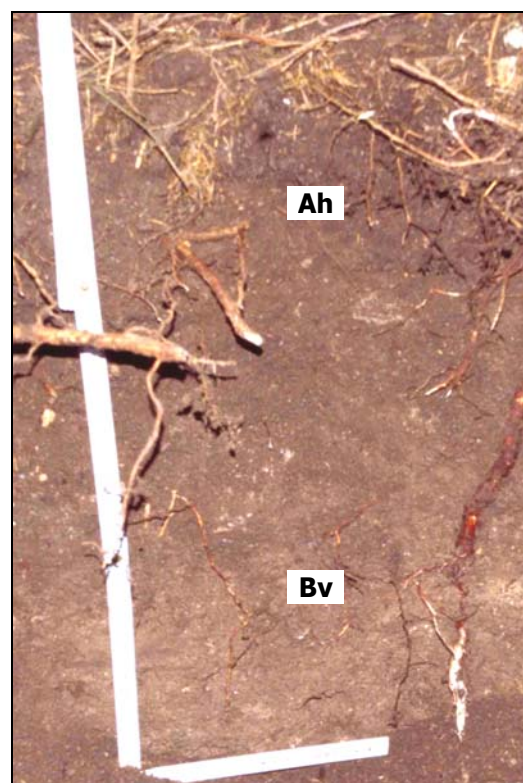
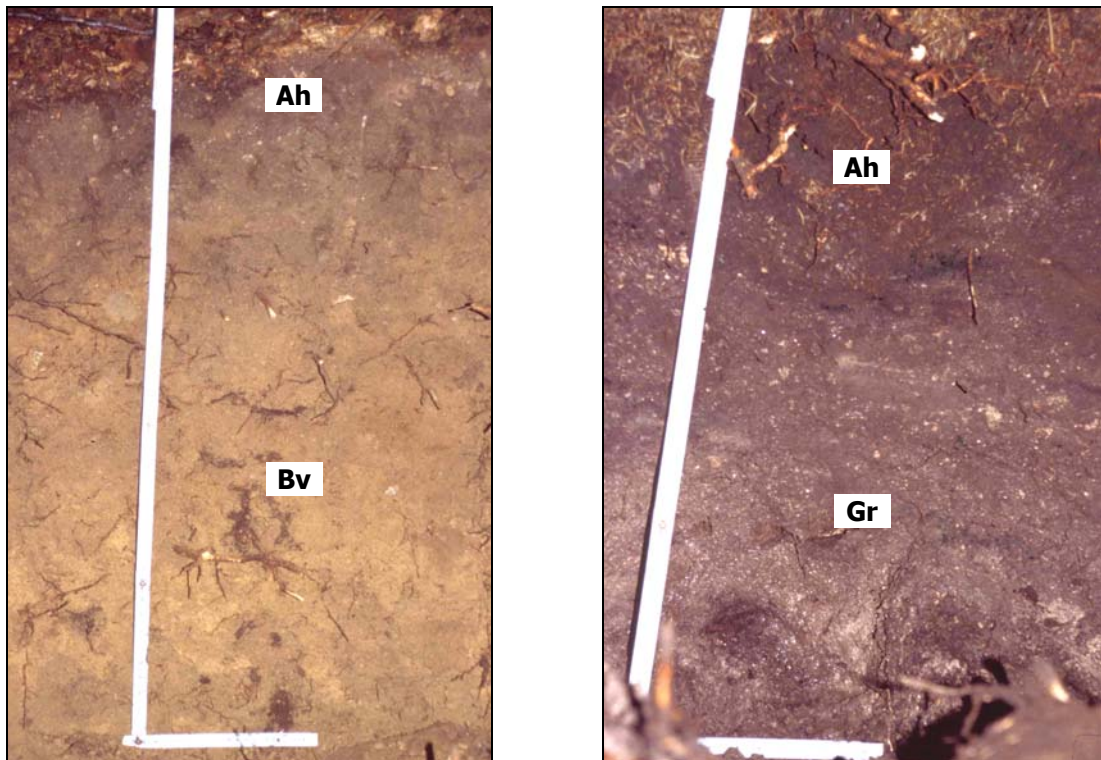


Abb. 42: Bodenprofil unter altem Wald (Me2, Aufnahme Juli 2003)



*Abb. 43: Bodenprofil ehemaliger Weide (Me4), ehemaliger Wiese (Me3)
(Aufnahme Juli 2003)*

Aufgrund ihres anmoorigen Charakters hat der Oberboden unter ehemaliger Wiesennutzung sehr dunkle Farbtöne (10 YR 1.7/1) (Abb. 43). Unter altem Wald und ehemaliger Weide haben die oberen Horizonte mittelbraune Töne (5 YR 3/2) wie Abbildung 42 und 43 zeigen.

5.1.2.2 Korngrößenverteilung

Die Profilaufnahmen in Abbildung 42 und 43 zeigen, dass der Grobbodenanteil unter altem Wald und ehemaligen Weiden höher ist als unter ehemaliger Wiesennutzung. Es finden sich kantige Steine und Blöcke, welche eine Größe von über 630 mm erreichen können (vgl. Anhang). Unter den historischen Wiesenflächen findet sich hingegen feiner Grus. Die Korngrößenverteilung des Feinbodens der A-Horizonte zeigt keinen Bezug zur historischen Nutzung, wie Abbildung 44 verdeutlicht. Auf den Untersuchungsflächen herrscht lehmiger Sand vor, wobei die Sandfraktion 62% bis 74%, der Schluffanteil 15% bis 22% und der Tonanteil 10% bis 16% erreicht.

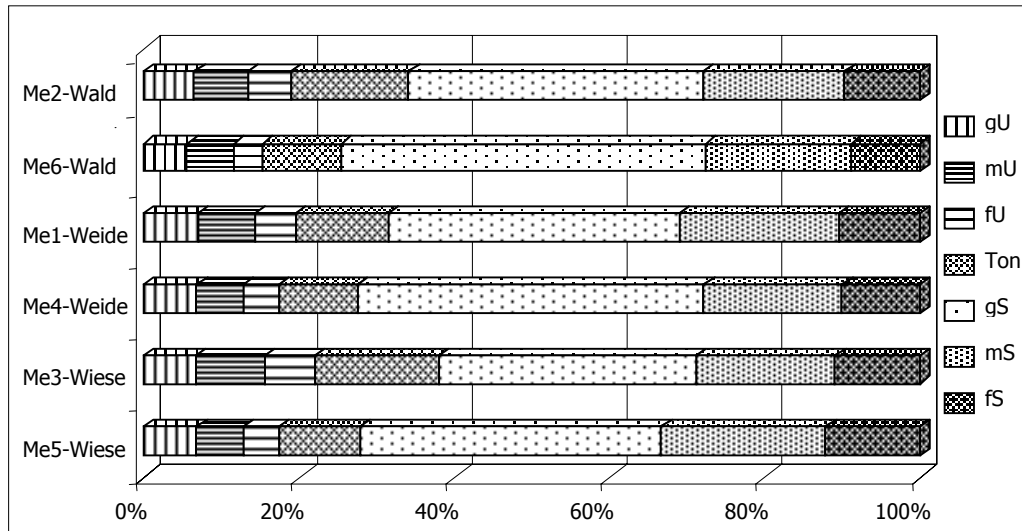


Abb. 44: Korngrößenverteilung einer Oberbodenmischprobe je Standort im UG Menzenschwand

5.1.2.3 pH-Wert (CaCl₂)

Die pH-Werte der Oberböden zeigen zwischen den Untersuchungsflächen kleinere Unterschiede aufgrund der ehemaligen landwirtschaftlichen Nutzung (Abb. 45). Unter den alten Waldstandorten Me2 und Me6 sind die Werte mit einer Spannweite von 3,1 bis 3,3 im sehr stark sauren Bereich. Die pH-Werte unter altem Wald liegen im Vergleich zu den Ergebnissen der anderen Untersuchungsflächen etwas niedriger, obwohl diese Standorte mit Mischwäldern bestanden sind. An den Standorten Me1 und Me4, welche als Weiden dienten, wurden etwas höhere pH-Werte analysiert. Mit pH-Werten zwischen 3,3 und 3,7 sind die Milieubedingungen ebenfalls noch im sehr stark sauren Bereich. In den Oberböden der beiden ehemaligen Wiesenflächen Me3 und Me5 wurden pH-Werte zwischen 3,5 und 4,5 analysiert. Sie liegen im Bereich sehr stark sauer bis stark sauer. Es zeigt sich zudem, dass der rezente Bestand momentan noch weniger Einfluss auf die derzeitige Bodenreaktion nimmt als die historische Nutzung. So treten unter den Standorten Me1, Me3 und Me5, welche früher als Weide bzw. Wiese genutzt wurden und heute unter Fichtenmonokulturen stehen, etwas höhere pH-Werte (>3,5) auf als unter den Flächen Me2 und Me6, welche immer mit Mischwald bestanden waren. Es wäre normalerweise der umgekehrte Fall zu erwarten. Noch bestimmt die Nutzungsgeschichte das Bodenmilieu stärker als der heutige Bestand.

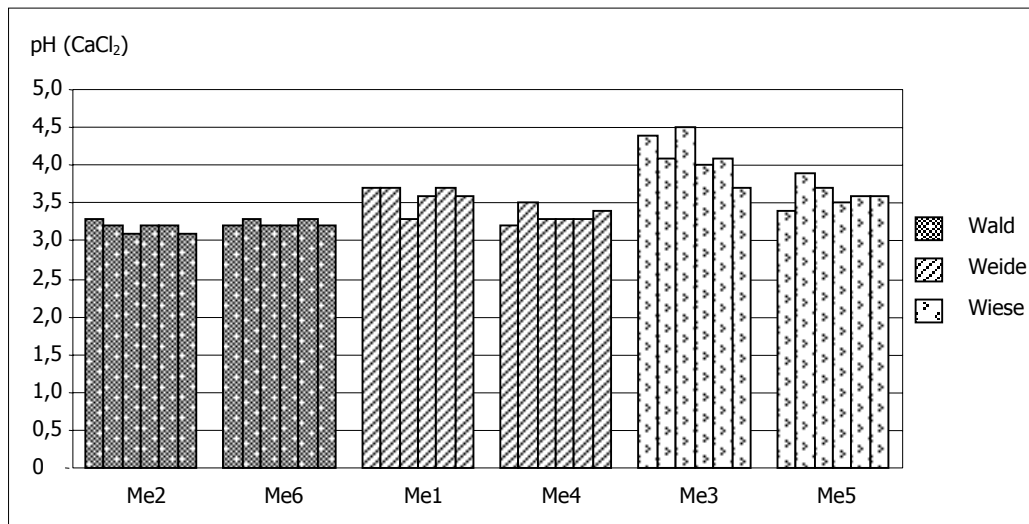


Abb. 45: pH-Wert für fünf Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Menzenschwand

5.1.2.4 C/N-Verhältnis

Wie Abbildung 46 zeigt, liegen die C/N-Verhältnisse der Böden im Untersuchungsgebiet zwischen 15 und 24. Ein Vergleich zwischen den Flächen unter altem Wald und ehemaliger Wiese zeigt keine sehr großen Unterschiede. Die Werte liegen hier zwischen 15 und 20. Der ehemalige Weidestandort Me1 hat mit Werten von 22 bis 24 die weitesten C/N-Verhältnisse. Diese höheren Werte zeigen an, dass die für den Abbau der organischen Substanz wichtige Stickstoffnachlieferung hier vermindert ist. Im Vergleich hierzu weist der ebenfalls als Weide genutzte Standort Me4 mit Werten zwischen 17 und 20 geringere C/N-Verhältnisse im Boden auf.

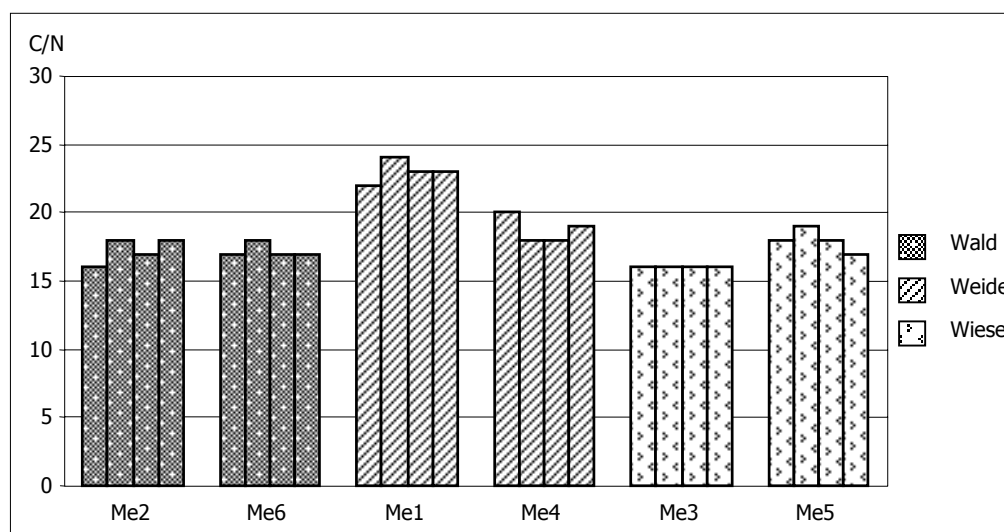


Abb. 46: C/N-Verhältnis für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Menzenschwand

Die organischen Kohlenstoffgehalte im Boden präsentieren keine signifikanten Unterschiede aufgrund unterschiedlicher historischer Nutzung (Abb. 47). Unter dem alten Waldstandort Me2 sowie unter den ehemaligen Wiesenstandorten Me3 und Me5 liegen sie mit Werten um 9% am höchsten. Die beiden Wiesenstandorte wurden in der Vergangenheit bewässert. Es hat sich ein anmooriger Oberboden gebildet, in welchem aufgrund des teilweise anaeroben Milieus die organische Substanz weniger abgebaut werden konnte.

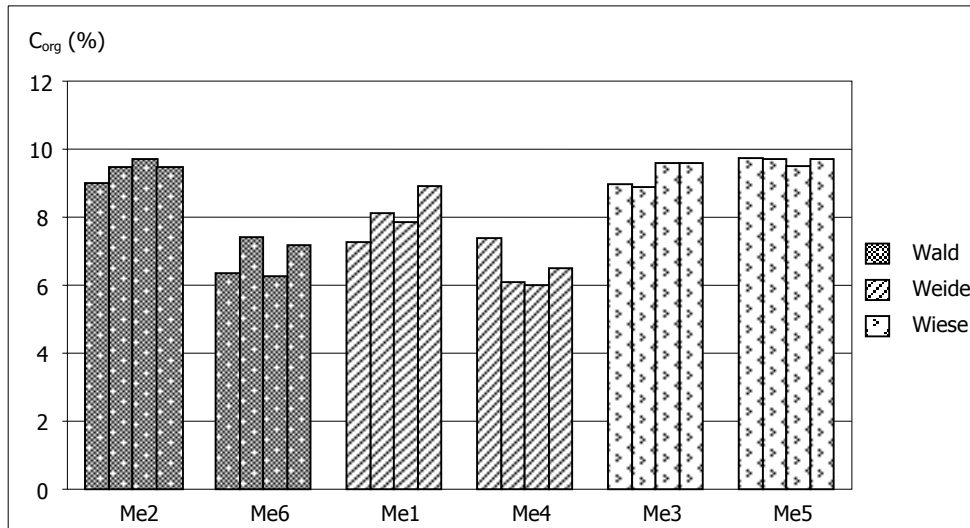


Abb. 47: C_{org} für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Menzenschwand

5.1.2.5 Basensättigung

Abbildung 48 verdeutlicht, dass die Basensättigung in den Böden der beiden alten Waldstandorte Me2 und Me6 sowie der ehemaligen Weidenstandorte Me1 und Me4 keine Unterschiede aufweist. Die Werte liegen zwischen 10% und 17%. Die Böden sind basenarm. Die Basensättigung der ehemaligen Wiesenfläche Me3 liegt mit Werten um die 20% geringfügig höher. Mittelbasische Böden finden sich am Standort Me5, der ebenfalls als Wiese genutzt wurde. Die Werte der Basensättigung liegen hier zwischen 38% und 44%, somit mehr als doppelt so hoch, als unter den weniger intensiv bearbeiteten Flächen, welche als Wald oder Weide genutzt wurden.

Abbildung 49 zeigt, dass die Calciumwerte in den Böden der ehemaligen Wiesenstandorte Me3 und Me5 höher liegen als in den Böden der anderen Standorte. Die Kationen H^+ und Al^{3+} , welche eine Rolle im Bodenmilieu spielen, weisen keine großen Gehaltsunterschiede zwischen den Standorten auf. Dies spiegelt sich auch in den geringen Unterschieden bei den pH-Wertanalysen wider (siehe Kap. 5.1.2.3).

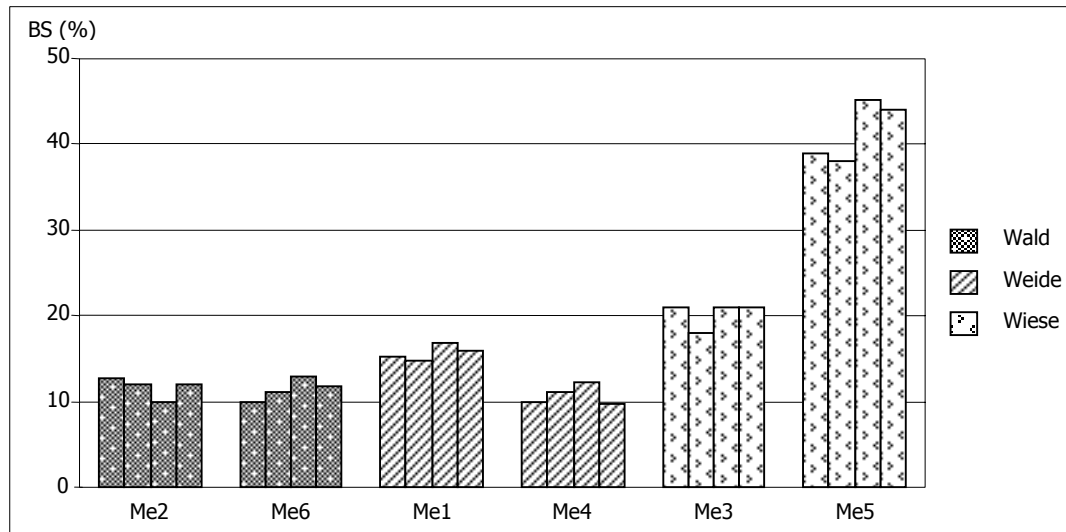


Abb. 48: Basensättigung für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Menzenschwand

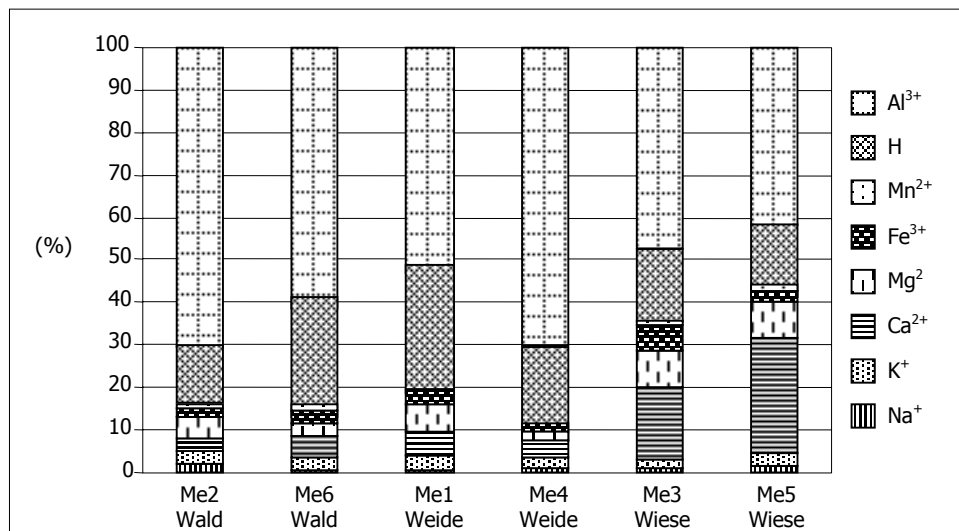


Abb. 49: Kationenverteilung der Mischproben des Oberbodens unter jeweiliger Nutzung im UG Menzenschwand

5.1.2.6 $\delta^{15}\text{N}$

Die analysierten $\delta^{15}\text{N}$ -Werte in den Böden der Untersuchungsflächen zeigen deutliche Unterschiede zwischen Standorten unter der ehemals intensiveren Nutzung Wiese und den extensiver genutzten Flächen unter ehemaliger Weide bzw. altem Wald (Abb. 50). Die Werte der Böden unter altem Wald sind am niedrigsten ($-1,3\text{‰}$ bis $-1,7\text{‰}$). Die Spannweite der $\delta^{15}\text{N}$ -Werte unter ehemals als Weide genutzten Flächen erstreckt sich von $-0,7\text{‰}$ bis $1,3\text{‰}$. Die höchsten Werte wurden in den Böden, welche früher unter Wiesennutzung standen, analysiert. $\delta^{15}\text{N}$ liegt hier zwischen $1,7\text{‰}$ bis $3,6\text{‰}$.

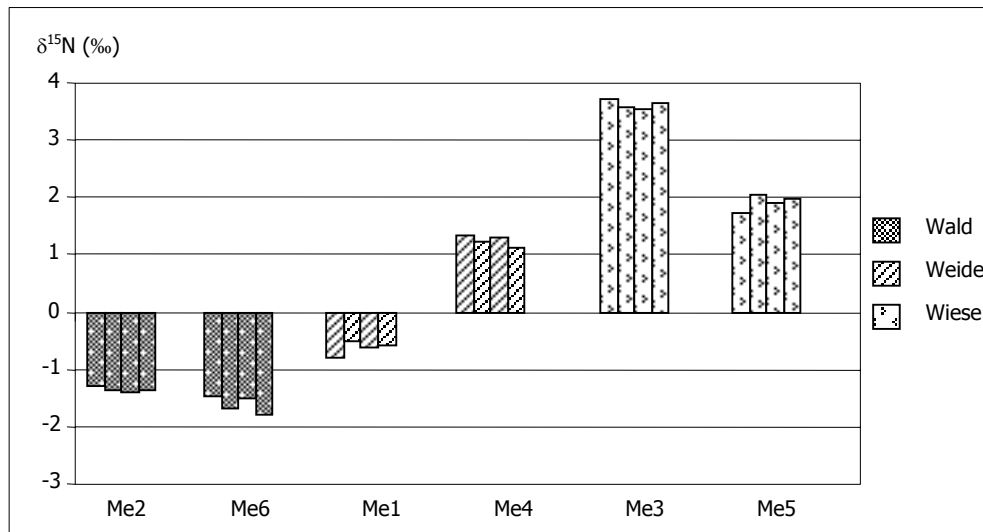


Abb. 50: $\delta^{15}\text{N}$ für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Menzenschwand

5.1.3 Blasiwald

5.1.3.1 Bodenprofile

Der vorherrschende Bodentyp der Untersuchungsflächen im Blasiwald ist die Braunerde. Am Standort BW3, welcher als Wässerwiese genutzt wurde und heute noch unter Grundwassereinfluss steht, wurde ein Naßgley angetroffen. Die Abbildungen 52 und 53 zeigen vier Bodenprofile im Untersuchungsgebiet Blasiwald, welche unterschiedlicher Nutzung (Wald, Wiese, Weide, Acker) unterlagen. An den Bildaufnahmen lässt sich die Veränderung der ursprünglichen Horizontierung durch die Kulturmaßnahmen gut erkennen. Wie Abbildung 51 verdeutlicht, variiert die Gründigkeit der A-Horizonte. Die Bodenprofile der Flächen BW2 und BW4, welche kontinuierlich mit Wald bestanden waren, sowie der ehemalige Weidenstandort BW1 weisen im Vergleich zu den agrarisch genutzten Flächen im Ah eine geringere Mächtigkeit auf (BW2 12 cm, BW4 6 cm, BW1 11 cm). Der Standort BW3 (ehemalige Wiese) zeigt mit 40 cm im A-Horizont die größte Tiefe im Oberboden. Deutliche Spuren der Ackernutzung sind am Profil der Fläche BW5 zu erkennen. Ein alter Pflughorizont (rAp) von 22 cm Tiefe mit einer ebenen und scharfen Grenze zum B-Horizont ist deutlich zu erkennen. Das organische Material ist im Oberboden gleichmäßig untergemischt. Unter alten Wäldern hingegen ist die Grenze zum Unterboden gewellt und diffus. Unter der Fläche BW1, welche als Reutfeld genutzt wurde, hat sich über dem 11 cm mächtigen Ah ein deutlicher Brandhorizont gebildet (Abb. 52).

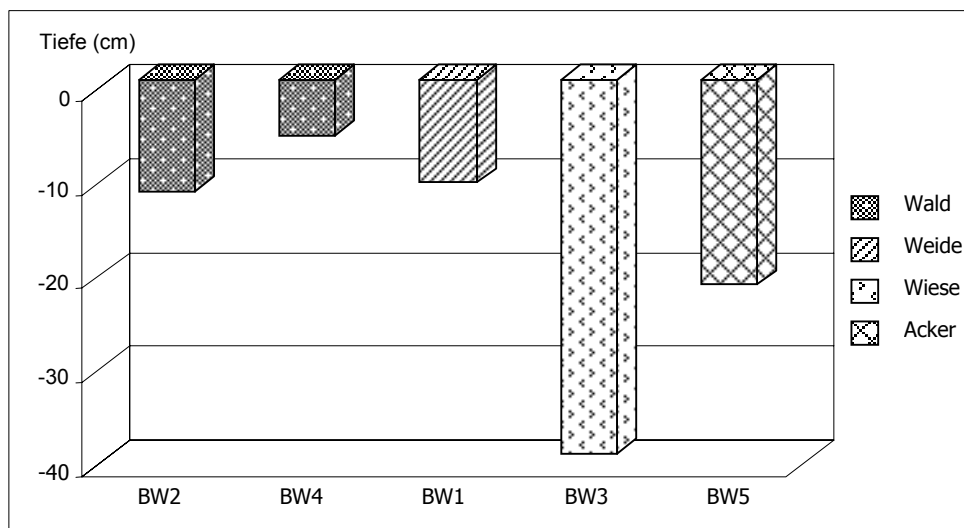


Abb. 51: Mächtigkeit des Oberbodens unter jeweiliger historischer Nutzung im UG Blasiwald

Die Farben der Oberböden variieren je nach ehemaliger Nutzung. Die Töne werden heller von der Nutzungsform Wiese (BW3 10 YR 1.7/1) über Acker (BW5 10YR2/1) und Weide (BW1 10 YR 2/2) zu Wald (BW2 10 YR 3/3, BW4 10 YR 2/2). Aus der Ansprache der Farbe wird deutlich, dass die oberen Zentimeter des Mineralbodens auf alten Ackerflächen humoser sind.

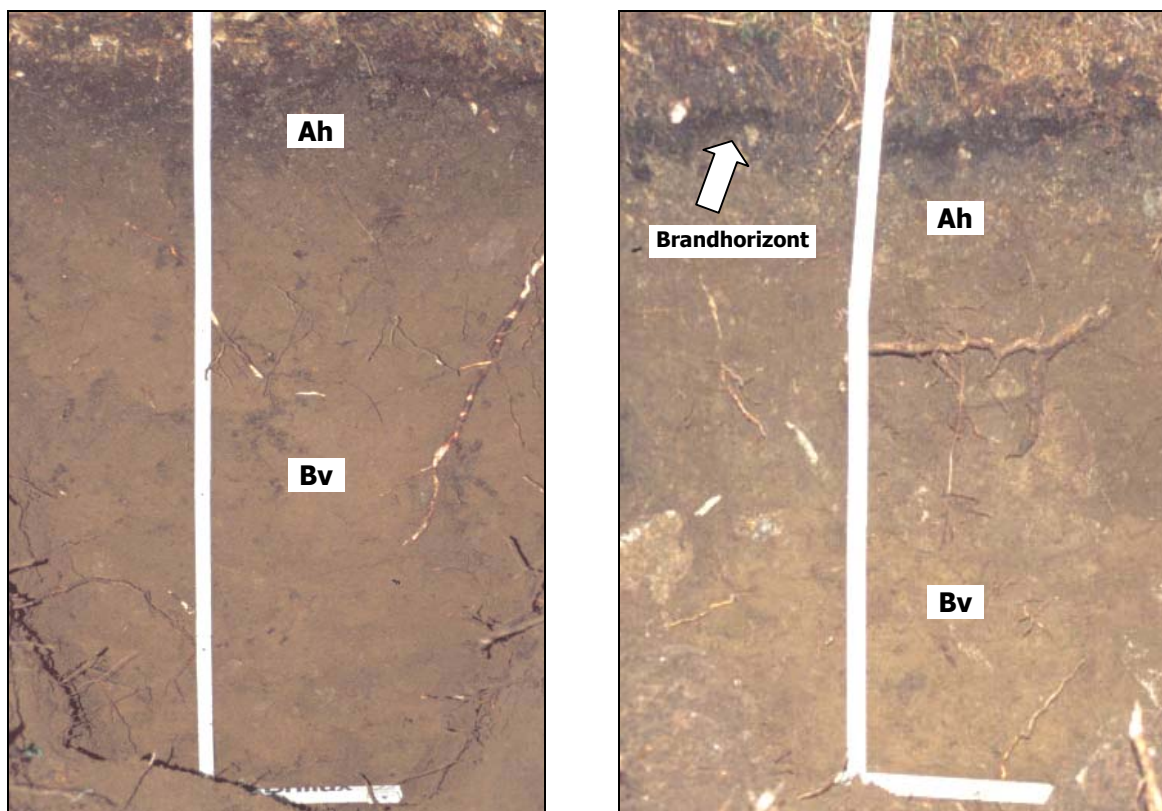


Abb. 52: Bodenprofil unter altem Wald (BW2) und ehemaliger Weide (BW1) (Aufnahme Juli 2002)

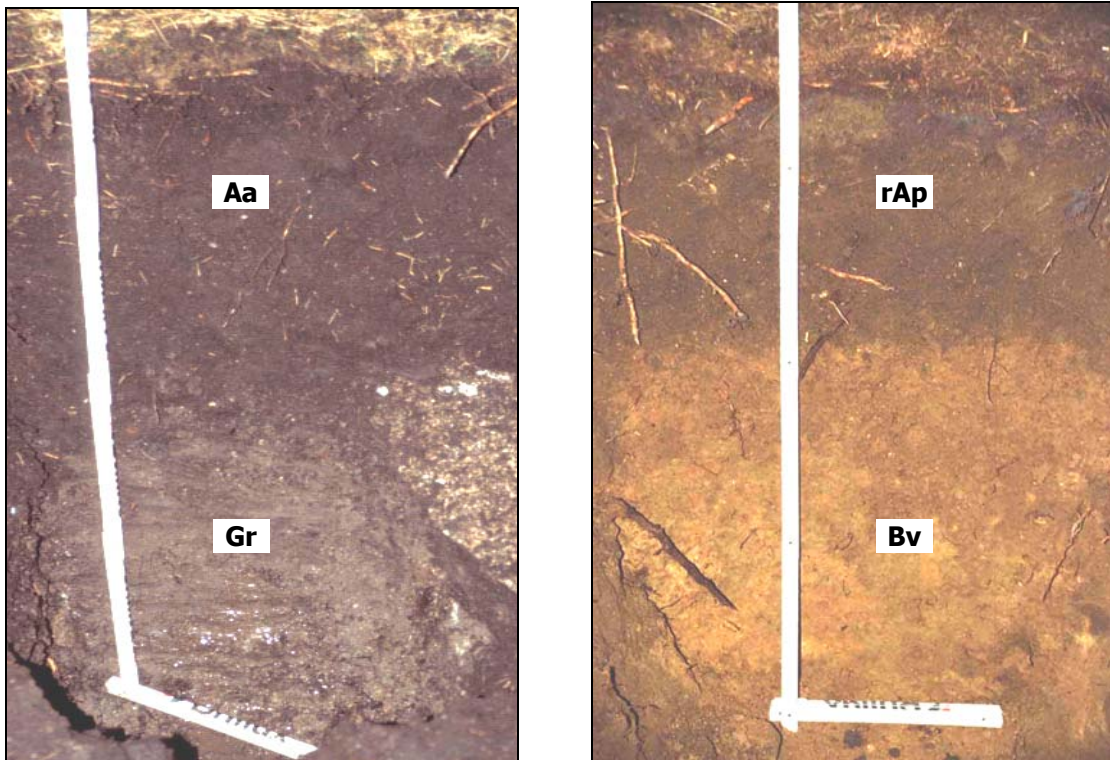


Abb. 53: Bodenprofil unter ehemaliger Wiese (BW3) und ehemaligem Acker (BW5) (Aufnahme Juli 2002)

5.1.3.2 Korngrößenverteilung

Die Böden unterscheiden sich in ihrem Grobbodenanteil. Der Skelettgehalt ist unter historisch altem Wald am höchsten (Abb. 52, 53). Unter ehemaliger Weide hingegen ist mittlerer Grus anzutreffen, während auf den Flächen unter ehemaliger Wiesen- bzw. Ackernutzung feiner bis mittlerer Grus den Hauptanteil des Grobbodens ausmacht (vgl. Anhang). Größere Steine wurden durch Pflugarbeiten zutage gebracht und beiseite geräumt.

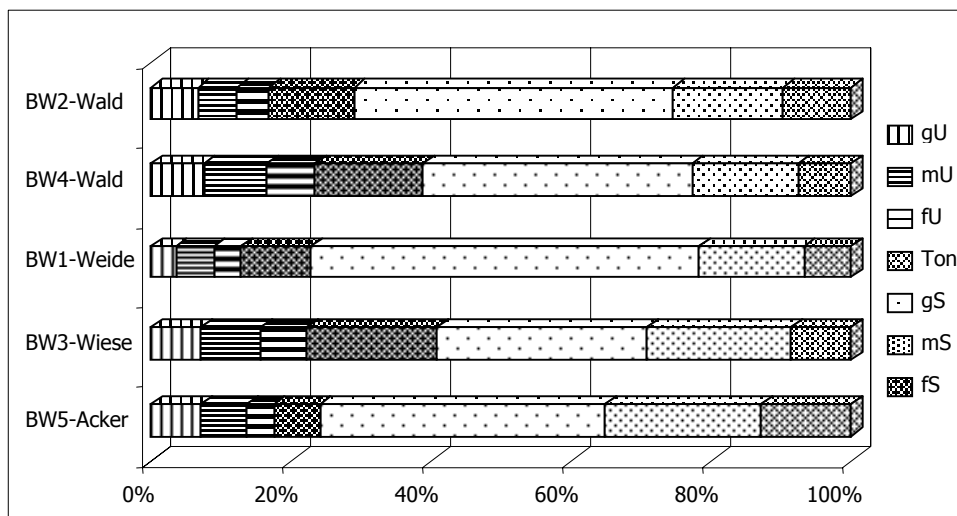


Abb. 54: Korngrößenverteilung einer Oberbodenmischprobe je Standort im UG Blasiwald

Die Korngrößenverteilung des Feinbodens zeigt keine deutlichen Unterschiede, welche auf die ehemalige Nutzung zurückzuführen wären (Abb. 54). Die Bodenart unter allen untersuchten Flächen ist lehmiger Sand. Die Kornfraktion Sand überwiegt mit 60% bis 75% deutlich. Der Schluffanteil tritt mit 12% bis 23% zurück, ebenso die Tonfraktion mit 6% bis 18%.

5.1.3.3 pH-Wert (CaCl₂)

Die Ergebnisse der aktuellen pH-Wert Messungen in den Oberböden zeigen geringfügige Unterschiede aufgrund der ehemaligen Nutzung (Wald, Wiese, Weide, Acker) der Standorte (Abb. 55). Die Böden unter alten Wäldern (BW2, BW4) weisen die niedrigsten pH-Werte auf, welche mit 3,0 bis 3,7 im sehr stark sauren Bereich liegen. Milieuunterschiede zwischen alten Wäldern und intensiv agrarisch genutzten Flächen zeigen die pH-Werte zwischen BW2 und BW4 ($\bar{\varnothing}$ 3,6 bzw. 3,2) sowie BW3 und BW5 ($\bar{\varnothing}$ 3,8 bzw. 4,3).

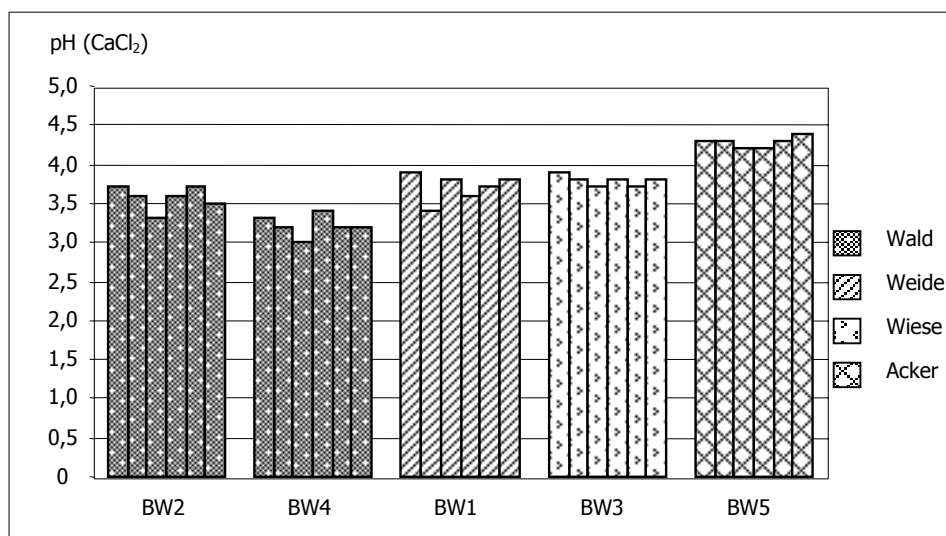


Abb. 55: pH-Wert für fünf Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Blasiwald

Die günstigsten pH-Werte (4,2-4,4) wurden in den Böden der ehemaligen Ackerfläche BW5 gemessen. Obwohl die ehemals intensiver genutzten Standorte BW3 und BW5 heute mit Fichten bestanden sind, weisen sie höhere pH-Werte auf (3,7-4,4) als die alten Waldstandorte BW2 und BW4 (3,0-3,7), auf welchen den Fichten noch Buchen beigemischt sind. Der Boden des ehemaligen Weidestandorts BW1, welcher ebenfalls mit Fichten bewachsen ist, hat mit Werten von 3,4 bis 3,9 einen minimal höheren pH-Wert im Oberboden als der alte Waldstandort BW2 (pH 3,3-3,7), welcher immer mit Mischwald bestanden war und nur wenige Meter entfernt liegt.

5.1.3.4 C/N-Verhältnis

Abbildung 56 zeigt die C/N-Verhältnisse der untersuchten Oberböden im Blasiwald. Unter dem alten Waldstandort BW2 wurden C/N-Werte zwischen 17 und 20 gemessen. Die Böden unter altem Wald am Standort BW4 sowie unter dem ehemals als Weide genutzten Standort BW1 weisen noch weitere C/N-Verhältnisse mit Werten von 20 bis 23 auf. Es liegen hier hohe organische Kohlenstoffgehalte und eine geringere Stickstoffversorgung vor. Der ehemalige Wiesenstandort BW3 zeigt ein niedriges C/N-Verhältnis (15-16), was auf die niedrigeren Gehalte an organischer Substanz und höhere Stickstoffgehalte zurückzuführen ist. Der ehemals als Acker genutzte Standort BW5 weist verglichen mit den alten Waldstandorten aufgrund der Nutzung verringerte C/N-Verhältnisse zwischen 18 und 22 auf. Die mikrobiologische Aktivität in den Böden ist auch in diesem C/N-Bereich noch günstig.

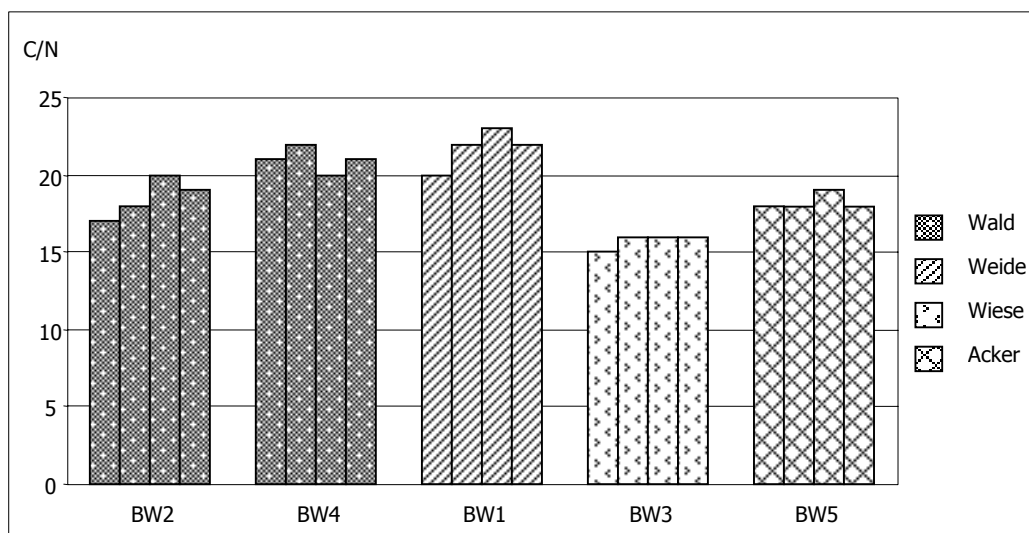


Abb. 56: C/N-Verhältnis für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Blasiwald

5.1.3.5 Basensättigung

Die Basensättigung in den Oberböden der beiden alten Waldstandorte BW2 und BW4 ist mit Werten zwischen 11% und 15% gering. Die Böden sind basenarm (Abb. 57). Der Fichten-Buchen-Mischwald auf diesen Flächen wird von der Fichte dominiert, deren Streu nur wenig zur Nährstoffnachlieferung beiträgt. Die Basensättigung unter den Flächen BW3 und BW5 liegt mit Werten von 19% bis 26% geringfügig höher. Die basischen Nährstoffe wurden durch die ehemalige Wiesen- bzw. Ackernutzung verbraucht. Aufgrund der Anpflanzung von Fichtenmonokulturen auf diesen beiden Standorten wurde zudem die Ba-

sennachlieferung für die Böden verschlechtert. Die Oberböden des ehemaligen Weidestandorts BW1 sind basenreich und haben eine im Vergleich zu den anderen Standorten sehr hohe Basensättigung zwischen 64% und 73%. Die Calcium- und Magnesiumwerte sind hier wesentlich höher als in den Böden der anderen Standorte, wie in Abbildung 58 deutlich zu sehen ist. Die Ursache liegt in der ehemaligen Reutfeldnutzung, welche durch das Abbrennen der Biomasse den Böden Nährstoffe zuführte. Die für die bodenchemischen Bedingungen relevanten Kationen H^+ und Al^{3+} weisen keine großen Unterschiede zwischen den Standorten auf. Dies spiegelt sich auch in den geringen Unterschieden der pH-Werte zwischen den Standorten wider (siehe Kap. 5.1.1.3).

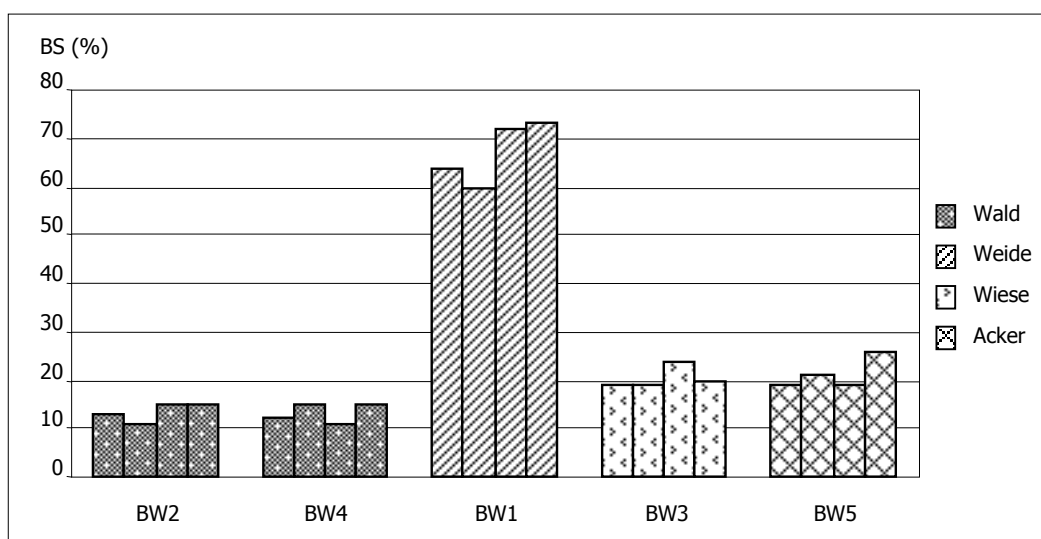


Abb. 57: Basensättigung für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Blasiwald

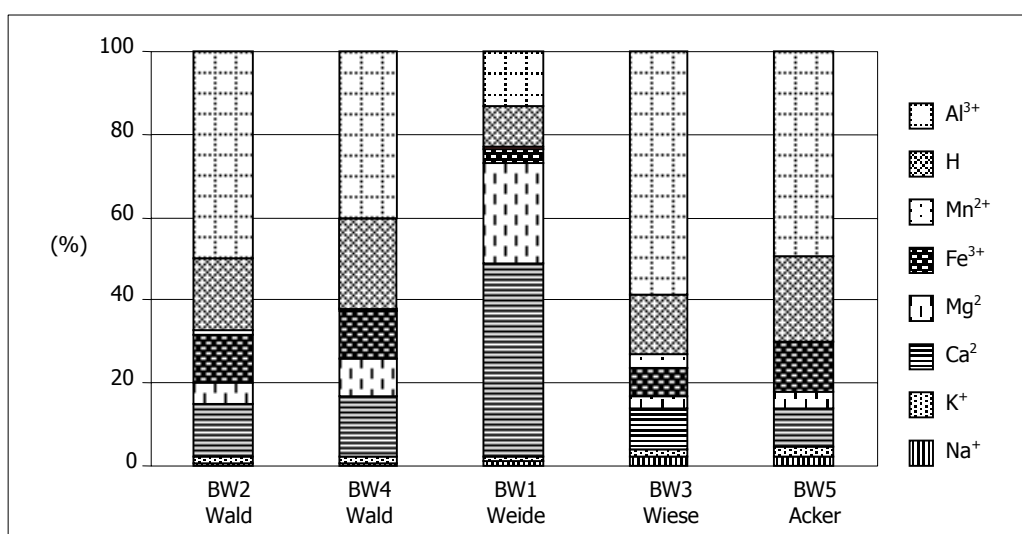


Abb. 58: Kationenverteilung der Mischprobe des Oberbodens unter jeweiliger Nutzung im UG Blasiwald

5.1.3.6 $\delta^{15}\text{N}$

Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Oberböden unter den historischen Waldstandorten BW2 und BW4 liegen alle im negativen Bereich: von -2,3‰ bis -1,8‰ und somit deutlich niedriger als in den Böden unter agrarisch genutzten Standorte (Abb. 59). Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte unter dem ehemaligen Weidestandort BW1 bewegen sich zwischen -0,4‰ und -0,9‰. Sie liegen somit höher als die Werte unter den alten Waldstandorten. Die höchsten $\delta^{15}\text{N}$ -Werte wurden in den Oberböden unter der ehemaligen Wiesenfläche BW3 mit einer Spannweite zwischen 2,4‰ und 2,9‰ sowie unter dem ackerbaulich genutzten Standort BW5 mit einem Durchschnitt von 2‰ analysiert.

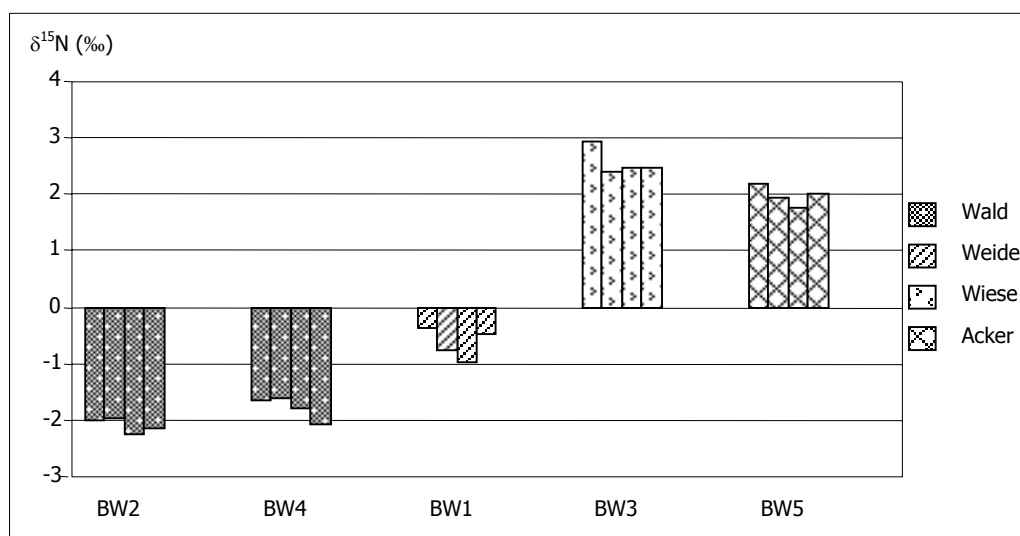


Abb. 59: $\delta^{15}\text{N}$ für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Blasiwald

5.1.4 Bannwald "Flüh"

5.1.4.1 Bodenprofile

Auf den Untersuchungsflächen im Bannwald "Flüh" sind Braunerden vorherrschend. Die Abbildungen 61 und 62 zeigen Bodenprofile im Untersuchungsgebiet Flüh, welche unterschiedlicher historischer Nutzung (Wald, Weide, Wiese) unterlagen. Die Aufnahmen lassen erkennen, dass die Böden in ihrer Mächtigkeit variieren. Das Bodenprofil der Fläche BF1, welche immer mit Wald bestanden war, weist eine geringe Tiefe in den oberen Bodenhorizonten (Ah 5 cm) auf. Unter der ehemals als Wiese genutzten Fläche BF5 wurde mit 16 cm der mächtigste Oberboden im Untersuchungsgebiet angetroffen. Die ehemals als Weidfeld genutzten Flächen BF2, BF3 und BF4 haben mit 6 cm, 6 cm und 8 cm geringere Mächtigkeiten im Oberboden (Abb. 60). Dies ist wohl auf die erosionsfördernde Reutfeld-

nutzung zurückzuführen. Der alte Waldstandort BF6 hat mit 10 cm einen ungewöhnlich mächtigen Ah-Horizont; zumindest im Vergleich zu der Oberbodenmächtigkeit unter den ehemaligen Weidestandorten BF2, BF3 und BF4.

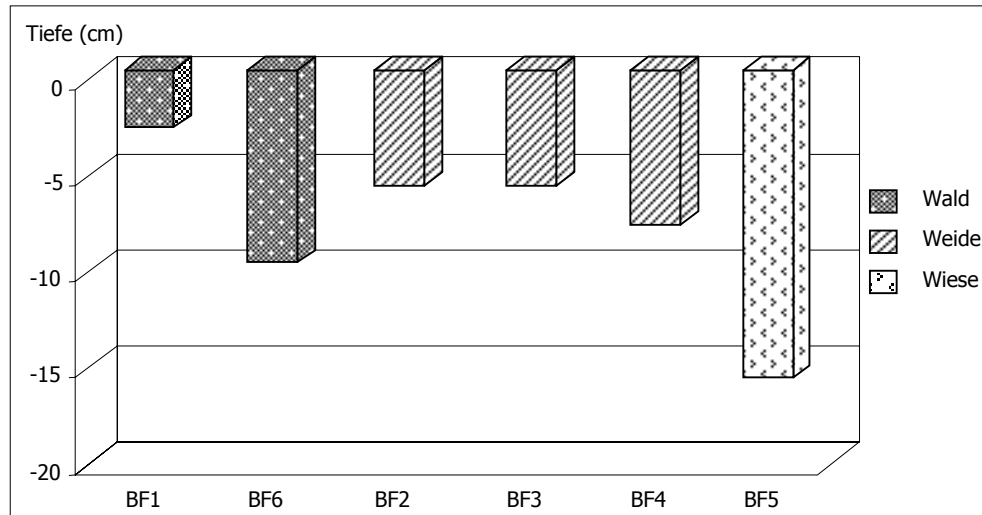


Abb. 60: Mächtigkeit des Oberbodens unter jeweiliger historischer Nutzung im UG Flüh

Vergleicht man die drei Profile in Abbildungen 61 und 62, fällt ein deutlicher Farbunterschied im Oberboden auf. Das Profil unter ehemaliger Weide (BF4) hat im Gegensatz zum alten Waldstandorten BF6 sowie der ehemaligen Wiese BF5 mit 10YR 2/2 die dunkelsten Farbtöne.

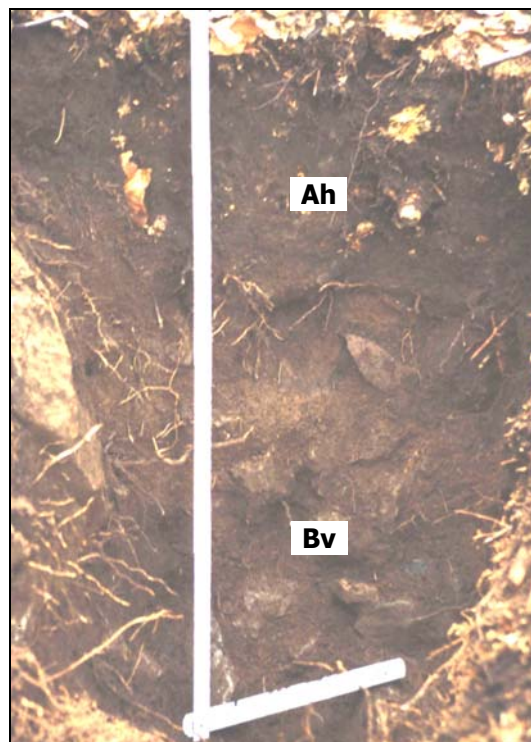


Abb. 61: Bodenprofile unter altem Wald (BF6, Aufnahme August 2001)

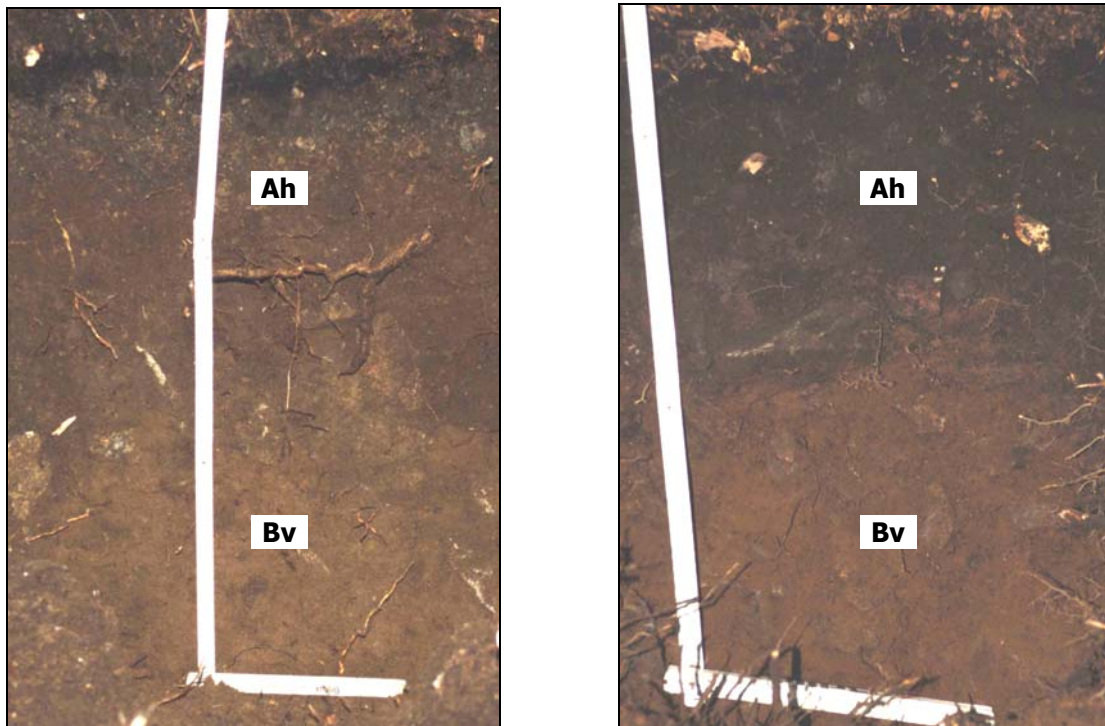


Abb. 62: Bodenprofile unter ehemaliger Weide (BF4) und ehemaliger Wiese (BF5) (Aufnahme August 2001)

5.1.4.2 Korngrößenverteilung

Der Grobbodenanteil ist unter altem Wald und ehemaliger Weide mit mittlerem Grus bis kantigen Steinen von mehr als 63 mm Größe am höchsten. Im Profil unter ehemaliger Wiese hingegen findet sich kaum noch Grobskelett (Abb. 61, 62 sowie Anhang).

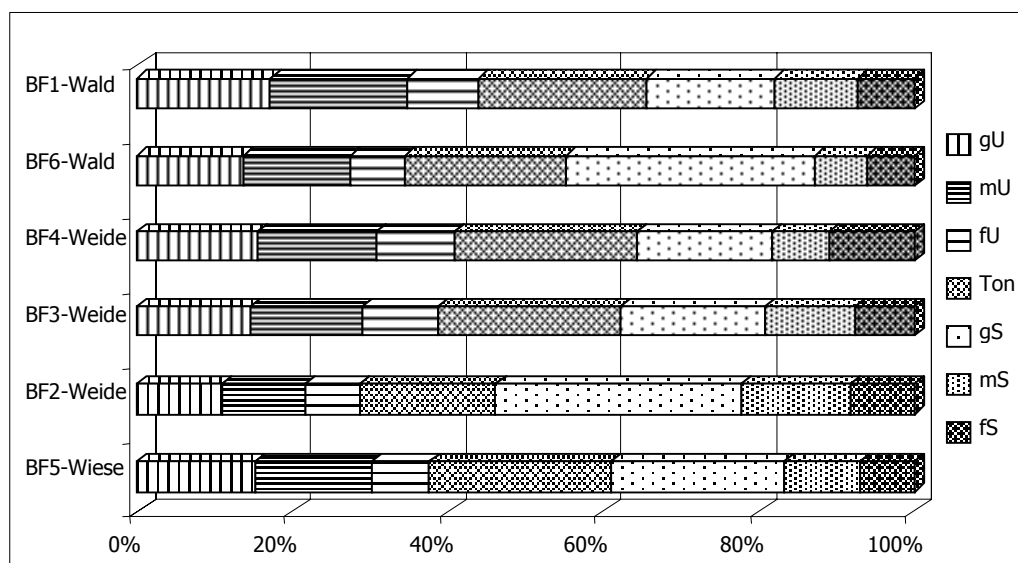


Abb. 63: Korngrößenverteilung einer Oberbodenmischprobe je Standort im UG Flüh

Abbildung 63 zeigt, dass die ehemalige Nutzung der Flächen keine Unterschiede in der Korngrößenverteilung des Feinbodens bewirkte. Sandiger Lehm ist die vorherrschende

Bodenart, wobei auf die Sandfraktion 34% bis 53%, auf die Schlufffraktion 28% bis 44% und auf die Tonfraktion 17% bis 24% entfallen.

5.1.4.3 pH-Wert (CaCl₂)

Abbildung 64 zeigt die pH-Werte in den Oberböden der jeweiligen Standorte. Es sind keine großen Unterschiede aufgrund unterschiedlicher Nutzung (Wald, Weide, Wiese) zu erkennen. Die pH-Werte der historisch alten Wälder BF1 und BF6 sowie die pH-Werte der ehemaligen Weidestandorte BF2 und BF3 weichen nur unerheblich voneinander ab. Sie liegen zwischen 3,3 und 4,1. Unter der als Weide genutzten Fläche BF3 liegen die pH-Werte mit 3,3 und 3,5 etwas niedriger im sehr stark sauren Bereich. Günstigere bodenchemische Bedingungen herrschen unter den Untersuchungsflächen BF4 (ehemalige Weide) und BF5 (ehemalige Wiese). Die pH-Werte liegen mit einer Spannweite zwischen 4,2 und 4,5 im stark sauren Bereich. Es ist zu bemerken, dass der Standort BF5, obwohl er rein mit Fichte bestanden ist, die höchsten pH-Werte in diesem Untersuchungsgebiet aufweist. Der rezente Bestand spielt momentan eine untergeordnete Rolle gegenüber der historischen Wiesennutzung.

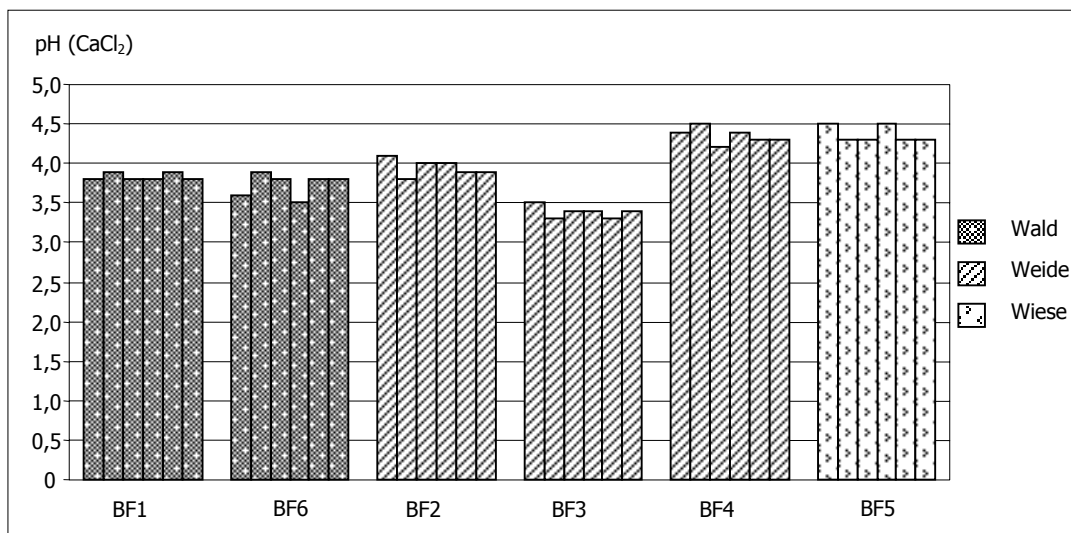


Abb. 64: pH-Wert für fünf Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Flüh

5.1.4.4 C/N-Verhältnis

Abbildung 65 zeigt das C/N Verhältnis der Oberböden unter den Untersuchungsflächen. Das C/N-Verhältnis in den oberen Horizonten ist unter den Flächen, welche intensiver Nutzung unterlagen, am niedrigsten. Hierzu gehört die Fläche BF4 mit einem C/N-

Verhältnis von 13 bis 14, welche als Weide genutzt wurde, sowie die ehemalige Wiesenfläche BF5 mit einem C/N-Verhältnis zwischen 12 und 14. Der organischen Kohlenstoff ist an diesen beiden Standorten deutlich geringer (vgl. Anhang).

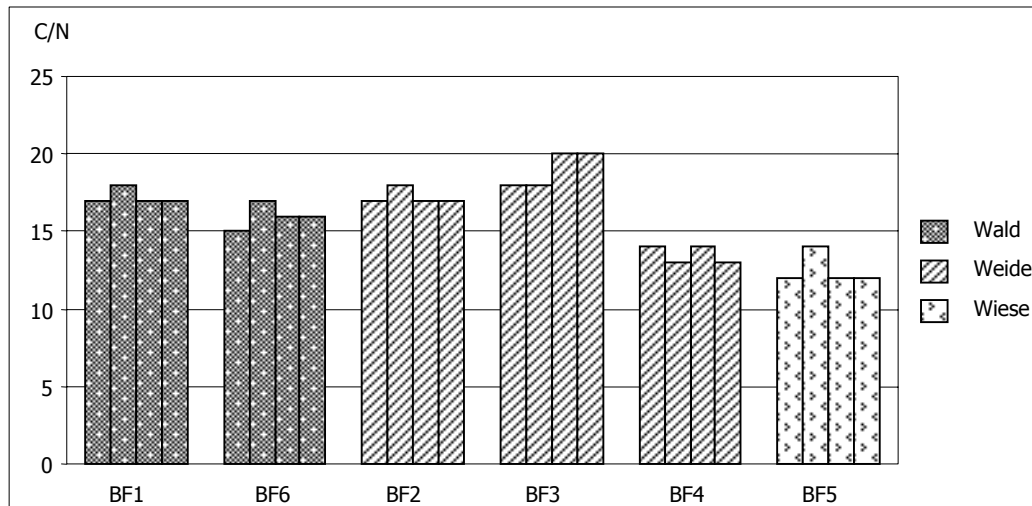


Abb. 65: C/N-Verhältnis für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Flüh

Die C/N-Verhältnisse der beiden anderen Weidestandorte BF2, BF3 sowie der alten Waldstandorte BF1, BF6 weisen keine großen Unterschiede untereinander auf und bewegen sich im Bereich von 15 und 20, was auf günstige mikrobielle Umsatzleistungen in den Böden hinweist.

5.1.4.5 Basensättigung

Wie Abbildung 66 zeigt, liegen die Werte der Basensättigung mit 78% bis 88% in den Böden unter dem ehemals als Wiese genutzten Standort BF5 am höchsten. Unter den ehemaligen Wald- und Weideflächen erreicht die Basensättigung maximale Werte von 39%. Eine Ausnahme ist die Basensättigung unter der ehemaligen Weidefläche BF4, welche - im Vergleich zu den anderen ehemaligen Weidestandorten - deutlich höhere Werte um die 60% aufweist. Dies steht wohl im Zusammenhang mit der hier bis in die 50er Jahre hinein praktizierten Reutfeldnutzung.

Die Aufteilung der Kationen in Abbildung 67 zeigt, dass in den Böden unter dem ehemaligen Wiesenstandort BF5 der höchste Calciumgehalt im Vergleich zu den anderen Standorten vorliegt. Die Menge an H^+ und Al^{3+} Ionen ist in den Böden dieses Standortes am niedrigsten, was sich in den pH-Werten um 4,5 widerspiegelt. Unter dem Standort BF4 hingegen liegen die pH-Werte trotz der höheren Gehalte an H^+ und Al^{3+} um 4,2.

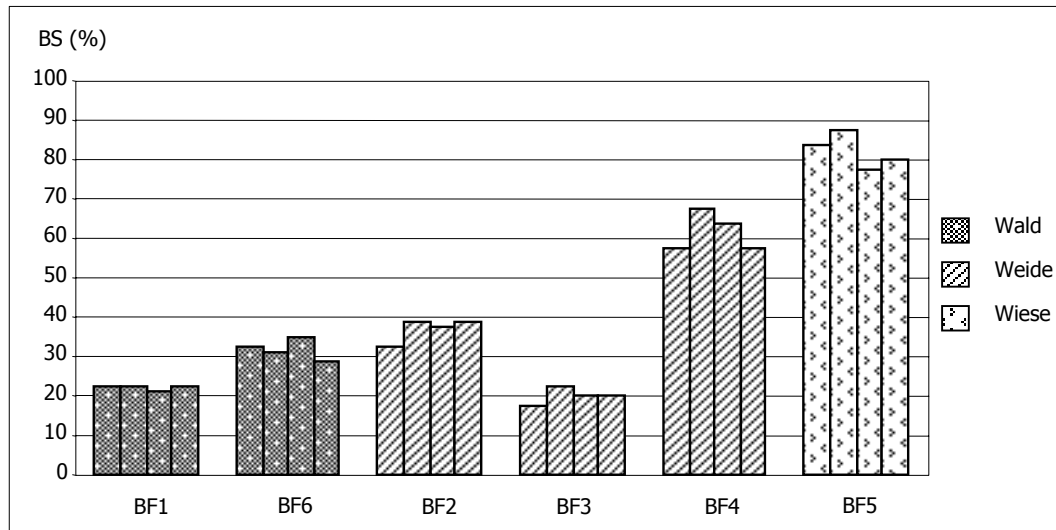


Abb. 66: Basensättigung für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Flüh

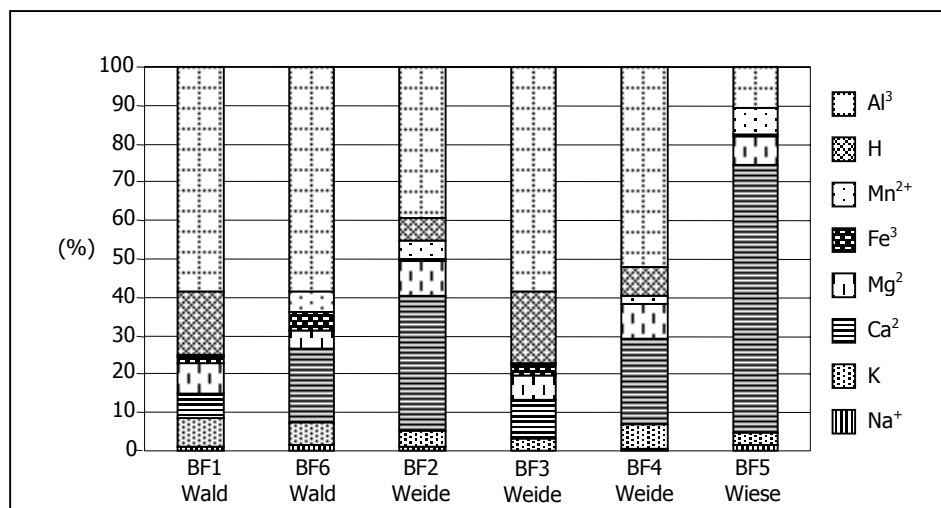


Abb. 67: Kationenverteilung der Mischprobe des Oberbodens unter jeweiliger Nutzung im UG Flüh

5.1.4.6 $\delta^{15}\text{N}$

Die Ergebnisse der $\delta^{15}\text{N}$ -Messungen in den Waldböden des Untersuchungsgebiets „Bannwald Flüh“ zeigen deutlich die Unterschiede der Standorte aufgrund der ehemaligen Nutzung (Abb. 68). Eine deutliche Erhöhung von $\delta^{15}\text{N}$ in den Böden kann unter den ehemals intensiv agrarisch genutzten Flächen beobachtet werden. Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Böden unter den alten Waldstandorte (BF1 und BF6) liegen im negativen Bereich. Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der ehemaligen Weidestandorte bewegen sich zwischen $-1,2\text{‰}$ und $1,7\text{‰}$. Unter dem Standort BF2 wurden sehr niedrige $\delta^{15}\text{N}$ -Werte gemessen ($-1,2\text{‰}$ bis $-1,6\text{‰}$). Die Beweidung war eher extensiv und trat hinter der hier vorrangigen Niederwaldwirtschaft zurück. Somit unterlagen die Böden einem geringeren Eingriff im Stickstoffkreislauf, als dies

auf den anderen ehemaligen Weidestandorten der Fall war. Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte liegen in den Böden der ehemals als Wiese genutzte Flächen BF5 mit 3,2‰ bis 3,8‰ am höchsten.

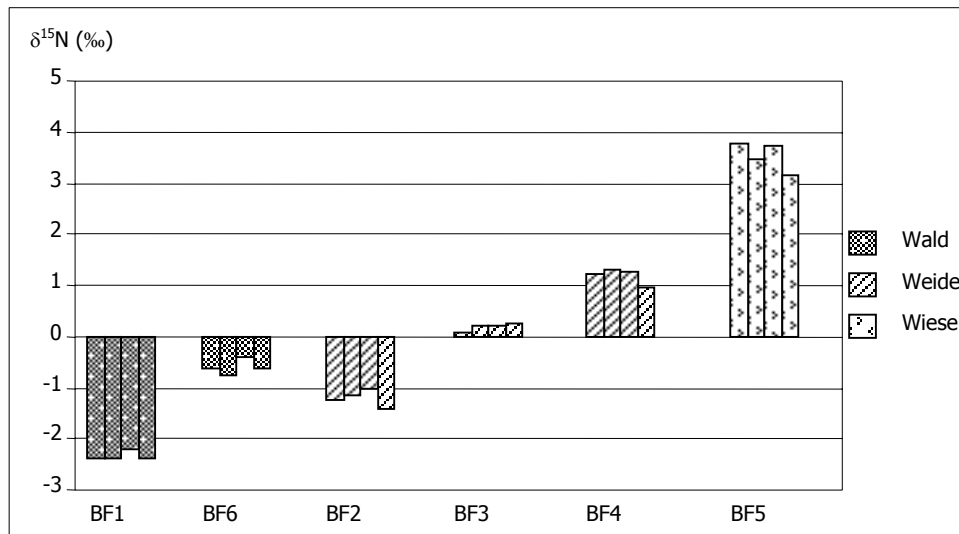


Abb. 68: $\delta^{15}\text{N}$ für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Flüh

5.1.5 Miellin

5.1.5.1 Bodenprofile

Der vorherrschende Bodentyp im Untersuchungsgebiet Miellin ist die Braunerde. Schon an den Profilen lässt sich eine Veränderung der ursprünglichen Horizontierung durch Kulturmaßnahmen erkennen. Abbildung 69 zeigt, dass die Mächtigkeit der A-Horizonte variierte. Die Bodenprofile der Flächen Mi2 und Mi3, welche früher als Wiese genutzt wurden, weisen mit 6 cm und 8 cm geringe Mächtigkeiten im Oberboden auf. Ebenso trifft dies für die Waldflächen Mi4 (8 cm) und Mi5 (11 cm) zu. Die Grenze zum Unterboden ist unter diesen Standorten gewellt und diffus (Abb. 70). Eine deutlich tiefere Gründigkeit im Oberboden wurde unter der ehemaligen Weidefläche Mi6 mit 13 cm Tiefe angetroffen. Deutliche Spuren der Ackernutzung zeigt die Profilaufnahme der Fläche Mi1. Ein alter Pflughorizont (rAp) von 18 cm Tiefe mit einer ebenen und scharfen Grenze zum B-Horizont ist deutlich zu erkennen (Abb. 71). Das organische Material ist im Oberboden gleichmäßig untergemischt.

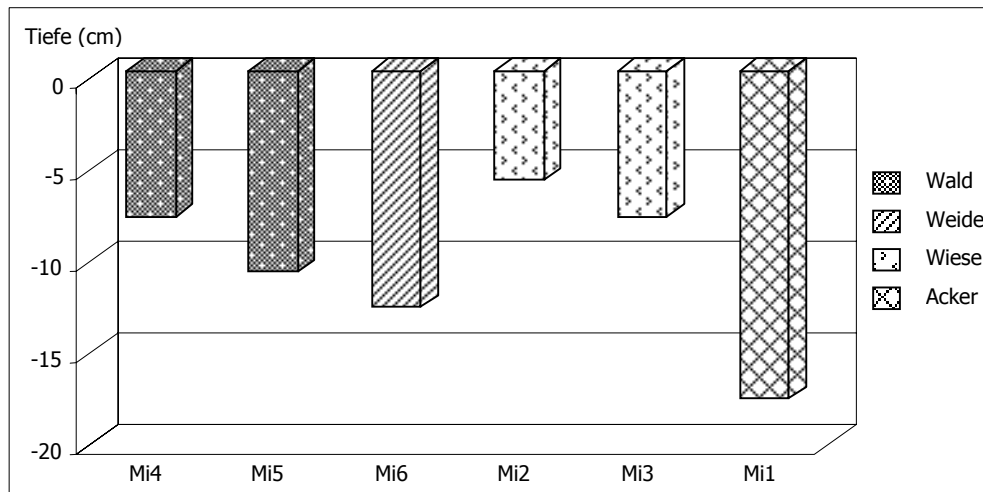


Abb. 69: Mächtigkeit des Oberbodens unter jeweiliger historischer Nutzung im UG Miellin

Die Farben der Oberböden variieren je nach ehemaliger Nutzung. Die dunkelsten Farbtöne sind unter den immer mit Wald bestandenen Flächen Mi4 und Mi5 (7,5YR1.7/1 bzw. 10YR2/1) anzutreffen. Die als Acker genutzte Fläche Mi1 weist ebenfalls dunkle Farbtöne im Oberboden auf (10YR2/2). Die hellsten Töne haben die ehemaligen Wiesen Mi2 und Mi3 mit 5YR3/2 (vgl. Abbildungen 70, 71 sowie Anhang).

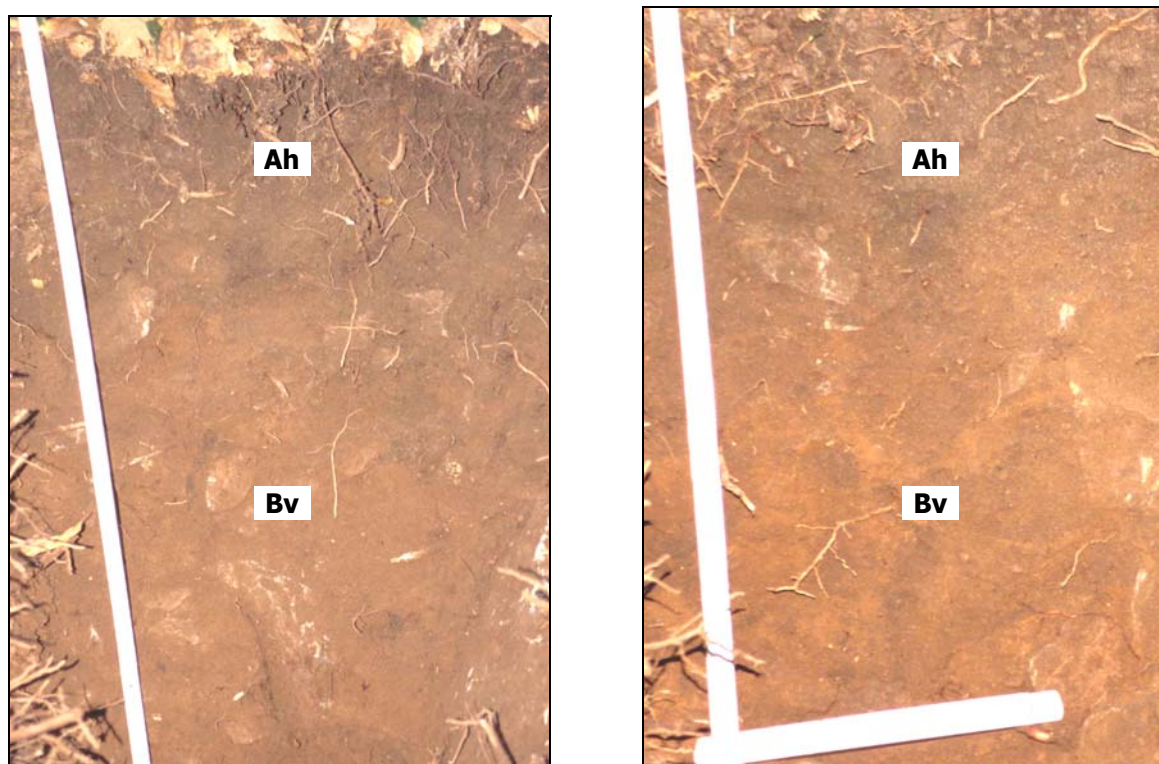


Abb. 70: Bodenprofil unter altem Wald (Mi5) und ehemaliger Wiese (Mi2) (Aufnahme Juni 2002)

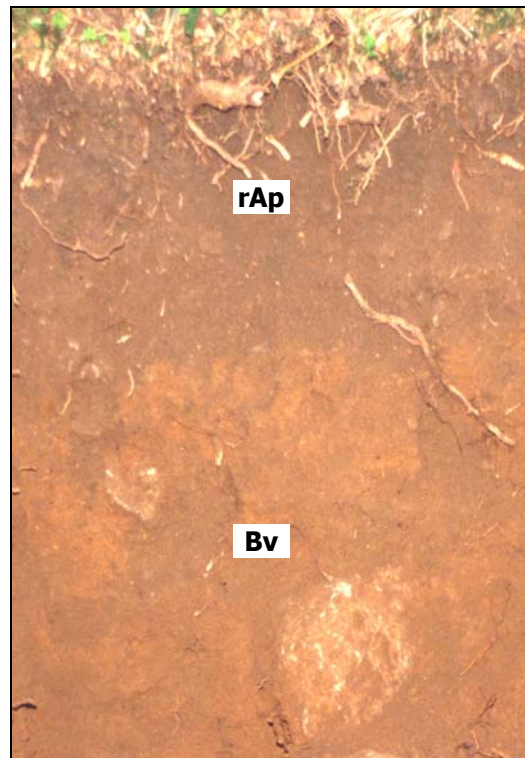


Abb. 71: Bodenprofil unter ehemaligem Acker (Mi1, Aufnahme Juni 2002)

5.1.5.2 Korngrößenverteilung

Die Böden unterscheiden sich am Grobbodenanteil und dessen Kornfraktion. Unter historisch altem Wald ist der Grobbodenanteil am höchsten und kantige Steine sowie Blöcke von mehr als 63 mm Größe vorhanden. Unter ehemaliger Weide und Wiese hingegen ist mittlerer bis feiner Grus anzutreffen (Abb. 70, 71 sowie Anhang).

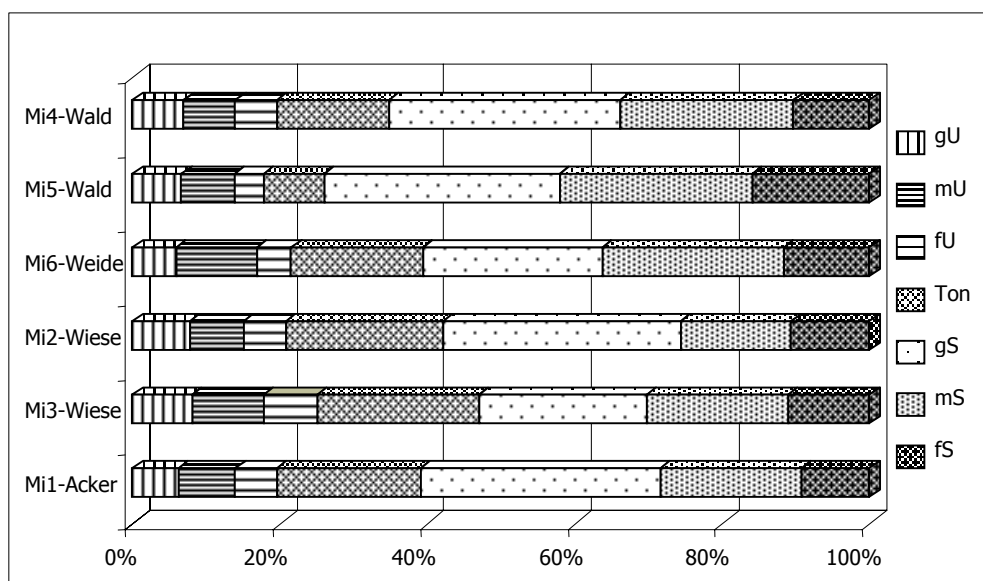


Abb. 72: Korngrößenverteilung einer Oberbodenmischprobe je Standort im UG Miellin

Die Bodenart der im Gelände untersuchten Böden ist lehmiger Sand, wobei sich die Korngrößenfraktionen folgendermaßen aufteilen: Sand 52% bis 74%, Schluff 17% bis 25%, Ton 8% bis 21%. Die Korngrößenverteilung des Feinbodens lässt keinen Zusammenhang mit der historischen Nutzung (Wald, Weide, Wiese, Acker) der Böden erkennen (Abb. 72).

5.1.5.3 pH-Wert (CaCl₂)

Die Ergebnisse der aktuellen pH-Messungen zeigen zwischen den Standorten nur minimale Unterschiede in der Bodenreaktion aufgrund der ehemaligen Nutzung (Abb. 73). Die Böden unter den alten Waldstandorten (Mi4, Mi5) weisen die niedrigsten pH-Werte auf und liegen mit 3,0 bis 3,4 im sehr stark sauren Bereich. Die Unterschiede zwischen den alten Waldstandorten, den ehemaligen Weiden und Wiesen sind gering. Die pH-Werte der Böden unter ehemaliger Weiden- und Wiesennutzung liegen zwischen 3,1 und 3,7; im sehr stark sauren Bereich. Nur geringfügig günstigere bodenchemischen Bedingungen herrschen unter der als Acker genutzten Fläche Mi1. Hier wurden pH-Werte zwischen 3,7 und 4,0 gemessen.

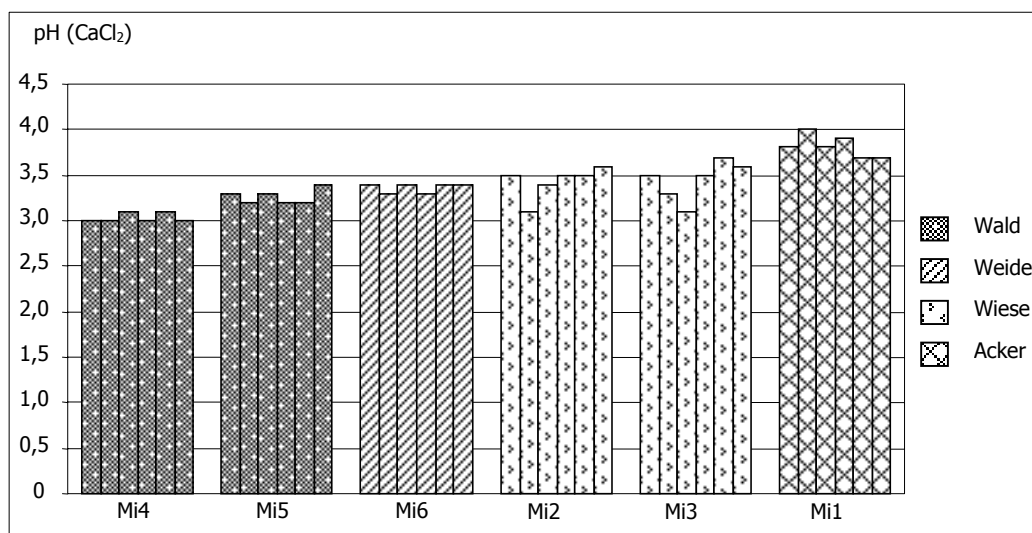


Abb. 73: pH-Wert für fünf Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Miellin

5.1.5.4 C/N-Verhältnis

C/N-Verhältnisse zwischen 10 und 20 sprechen für eine günstige biologische Aktivität im Boden. Es ist genügend Stickstoff zum Abbau der organischen Substanz vorhanden. Die C/N-Verhältnisse in den oberen Horizonten sind unter den alten Waldflächen Mi4 und Mi5

mit 17 bis 20 am höchsten (Abb. 74). Hier wurden auch die höchsten Gehalte an organischem Kohlenstoff (16%) gemessen, welche diese hohen C/N-Verhältnisse bedingen. Unter ehemaliger Weiden- und Wiesennutzung hingegen wurden in den Böden engere C/N-Verhältnisse zwischen 14 und 16 gemessen. Die C_{org} -Werte sind in den Böden dieser Standorte deutlich geringer, zwischen 6% und 10% (siehe Anhang).

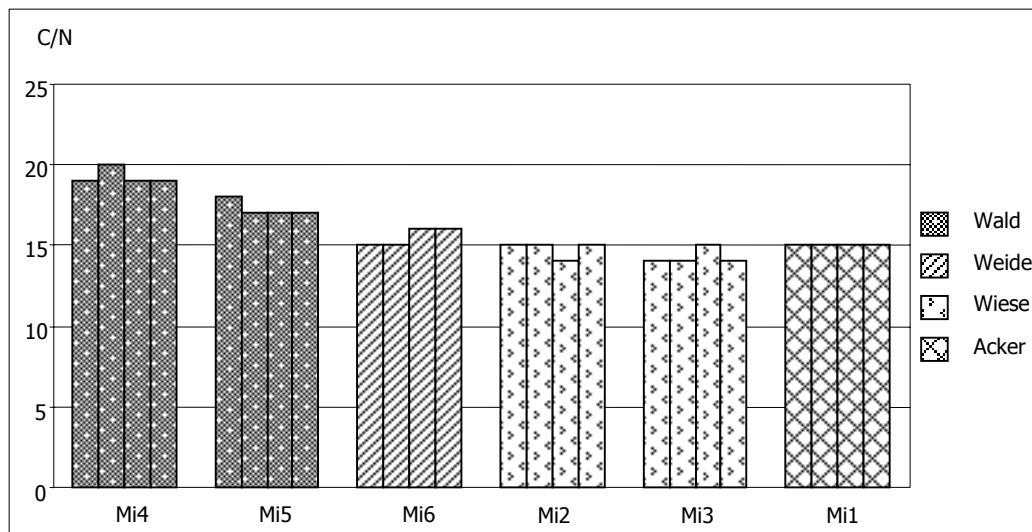


Abb. 74: C/N-Verhältnis für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Miellin

5.1.5.5 Basensättigung

Die Basensättigung der intensiv genutzten Böden zeigt Abweichungen zu den Werten unter den alten Wäldern (Abb. 75). Die Basensättigung der Böden an den alten Waldstandort Mi4, Mi5 sowie dem ehemaligen Weidestandort Mi6 ist mit 3% bis 13% sehr gering. Die Böden sind basenarm. Die Standorte Mi2 und Mi3, welche früher als Wiese genutzt wurden sowie der Standort Mi1, welcher unter Ackernutzung stand, weisen hingegen eine deutlich erhöhte Basensättigung in den Böden auf. Die Werte liegen hier zwischen 33% und 53%. Die Böden sind mittelbasisch bis basenreich.

Abbildung 76 zeigt die Aufteilung der Kationen in den Böden der untersuchten Flächen. Die Standorte Mi4, Mi5 und Mi6 weisen höhere H^+ -Anteile auf, was sich allerdings nicht in den pH-Werten widerspiegelt. In den Böden unter den ehemaligen Wiesenstandorte Mi2 und Mi3 wurden höhere Calciumwerte analysiert als unter den alten Waldstandorten Mi4 und Mi5 sowie unter dem ehemaligen Weidestandort Mi6.

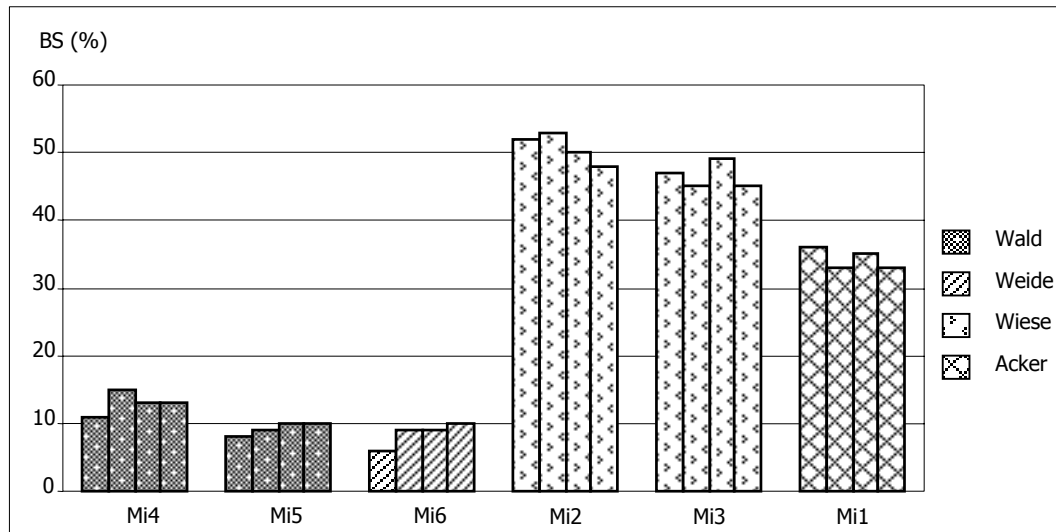


Abb. 75: Basensättigung für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Miellin

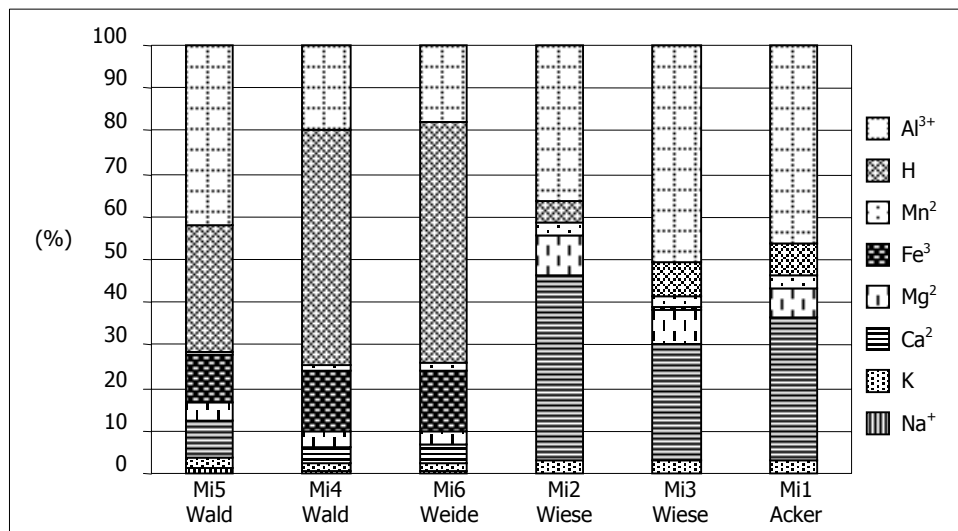


Abb. 76: Kationenverteilung der Mischprobe des Oberbodens unter jeweiliger Nutzung im UG Miellin

5.1.5.6 $\delta^{15}\text{N}$

Die ermittelten $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Böden zeigen die auffälligsten Differenzen zwischen den unterschiedlich genutzten Standorten (Abb. 77). Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Böden unter den alten Waldstandorten Mi4 und Mi5 sind am niedrigsten. Sie liegen zwischen 0,2 ‰ und 0,7 ‰. Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte unter dem ehemaligen Weidestandort Mi6 bewegen sich zwischen 0,8 ‰ und 1,2 ‰. Sie liegen etwas höher als die in den Böden unter den alten Wäldern gemessenen Werte. Die höchsten $\delta^{15}\text{N}$ -Werte (um 3 ‰) wurden in den Böden der ehemaligen Wiesenfläche Mi3 analysiert. Die ehemalige Wiesenfläche Mi2 weist mit 2 ‰ nur geringfügig niedrigere Werte auf. Auch der Boden unter dem ackerbaulich genutzten Stand-

ort Mi1 hat mit einem Durchschnitt von 2,4‰ bis 2,6‰ ebenfalls hohe $\delta^{15}\text{N}$ -Werte.

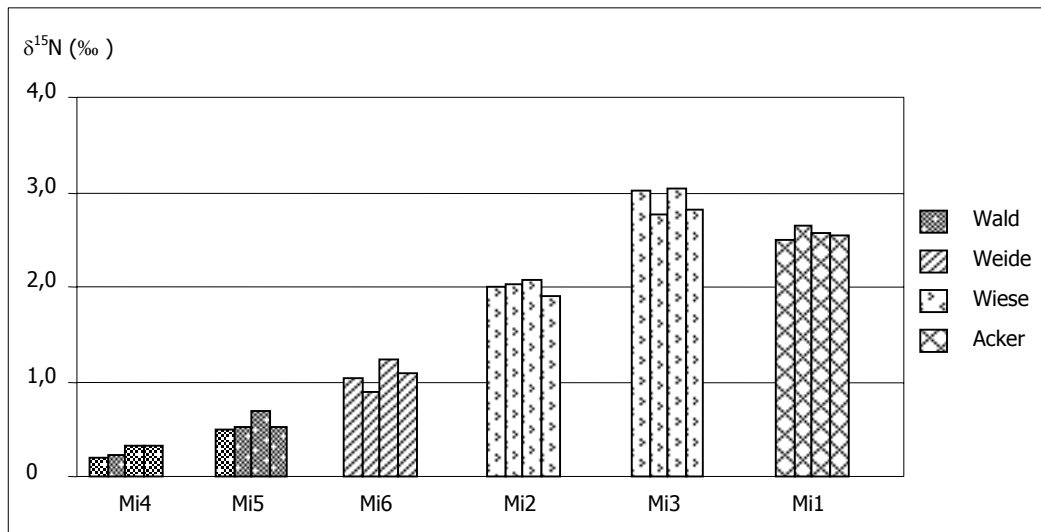


Abb. 77: $\delta^{15}\text{N}$ für drei Einzelproben und eine Mischprobe des Oberbodens je Standort im UG Miellin

5.1.6 Zusammenfassende Betrachtung der Bodenanalysen

5.1.6.1 Vergleich zwischen den Untersuchungsgebieten

Die jeweiligen Analysenergebnisse der Bodenparameter pH-Wert, C/N-Verhältnis, organischer Kohlenstoffgehalt, Basensättigung und $\delta^{15}\text{N}$ der einzelnen Standorte wurden gemeinsam unter der jeweils zutreffenden Variablen „Nutzung“ zusammengefasst, um tendenzielle Unterschiede oder Gemeinsamkeiten zwischen den Standorten aufgrund der unterschiedlichen Nutzungsformen Wald, Weide, Wiese und Acker festzustellen. Der Vergleich von räumlich weit auseinander liegenden, in ihren Standortbedingungen nicht rein homogenen Gebieten, muss kritisch betrachtet werden. Zudem differiert die Anzahl der untersuchten Flächen je Nutzungsform in einem Untersuchungsgebiet, da es nicht möglich war, die Flächenanzahl so weit zu steigern, dass eine befriedigende statistische Absicherung der Ergebnisse möglich gewesen wäre.

Insgesamt wurden zwölf alte Wälder, elf ehemalige Weiden, acht ehemalige Wiesen sowie zwei ehemalige Äcker untersucht. Die Anzahl der ehemaligen Äcker ist sehr gering, da diese in den Untersuchungsgebieten heute meist noch als Wiesen genutzt werden und nur in seltenen Fällen mit Wald bestanden sind.

Die zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse mit Hilfe von Boxplots wurde dennoch durchgeführt, da sie die Unterschiede der Bodenparameter aufgrund der unterschiedlichen ehemaligen Nutzung der Waldstandorte veranschaulicht und einen erkennbaren

Vergleich zwischen allen Standorten ermöglicht. Boxplots zeigen die Lage und Verteilung der Werte einer Variablen auf. Sie eignen sich dafür, mehrere Gruppen (hier die unterschiedlichen Nutzungen) hinsichtlich der Verteilung ihrer Variablenwerte (der analysierten Bodenparameter) zu vergleichen. Die Boxgrenzen geben den 25. und 75. Perzentil an. Die Linie in einer Box kennzeichnet den Median. Die Linien ober- und unterhalb einer Box geben den 90. bzw. 10. Perzentil an. Zusätzlich sind noch einzelne Ausreißerwerte dargestellt. Die Spannweite der Boxen fällt aufgrund der verschiedenen großen Stichprobenzahl je Nutzungstyp in einem Gebiet unterschiedlich weit aus.

Die Unterschiede der pH-Werte im Boden aufgrund der ehemaligen Nutzung der Flächen weist in allen Untersuchungsgebieten die gleiche Tendenz auf (Abb. 78). Die pH-Werte unter altem Wald und ehemaliger Weide sind tiefer als in den Böden der Standorte, welche in der Vergangenheit als Wiese oder Acker genutzt wurden. Die weiten Interquartilbereiche bei den beiden Kategorien Weide und Wiese kommen durch die unterschiedliche Intensität zustande, mit welcher diese Nutzungsarten betrieben wurden. So kann beispielsweise bei der Nutzungsform Wiese zwischen Mäh- und Wässerwiesen unterschieden werden. Die pH-Werte in den Böden des Untersuchungsgebiets Miellin liegen wohl von Natur aus etwas tiefer, verglichen mit den Standorten im Schwarzwald, was eine vergleichende Betrachtung der pH-Werte unter altem Wald zeigt.

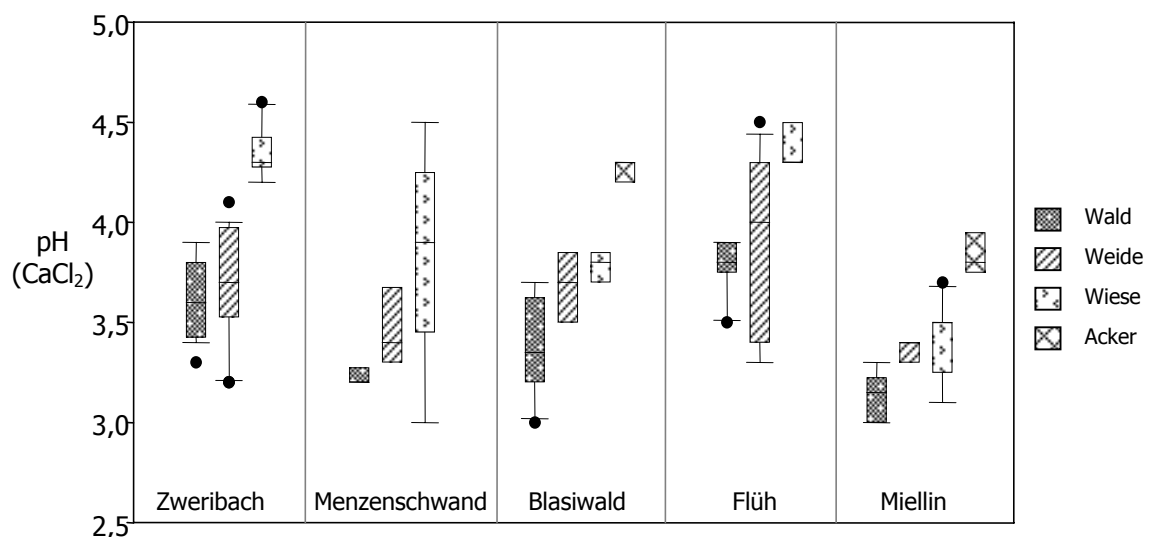


Abb. 78: pH-Werte der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen in den jeweiligen Untersuchungsgebieten

Abbildung 79 zeigt je Untersuchungsgebiet die C/N-Verhältnisse der Oberböden unter verschiedener Nutzung. Die C/N-Verhältnisse der Böden stehen in enger Verbindung mit den organischen Kohlenstoffgehalten und sind ein Maß für die mikrobiologische Aktivität im Boden. Die Werte liegen in allen Untersuchungsgebieten unter altem Wald und ehemali-

ger Weide höher als unter ehemaligen Wiesen und Äckern. Dies lässt auf einen schnellen mikrobiellen Umsatz in den Böden unter intensiver Nutzung und Bearbeitung schließen.

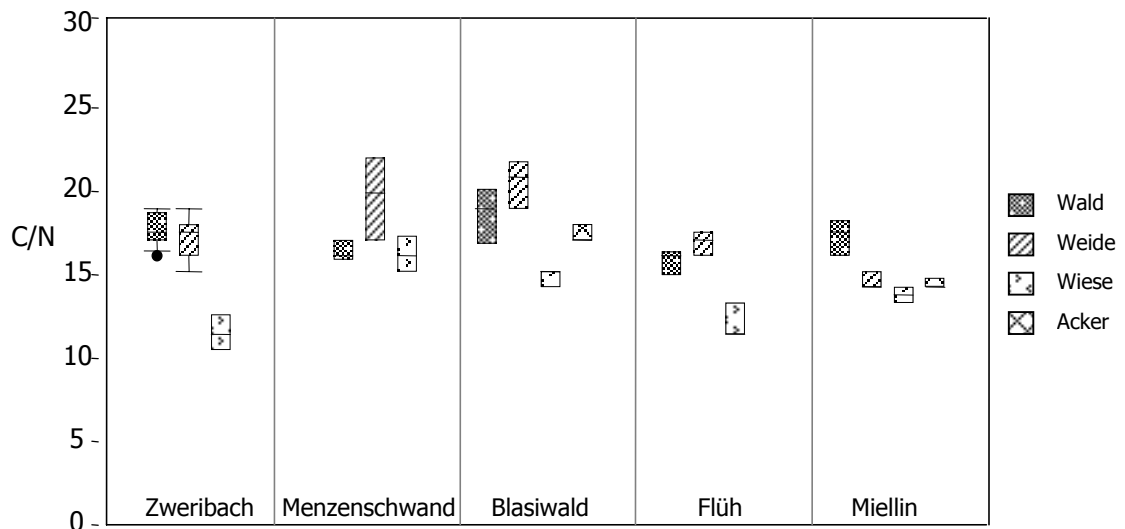


Abb. 79: C/N-Verhältnisse der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen in den jeweiligen Untersuchungsgebieten

Die organischen Kohlenstoffgehalte in den Böden zeigen bei allen untersuchten Standorten den gleichen Trend bezüglich der Veränderungen unter unterschiedlicher ehemaliger Nutzung auf (Abb. 80).

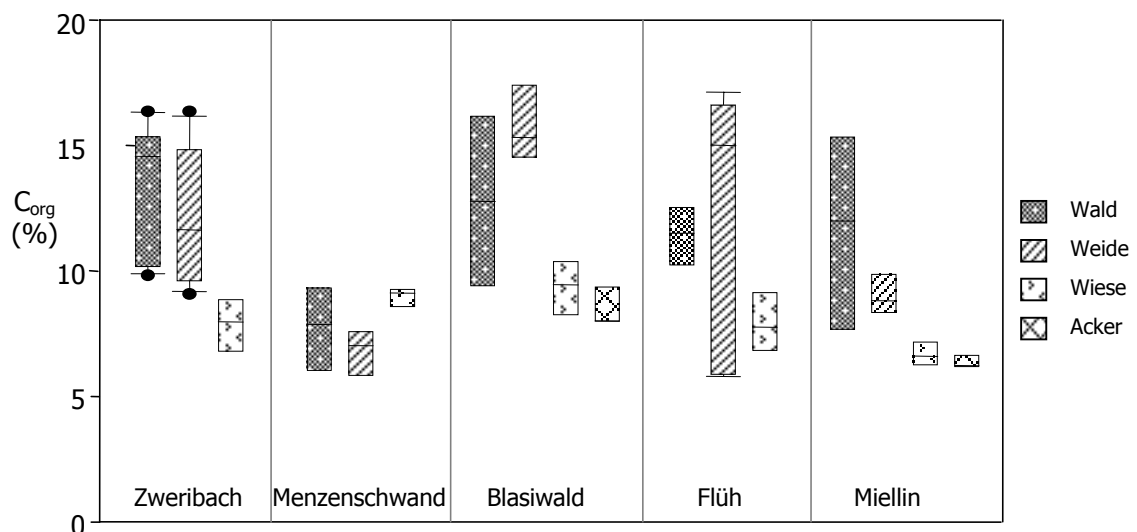


Abb. 80: Organischer Kohlenstoffgehalte der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen in den jeweiligen Untersuchungsgebieten

Die gemessenen C_{org} -Werte in den Böden unter altem Wald und ehemaliger Weide liegen höher als unter historischer Wiesen- und Ackernutzung, da ihnen kein Pflanzenmaterial entzogen wurde. Die Interquartilbereiche der Wald- bzw. Weidenplots haben die größte Spannweite. Bei den alten Wäldern kann dies auf die unterschiedlich starke Streunutzung

bzw. die unterschiedlichen rezenten Bestände (Laubwald oder Mischwald) zurückgeführt werden, welche die organische Substanz im Boden mit beeinflussen. In den Böden unter ehemaligen Weiden kann die weite Streuung der C_{org} -Werte aufgrund der unterschiedlichen Weidenform wie reine Viehweiden oder Reut- bzw. Weidfeld zustande kommen.

Wie in Abbildung 81 deutlich wird, ist die Basensättigung der Böden in allen Untersuchungsgebieten unter den intensiveren Nutzungsformen Wiese und Acker höher als unter den extensiveren wie Weide und Wald. Während den alten Wäldern und ehemaligen Weiden durch Streunutzung bzw. das Absammeln des Viehdungs Nährstoffe entzogen wurde, wurden die ehemaligen Wiesen und Äcker hingegen angereichert. Mittels Düngung wurde ihnen vor allem Calcium und Magnesium zugeführt.

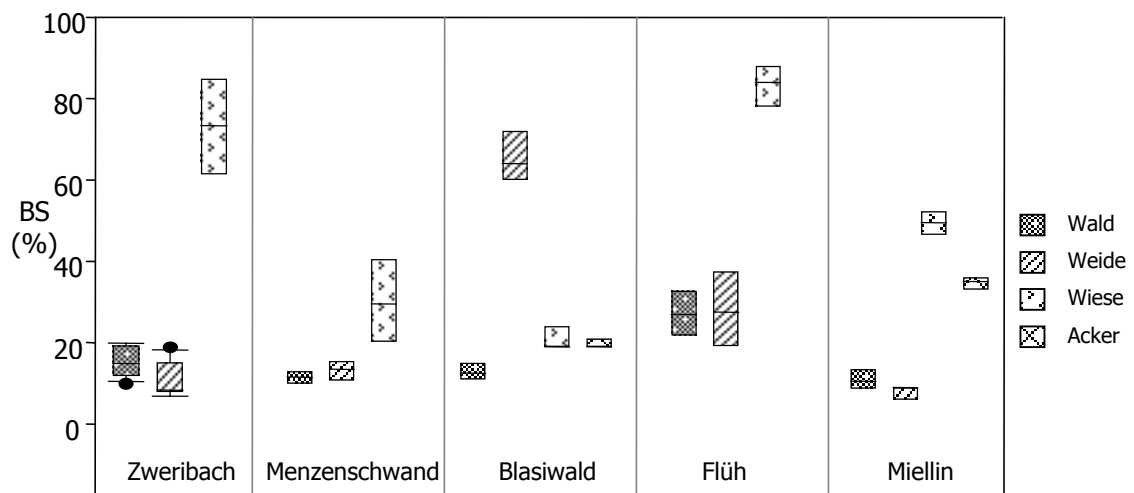


Abb. 81: Basensättigung der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen in den jeweiligen Untersuchungsgebieten

Die analysierten $\delta^{15}N$ -Werte der Böden folgen in allen Untersuchungsgebieten der Reihenfolge Wald < Weide < Acker < Wiese (Abb. 82).

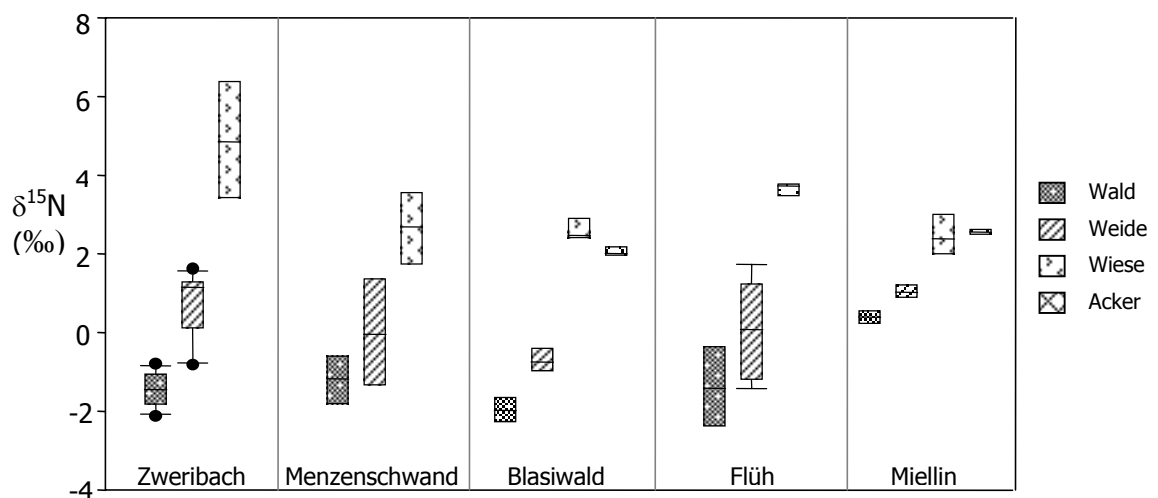


Abb. 82: $\delta^{15}N$ der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen in den jeweiligen Untersuchungsgebieten

Die Differenzen der Isotopengehalte zwischen den ehemaligen Nutzungsformen Wald bzw. Weide sowie den intensiveren Nutzungen Wiese und Acker sind signifikant. $\delta^{15}\text{N}$ zeigt am deutlichsten die Unterschiede zwischen in der Vergangenheit ackerbaulich genutzten und ungestörten Waldböden auf.

Die Unterschiede der analysierten Bodenparameter, bedingt durch die verschiedenartige ehemalige Nutzung, weisen prinzipiell die gleichen Tendenzen in allen Untersuchungsgebieten auf. Es lassen sich keine Differenzen aufgrund unterschiedlicher Höhenstufen feststellen. Auch zwischen den Vogesen und dem Schwarzwald sind keine Unterschiede erkennbar, wobei noch mehr Untersuchungsgebiete in den Vogesen einbezogen werden müssten.

5.1.6.2 Korrelation

Mit der Korrelation werden die Beziehungen zwischen Variablen gemessen (hier zwischen verschiedenen Bodenparametern bzw. zwischen unterschiedlicher Nutzung oder Beständen und den analysierten Bodenparametern). Der Korrelationskoeffizient nach Pearson ist ein Maß für den linearen Zusammenhang. Die Korrelation nach Spearman wird bei ordinal verteilten Variablen eingesetzt, d.h. wenn die Merkmale Ranginformationen besitzen, wie dies bei der Nutzungsintensität der Fall ist.

In Tabelle 15 sind die Korrelationskoeffizienten zwischen verschiedenen Bodenparametern aufgeführt. Es wurden die Analysenergebnisse der Oberbodenproben aller Untersuchungsgebiete einbezogen.

Tab. 15: Korrelation nach Pearson zwischen verschiedenen Bodenparametern

	Korrelation nach Pearson (2-seitig) * signifikant auf einem Signifikanzniveau von 0,05 ** signifikant auf einem Signifikanzniveau von 0,01
pH - Basensättigung	0,65**
KAK - C_{org}	0,78**
$\delta^{15}\text{N}$ – Stickstoff	-0,34

Der Korrelationskoeffizient zwischen der Basensättigung und dem pH-Wert beträgt $r=0,65$. Es besteht bei einem Signifikanzniveau von 0,01 ein signifikanter Zusammenhang zwischen den beiden Variablen. Je höher die Basensättigung, d.h. der Anteil der basischen Kationen, desto basischer ist der pH-Wert (Vergleiche Kapitel 5.1.6.1). Ein signifikanter Zusammenhang besteht ebenso zwischen der Kationenaustauschkapazität und dem orga-

nischen Kohlenstoffgehalt ($r=0,78$). Die organische Substanz fungiert als Austauschker. Je höher deren Gehalt ist, desto mehr Kationen können gebunden werden und die Kationenaustauschkapazität steigt. Keine Beziehung besteht zwischen dem Stickstoffgehalt und $\delta^{15}\text{N}$. Das Isotopenverhältnis sagt nur etwas über die Zugabe von Stickstoff sowie der Intensität chemischer und mikrobiologischer Prozesse in Böden aus.

Die Korrelationskoeffizienten in Tabelle 16 zeigen, dass zwischen der unterschiedlichen ehemaligen Nutzungsintensität und den Bodenparametern eine deutlich signifikante Beziehung bei einem Signifikanzniveau von 0,01 besteht. Die historischen Nutzungsformen mit ihren unterschiedlichen Bodenbearbeitungsintensitäten beeinflussen demnach die Bodeneigenschaften. Der engste Zusammenhang besteht zwischen der historischen Nutzung der Waldböden und $\delta^{15}\text{N}$ ($r=0,84$), welcher Veränderungen im Stickstoffkreislauf anzeigt.

Tab. 16: Korrelation nach Spearman zwischen unterschiedlicher Nutzungsintensität und den Bodenparametern im Oberboden

	Korrelation nach Spearman (einseitig) * signifikant auf einem Signifikanzniveau von 0,05 ** signifikant auf einem Signifikanzniveau von 0,01
Nutzungsintensität - pH	0,53**
Nutzungsintensität - C_{org}	0,45**
Nutzungsintensität - C/N	0,48**
Nutzungsintensität - BS	0,58**
Nutzungsintensität - $\delta^{15}\text{N}$	0,87**
Nutzungsintensität - Tiefe Ah	0,50**
Nutzungsintensität - Bestand	0,48**

Keine Beziehung besteht jedoch zwischen den unterschiedlichen Beständen, d.h. ob die Standorte mit Misch- bzw. Laubwald oder mit Fichtenkultur bestanden sind, und den Bodenparametern. Zwischen der unterschiedlichen ehemaligen Nutzung und den heutigen Beständen besteht jedoch eine Korrelation ($r=0,48$) bei einem Signifikanzniveau von 0,01.

Die kontinuierlich bewaldeten Standorte in den Untersuchungsgebieten, welche nicht oder kaum anthropogen verändert wurden, sind mit Laub- bzw. Mischwäldern bestanden. Auf den ehemaligen Weiden haben sich entweder durch natürliche Wiederbewaldung Laub- bzw. Mischwälder gebildet oder durch anthropogene Aufforstung Fichtenbestände ausgebildet. Die ehemals als Wiese oder Acker genutzten Flächen wurden überwiegend mit reinen Fichtenbeständen wiederaufgeforstet.

Tab. 17: Korrelation nach Spearman zwischen unterschiedlichen Beständen (Laub- bzw. Mischwald und Fichtenkultur) und den Bodenparametern im Oberboden

	Korrelation nach Spearman (einseitig) * signifikant auf einem Signifikanzniveau von 0,05 ** signifikant auf einem Signifikanzniveau von 0,01
Bestand - pH	0,19
Bestand - C_{org}	-0,17
Bestand - C/N	0,23
Bestand – BS	-0,04
Bestand - $\delta^{15}\text{N}$	0,31
Bestand - Tiefe Ah	0,35
Bestand - Nutzungsintensität	0,48**

5.1.6.3 Diskriminanzanalyse

Die Diskriminanzanalyse ist ein Verfahren, welches Gruppen testet. Sie dient dazu, eine vorgegebene Gruppierung, die hier durch die Nutzung gegeben ist, zu bestätigen oder zu widerlegen. Diese Gruppentrennung wurde aufgrund der Bodenparametern pH, organischer Kohlenstoff, C/N-Verhältnis, Basensättigung, Kationenaustauschkapazität und $\delta^{15}\text{N}$ durchgeführt. Es wurden die Analyseergebnisse der Oberbodenproben aller Untersuchungsgebiete einbezogen.

Das Streudiagramm der Gruppenzugehörigkeit in Abbildung 83 zeigt, dass die Standorte, welche derselben ehemaligen Nutzungsform unterlagen, sich um den jeweiligen Gruppenmittelpunkt streuen. Dies zeigt, dass auf den Standorten, welche derselben Nutzungsform (d.h. Wald, Weide, Wiese oder Acker) unterlagen, eine annähernd identische Veränderung der Bodenparameter vorstatten ging. Die Distanzen zwischen den einzelnen Gruppenmittelpunkten sind am geringsten zwischen Wald und Weide. Von diesen beiden Kategorien weiter entfernt liegen die Nutzungsgruppen Wiese und Acker. Die Zuordnung der Standorte aufgrund unterschiedlicher ehemaliger Nutzung ist gerechtfertigt. Sie wird durch die unterschiedlich starke Veränderung der Bodenparameter belegt.

Tabelle 18 zeigt, ob die tatsächliche (vorgegebene) Gruppierung nach den Nutzungskategorien Wald, Weide, Wiese und Acker durch die berechnete (basierend auf den Analyseergebnissen) bestätigt wird. Sie gibt demnach an, ob die Zuordnung der jeweiligen Standorte zu einer Nutzung statistisch belegt wird, oder ob aufgrund der Bodenanalysen eine Zuteilung zu einer anderen Nutzungsform möglich wäre.

Bis auf den Standort M4 lässt sich die Gruppierung der Standorte nach der ehemaligen Nutzung bestätigen. Der alte Waldstandort M4 wurde basierend auf den Analyseergeb-

nissen der Gruppe der Weiden zugeordnet. Extensive Weidenutzung beispielsweise durch Waldweide ist natürlich an keinem der alten Waldstandorte vollkommen auszuschließen. Die Nähe zu der Glashütte Miellin lässt einen menschlichen Einfluss auf die Standorte annehmen. Es können daher an diesem Standort Veränderungen in den Bodenparametern vorliegen, die eher für die Zuordnung zur Kategorie Weide sprechen als zu altem Wald.



Abb. 83: Streudiagramm der Gruppenzugehörigkeit basierend auf den gemessenen Bodenparametern und der unterschiedlichen Nutzung

Tab. 18: Tatsächliche Gruppe und vorhergesagte Gruppe nach kanonischer Diskriminanzfunktion

Standort	Tatsächliche Gruppe	Vorhergesagte Gruppe
ZB1	Wald	Wald
ZB2	Wald	Wald
ZB3	Weide	Weide
ZB4	Wald	Wald
ZB5	Wiese	Wiese
ZB6	Weide	Weide
ZB7	Wald	Wald
ZB8	Weide	Weide
ZB9	Weide	Weide
ZB10	Wiese	Wiese
Me1	Weide	Weide
Me2	Wald	Wald
Me3	Wiese	Wiese
Me4	Weide	Weide
Me5	Wiese	Wiese
Me6	Wald	Wald

Standort	Tatsächliche Gruppe	Vorhergesagte Gruppe
BF1	Wald	Wald
BF2	Weide	Weide
BF3	Weide	Weide
BF4	Weide	Weide
BF5	Wiese	Wiese
BF6	Wald	Wald
Mi1	Acker	Acker
Mi2	Wiese	Wiese
Mi3	Wiese	Wiese
Mi4	Wald*	Weide
Mi5	Wald	Wald
Mi6	Weide	Weide
BW1	Weide	Weide
BW2	Wald	Wald
BW3	Wiese	Wiese
BW4	Wald	Wald
BW5	Acker	Acker

* Falsch klassifizierter Fall

5.2 Vegetation

In jedem Untersuchungsgebiet wurden auf den bodenkundlich erfassten Flächen Vegetationsaufnahmen nach der Methode von BRAUN-BLANQUET (1964) durchgeführt, um den Standortfaktor „rezipienter Bestand“ zu erfassen. Die Aufnahmen erfolgten im Frühjahr 2002 und 2003.

Da die Bestände durch anthropogene Eingriffe verändert wurden, hat sich auch deren Einfluss auf die Bodeneigenschaften geändert. Anhand der Vegetationsaufnahmen kann aufgezeigt werden, wie sich die Wälder aufgrund unterschiedlicher historischer Nutzung (Wald, Weide, Wiese, Acker) in ihrer Struktur und Zusammensetzung vom „ursprünglichen“ Zustand entfernt haben. Dieser Vegetationswandel kann sich auch auf die Bodenverhältnisse auswirken und muss daher in Zusammenhang mit der nutzungsbedingten Veränderung der Waldböden gesetzt werden.

Buchenwälder und Buchenmischwälder sind die in Mitteleuropa am weitesten verbreiteten Waldtypen. Sie umfassen eine große Standortamplitude und sind daher sowohl im Flachland als auch in montaner Lage sowie auf kalkarmen sowie kalkreichen Böden zu finden. In den Vogesen wird sogar die Baumgrenze von der Buche gebildet (siehe Kap.2). In den Untersuchungsgebieten wurden Hainsimsen-Buchenwälder und Tannenbuchenwälder angetroffen. Daneben treten Gesellschaften auf, welche vom Menschen geschaffen wurden, wie beispielsweise Hainbuchen-Niederwälder oder Fichtenmonokulturen.

Hainsimsen-Buchenwald *Luzulo-Fagetum* (MEUSEL 1937)

Der Hainsimsen-Buchenwald nimmt saure Standorte ein. In der Baumschicht ist immer die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) vorhanden, oft als dominierende Bestandsart. Häufig sind Tanne (*Abies alba*) und Fichte (*Picea abies*) beigemischt, wobei die Mischungsverhältnisse variieren können. Die Kronen sind dicht geschlossen, was zu lichtarmen Verhältnissen innerhalb des Bestandes führt und den geringen Artenreichtum der Bodenvegetation bedingt. Die Bestände haben oft den Charakter eines Hallenwaldes. Typische Arten sind *Luzula luzuloides*, *Deschampsia flexuosa* und *Vaccinium myrtillus*. Unter nährstoffreicheren Bedingungen treten zahlreichere Arten auf, unter denen beispielsweise *Oxalis acetosella*, *Athyrium filix-mas*, *Prenanthes purpurea* und *Senecio fuchsii* zu finden sind. Charakterart dieser Gesellschaft ist *Luzula luzuloides*.

Waldschwingel-Tannen-Buchenwald *Abieti-Fagetum* (OBERDORFER 38 em. 57)

Dieser Waldtyp zeigt einen auffällig hohen Anteil an Tannen in der Baumschicht. Das Mischungsverhältnis von Buche (*Fagus sylvatica*) und Tanne (*Abies alba*) kann sehr verschieden sein. Eine Strauchschicht ist nur spärlich entwickelt und setzt sich vor allem aus Buche und Tanne zusammen. In der normalerweise üppigen Krautschicht kommen Arten wie *Galium rotundifolium*, *Galium odoratum* und *Viola reichenbachiana* vor. Mit hoher Stehtigkeit sind *Oxalis acetosella*, *Prenanthes purpurea* sowie *Festuca altissima* vertreten. *Festuca altissima* ist Charakterart dieser Gesellschaft.

Hainbuchen-Niederwald (*Carpinus betulus*)

Die Hainbuchen-Gesellschaft ist durch menschlichen Einfluss, nämlich durch die Niederwaldwirtschaft, entstanden. In der Baumschicht gesellen sich zu der Hainbuche (*Carpinus betulus*) die Stieleiche (*Quercus robur*), Berg-Ahorn (*Acer pseudoplatanus*) und gelegentlich die Waldkiefer (*Pinus sylvestris*). Die Hainbuche selbst ist oft nur 8 bis maximal 15 m hoch.

Fichtenmonokultur (*Picea abies*)

Dieser Waldtyp wird in der Baumschicht von der Fichte (*Picea abies*) dominiert. Die Kronen der Bäume schließen ab einer bestimmten Größe sehr dicht und decken bis fast 100%, was sich auf die Krautschicht auswirkt. Diese ist sowohl in der Artenanzahl als auch im Artenreichtum nur sehr spärlich ausgebildet. Häufiger vorkommende Arten sind Säurezeiger wie *Deschampsia flexuosa*, *Luzula luzuloides*, *Rubus fruticosus* und *Vaccinium myrtillus* vor. Teilweise kommen Frischezeiger wie *Oxalis acetosella* oder Nährstoffzeiger wie *Festuca altissima*, *Geranium robertianum* und *Lamiaeum galeobdolon* vor.

5.2.1 Bannwald „Im Zweribach“

In Tabelle 19 sind die Vegetationsaufnahmen im Untersuchungsgebiet Bannwald „Im Zweribach“ aufgelistet. Die ursprüngliche Waldgesellschaft im Zweribachtal bildete der Waldschwingel-Tannen-Buchenwald. Er nimmt heute noch die größte Fläche im Untersuchungsgebiet ein, weist jedoch verschiedenartige Bestandsbilder auf (MÜLLER 1969, LUDEMANN 1992).

Die mindestens 100 Jahre alten Waldbestände ZB1, ZB2, ZB4 und ZB7 sind von dieser Gesellschaft geprägt. In der Baumschicht dominieren Buche und Tanne. An den Standor-

ten ZB4 und ZB7 mischt sich die Fichte der Tanne und Buche unter. Da sich die Fichte im Gegensatz zu Buche und Tanne hier nicht verjüngt, ist ihr Vorkommen wohl auf Anpflanzung zurückzuführen (LUDEMANN 1992). Eine ausgeprägte Strauchschicht fehlt den Tannen-Buchenwäldern der alten Waldstandorte und wird nur vom Jungwuchs der vorkommenden Baumarten gebildet. Der Unterwuchs ist ebenfalls auf allen vier Untersuchungsflächen spärlich ausgeprägt. Es kommen frische Böden bevorzugende Arten wie *Festuca altissima*, *Prenanthes purpurea* und *Dryopteris dilatata* vor.

Der Standort ZB2 zeigt ein starkes Aufkommen der auf Magerweiden und Heiden vorkommenden Art *Deschampsia flexuosa*. Ihr Vorkommen hängt wohl mit Weidenutzung im 18. Jahrhundert zusammen, welcher dieser Standort laut LUDEMANN (1992) unterlag.

Die vor ca. 200 Jahren als Weide bzw. Reutfeld genutzten Standorte ZB3, ZB8 und ZB9 sind mit Hainsimsen-Buchenwald bestanden. Es dominiert jedoch die Fichte vor der Buche als bestandsbildende Art.

Der Standort ZB6 liegt schon außerhalb des Bannwaldgebiets. Er wurde vor ca. 30 Jahren mit reiner Fichtenkultur aufgeforstet und weist nur sehr spärlichen Unterwuchs auf. Die Fichte ist vorherrschend an der Wiederbewaldung der ehemaligen Weiden beteiligt. Zum einen wurde sie anthropogen eingebracht, zum anderen kann ihr starkes Auftreten auch durch die bannwaldgrenznahe Lage dieser Standorte erklärt werden, deren Nähe zu forstwirtschaftlich genutzten Wäldern das Einbringen der Fichte erleichterte (LUDEMANN 1992). Die Tanne ist nicht bestandsbildend sondern nur in der Krautschicht anzutreffen. Azidophytische Arten wie *Luzula luzuloides* und *Vaccinium myrtillus* treten neben frische und nährstoffreiche Böden bevorzugende Arten wie *Athyrium filix-mas*, *Dryopteris dilatata* und *Oxalis acetosella* auf.

An den Standorten ZB3 und ZB9 ist *Deschampsia flexuosa* anzutreffen, welche auf Magerweiden und Heiden verbreitet ist.

Die seit Mitte des 18. Jahrhunderts als Wiesen genutzten Standorte ZB5 und ZB10 sind mit Bergahorn-Stangenholz bestanden. Bergahorn und Esche können auf diesen frischen und nährstoffreichen Standorten, welche als Wasserweisen gedient haben, ihren Pioniercharakter entfalten. Ob sich diese Edellaubhölzer jedoch auf längere Sicht halten können oder ob sich eine buchenreiche Waldgesellschaft einstellen wird, wird sich noch zeigen. Im Unterwuchs kommen aufgrund der ehemaligen Wiesenbewässerung heute noch feuchtigkeitsliebende und stickstoffreiche Böden bevorzugende Arten wie *Viola reichenbachiana*, *Filipendula ulmaria*, *Crepis paludosa* und *Primula elatior* vor. Die Artenanzahl liegt mit

24 bzw. 21 deutlich höher als bei den ehemaligen Wald- und Weidestandorten.

Tab. 19: Vegetationsaufnahmen Bannwald „Im Zweribach“

Standort	ZB1	ZB2	ZB4	ZB7	ZB3	ZB6	ZB8	ZB9	ZB5	ZB10
Historische Nutzung	Wald	Wald	Wald	Wald	Weide	Weide	Weide	Weide	Wiese	Wiese
Exposition	SSE	SSE	W	SSW	O	NW	S	NO	NO	W
Inklination	25°	40°	35°	40°	25°	35°	27°	7°	20°	33°
Höhe über NN	860 m	800 m	850 m	890 m	980 m	620 m	850 m	970 m	740 m	910 m
Artenanzahl	7	5	10	6	10	5	18	14	24	21
Baumschicht										
<i>Fagus sylvatica</i>	4.1	3.1	4.1	5.1	2b1	.	4.1	2a1	.	.
<i>Picea abies</i>	.	.	2a1	2a1	5.1	5.1	4.1	4.1	.	1.1
<i>Abies alba</i>	2b1	3.1	2a1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	.	+ 1	.	.	.	.	4.1	3.1
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2b1	3.1
<i>Larix decidua</i>	.	.	r 1	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r 1	.
2. Baumschicht										
<i>Abies alba</i>	2a1	1.1	1.1	1.1	.	.	.	.	.	.
<i>Fagus sylvatica</i>	1.1	1.1	1.1	1.1	.	.	1.1	.	.	.
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.
Strauchschicht										
<i>Vaccinium myrtillus</i>	.	.	.	.	.	.	2m2	2a2	.	.
<i>Corylus avellana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	3.1	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.	.
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+ 1	.
<i>Sambucus racemosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r 1	.
Krautschicht										
<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	+ 1	1.1	1.1	1.1	1.1	.	1.1	2m1
<i>Fagus sylvatica</i>	1.1	+ 1	.	+ 1	1.1	.	1.1	1.1	.	2m1
<i>Abies alba</i>	1.1	1.1	.	.	1.1	.	1.1	+ 1	+ 1	2m1
<i>Luzula luzuloides</i>	1.1	2m2	1.1	.	2m2	.	1.2	2m2	.	.
<i>Athyrium filix-femina</i>	.	.	1.1	.	+ 1	.	2a1	+ 1	+ 1	1.1
<i>Dryopteris dilatata</i>	1.1	.	1.1	1.1	+ 1	.	2a1	1.1	.	.
<i>Festuca altissima</i>	2m2	2m2	1.2	2m2	.	.	1.2	.	.	.
<i>Prenanthes purpurea</i>	1.1	.	.	+ 1	1.1	.	1.1	1.1	.	.
<i>Deschampsia flexuosa</i>	.	2m1	.	.	2m1	.	.	2m1	.	1.1
<i>Oxalis acetosella</i>	3.2	.	.	.	.	.	2m2	2b2	.	.
<i>Viola reichenbachiana</i>	.	.	.	.	.	r 1	.	.	2m1	2a1
<i>Sorbus aucuparia</i>	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1	.	1.1
<i>Senecio fuchsii</i>	.	.	.	.	.	.	+ 1	.	1.1	1.1
<i>Anemone nemorosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2a1	2b1
<i>Primula elatior</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2m1	2a1
<i>Filipendula ulmaria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	2m1
<i>Picea abies</i>	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1
<i>Hieracium sylvaticum</i>	.	.	.	.	1.1	.	1.1	.	.	.
<i>Solidago virgaurea</i>	.	.	.	.	1.1	.	.	1.1	.	.
<i>Dryopteris filix-mas</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	1.1
<i>Dryopteris pseudomas</i>	.	.	.	.	.	.	2a1	.	.	.
<i>Crepis paludosa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2m1
<i>Mercurialis perennis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	2m2	.
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	.	.	.	.	.	.	1.2	.	.	.
<i>Euphorbia cyparissias</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1
<i>Ajuga reptans</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1 2
<i>Cardamine pratensis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1
<i>Rubus idaeus</i>	.	.	.	.	.	1.1	.	.	.	.
<i>Stachys sylvatica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1
<i>Aegopodium podagraria</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.
<i>Galium odoratum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.
<i>Phyteuma spicatum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.
<i>Asarum europaeum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1.1	.
<i>Rubus fruticosus agg.</i>	.	.	.	.	.	.	+ 1	.	.	.
<i>Carex panicea</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+ 2
<i>Urtica dioica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+ 1	.

<i>Paris quadrifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+ 1	.
<i>Stellaria nemorum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	+ 1	.
<i>Polygonatum verticillatum</i>	.	.	+ 2	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lamiae strum galeobdolon</i>	.	.	.	.	.	r 1	.	.	.	.
<i>Silene dioica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	r 1	.

5.2.2 Menzenschwand

Die Tabelle 20 zeigt die Vegetationsaufnahmen der Untersuchungsflächen in Menzenschwand. Die ursprüngliche Waldgesellschaft bildet der Hainsimsen-Buchenwald, welcher an den über 130- bzw. 150jährigen, alten Waldstandorten Me2 und Me6 anzutreffen ist. Die Buche dominiert vor Tanne und Fichte. Der Unterwuchs ist spärlich und setzt sich aus Arten wie *Athyrium distentifolium*, *Dryopteris dilatata*, *Oxalis acetosella* und *Vaccinium myrtillus* zusammen.

Auf den ehemals als Weiden genutzten Standorten Me1 und Me4 dominiert die Fichte. Es handelt sich hier um Bestände, welche in den 1940er Jahren aufgeforstet wurden. Buche und Tanne sind nicht bestandsbildend, sondern kommen nur in der Strauchschicht vor. Im Unterwuchs sind auf Magerrasen und mageren Weiden vorkommende Arten wie *Deschampsia flexuosa*, *Calluna vulgaris*, *Galium hircynicum* und *Carex pilulifera* anzutreffen.

Die beiden ehemaligen Wiesenstandorte Me3 und Me5 werden von der Fichte dominiert. Es handelt sich um 25- bis 30jährige, aufgeforstete Bestände. Im Unterwuchs kommt neben Fichtenjungwuchs vereinzelt *Dryopteris dilatata* sowie *Vaccinium myrtillus* vor.

BODE (2005) stellte bei Samenbankuntersuchungen in Menzenschwand fest, dass unter Wald, der ehemals als Weide genutzt wurde, ein sehr hoher Anteil (60%) an *Calluna vulgaris* vorkommt. Diese Art tritt häufig auf nährstoff- bis basenarmen und sauren Standorten wie Magerweiden auf. Die am zweitstärksten vertretene Art war *Carex pilulifera*, eine für mäßig nährstoffreiche Magerrasen und magere Weiden typische Art. Unter den historisch alten Wäldern waren in der Samenbank die Arten *Agrostis capilaris* und *Carex pilulifera*, welche auf Magerrasen und mageren Weiden vorkommen, am häufigsten vertreten.

Tab. 20: Vegetationsaufnahmen Menzenschwand

Standort	Me2	Me6	Me1	Me4	Me3	Me5
Historische Nutzung	Wald	Wald	Weide	Weide	Wiese	Wiese
Exposition	S	O	S	O	S	W
Inklination	15°	22°	25°	25°	5°	10°
Höhe über NN	1130m	1000m	1040m	960m	910m	900m
Artenanzahl	12	5	15	14	3	3
1. Baumschicht						
<i>Picea abies</i>	2b1	2b1	4.1	3.1	5.1	5.1
<i>Fagus sylvatica</i>	4.1	4.1	.	.	.	.
<i>Abies alba</i>	3.1	2a1	.	.	.	.

2. Baumschicht						
<i>Picea abies</i>	1.1	.	.	2b1	1.1	1.1
<i>Fagus sylvatica</i>	.	2a1	.	.	.	.
Strauchschicht						
<i>Vaccinium myrtillus</i>	2m2	.	1.2	2m2	1.2	1.2
<i>Picea abies</i>	1.1	.	.	.		
<i>Fagus sylvatica</i>	.	.	.	+ 1		
Krautschicht						
<i>Fagus sylvatica</i>	2m1	1.1	1.1	1.1	.	.
<i>Dryopteris dilatata</i>	1.1	.	.	2m1	1.1	1.1
<i>Abies alba</i>	2m1	1.1	r 1	+ 1	.	.
<i>Picea abies</i>	1.1	1.1	+ 1	1.1	.	.
<i>Deschampsia flexuosa</i>	+ 1	.	1.1	1.1	.	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	r 1	.	r 1	1.1	.	.
<i>Carex pilulifera</i>	.	.	2m2	2m2	.	.
<i>Galium hircynicum</i>	.	.	2m1	1.1	.	.
<i>Luzula luzuloides</i>	.	.	1.2	2m2	.	.
<i>Oxalis acetosella</i>	1.2	1.2	.	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	r 1	.	.	1.1	.	.
<i>Athyrium distentifolium</i>	.	2a1	.	.	.	.
<i>Calluna vulgaris</i>	.	.	2m1	.	.	.
<i>Agrostis tenuis</i>	.	.	1.1	.	.	.
<i>Potentilla erecta</i>	.	.	1.1	.	.	.
<i>Chamaespartium sagittale</i>	.	.	1.1	.	.	.
<i>Polygonatum verticillatum</i>	.	.	.	1.2	.	.
<i>Taraxacum officinale agg.</i>	.	.	+ 1	.	.	.
<i>Epipactis helleborine</i>	.	.	+ 1	.	.	.
<i>Sambucus racemosa</i>	.	.	.	+ 1	.	.
<i>Acer platanoides</i>	r 1	.	.	.	.	.
<i>Rubus idaeus</i>	r 1	.	.	.	.	.
<i>Mycelis muralis</i>	r 1	.	.	.	.	.
<i>Epipactis atrorubens</i>	r 1	.	.	.	.	.
<i>Blechnum spicant</i>	.	.	.	r 1	.	.

5.2.3 Blasiwald

Im Untersuchungsgebiet Blasiwald dominiert auf allen aufgenommenen Flächen die Fichte (Tabelle 21). Auch auf den historisch alten (mind. 100-120jährigen) Waldstandorten BW2 und BW4 ist sie die bestandsbildende Art der Hainsimsen-Buchenwälder. Die Buche ist mit geringerer Deckung von 5% bis 15% beigemischt. Der wenig deckende Unterwuchs wird überwiegend von *Deschampsia flexuosa*, *Calamagrostis arundinaceae*, *Oxalis acetosella* und *Vaccinium myrtillus* gebildet.

Der ehemalige Weidestandort BW1 ist rein mit etwa 90jährigen Fichte bestanden. Dieser Standort ist aufgrund seiner Struktur und den typischen Krautschichtarten eines Hainsimsen-Buchenwalds wohl auf natürliche Wiederbewaldung zurückzuführen. Im Unterwuchs finden sich Arten, welche in nährstoffarmen Wäldern sowie auf Weidfeldern vorkommen können, beispielsweise *Deschampsia flexuosa*, *Carex pilulifera*, *Vaccinium myrtillus* und *Veronica officinalis*.

Der als Wiese genutzte Standort BW3 wurde vor 30 bis 40 Jahren mit Fichtenmonokultur bepflanzt. Es ist kein Unterwuchs vorhanden. Einzig an einer aufgelichteten Stelle von ca.

3x3 m wuchsen frische bis nasse Wiesen bevorzugende Arten, die auf die frühere Bewässerung dieses Standorts hinweisen. Zu nennen sind *Anemona nemorosa*, *Angelica sylvestris*, *Cardamine pratensis*, *Cirsium palustre*, *Crepis paludosa*, *Phyteuma nigrum*, *Poa pratensis*, *Polygonum bistorta*, *Taraxacum officinalis*, *Veronica chamaedrys* und *Viola palustris*.

Der als Acker genutzte Waldstandort BW5 wurde vor ca. 50 bis 70 Jahren mit Fichte bepflanzt. Der Unterwuchs wird von der *Deschampsia flexuosa*, *Vaccinium myrtillus* sowie *Sorbus aucuparia* gebildet, welche jeweils einen Deckungsgrad von unter 5% aufweisen.

Tab. 21: Vegetationsaufnahmen Blasiwald

Standort	BW2	BW4	BW1	BW3	BW5
Historische Nutzung	Wald	Wald	Weide	Wiese	Acker
Exposition	S	S	S	O	NO
Inklination	16°	11°	23°	3°	5°
Höhe über NN	1180m	1150m	1150m	890m	1005m
Artenanzahl	13	13	16	1	4
Baumschicht					
<i>Picea abies</i>	4.1	4.1	4.1	5.1	5.1
<i>Fagus sylvatica</i>	2m1	2a1	.	.	.
<i>Pinus sylvestris</i>	.	1.1	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	.	.	r 1	.	.
2. Baumschicht					
<i>Fagus sylvatica</i>	2b1	2a1	.	.	.
<i>Picea abies</i>	.	2a1	.	.	.
Strauchschicht					
<i>Vaccinium myrtillus</i>	2m2	2b2	2m2	.	1.2
<i>Rubus fruticosus</i>	.	r 1	1.1	.	.
Krautschicht					
<i>Deschampsia flexuosa</i>	1.2	2b2	1.2	.	1.2
<i>Fagus sylvatica</i>	1.1	1.1	1.1	.	.
<i>Oxalis acetosella</i>	2m2	2a2	.	.	.
<i>Carex pilulifera</i>	.	1 2	1.2	.	.
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	1.1	1.1	.	.	.
<i>Veronica officinalis</i>	1.1	.	1.1	.	.
<i>Luzula luzuloides</i>	1.2	1.1	1.2	.	.
<i>Senecio fuchsii</i>	1.1	.	1.1	.	.
<i>Athyrium filix-femina</i>	+ 1	.	1.1	.	.
<i>Festuca altissima</i>	.	+ 2	1.2	.	.
<i>Stellaria nemorum</i>	+ 1	.	+ 1	.	.
<i>Picea abies</i>	.	1.1	.	.	.
<i>Sorbus aucuparia</i>	.	.	.	.	1.1
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1.1	.	.	.	.
<i>Dryopteris filix-mas</i>	.	.	1.1	.	.
<i>Dryopteris dilatata</i>	.	+ 1	.	.	.
<i>Digitalis purpurea</i>	.	+ 1	.	.	.
<i>Epipactis helleborine</i>	.	.	+ 1	.	.
<i>Rubus idaeus</i>	+ 1	.	.	.	.
<i>Urtica dioica</i>	.	.	+ 1	.	.
<i>Mycelis muralis</i>	.	.	+ 1	.	.

5.2.4 Bannwald „Flüh“

Im Bannwald „Flüh“ dominiert der artenarme Hainsimsen-Buchenwald (Tab. 22, SCHWABE-BRAUN 1979). Auf den beiden alten Waldstandorten BF1 und BF6 haben sich mindestens 100- bis 120jährige Altholzbestände dieser Gesellschaft aufgebaut. Die Buche dominiert und bildet typische Hallenwälder mit geraden Stammformen und dichtem Kronenschluss. Tanne und Fichte sind nur an Standort BF6 in der Krautschicht anzutreffen. Der geringe Lichteinfall, aufgrund der hohen Schattenwirkung der Buchen, sowie die Falllaubanreicherung bedingen die nur gering entwickelte Kraut- und Strauchschicht in diesen Beständen. Die Bodenvegetation wird hauptsächlich von Farn gebildet. Es treten Arten wie *Dryopteris dilatata*, *Dryopteris filix-mas*, *Oxalis acetosella* und *Athyrium filix-mas* auf.

Die ehemaligen Reut- und Weidfelder BF2, BF3 und BF4 weisen sehr unterschiedliche Bestände auf (SCHWABE-BRAUN 1979). Dem Standort BF2 kam neben der Weidenutzung noch die Funktion als Niederwald zu. Es dominiert die auf Stock gesetzte Hainbuche neben vereinzelt Vorkommen von Stieleiche, Esche, Bergahorn, Kiefer und Zitterpappel, die als Pionierarten auftreten. Den Unterwuchs bilden *Lamium galeobdolon*, *Stachys sylvaticus*, *Luzula luzuloides* und *Dryopteris filix-mas*.

Die Untersuchungsfläche BF3 ist mit über 50jährigen Fichten aufgeforstet. Nur im Unterwuchs kommen spärlich andere Baumarten wie Buche, Esche und Bergahorn neben *Oxalis acetosella*, *Dryopteris dilatata* sowie *Dryopteris filix-mas* vor. Der jeweilige Deckungsgrad beträgt nur maximal 5%. Auf dem ehemaligen Weidestandort BF4 dominiert die Buche neben Pionierarten wie Stieleiche, Esche, Bergahorn sowie dem laut SCHWABE et al. (1989) für die Weidfeldverbuschung typischen Eingrifflichen Weißdorn (*Crataegus monogyna*). Die auf Magerweiden vorkommende Art *Deschampsia flexuosa* ist auf dem Standort BF4 mit einer Deckung von bis zu 50% anzutreffen. Dieser Standort zeigt insgesamt in seiner Struktur und seinem Arteninventar den stärksten Weidecharakter, was mit seiner Reut- und Weidfeldnutzung bis in die 1950er Jahre hinein zusammenhängt.

Die ehemals als Wiese genutzte Fläche BF5 wird von der Fichte dominiert, unter die sich spärlich Buche und Esche mischen. Aufgrund des lichten Bestands ist der Unterwuchs reichlich ausgeprägt und deckt über 75%. Es kommen feuchte und nährstoffreiche Böden bevorzugende Arten wie *Veronica officinalis*, *Mercurialis perennis*, *Galium odoratum*, *Impatiens nolitangere*, *Lamium galeobdolon*, *Glechoma hederacea*, *Teucrium scorodonia* und *Scrophularia nodosa* vor.

Tab. 22: Vegetationsaufnahmen Bannwald „Flüh“

Standort	BF1	BF6	BF2	BF3	BF4	BF5
Historische Nutzung	Wald	Wald	Weide	Weide	Weide	Wiese
Exposition	NNW	N	W	N	SW	S
Inklination	30°	37°	25°	15°	25°	31°
Höhe über NN	630m	630m	550m	650m	640m	580m
Datenzahl	10	6	13	7	19	19
1. Baumschicht						
<i>Fagus sylvatica</i>	5.1	4.1	.	.	3b1	1.1
<i>Picea abies</i>	.	+ 1	.	5.1	1.1	3.1
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	1.1	.	1.1	1.1
<i>Quercus robur</i>	.	+ 1	1.1	.	1.1	.
<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	1.1	.	1.1	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	5.1	.	.	.
<i>Crataegus monogyna</i>	.	.	.	.	2b1	.
<i>Pinus sylvestris</i>	.	.	1.1	.	.	.
<i>Populus tremula</i>	.	.	1.1	.	.	.
<i>Tilia platyphyllos</i>	1.1	.	.	.	.	.
<i>Betula pendula</i>	.	.	.	.	+ 1	.
Strauchschicht						
<i>Fagus sylvatica</i>	2a1	1.1	.	.	.	.
<i>Sambucus nigra</i>	.	.	1.1	.	1.1	.
<i>Malus sylvestris</i>	.	.	.	.	1.1	.
Krautschicht						
<i>Fagus sylvatica</i>	3.1	1.1	.	1.1	2m1	.
<i>Dryopteris dilatata</i>	1.1	1.1	.	1.1	.	1.1
<i>Dryopteris filix-mas</i>	1.1	.	1.1	1.1	1.1	.
<i>Oxalis acetosella</i>	2m2	.	.	1.2	.	3.2
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1.1	.	.	1.1	2m1	.
<i>Luzula luzuloides</i>	1.2	1.1	1.2	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	1.1	.	.	1.1	1.1	.
<i>Stachys sylvatica</i>	.	.	1.1	.	1.1	1.1
<i>Lamium galeobdolon</i>	.	.	2m1	.	.	1.1
<i>Veronica officinalis</i>	.	.	.	.	1.1	2m1
<i>Senecio fuchsii</i>	.	.	.	.	1.1	1.1
<i>Picea abies</i>	.	1.1	1.1	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	2a1	.	.	.
<i>Fragaria vesca</i>	.	.	.	.	3.1	.
<i>Deschampsia flexuosa</i>	.	.	.	.	3.2	.
<i>Impatiens noli-tangere</i>	.	.	.	.	.	3.1
<i>Holcus mollis</i>	.	.	.	.	2a1	.
<i>Anemone nemorosa</i>	.	.	.	.	.	2a1
<i>Mercurialis perennis</i>	.	.	.	.	.	2b2
<i>Geranium robertianum</i>	.	.	.	.	2m1	.
<i>Potentilla erecta</i>	.	.	.	.	2m1	.
<i>Carex sylvatica</i>	.	.	.	.	2m2	.
<i>Galium aparine</i>	.	.	.	.	2m1	.
<i>Galium odoratum</i>	.	.	.	.	.	2m1
<i>Abies alba</i>	.	1.1	.	.	.	.
<i>Urtica dioica</i>	.	.	.	.	.	1.1
<i>Carex pallescens</i>	.	.	.	.	.	1.2
<i>Glechoma hederacea</i>	.	.	.	.	.	1.1
<i>Silene dioica</i>	.	.	.	.	.	1.1
<i>Teucrium scorodonia</i>	.	.	.	.	.	1.2
<i>Scrophularia nodosa</i>	.	.	.	.	.	1.1
<i>Hedera helix</i>	1.1	.	.	.	.	.
<i>Athyrium filix-femina</i>	1.1	.	.	.	.	.

5.2.5 Miellin

Im Untersuchungsgebiet Miellin herrschen Tannen-Buchenwälder vor, wie Tabelle 23 zeigt. Tanne und Buche dominieren in der Baumschicht. Wo die Fichte anthropogen eingebracht wurde, überwiegt sie teilweise vor Buche und Tanne im Bestand (Standort Mi4 und Mi6). Unter den Kräutern ist an erster Stelle *Festuca altissima*, die auf allen Untersuchungsflächen vorkommende Charakterart der Gesellschaft Abieti-Fagetum, zu nennen. Hohe Stetigkeiten erzielen ebenso *Oxalis acetosella* und *Dryopteris dilatata*.

Auf dem ehemals als Weide genutzten Standort Mi6 treten besonders Arten der Magerrasen und mageren Weiden auf. Dies sind *Carex pilulifera*, *Deschampsia flexuosa*, *Pteridium aquilinum*, *Teucrium scorodonia* sowie die auf frischen Böden und Schlagfluren vorkommende Arten *Geranium robertianum* und *Digitalis purpurea*.

Die ehemaligen Wiesen (Mi2 und Mi3) zeigen auch nach der Wiederbewaldung aufgrund ihrer Nutzung Vorkommen von Wiesenarten bzw. Frischezeigern wie *Hedera helix*, *Ajuga reptans*, *Galium odoratum*, *Senecio fuchsii* und *Viola reichenbachiana*.

Auf der ehemals als Acker genutzten Fläche Mi1 wurde die höchste Artenanzahl von 25 vorgefunden. Frische- und Feuchtezeiger wie *Prenanthes purpurea*, *Hedera helix*, *Ajuga reptans*, *Galium odoratum*, *Senecio fuchsii*, *Viola reichenbachiana*, *Lamium galeobdolon*, *Silene dioica*, *Melica uniflora*, *Polygonatum verticillatum* und *Paris quadrifolia* sind zu nennen.

Tab. 23: Vegetationsaufnahmen Miellin

Standort	Mi4	Mi5	Mi6	Mi2	Mi3	Mi1
Historische Nutzung	Wald	Wald	Weide	Wiese	Wiese	Acker
Exposition	W	N	S	SSO	S	SSO
Inklination	4°	22°	6°	23°	2°	13°
Höhe über NN	820m	820m	860m	780m	740m	760m
Datenzahl	7	9	15	13	20	25
1. Baumschicht						
<i>Abies alba</i>	2b1	2b1	2b1	3.1	3.1	4.1
<i>Picea abies</i>	5.1	.	5.1	.	2a1	2b1
<i>Fagus sylvatica</i>	.	4.1	.	4.1	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	.	.	r 1	+ 1
<i>Acer pseudoplatanus</i>	.	.	.	.	r 1	+ 1
<i>Acer platanoides</i>	.	.	.	.	r 1	+ 1
2. Baumschicht						
<i>Fagus sylvatica</i>	.	2a1	.	.	+ 1	.
<i>Abies alba</i>	.	2a1	.	.	.	.
Strauchschicht						
<i>Rubus fruticosus</i>	+ 1	2a1	2m1	3.1	2a1	4.1
<i>Fagus sylvatica</i>	r 1	1.1	r 1	2m1	.	+ 1
<i>Picea abies</i>	1.1	.	1.1	2a1	.	.
<i>Vaccinium myrtillus</i>	1.2	.	2m2	.	.	.
<i>Abies alba</i>	.	1.1	1.1	.	.	.
<i>Corylus avellana</i>	.	.	.	1.1	r 1	.
<i>Ilex aquifolium</i>	.	.	r 1	.	.	r 1

<i>Sorbus aucuparia</i>	.	.	1.1	.	.	.
Krautschicht						
<i>Festuca altissima</i>	1.2	2b2	2m2	1.2	2a2	2b2
<i>Oxalis acetosella</i>	.	2a2	1.2	2m2	2a2	3.2
<i>Dryopteris dilatata</i>	1.1	2m1	1.1	1.1	2m1	1.1
<i>Fagus sylvatica</i>	+ 1	2m1	.	.	1.1	1.1
<i>Abies alba</i>	.	2m1	.	.	1.1	+ 1
<i>Athyrium filix-femina</i>	.	.	.	1.1	1.1	1.1
<i>Prenanthes purpurea</i>	.	1.1	.	.	1.1	1.1
<i>Hedera helix</i>	.	.	.	2a1	.	2b1
<i>Ajuga reptans</i>	.	.	.	2m2	.	2m2
<i>Galium odoratum</i>	.	.	.	.	1.1	2m1
<i>Senecio fuchsii</i>	.	.	.	.	2m1	1.1
<i>Viola reichenbachiana</i>	.	.	.	.	1.1	2m1
<i>Carex pilulifera</i>	.	1.2	2m2	.	.	.
<i>Luzula luzuloides</i>	.	1.2	1.2	.	.	.
<i>Dryopteris filix-mas</i>	.	.	.	+ 1	+ 1	.
<i>Mercurialis perennis</i>	.	.	.	.	.	2m2
<i>Lamiastrum galeobdolon</i>	.	.	.	.	.	1.1
<i>Silene dioica</i>	.	.	.	.	.	1.1
<i>Melica uniflora</i>	.	.	.	.	.	1.1
<i>Polygonatum verticillatum</i>	.	.	.	.	.	1.2
<i>Paris quadrifolia</i>	.	.	.	.	.	1.1
<i>Pteridium aquilinum</i>	.	.	2a1	.	.	.
<i>Digitalis purpurea</i>	.	.	1.1	.	.	.
<i>Dechampsia flexuosa</i>	.	.	2m2	.	.	.
<i>Teucrium scorodonia</i>	.	.	2m2	.	.	.
<i>Geranium robertianum</i>	.	.	.	1.1	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	.	.	.	1.1
<i>Anemone nemorosa</i>	.	.	.	.	1.1	.
<i>Carex sylvatica</i>	.	.	.	.	1.2	.
<i>Corylus avellana</i>	.	.	.	.	+ 1	.

5.2.6 Zusammenfassende Betrachtung der Vegetationsaufnahmen

Grundsätzlich zeigen die Vegetationsaufnahmen in allen Untersuchungsgebieten, dass sich die Bestände aufgrund der ehemaligen anthropogenen Nutzung verändert haben. Wo einst Buchen- und Tannenbuchen-Wälder wuchsen, sind heute meist Fichtenmonokulturen anzutreffen. So überwiegen auf den ehemals agrarisch genutzten Flächen (Wiese, Acker) angepflanzte, reine Fichtenbestände. Auf den ehemaligen Weiden haben sich entweder Buchenwälder durch natürliche Wiederbewaldung aufgebaut oder Fichtenbestände durch anthropogene Aufforstung ausgebildet.

Die Bodenvegetation zeigt tendenziell eher einen Bezug zum rezenten Bestand als zur ehemaligen agrarischen Nutzung. Es lassen sich keine einheitlichen und signifikanten Unterschiede zwischen alten Wäldern und ehemals agrarisch genutzten Flächen ausfindig machen. Einige ehemals gerodete und genutzte Standorte weisen einen höheren Artenreichtum auf als die alten Wälder. Andere ehemals genutzte Standorte hingegen, besonders die mit reiner Fichte bepflanzten, haben eine geringe oder überhaupt keine Krautschicht. Auf den als Wiese genutzten Flächen kommen aufgrund früherer Bewässerung Feuchtezeiger wie *Crepis paludosa*, *Filipendula ulmaria* oder *Viola reichenbachiana* vor.

Die Zeigerwerte nach ELLENBERG (1992) beschreiben das Verhalten von Pflanzenarten bezüglich bestimmter standortkundlicher Parameter wie Licht, Feuchte, Reaktion und Stickstoff. Mit der Entwicklung von Pflanzengemeinschaften stellt sich ein Gleichgewicht zwischen den natürlichen Standortbedingungen und der Artenzusammensetzung ein. Die Veränderung der Nutzung stellt häufig einen gravierenden Eingriff in die Pflanzengesellschaften dar, auf den die Arten unterschiedlich reagieren. Die nutzungsbedingte Veränderung der Standorte kann einen größeren Einfluss auf die Vegetation haben als die Standortfaktoren. Aus diesem Grund ist die große Streubreite der Zeigerwerte nicht verwunderlich. Da sich die Bodenvegetation nicht in einem stabilen Verhältnis zu ihrem Standort befindet und nach dem Eingriff durch Rodung, agrarische Nutzung und Wiederaufforstung ein Turnover in der Artenzusammensetzung stattfindet, sind die Zeigerwerte nicht geeignet, die nutzungsbedingte Veränderung der Standortfaktoren wiederzugeben. Zudem ist die Artenanzahl meist zu gering, um konkrete Aussagen hierüber treffen zu können. Vor allem diejenigen Flächen, welche mit Fichtenmonokulturen aufgeforstet wurden, haben nur ein spärliches Arteninventar.

Abbildung 84 zeigt beispielhaft die Verteilung des Zeigerwertes Reaktionszahl der Untersuchungsflächen im Gebiet Blasiwald. Der Standort BW3 (Wiese) konnte aufgrund fehlender Bodenvegetation unter Fichtenanpflanzung nicht einbezogen werden. Es lässt sich kein signifikanter Bezug zwischen den ökologischen Bestandsbedingungen und der ehemaligen Nutzung erkennen. Die Bodenvegetation zeigt an allen Standorten saure Bedingungen an.

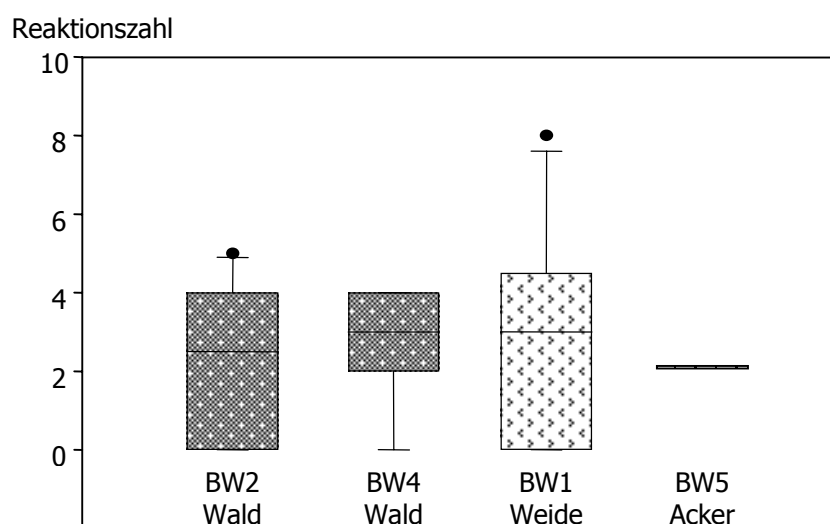


Abb. 84: Verteilung der Reaktionszahlen unter verschiedenen Nutzungsformen im UG Blasiwald

Abbildung 85 zeigt in einem Streudiagramm die Verteilung der Reaktionszahl aller erfass-

ten Arten, für die Zeigerwerte existieren, aufgeteilt nach den Nutzungsformen. Es lässt sich keine signifikante Aufteilung erkennen. Unter Wald und ehemaliger Weide ist den meisten Arten der Zeigerwert 4 (mäßig sauer bis sauer) zugeteilt, wobei hier von keiner Dominanz gesprochen werden kann. Unter Wiese und Acker gruppieren sich die meisten Arten bei 7 (schwach sauer). Das Diagramm zeigt auch die unterschiedliche Artenanzahl je nach Nutzungsform. Unter ehemaliger Weide und Wiese wurden insgesamt die meisten Arten (Weide=42, Wiese=37) vorgefunden. Unter Wald und ehemaligem Acker betrug die Artenanzahl insgesamt nur 16. Es muss hinzugefügt werden, dass die Artenanzahl unter ehemaligen Äckern weniger mit der historischen Nutzungsform zusammenhängt, sondern eher mit den Fichtenmonokulturen, welche auf diesen Flächen gepflanzt wurden. Fichtenbestände weisen generell eine geringere Artenzahl auf.

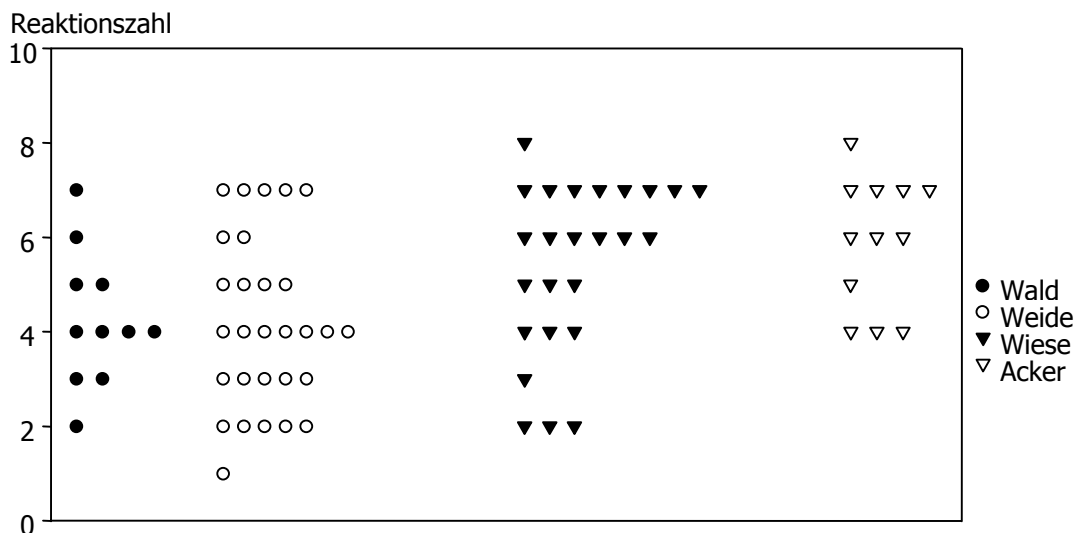


Abb. 85: Verteilung der Reaktionszahlen aller erfassten Pflanzenarten unter verschiedenen Nutzungsformen

6 Diskussion

Das Bild der Wälder im Schwarzwald und in den Vogesen hat sich im Laufe der Zeit durch unterschiedliche Nutzung verändert. Dichte Wälder, wie sie heute das Waldbild prägen, gab es erst wieder nach dem 18. Jahrhundert aufgrund ausgedehnter Wiederaufforstungsmaßnahmen (BRÜCKNER 1970). Die devastierende Nutzung der Waldflächen als Kulturland fand oftmals auf primär bereits basenarmen Standorten statt und führte zum Austrag des bereits geringen Nährstoffvorrats der Böden (KOERNER 1999). Die Nutzung der entwaldeten Flächen als Weide, Wiese oder Acker waren Teil des damaligen Agrarsystems. Ein wichtiger Aspekt hierbei war der Nährstofftransfer zwischen den unterschiedlichen Nutzungsformen. Die Umschichtung der Nährstoffe fand vor allem zwischen Wald/Weide und Wiese/Acker statt. So wurde in den Wäldern die Streu, auf den Weiden hingegen der Viehdung abgesammelt und dadurch die Nährstoffnachlieferung in den Böden unterbunden. Während die Böden unter Wald und Weide an Nährstoffen verarmten, wurden die Böden unter Acker- oder Wiesennutzung durch Auftragen von Düngermaterial bzw. durch Wiesenwässerung mit Nährstoffen angereichert. Die Nährstoffmengen, welche hierbei umgesetzt wurden, sind schwer abzuschätzen. Dennoch lassen sich aufgrund des historischen Nährstofftransfers Unterschiede in den heutigen Bodeneigenschaften erklären.

Die ursprünglichen Buchen-Tannenwälder der montanen Lagen wurden vor allem im Schwarzwald aufgrund des massiven Bedarfs an Holz und kultivierbaren Land seit dem Mittelalter zurückgedrängt (LUDEMANN 1994). Unter dem Einfluss des Menschen hat sich die ursprüngliche Baumartenzusammensetzung im Schwarzwald und in den Vogesen geändert (vgl. Kap. 2). Neben den natürlichen Laubmischwäldern sind heute Fichten- sowie Douglasienforste weit verbreitet. Ehemals agrarisch genutzte Standorte sind heute entweder durch die Dominanz oder das Fehlen einer Baumart geprägt. Durch Beweidung wurden Buche und Tanne aufgrund des Viehverbiss herausselektiert. Dies förderte das Vordringen und Ansiedeln der widerstandsfähigeren Fichte, welche fortan das Waldbild der Höhenlagen dominierte (vgl. Kap.2). Diese Bestandsveränderungen in den Wäldern hatte wiederum Folgen für die Böden. So haben Fichtenbestände beispielsweise negative Einflüsse auf den organischen Kohlenstoffgehalt (REHFUESS 1990). Auf den ehemaligen Wiesen und Äckern konnte der organische Kohlenstoff im Boden schneller umgesetzt und somit auch verbraucht werden. Die Wiederaufforstung dieser Flächen mit Fichte trägt nicht dazu bei, den Böden über die Streu organischen Kohlenstoff wieder zuzuführen.

6.1 Boden

Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen, welche im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wurden, zeigen, dass deutliche Unterschiede in den morphologischen, physikalischen, chemischen und isotopischen Eigenschaften der Waldböden bestehen. Diese können mit den ackerbaulichen Tätigkeiten in der Vergangenheit sowie dem Transfer von Nährstoffen, der vor allem von Weide zu Acker stattgefunden hat, schlüssig erklärt werden.

Der Mensch wirkte zum einen durch die direkte Bearbeitung auf die Böden ein, wobei durch Pflugarbeit die ursprüngliche Bodenhorizontierung zerstört wurde. Unter ehemaligen Ackerflächen trifft man heute noch auf reliktsche Pflughorizonte (rAp) von 15 cm bis 30 cm Mächtigkeit. Sie zeigen eine ebene und scharfe Grenze zum B-Horizont. Das organische Material ist im Oberboden gleichmäßig eingemischt. Unter alten Wäldern liegt die Mächtigkeit des obersten Horizonts hingegen nur zwischen 3 cm und maximal 12 cm. Die Grenze zum Unterboden ist wellig und unscharf. Solche Horizontierungsunterschiede zwischen kultivierten und unkultivierten Böden stellten auch MOTZKIN et al. (1996) sowie COMPTON et al. (1998) bei Untersuchungen in Neuengland fest.

Die unterschiedliche Mächtigkeit der Oberböden kann auf die ehemalige Nutzung der Waldstandorte als Wiese oder Acker hindeuten. Unter Wald- und Weidenutzung zeigen die Oberböden Tiefen zwischen 5 cm und 17 cm. Unter ehemaligen Wiesen, die der Wiesenwässerung unterlagen, wurden sogar 40 cm tiefe A-Horizonte angetroffen. Die Böden der ehemaligen Äcker zeigten Oberbodenmächtigkeiten zwischen 18 cm und 22 cm. Erosionserscheinungen, insbesondere unter Reutfeldwirtschaft, konnten an den Profilen nicht festgestellt werden.

Unter ehemaliger agrarischer Nutzung ist der Grobbodenanteil in den oberen Horizonten reduziert. Durch die Bodenbearbeitung wurden größere Steine an die Oberfläche gebracht und beiseite geräumt. Sie finden sich heute noch in sogenannten Lesesteinhaufen wieder. Die Feinbodenfraktion ist unabhängig von der ehemaligen Nutzung. Zu den gleichen Schlüssen kam KOERNER (1999) bei Untersuchungen in den Vogesen.

6.1.1 pH-Wert (CaCl₂)

Die pH-Werte (CaCl₂) im oberen Mineralboden aller untersuchter Teilflächen liegen zwischen 3,0 und 4,6. Vergleicht man die im Oberboden gemessenen pH-Werte von ehemals

gerodeten und heute wiederbewaldeten Untersuchungsgebieten mit den pH-Werten in Böden immer bewaldeter und nicht agrarisch genutzter Flächen, kann allgemein eine Erhöhung der pH-Werte mit Zunahme der Nutzungsintensität festgestellt werden (Abb. 86). So steigen die pH-Werte in der Reihe Wald < Weide < Acker < Wiese an. Die pH-Werte in den Böden unter ehemaligen Acker- und Wiesenflächen liegen um mindestens 0,5 Einheiten höher als unter alten Waldflächen.

Die ehemaligen ackerbaulichen Aktivitäten führten zur Durchmischung des Mineralbodens mit der organischen Substanz. Außerdem begünstigte die Bearbeitung der Böden die Durchlüftung und Bodenerwärmung. Durch die verbesserte Dekomposition und Mineralisierung der Biomasse wurden zudem Kationen freigesetzt, was wiederum eine Erhöhung des pH-Wertes im Boden zur Folge hat. Eine günstigere Basensättigung, beispielsweise durch calciumreiche Dungzugabe, trägt dazu bei, dass die pH-Werte in Böden ehemals agrarisch genutzter Flächen im Vergleich zu ungestörten Waldbeständen höher sind. In den nicht oder nur wenig angereicherten Böden mit niedrigen pH-Werten, also unter ehemaliger Weide und altem Wald, sind die basisch wirksamen Kationen an den Austauschern zunehmend durch H^+ , Al^{3+} , Mn^{2+} und Fe^{3+} ersetzt, was hier zu niedrigeren pH-Werten führt.

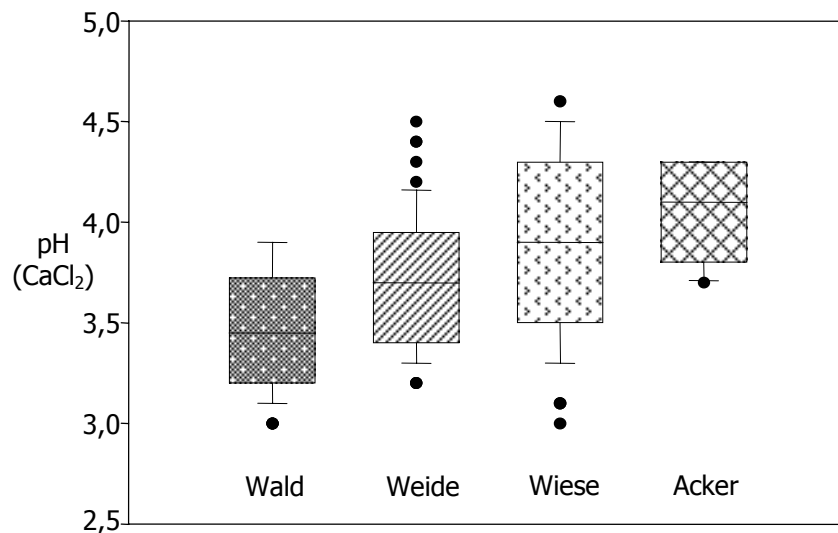


Abb. 86: pH-Werte der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen im Boxplot

Die Wiederaufforstung, welche nach der Nutzungsaufgabe der Flächen erfolgte, hat sich bislang noch nicht auf den pH-Wert der Böden ausgewirkt. Die rezenten Bestände scheinen momentan noch einen geringeren Einfluss auf die Bodenreaktion zu haben als die ehemalige agrarische Nutzung der Standorte (vgl. Kap. 5.1.6.2). So sind beispielsweise im Untersuchungsgebiet Blasiwald auf den Flächen BW3 (ehemalige Wiese) und BW5 (ehemaliger Acker) höhere pH-Werte im Boden festgestellt worden, als auf den mit Mischwald

bestandenen Untersuchungsflächen BW2 und BW4. Da die Standorte BW3 und BW5 mit reiner Fichtenmonokultur bestanden sind, wäre hier eine Bodenversauerung zu erwarten (vgl. Kapitel 5.1.3.3). Die ehemalige Nutzung der Waldflächen als Wiese oder Acker und die damit verbundene Nährstoffzufuhr hat also noch immer einen nachweisbaren Effekt auf die Bodenreaktion. Das gleiche Phänomen wurde unter der ehemals als Wiese genutzten Fläche BF5, welche ebenfalls rein mit Fichte wiederaufgeforstet wurde, im Vergleich zu den andersartig genutzten Flächen im Untersuchungsgebiet beobachtet (vgl. Kap. 5.1.3.4).

THORNE & HAMBURG (1985) stellten in New Hampshire bei Chronosequenzuntersuchungen abnehmende Boden-pH-Werte mit zunehmendem Bestandsalter fest. Sie führten dies auf die geringere Nitratproduktion in alten Wäldern zurück, was wiederum Auswirkungen auf den pH-Wert und die Tätigkeit der Mikroorganismen im Boden hat. Bei bodenkundlichen Vergleichsuntersuchungen auf in der Vergangenheit unterschiedlich genutzten Waldstandorten konnten GOOVEARTS et al. (1990) und VERHEYEN et al. (1999) in Hainaut bzw. Ostflandern (Belgien), MOARES et al. (2001) im französischen Jura, DUPOUEY et al. (1999, 2002b) und KOERNER (1999) bzw. KOERNER et al. (1993, 1997, 1999, 2000) in den Vogesen, PRÉVOSTO et al. (2004) im Zentralmassiv sowie COMPTON & BOONE (2000) in Neuengland ebenfalls eine pH-Wert Erhöhung in Böden ehemals kultivierter Flächen aufgrund der Düngerzugaben feststellen.

6.1.2 Organischer Kohlenstoff und C/N-Verhältnis

In jedem Boden stellt sich unter natürlicher Vegetation oder bei langjährig gleichbleibender Nutzung ein Gleichgewicht zwischen Anlieferung und Abbau der organischen Substanz ein (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1998). Dieser Gleichgewichtszustand wird gestört, wenn die Nutzungsform verändert wird. Rodung und Inkulturnahme von bewaldeten Gebieten wirkt sich also immer auf die Humusdynamik aus. Die Abnahme des organischen Kohlenstoffgehalts nach Umwandlung von Wald in Offenland ist auf die Kombinationswirkung von Erosionsverlust, dem biochemischen Abbau der organischen Substanz sowie dem Verdünnungseffekt durch Bearbeitung wie z.B. Vertiefung der Ackerkrume, zurückzuführen.

Aus Abbildung 87 wird deutlich, dass der organische Kohlenstoffgehalt in den Böden unter den Nutzungsformen Wald und Weide wesentlich höher liegt als unter ehemals als Wiese und Acker genutzten Standorten. Die Böden unter altem Wald und ehemaliger Weide wei-

sen den größten Interquartilbereich auf. Dies kann einerseits mit den rezenten Beständen der Standorte zusammenhängen, da die Streu von Laub-, Nadel- oder Mischwald unterschiedlich abgebaut wird. Andererseits spielt die Intensität, mit welcher die unterschiedlichen Nutzungsformen praktiziert wurden, eine Rolle, da sie den Umbau der organischen Substanz mit beeinflusst. So kann ein verminderter organischer Kohlenstoffgehalt in den Böden unter alten Wäldern aus früherer Streunutzung und dem damit verbundenen Biomassenentzug resultieren (FEGER 1992). Die starke Anreicherung organischen Kohlenstoffs unter den ehemaligen Weiden kann zum einen mit der Dekomposition des mächtigen Wurzelteppichs zusammenhängen. Zum anderen führte die Reutfeldwirtschaft durch das Abbrennen der Grasnarbe den Böden Kohlenstoff wieder zu, wie es an den Standorten ZB8 und BW1 der Fall war (vgl. Kap. 5.1). Somit konnte der Entzug von organischer Substanz durch das Abweiden ausgeglichen werden. In der Kategorie Weide sind verschiedene Weidenutzungsformen subsummiert (Viehweide, Reut- und Weidfeld), weshalb die organischen Kohlenstoffgehalte in den Böden stärker schwanken.

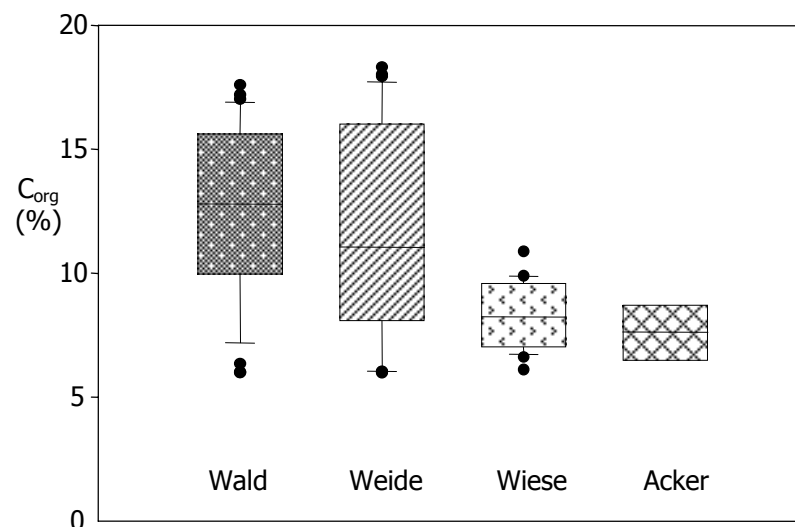


Abb. 87: Organischer Kohlenstoffgehalt der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen im Boxplot

Unter den ehemals als Wiese bzw. Acker genutzten Standorten wurden deutlich geringere Werte an organischem Kohlenstoff im Boden analysiert, nämlich nur 6% bis 10%. Besonders die Pflugarbeiten verbesserten hier die Belüftung der Böden, was die mikrobielle Aktivität förderte und so die Dekomposition der organischen Substanz beschleunigte. Die Stallmistzugabe auf den Äckern lieferte schnell verfügbaren Stickstoff, welcher ebenfalls zum raschen Abbau von organischer Substanz beitrug. Den Wiesen und Äckern wurde überdies durch Mäharbeiten bzw. durch Ernte Biomasse entnommen, so dass per se geringere Mengen zur Dekomposition und Mineralisation vorhanden waren. Hinzu kommt, dass das restliche Pflanzenmaterial aufgrund der verbesserten Bedingungen für Bodenorganis-

men schneller umgesetzt und somit der organische Kohlenstoff schneller verbraucht werden konnte. Nach COMPTON et al. (1998) kann die Kultivierung von Waldböden den organischen Kohlenstoffgehalt aufgrund der beschleunigten Dekomposition und dem reduzierten Pflanzeninput sowie durch Erosion um bis zu 30% reduzieren.

Die Böden der Wiesen, die einer intensiven Bewässerung unterlagen, haben deutlich höhere organische Kohlenstoffgehalte als die ehemaligen Weiden im Untersuchungsgebiet. Dies ist beispielsweise in Menzenschwand der Fall, wo die Böden unter den ehemaligen Weidestandorten Me1 und Me4 im Durchschnitt 7% an organischem Kohlenstoff und unter dem alten Waldstandort Me6 6% aufweisen (vgl. Kap. 5.1.2.4). Unter den ehemaligen Wiesenstandorten Me3 und Me5 hingegen wurden etwas höhere organische Kohlenstoffgehalte um 10% gemessen. Diese Flächen weisen aufgrund des Grundwassereinflusses einen anmoorigen Charakter auf. Durch die überwiegend anaeroben Bedingungen kann die organische Substanz hier nur langsam umgebaut werden.

Die langanhaltende Wirkung der ehemaligen agrarischen Nutzung auf Waldflächen zeigt sich besonders im Vergleich der seit über 150 Jahren mit Wald bestandenen Flächen ZB1 und ZB2 (vgl. Kap. 5.1.4.4). Der Standort ZB2 wurde noch im 18. Jahrhundert als Weid- bzw. Reutfeld genutzt, während ZB1 in dieser Zeit schon mit Wald bestanden war. Der organische Kohlenstoffgehalt unter ZB2 ist heute noch um fast 5% geringer als unter ZB1, was auf den höheren Biomassenentzug durch die Weidenutzung zurückzuführen ist.

Überdies kann auch der rezente Bestand mittels seiner Streu den organischen Kohlenstoffgehalt im Boden beeinflussen. Nadelholz produziert schwerer zersetzbare Streu, welche langsamer abgebaut wird als die Blätter laubabwerfender Bäume. Auf nährstoffarmen Böden kann sich dadurch ein Auflagehumus bilden (BECKER et al. 1994). Die Tätigkeit der Bodenorganismen, d.h. die Mineralisierung der abgestorbenen Biomasse, ist aufgrund der ungünstigeren Milieubedingungen unter Nadelholz gehemmt. Demzufolge fällt die jährliche Anlieferung an organischer Substanz im Boden geringer aus, als unter Laub- bzw. Mischwäldern, deren Streu wesentlich besser umgesetzt werden kann. Auf den Untersuchungsflächen besteht allgemein keine signifikante Beziehung zwischen dem rezenten Bestand und dem organischen Kohlenstoffgehalt im Boden (vgl. Kap. 5.1.6.2). Der geringe organische Kohlenstoffgehalt in den Böden unter Fichtenmonokultur steht eher im Zusammenhang mit der ehemaligen Nutzung und dem damit verbundenen C_{org} -Entzug, als mit der heutigen Rohhumusdecke unter den Nadelholzbeständen. Unter den Flächen, welchen bereits in der Vergangenheit durch intensive Nutzungsformen, wie Wiese und Acker, organische Substanz entzogen wurde, liegt ein geringer organischer Kohlenstoffgehalt im

Boden vor. Die rezenten Fichtenmonokulturen verhindern, dass dem Boden wieder ausreichend organischer Kohlenstoff über die Streu zugeführt wird. Dies ist beispielsweise bei den Untersuchungsflächen BW3 (ehemalige Wiese) und BW5 (ehemaliger Acker) der Fall, wo vergleichsweise geringe Gehalte an organischem Kohlenstoff (8%-10%) gemessen wurden. Die übrigen Standorte, welche mit Mischwald bestanden sind, weisen Werte von über 10% auf (vgl. Kap. 5.1.3.4).

Untersuchungen von MOARES et al. (2001) im französischen Jura oder von KOERNER (1999) bzw. KOERNER et al. (1993, 1997, 1999a, 2001) und DUPOUEY et al. (1999 u. 2002b) in den Vogesen zeigten gleichfalls, dass der organische Kohlenstoffgehalt in Böden unter ehemaliger ackerbaulicher Nutzung geringer ist, als unter altem Wald, was sie den höheren Mineralisationsraten in bearbeiteten Böden zuschreiben. Auch GOOVEARTS et al. (1990) und VERHEYEN et al. (1999) in Belgien sowie COMPTON & BOONE (2000) und MOTZKIN et al. (1996) in Neuengland stellten niedrigere Mengen an organischer Substanz in Böden unter einstigen Weiden, Wiesen und Äckern fest. Sie führen dies auf die beschleunigte Mineralisation der Biomasse durch die Kulturmaßnahmen zurück.

Wie bereits erwähnt, fällt unter Wald mehr abbaubare Streu an als unter Weide, Wiese oder Acker. Zudem wird der Boden nicht zusätzlich bearbeitet. In den Böden unter Weiden kommt der hohe C_{org} -Gehalt entweder durch die Dekomposition des Wurzelteppichs oder die Kohlenstoffanreicherung durch die Reutfeldnutzung zustande. Der Stickstoff wurde ihnen teilweise durch das Absammeln des Viehdungs entzogen, so dass sich die C/N-Verhältnisse im Boden recht wenig von denen unter altem Wald unterscheiden.

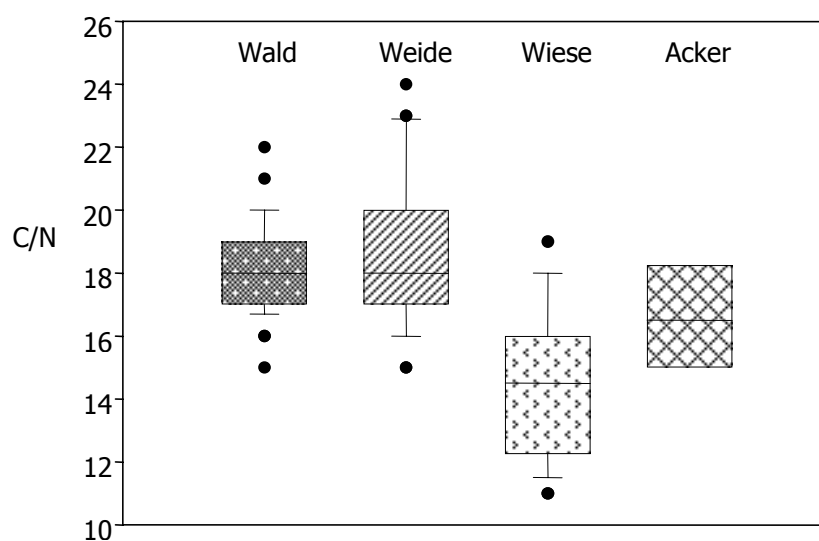


Abb. 88: C/N-Verhältnis der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen im Boxplot

Unter Acker findet aufgrund der höheren Einstrahlung und Belüftung eine beschleunigte Dekomposition und Mineralisation der organischen Substanz statt. Überdies steigern Kulti-

vierung und Düngung die Nitrifikationsraten im Boden, was zu einer Abnahme der C/N-Verhältnisse führt. Zudem wird durch Ernte der Eintrag von Pflanzenmaterial reduziert. Die engen C/N-Verhältnisse stehen für bessere Voraussetzungen für den mikrobiellen Abbau der organischen Substanz und eine bessere Stickstoffmineralisation. Die Böden unter ehemaliger Wiesennutzung weisen mit einem Mittelwert von ca. 14 die niedrigsten C/N-Verhältnisse auf (Abb. 88). Ihnen wurde wohl weniger Stickstoff entzogen als den beackerten Flächen, so dass die C/N-Verhältnisse hier noch enger sind als unter Acker. Betrachtet man hierzu Abbildung 87, zeigt sich, dass die höheren C/N-Verhältnisse der Wald- und Weideflächen gegenüber den Wiesen- und Ackerflächen durch höhere Gehalte an organischem Kohlenstoff verursacht werden. Die höheren Werte der organischen Kohlenstoffgehalte sowie die größeren C/N-Verhältnisse sind ein Zeichen für die langsamere Dekomposition und Mineralisation in den Böden unter dauerhaftem Wald (KRISTIANSEN 2001). Der langanhaltende Einfluss historischer Nutzung von Waldflächen auf das C/N-Verhältnis in Böden wurde ebenso bei Untersuchungen von GOOVEARTS et al. (1990) und VERHEYEN et al. (1999) in Belgien festgestellt, wo die oberen Horizonte von Waldböden Jahrhunderte nach der Kultivierung noch heute niedrigere C/N-Verhältnisse aufweisen. Auch KOERNER (1999) bzw. KOERNER et al. (1997, 1999a), DUPOUEY (2002b), MOARES et al. (2001), PRÉVOSTO et al. (2004) sowie COMPTON & BOONE (2000) stellten bei ihren bodenkundlichen Vergleichstudien in den Vogesen, im französischen Jura, im Zentralmassiv bzw. in Neuengland fest, dass Waldböden unter ehemaliger agrarischer Nutzung aufgrund der beschleunigten Mineralisation des Humus niedrigere C/N-Werte aufweisen, als kontinuierlich bewaldete Flächen.

6.1.3 Basensättigung

Allgemein ist die Kationenaustauschkapazität in Böden unter altem Wald höher als unter ehemaliger Acker- oder Wiesennutzung. Aufgrund der verschiedenartigen Nutzungsformen stellt sich ein unterschiedlicher Gehalt an organischer Substanz in den Böden ein, der neben den Tonmineralen als wichtiger Kationenaustauscher fungiert. Die Basensättigung hingegen, also der Anteil basisch wirksamer Kationen an der Austauschkapazität, ist unter altem Wald niedriger als unter intensiven Nutzungsformen wie Ackerbau oder Grünlandwirtschaft. Während den Wäldern durch Streuentnahme und den Weiden durch Entnahme von Tierexkrementen Nährstoffe entzogen wurden, kam es auf den Wiesen und Äckern zur Nährstoffanreicherung durch Düngung. Durch die Düngemaßnahmen wurde den Wie-

sen und Äckern vor allem K^+ , Ca^{2+} und Mg^{2+} zugeführt (vgl. Kap. 5 und Abb. 90). Die Basensättigung unter altem Wald ist mit Werten zwischen 8% und 38% am niedrigsten (Abb. 89). Nur geringfügig höher liegt sie unter den ehemaligen Weiden. Die höchste Basensättigung mit Werten bis zu 88% ist in den Böden unter ehemaliger Wiesennutzung zu finden. Diese Standorte zeigen zudem eine große Spannweite im Interquartilbereich, was aus der unterschiedlichen Intensität der Nutzungsform Wiese (Mähwiese oder Wasserwiese) resultiert. Den Böden unter Ackerbau wurden durch die intensive Nutzung und den stärkeren Austrag an Pflanzenmaterial mehr Nährstoffe entzogen als den Böden unter Wiesennutzung. Die Werte der Basensättigung in ehemaligen Ackerböden liegen daher nur zwischen 19% und 36%.

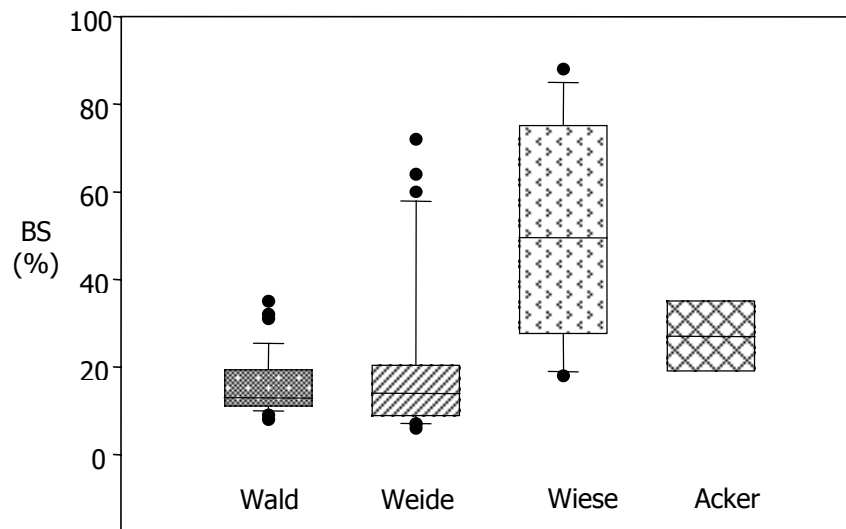


Abb. 89: Basensättigung der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen im Boxplot

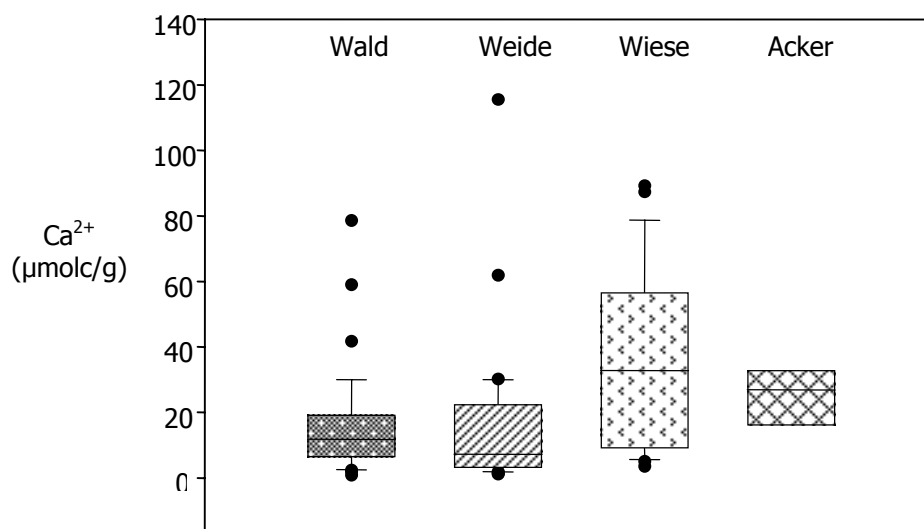


Abb. 90: Calciumgehalt der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen im Boxplot

Heutiger Wald, der lediglich als Weide genutzt wurde, hat durch den Austrag der im

Pflanzenmaterial enthaltenen Nährstoffe eine niedrige Basensättigung. Einige ehemalige Weidestandorte beispielsweise in den Untersuchungsgebieten Blasiwald (BW1) und Bannwald „Flüh“ (BF4) weisen allerdings eine höhere Basensättigung auf, verglichen mit anderen Weidestandorten (vgl. Kap.5.1.3.5, Kap. 5.1.4.5). Dies hängt hier mit der früheren Reutbergwirtschaft zusammen, bei der die Bodenvegetation abgebrannt wurde. Die auf der Oberfläche verbleibende Asche war Nährstofflieferant für die Böden. Auch heute sind noch Brandhorizonte und Kohlestückchen auf diesen Flächen zu finden.

GLATZEL (1991) stellte bei Untersuchungen zum Einfluss der historischen Landnutzung auf die Nährstoffverhältnisse in Wäldern fest, dass beweidete Flächen im Vergleich zu unbeweideten und streugenutzten Flächen verglichen mit nicht streugenutzten jeweils niedrigere Basensättigungen in den Böden aufweisen. KOERNER (1999) konnte auf ehemals agrarisch genutzten und heute wiederbewaldeten Flächen in den Vogesen ebenfalls Unterschiede in der Basensättigung aufgrund verschiedener agrarischer Praktiken ableiten.

6.1.4 $\delta^{15}\text{N}$

Im Laufe der Untersuchung hat sich das Isotopenverhältnis $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ in Böden als exzellenter Indikator herausgestellt, der die agrarische Nutzung von Waldstandorten in der Vergangenheit reflektiert. Abbildung 91 zeigt die deutlichen Unterschiede der $\delta^{15}\text{N}$ -Gehalte in den Böden.

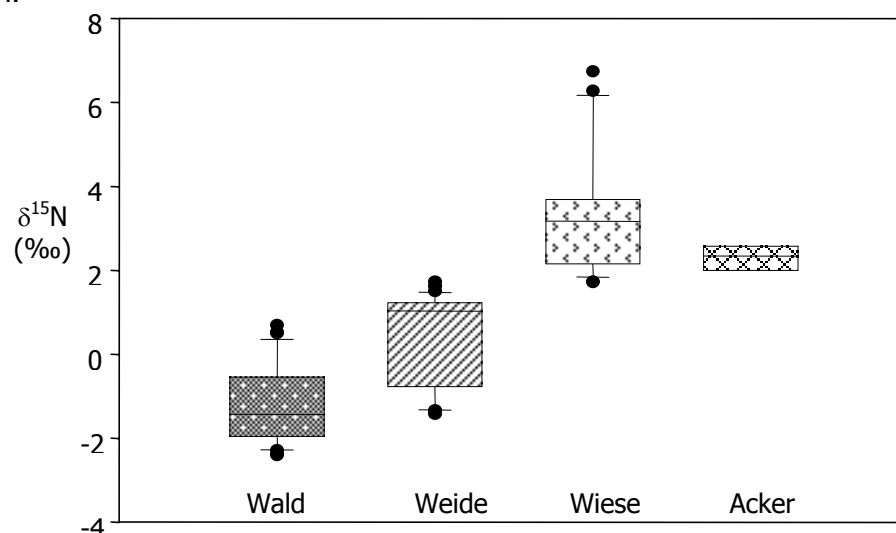


Abb. 91: $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Oberböden unter verschiedenen Nutzungsformen im Boxplot

Diese Unterschiede resultieren aus der unterschiedlichen historischen Nutzung der Standorte, durch die der Stickstoffkreislauf in den Böden variiert. So liegt unter altem Wald der Interquartilbereich der $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im negativen Bereich. Deutlich höher, zwischen -1‰

und 1‰, liegen die Werte in den Böden unter ehemaligen Weiden. Die Standorte, welche der Wiesen- oder Ackernutzung unterlagen, weisen die höchsten $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Boden auf (2‰-6‰).

Die $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der oberen Mineralbodenhorizonte stehen in engem Zusammenhang mit der historischen Nutzungsform. Die erhöhten $\delta^{15}\text{N}$ -Werte in ehemals kultivierten Waldböden resultieren aus den Veränderungen im Stickstoffkreislauf, welche durch die ehemalige agrarische Nutzung der Waldflächen hervorgerufen wurden. Koba et al. (1998) stellten bei Untersuchungen zum natürlichen Vorkommen von $\delta^{15}\text{N}$ in Waldböden fest, dass ^{14}N bei verschiedenen, im Boden ablaufenden Prozessen, schneller reagiert als ^{15}N . Im Allgemeinen erfolgt die Fraktionierung während verschiedener Transformationen, welche mit der Anreicherung oder dem Verlust von Stickstoff verbunden sind, zugunsten des leichteren ^{14}N -Isotops.

PETERSON & FRY (1987) führen an, dass eine hohe Stickstoffzufuhr zur erhöhten Nitrifikation und somit zu ^{15}N -angereichertem NH_4^+ und ^{15}N -entleertem NO_3^- führt. Den bewirtschafteten Böden wurde ^{15}N -angereicherter Dung zugeführt. Auf diesen ehemals gedüngten Flächen führten Nitrifikationsprozessen zum Export von ^{15}N -entleertem Stickstoff. Dies erhöhte den ^{15}N -Anteil relativ zu ^{14}N und induziert die höheren $\delta^{15}\text{N}$ -Werte im Boden. Unter den ehemals agrarisch genutzten Wäldern sind Stickstoffverluste durch Denitrifikation, Ammoniakverflüchtigung oder Nitratauswaschung verantwortlich für eine ^{15}N -Anreicherung im verbleibenden Stickstoff und somit für höhere $\delta^{15}\text{N}$ -Werte (EMMETT et al. 1998). COMPTON & BOONE (2000), DUPOUEY et al. (2002b) MOARES et al. (2001) und KOERNER et al. (1999b) stellten fest, dass ehemals beweidete und beackerte Waldböden ^{15}N entleert sind und daher im Vergleich zu ungestörten Waldböden höhere $\delta^{15}\text{N}$ -Werte aufweisen. Die Tatsache, dass die Isotopenfraktionierung im Boden mit der Stickstofftransformation zusammenhängt, die unter bearbeiteten Böden in stärkerem Maße auftritt, konnten JOHANNISSON & HÖGBERG (1994), HÖGBERG (1997) und GEBAUER & SCHULZE (1991) in ihren Untersuchungen zu Waldböden darlegen. HÖGBERG & JOHANNISSON (1993) stellten fest, dass der Verlust von Stickstoff mit der Anreicherung von ^{15}N korreliert. Sie fügten hinzu, dass die Zugabe von Harnstoff wie dies beispielsweise auf Weiden der Fall ist, zu Ammoniakverflüchtigung und Nitrifikation führt. HÜTTL & SCHAAF (1995) beobachteten, dass bei Rodung hohe Stickstoffverluste durch Nitratauswaschung stattfinden, was eine relative Anreicherung von $\delta^{15}\text{N}$ induziert. Ebenso kann erhöhter Stickstoffeintrag durch agrarische Nutzung die Nitratauswaschung in Böden steigern (JUSSY et al. 2002, HÖGBERG 1990). PARDO (1997) konstatiert ebenso, dass hohe Nitrifikationsraten und der Nitratverlust natürliches ^{15}N in Böden erhöhen.

türliches ^{15}N in Böden erhöhen.

Die niedrigen $\delta^{15}\text{N}$ -Werte der Böden unter alten Wäldern sind auf die geringeren Stickstoffverluste in Waldökosystemen zurückzuführen. THORNE & HAMBURG (1985) stellten bei Chronosequenzuntersuchungen unterschiedlich alter Bestände fest, dass der Verlust an Stickstoff, speziell an Nitrat, unter altem Wald geringer ist, als unter jüngerem. Der Stickstoffkreislauf in Waldökosystemen ist sehr eng, was den Austrag von Stickstoff minimiert und die niedrigen $\delta^{15}\text{N}$ -Gehalte im Oberboden bedingt (HÖGBERG et al. 1996, GEBAUER & SCHULZE 1991). RUF (2001) legt aufgrund ihrer Untersuchungen über Stoffumsatzleistungen in Böden historisch alter und rezenter Laubwälder in Niedersachsen dar, dass sowohl die Stickstoffmineralisation als auch die Nitrifizierungsraten unter ehemals ackerbaulich genutzten Waldflächen höher sind als unter historisch altem Wald.

Die Prozesse des Stickstoffkreislaufs, welche zur ^{15}N -Anreicherung im Oberboden führen und damit zur Erhöhung von $\delta^{15}\text{N}$ beitragen, sind in Abbildung 92 nochmals veranschaulicht.

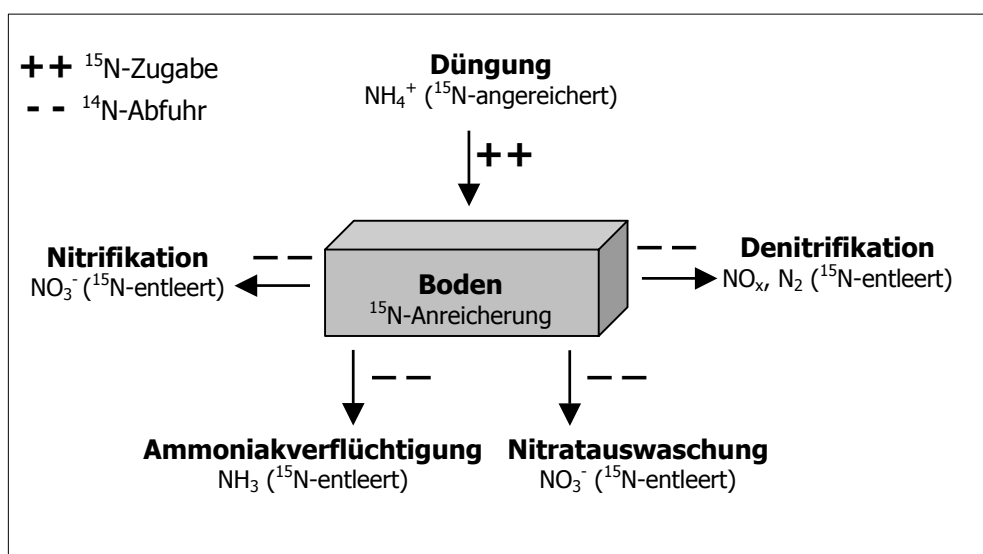


Abb. 92: Prozesse des Stickstoffkreislaufs, welche zur ^{15}N -Anreicherung im Oberboden führen

Zusammenfassend sind folgende Faktoren verantwortlich für die ^{15}N -Anreicherung im Bodenstickstoff und somit für die Erhöhung der $\delta^{15}\text{N}$ -Werte unter ehemals agrarisch genutzten Waldböden:

- Stickstoffzufuhr durch ^{15}N -angereicherten Dung
- Verlust an ^{15}N -entleertem Stickstoff durch Umwandlungsprozesse wie
 - o Denitrifikation (höhere Verluste an $^{14}\text{NO}_x$ und $^{14}\text{N}_2$ als $^{15}\text{NO}_x$ und $^{15}\text{N}_2$)
 - o Nitrifikation (höhere Verluste an $^{14}\text{NO}_3^-$ als $^{15}\text{NO}_3^-$)

- Ammoniakverflüchtigung (höhere Verluste an $^{14}\text{NH}_3$ als $^{15}\text{NH}_3$)
- Stickstoffverlust durch Auswaschung von ^{15}N -entleertem Nitrat

$\delta^{15}\text{N}$ ist kein Parameter für die Bodenfruchtbarkeit bzw. kann nicht zur Quantifizierung des zugeführten Stickstoffs eingesetzt werden. Er kann aber als Marker für generelle Zugabe von Stickstoff sowie der Intensität chemischer und mikrobiologischer Prozesse in Böden dienen. So bezeichnet HÖGBERG (1990) $\delta^{15}\text{N}$ als Indikator für Stickstoffverluste, der einen langanhaltenden Effekt auf Mineralisation und Nitrifikation in Waldböden anzeigt. Die Beständigkeit der hohen Isotopengehalte in Böden ehemals genutzter Wälder verglichen mit den Gehalten in Böden alter Wälder - sogar noch Jahrhunderte nach der Wiederaufforstung - lässt auf einen Langzeiteinfluss ehemaliger agrarischer Nutzung auf den Stickstoffkreislauf in Waldböden schließen. Für Böden aktuell kultivierter Flächen geben KÖRNER et al. (1999) folgende $\delta^{15}\text{N}$ -Werte an: 0,5‰ für Weiden, 2,9‰ für Acker und 2,1‰, 3,9‰, 5,4‰ für verschiedene Wiesen. Diese Werte sind vergleichbar mit denen, die RIGA et al. (1971) aufgrund von Vergleichsuntersuchungen an Wald- und Ackerböden präsentieren. Laut KOERNER (1999) zeigen $\delta^{15}\text{N}$ -Gehalte in Waldböden von über 0,5‰ an, dass die Standorte nutzungsbedingt verändert wurden. Dieser Trend kann anhand der eigenen, analysierten $\delta^{15}\text{N}$ -Werte (Wald \varnothing -1,43‰, Weide \varnothing 1,03‰, Wiese \varnothing 3,17‰, Acker \varnothing 2,34‰) bestätigt werden.

6.1.5 Zusammenfassende Betrachtung der Bodenparameter

Indikatoren, anhand derer die ehemalige Nutzung von Waldböden aufgezeigt werden kann, sind der pH-Wert, der organische Kohlenstoffgehalt, das C/N-Verhältnis, die Basensättigung sowie $\delta^{15}\text{N}$. Zudem kann ein erhöhter Calciumgehalt in ehemals bewirtschafteten Böden einen Hinweis auf Düngung geben. Der Nährstoffkreislauf der Wälder ist demnach immer noch von den agrarischen Eingriffen in der Vergangenheit geprägt.

Insbesondere das Isotopenverhältnis $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ (angegeben in $\delta^{15}\text{N}$) stellte sich als exzellenter Indikator für eine ehemalige agrarische Nutzung rezenter Waldstandorte heraus. In den Böden, welche in der Vergangenheit als Weide, Wiese oder Acker genutzt wurden, ist $\delta^{15}\text{N}$ deutlich erhöht. Dies zeigt, dass die historische Nutzung auch heute noch eine Bedeutung für den Stickstoffkreislauf in den Waldöden hat. Die Zunahme von $\delta^{15}\text{N}$ in den bearbeiteten Böden kann in Zusammenhang mit der Stickstoffzugabe, durch Düngung der Flächen, gestellt werden.

Tabelle 24 veranschaulicht, wie stark sich die ehemalige agrarische Nutzung von Waldstandorten auf die verschiedenen untersuchten Bodenparameter ausgewirkt hat.

Tab. 24: Der Einfluss ehemaliger agrarischer Nutzung von Waldstandorten auf verschiedene Parameter im Oberboden

	Wald	Weide	Wiese	Acker
Oberbodentiefe	nicht verändert	sehr variabel	mächtig	mächtig
Grobbodenfraktion	nicht verändert	sehr variabel	teilweise geringer	generell geringer
Feinbodenfraktion	unabhängig von ehemaliger Nutzung			
pH-Wert	niedrig	variabel	leicht erhöht	leicht erhöht
C/N-Verhältnis	weit	variabel	enger	enger
C_{org}	hoch	variabel	gering	gering
Basensättigung	niedrig	variabel	erhöht	erhöht
KAK	hoch	hoch	erniedrigt	erniedrigt
Ca²⁺	niedrig	variabel	erhöht	erhöht
δ¹⁵N	gering	wenig erhöht	erhöht	stark erhöht

6.2 Vegetation

Die Untersuchungsgebiete unterscheiden sich in ihren rezenten Beständen. Die kontinuierlich bewaldeten Standorte in den Untersuchungsgebieten, welche nicht oder kaum anthropogen verändert wurden, sind mit Buchen-Tannenwäldern bestanden. Auf den ehemaligen Weiden haben sich entweder durch natürliche Wiederbewaldung Laub- bzw. Mischwälder gebildet, oder durch anthropogene Aufforstung Fichtenbestände ausgebildet. Die ehemals als Wiese oder Acker genutzten Flächen wurden überwiegend mit reinen Fichtenbeständen wiederaufgeforstet.

Die Vegetationsaufnahmen wurden zur Betrachtung des Standortparameters „rezyenter Bestand“ herangezogen. Der Bestand kann über seine Streu ebenfalls auf Bodenparameter wie pH-Wert, Basensättigung oder organischer Kohlenstoff einwirken. Es konnte aufgezeigt werden, dass die Unterschiede in den Bodenparametern zwischen den Untersuchungsflächen eher auf die ehemalige Landnutzung zurückzuführen sind und der Einfluss des rezenten Bestands auf die Bodeneigenschaften derzeit noch zurücktritt (vgl. Kap. 5.1.6.2).

Die Bodenvegetation in den Untersuchungsgebieten steht vielmehr in Verbindung mit dem rezenten Bestand, als mit der ehemaligen Nutzung. Es konnte nur teilweise ein Bezug zwischen dem Artenvorkommen und der ehemaligen agrarischen Nutzung hergestellt werden. Auch die Zeigerwerte der Pflanzen weisen keine einheitlichen und signifikanten Unterschiede der ökologischen Verhältnisse zwischen alten Wäldern und ehemals agrarisch genutzten Flächen auf. Allein auf den ehemals bewässerten Wiesen sind einige

Feuchtezeiger anzutreffen (vgl. Kap. 5.2). Mittels der durchgeführten Vegetationsaufnahmen ließen sich keine typischen Indikatorarten für historisch alte Wälder ableiten, wie es beispielsweise BOSSUYT & HERMY (2000), KOERNER (1999) oder WULF (2003b) in ihren Untersuchungen zu historisch alten Wäldern durchgeführt haben. Die in diesen Arbeiten angegebenen Arten wie *Anemone nemorosa*, *Galium odoratum*, *Lamium galeobdolon*, *Mercurialis perennis*, *Oxalis acetosella*, *Paris quadrifolia* oder *Viola reichenbachia* zeigen in der hier durchgeführten Untersuchung keine Präferenz für ungestörte Wälder. Wie HERMY et al. (1999) aufgrund von vegetationskundlichen und ökologischen Untersuchungen feststellten, muss die Benennung von Indikatorarten für historisch alte Wälder mit Vorsicht betrachtet werden, da unterschiedlichste Umwelt- bzw. Standortparameter ebenfalls Grund für deren eingeschränktes Vorkommen sein können. Zudem sind viele Indikatorarten spezifisch für bestimmte Regionen. Beispielsweise kommen *Anemone nemorosa* und *Mercurialis perennis* nicht ausschließlich in historisch alten Wäldern vor. DUPOUEY et al. (2002a) schränkten ein, dass die Indikatorarten für historisch alte Wälder keine absolute Abwesenheit in rezenten Wäldern aufweisen, jedoch mit deutlich eingeschränkter Häufigkeit vorkommen. Zur Darlegung des Wandels der Vegetation aufgrund ehemaliger agrarischer Nutzung sowie zur Ermittlung von kennzeichnenden Pflanzenarten in der aktuellen Vegetation, welche charakteristisch für historische Nutzungstypen sind, muss das Proben-design speziell auf diese vegetationskundlichen bzw. geobotanischen Fragestellungen hin ausgerichtet werden, wie es beispielsweise BODE (2005) im Untersuchungsgebiet Menezschwand praktiziert hat.

6.3 Zusammenfassende Betrachtung

Die Unterschiede der jeweils analysierten Bodenparameter, welche auf die verschiedenartige ehemalige Nutzung zurückzuführen sind, weisen prinzipiell die gleichen Tendenzen in allen Untersuchungsgebieten auf. Es lassen sich keine Differenzen zwischen den Vogesen und dem Schwarzwald feststellen, wobei hierfür noch mehr Untersuchungsgebiete in den Vogesen einbezogen werden müssten. Die Untersuchungen zeigen, dass die ehemalige agrarische Nutzung heutiger Waldflächen vor allem auf die Dekomposition und Mineralisation der organischen Substanz eingewirkt hat. Zudem zeigt sich ein Langzeiteffekt auf den Stickstoffkreislauf.

Der Grund für die ähnliche Entwicklung der Wälder im Schwarzwald und in den Vogesen kann mit den verwandten Zügen in der Siedlungsgeschichte zusammenhängen. Die Wald-

bilder der beiden Mittelgebirge weisen jedoch auch Unterschiede auf. In den Vogesen dominieren Buche, Tanne und Bergahorn. Die Fichte tritt, bis auf einige jüngeren Anpflanzungen, fast nicht in Erscheinung. Diese Unterschiede können in der unterschiedlich intensiven Waldnutzung begründet liegen. Die geringere Bevölkerungsdichte und das geringere Erzeichtum in den Vogesen ist eine Hauptursache für die nicht gleiche Waldentwicklung in den beiden Gebirgen. Die holznutzenden Gewerbe und die damit verbundene Waldzerstörung haben in den Vogesen keine ganz so große Rolle gespielt wie im Schwarzwald. Hinzu kommt, dass die Fichte in den Vogesen, im Gegensatz zum Schwarzwald, ursprünglich nicht als konkurrenzfähige Baumart auftrat. Sie stand hier nicht wie im Schwarzwald als dominierende Baumart bereit, um große Offenlandflächen wieder zu bewalden.

Es zeigt sich, dass es neben den vielen Übereinstimmungen zwischen Schwarzwald und Vogesen auch Unterschiede gibt. Die vergleichende Betrachtung bzw. Gegenüberstellung der beiden „Geschwistergebirge“ sollte weitere Themenbereiche umfassen und in der 2. Phase des Graduiertenkollegs „Gegenwartsbezogene Landschafts-genese“ weitergeführt werden.

7 Ausblick

Der anthropogene Einfluss, insbesondere ab der Neuzeit, hat zu Fluktuationen in der Ausbreitung und der Lage bewaldeter Flächen in Europa geführt. Fast die Hälfte der rezenten europäischen Wälder haben sich auf ehemals als Acker, Weide, Wiese oder auf sonstigen gerodeten und genutzten Flächen etabliert. Der Einfluss der historischen Landnutzung ist daher weitverbreitet und kann viele Phänomene in heutigen Waldökosystemen erklären. Da sich Böden nur sehr langsam entwickeln, ist ein Langzeiteffekt auf die Waldgebiete, welcher aus der ehemaligen Landnutzung resultiert, wahrscheinlich und kann sogar zu irreversiblen Folgen für die Bodeneigenschaften führen (DUPOUEY et al. 2002b). Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass der Einfluss menschlicher Aktivitäten auf natürliche Waldökosysteme weitreichende und langanhaltende Auswirkungen hat.

Da viele der heutigen Waldflächen in Europa ehemals unter agrarischer Nutzung standen, ist die Betrachtung der Landnutzungsgeschichte notwendig, um den Nährstoff- und besonders den Stickstoffkreislauf in heutigen Wäldern zu erklären. Sie muss als integraler Aspekt in ökologischen Studien sowie in der nachhaltigen Landschafts- und Forstplanung behandelt werden. Die landwirtschaftliche Bearbeitung in der Vergangenheit gerodeter Flächen, der dadurch bedingte Nährstoffentzug aus den Waldökosystemen sowie die daraus folgenden Veränderungen der Böden, haben langfristige Folgen, die bis heute nachwirken. Die Nutzungsgeschichte muss demnach als wichtiger Faktor bei der Entwicklung der Waldböden angesehen werden, wird jedoch oftmals vernachlässigt.

Waldökosysteme und Waldböden besitzen eine begrenzte und standörtlich differenzierte Fähigkeit zum Ausgleich von Veränderungen im System. Je naturferner, d.h. je stärker durch anthropogene Eingriffe verändert, diese Systeme sind, desto geringer sind in der Regel ihre Stabilität und ihr Regenerationsvermögen (GLAWION 1999). Besonders auf karbonatfreien Standorten besteht die Gefahr, dass die Pufferfähigkeit der Waldböden durch die Kombination von ehemaliger Nutzung und heutigen Schadstoffeinträgen um ein Mehrfaches überschritten wird. Die Waldböden neigen zur Versauerung. Laut GLATZEL (1991) wurde die Pufferkapazität durch die historische Landnutzung stärker reduziert, als dies heute aufgrund des sauren Regens der Fall ist. Der Nährstoffentzug durch die ehemalige Nutzung ist mit ein Grund für die Destabilisierung der Waldökosysteme. GLATZEL (1991) konstatiert, dass die Kombination aus ehemaliger Landnutzung und heutiger Schadstoffdeposition zu einem verschärften Mineralstoffmangel und zu Störungen im Nährstoffkreislauf der Waldböden führt. Die Landnutzungsgeschichte ist ein wichtiger Faktor, der die

Kapazität bewaldeter Einzugsgebiete zum Rückhalt des atmosphärischen Stickstoffinputs mit beeinflusst.

Die Entwicklung der heutigen Wälder im Schwarzwald und in den Vogesen ist durch eine jahrzehntelange Waldbewirtschaftung und besonders im Schwarzwald durch einen hohen Fichtenanteil geprägt. Denn ausgehend von den devastierten Waldflächen um 1800 wurde der Wiederaufbau der Wälder insbesondere mit Fichtenanpflanzung verfolgt. Um eine stabilere und naturnähere Bestandsstruktur wieder herzustellen, ist ein intensiverer Umbau der Fichtenreinbestände notwendig. Die naturnahe Waldwirtschaft in den beiden Mittelgebirgen führt langsam dazu, dass sich der Buchen- und Tannenanteil erhöht. Für eine naturnahe und multifunktionale Waldwirtschaft sind detaillierte Grundlagenkenntnisse unabdingbar. Diese liefern die Standort- und Waldfunktionskartierung, welche die Nutzungsgeschichte der Waldflächen einbeziehen sollte. Die Erfassung der ehemaligen Nutzung rezenter Waldflächen trägt dazu bei, die Fruchtbarkeit sowie das Produktionspotenzial der Wälder besser verstehen zu können.

Fruchtbare Böden sind eine unabdingbare Voraussetzung für vitale Wälder. Im Zuge der nachhaltigen Waldwirtschaft wird daher der Erhaltung der Waldbodenfruchtbarkeit, als eine Voraussetzung für die nachhaltige Waldbewirtschaftung, eine große Bedeutung beigemessen. Um den derzeit unbefriedigenden Zustand der Wälder und ihrer Böden zu verbessern, muss deren Entwicklungs- und Nutzungspotential, d.h. ihr Vermögen, die Leistungsfähigkeit z.B. durch Sukzession oder biologische Selbstreinigung bzw. durch Pflegeeingriffe des Menschen zu regenerieren (GLAWION 1992), bekannt sein. Dies wird einerseits durch das standörtliche Potential bestimmt, andererseits durch die bisherige Waldentwicklung, d.h. durch die in der Vergangenheit stattgefundenen Nutzungsphasen.

Die vorliegende Studie macht die Wichtigkeit des historischen anthropogenen Einflusses auf die Eigenschaften von Waldböden und somit auf die Ökologie der Wälder deutlich. Das Ökosystem Wald verdient als Bestandteil des biologischen Systems besondere Aufmerksamkeit. Gesellschaftliche Ansprüche haben die Waldlandschaften mitgeformt und ihre Spuren hinterlassen. Dies gilt auch für die vorindustrielle Zeit, in welcher die gesamtwirtschaftliche Bedeutung des Waldes weit größer war, als sie es heute ist. Die Umwandlung der Bestände ist nur ein Ergebnis des vergangenen Funktionswandels bewaldeter Gebiete. Neben der intensiven Entwaldung und dem Wandel der Bestandsstruktur und -zusammensetzung führte die Veränderung der Stoffkreisläufe zudem zur schleichenden Degradierung der Waldböden, was wiederum Auswirkungen auf den Gesundheitszustand heutiger Waldbeständen haben kann.

So hat KOERNER (1999) in den Vogesen eine Beziehung zwischen dem Einfluss ehemaliger Nutzung auf die Waldböden und der Produktivität (dem Wachstum) eines Waldbestandes feststellen können. BABEL & BENCKIESER (1975) stellten bei ökologischen Untersuchungen geringere Wuchsleistungen auf wiederaufgeforsteten Weidflächen fest, was sie mit der verschlechterten Nährstoffsituation, bedingt durch die ehemalige Nutzung, verbinden. Auch REHFUESS (1990) bemerkt, dass Fichtenbestände auf ehemaligen Äckern und Wiesen besser wachsen, als auf alten Waldböden, da sie von der Nährstoffzufuhr durch vormalige Düngung profitieren. Allerdings sind sie stark durch Kernfäule geschädigt. KOERNER (1999) vermerkt zudem einen Zusammenhang zwischen der Vergilbung sowie der Entnadelung von Bäumen und den nutzungsbedingten Bodenveränderungen. Das Baumsterben auf ehemals als Weide genutzten Standorten war deutlich höher.

Alte Waldgebiete sind häufig Flächen mit naturnahen Beständen und ungestörten Böden, die sich über einen verhältnismäßig langen Zeitraum und im Vergleich zu anderen Gebieten relativ unbeeinflusst vom Menschen entwickelt haben. Wegen ihrer Kontinuität unterscheiden sich historisch alte Wälder in ihren abiotischen und biotischen Qualitäten deutlich von genutzten und wiederaufgeforsteten Waldflächen. Diese Qualitäten können innerhalb einiger Jahrhunderte nicht wieder hergestellt werden, was historisch alte Wälder für Naturschutzbelange besonders wertvoll macht. In England wurde die ökologische und wissenschaftliche Bedeutung historisch alter Wälder für den Erhalt ungestörter Böden von BALL & STEVENS (1981) erkannt. Die Autoren gehen davon aus, dass sich die Bodenentwicklung unter historisch alten Wäldern in natürlicher Weise fortsetzt. Alte Waldstandorte wirken demnach konservierend auf natürliche Bodenprofile. Neben der einmaligen ökologischen Bedeutung sind die Böden alter Wälder auch wissenschaftlich von großem Interesse. So können sie als Vergleichsböden - sogenannte Benchmarks - mit relativ ungestörter Pedogenese herangezogen werden, wenn es um die Beurteilung anthropogener Bodenveränderungen geht (BOSSUYT & HERMY 1999). Diese Aspekte bedürfen besonderer Berücksichtigung gerade unter dem Gesichtspunkt der Walddeklaration (Rio-Konferenz 1992) bzw. der Agenda 21 (Kapitel 11), in welcher der Erhalt, das Management sowie die nachhaltige Entwicklung von Wäldern und somit auch ihrer Böden zum Hauptanliegen in der internationalen Umwelt- und Forstpolitik erklärt wurde (WULF 2003a).

8 Zusammenfassung

Die Wälder im Schwarzwald und in den Vogesen wurden über die Zeit maßgeblich vom Menschen beeinflusst. So hat die Rodung und die anschließende Nutzung der Flächen als Acker, Weide oder Wiese die beiden Gebirgsmassive seit dem Mittelalter in unterschiedlichem Maße verändert. Die Umgestaltung der Waldökosysteme hat sich unter anderem auf die Bodeneigenschaften sowie die Artenzusammensetzung der Waldbestände ausgewirkt.

Ziel dieser Arbeit war es, die anthropogenen Eingriffe auf physikalische, chemische und isotopische Eigenschaften der Waldböden (wie pH-Wert, Basensättigung, C/N-Verhältnis und $\delta^{15}\text{N}$) zu untersuchen und aufzuzeigen, wie die ehemalige Landnutzung diese Bodenparameter verändert sowie auf die Artenzusammensetzung und die Struktur der Waldbestände eingewirkt hat.

Hierfür wurden in fünf Untersuchungsgebieten im Schwarzwald und in den Vogesen insgesamt 33 bewaldete Standorte ausgewählt. Anhand alter Gemarkungspläne und Kataster wurde die ehemalige Landnutzung der Untersuchungsflächen rekonstruiert, wobei folgende Nutzungskategorien einbezogen wurden: Wald, Weide, Wiese, Acker.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass sich die Zustände von Waldböden aufgrund ehemaliger Landnutzung heute noch unterscheiden. So führt eine verstärkte Nutzungsintensität zur Erhöhung der pH-Werte, der Basensättigung sowie der $\delta^{15}\text{N}$ -Gehalte; die C/N-Verhältnisse sinken hingegen. Diese noch heute feststellbaren Unterschiede können in Relation zum Nährstofftransfer von Wald und Weide zu Acker und Wiese interpretiert werden.

Die Standorte unterscheiden sich zudem in ihren rezenten Beständen. So sind ehemalige Äcker und Wiesen meist mit Fichtenmonokulturen bestanden bzw. weisen im Gegensatz zu ehemaligen Weiden ein höheres Fichtenvorkommen auf. Nicht agrarisch genutzte Waldflächen hingegen werden von Buche und Tanne dominiert. Auch die ehemaligen Weiden weisen eher Mischwaldbestände auf.

Die Arbeit macht deutlich, dass die menschliche Aktivität einen weitverbreiteten und langanhaltenden Einfluss auf die Waldökosysteme hat und dass die Landnutzungsgeschichte als wesentlicher Aspekt in ökologischen Studien und als kritische Komponente bei nachhaltiger Forstplanung behandelt werden muss. Die Standortunterschiede in Wäldern, welche aus der historischen Nutzung resultieren und sogar Jahrhunderte nach der Wiederaufforstung fortbestehen, sollten im Forstmanagement Beachtung finden.

9 Summary

The Black Forest and the Vosges are greatly affected by human activity. Mountain forests have been used by humans in different ways at least since medieval times, e.g. for cultivation, pasture and meadow. The changes in forest ecosystems due to this human activity, result in changes to soil properties as well as the general flora composition.

The aim of the research project was to investigate the impact of past human activity on the physical, chemical and isotopical properties of mountain forest soils (e.g. pH, CEC, C/N, $\delta^{15}\text{N}$) as well as the effect on the vegetation.

At five sites in the Black Forest and the Vosges a total of 33 wooded plots have been chosen to carry out comparative analysis with an emphasis on the assessment of soil and vegetation properties. Historical research, such as an analysis of old land registers, enable to simplify and classify the previous land use for the parcel. The following categories of past practices are included: pasture, cropland, meadow and forest.

The study shows that the present condition of forest soils differs according to previous land use. Soil pH, CEC and $\delta^{15}\text{N}$ for example increases and C/N ratios decrease with increasing land use intensity. These differences can be interpreted in relation to the fertility transfer. Croplands for example were fertilized by animal manure collected in cowsheds or in some cases directly on pastures.

Furthermore the sites differ in their recent forest stands. Monocultur with spruces dominate on ancient croplands and meadows. Non-used forest are mainly covered with beech and fir. Sites used as pasture show mostly mixed forests.

The widespread and long-lasting impact of human activity on natural ecosystems indicates that land use history must be treated as an integral aspect of ecological study and a critical component of conservation planning.

10 Résumé

Les forêts en Forêt Noire et dans les Vosges ont été formées par les activités humaines. L'ancienne utilisation des écosystèmes forestiers a modifié les propriétés des sols et peut se manifester encore plus de cent ans après cette utilisation. Depuis le Moyen Age, les forêts ont été déboisées pour être converties en surfaces agricoles (pâturages, prés, champs). Ces interventions et changements des écosystèmes forestiers de moyenne montagne se sont répercutés entre autres choses sur les conditions physiques et chimiques du sol ainsi que la richesse de la flore.

À l'aide des recherches comparables, l'impact de l'usage du terrain sur des propriétés édaphiques (le pH, la saturation en bases, le rapport C/N, $\delta^{15}\text{N}$) ainsi que sur la végétation et les peuplements forestiers étaient étudiés. Les recherches ont été effectuées aux cinq sites boisés en Forêt Noire et dans les Vosges sur 33 parcelles réparties ayant fait l'objet d'utilisations agricoles différentes. Pour chaque site on a procédé à une recherche historique en analysant des cartes et des cadastres anciens. Quatre catégories d'anciennes pratiques ont ainsi été retenues: forêt, pâturage, prés et champs.

L'étude montre que l'état actuel des écosystèmes forestiers - les sols en particuliers - diffère en fonction des anciennes pratiques agricoles. Le renforcement d'utilisation de terre conduit à une augmentation des valeurs du pH, de la saturation en bases et du $\delta^{15}\text{N}$. En revanche, les rapports C/N baissent avec l'intensité de l'utilisation agricole. Ces différences s'expliquent par un transfert de fertilité, qui a été effectué par le prélèvement de la biomasse (les récoltes) et les déjections animales et avait lieu entre les forêts ou les pâturages et les champs ou les prés. Les sites se distinguent en plus du peuplement forestier. Sur les parcelles utilisées comme champs ou prés se trouvent souvent des monocultures d'épicéa. Au contraire, les sites forestiers qui n'étaient pas utilisés, sont dominés par le hêtre et le sapin. Ainsi, sur les anciennes pâturages se sont établies plutôt des forêts mixtes.

Les résultats présentés mettent en évidence l'impact des anciennes formes d'utilisation sur les sols des écosystèmes forestiers. Les différences entre les sites et les impacts sur le cycle des sols forestiers sont clairement visibles encore plusieurs décennies après l'abandon de l'agriculture et le reboisement. L'histoire de l'occupation des sols doit être traitée comme un aspect fondamental des études écologiques et une composante critique pour un développement forestier durable. Les traitements sylvicoles pourraient également profiter de la connaissance de l'histoire ancienne des parcelles.

Literatur

ABETZ, K. (1955): Bäuerliche Waldwirtschaft. 348 S., Hamburg.

AG BODEN (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung. 392 S., Hannover.

AUGUSTO, L.; BONNAUD, P.; RANGER, J. (1998): Impact of tree species on forest soil acidification. - *Forest Ecology and Management* 105, 67-78.

AUGUSTO, L.; RANGER, J.; BONNEAU, M. (2000): Influence des essences sur la fertilité chimiques des sols. Conséquences sur les choix sylvicoles. - *Revue forestière française* 6, 507-518.

BABEL, U. ; BENCKIESER, G. (1975): Ökologische Untersuchungen an aufgeforsteten Weidflächen. - *Daten und Dokumente zum Umweltschutz* 14, 31-37.

BALL, D.F.; STEVENS, P.A. (1981): The role of "ancient" woodlands in conserving "undisturbed" soils in Britain. - *Biological Conservation* 19, 163-176.

BARTSCH, J.; BARTSCH, M. (1929): Buche, Tanne und Fichte im Südschwarzwald und in den Südvogesen. - *Verhandlungen des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburgs*, 131-143.

BARTSCH, J.; BARTSCH, M. (1940): Vegetationskunde des Schwarzwaldes. 229 S., Jena.

BAUM, C. (1994): Der Klosterwald von St. Blasien. Eine forstgeschichtliche Untersuchung über die Waldverhältnisse im Stiftsbann der ehemaligen Benediktinerabtei St. Blasien im südlichen Schwarzwald bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts. - *Hochschulsammlung Wirtschaftswissenschaft Forstwirtschaft* 8. Freiburg.

BECKER, M.; BERT, G.D.; BOUCHON, J.; PICARD, J.-F.; ULRICH, E. (1994): Tendances à long terme observées dans la croissance de divers feuillus et résineux du nord-est de la France depuis le milieu du XIXe siècle. - *Revue forestière française* 4, 335-341.

BERGER, T. (2001): Auswirkungen der Baumartenzusammensetzung auf den Waldbodenzustand von sekundären Fichtenwäldern und gemischten Fichten-Buchenbeständen. - *Centralblatt für das gesamte Forstwesen* 118 (4), 193-216.

BML -Hrsg.- (1994): Bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE). Arbeitsanleitung, Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (BML), Bonn.

BODE, F. (2005): Aktuelle Vegetation und subrezenter Landschafts- und Vegetationswandel im Südschwarzwald. Dissertation Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. (noch unveröffentlicht).

BOGENRIEDER, A. (2001): Schwarzwald und Vogesen - ein vegetationskundlicher Vergleich. - *Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz* 17, 745-792.

BONNEAU, M.; BELKACEM, S.; NYS, C.; RANGER, J.; GELHAYE, D.; LEFÈVRE, Y.; HUMBERT, D. (2000): Évolution d'un sol forestier acide des Vosges sur une période de 10 ans. - *Etude et Gestion des Sols* 7, 99-118.

BOSSUYT, B.; DECKER, J.; HERMY, M. (1999): A field methodology for assessing man-made disturbance in forest soils developed in loess. - *Soil Use and Management* 15 (1), 14-20.

BOSSUYT, B.; HERMY, M. (2000): Restoration of the understorey layer of recent forest bordering ancient forest. - *Applied Vegetation Science* 3, 43-50.

- BRANDL, H. (1992): Entwicklung und Tendenzen in der Forstgeschichte seit Ende des 18. Jahrhunderts. - Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 166.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Wien.
- BRÜCKNER, H. (1970): Der Wald im Feldberggebiet. Eine wald- und forstgeschichtliche Untersuchung des Südschwarzwaldes. - Veröffentlichungen des Alemannischen Instituts 28.
- BRÜCKNER, H. (1989): Die Entwicklung der Wälder des Schwarzwaldes durch die Nutzung vergangener Jahrhunderte und ihre heutige Bedeutung. - In: LIEHL, E.: Der Schwarzwald, Beiträge zur Landeskunde, 155-180. Bühl/Baden.
- BRGM (Bureau de recherche géologiques et minières, Ministère du Développement industriel et scientifique) -Hrsg.- (1974): Carte géologique de la France 1:50 000, feuille XXV-20 Giromagny. Orléans.
- BÜCKING, W.; OTT, W.; PÜTTMANN, W. (1997): Geheimnis Wald. Leinfelden-Echterdingen.
- CAILLET, B. (2002): Etudes floristiques et pédologiques en forêt de St. Antoine dans le cadre d'un programme Life. Metz. (unveröffentlicht).
- CINOTTI, B. (1996): Évolution des surfaces boisées en France: proposition de reconstitution depuis le début du XIXe siècle. - Revue forestière française 6, 547-562.
- COMPTON, J.E.; BOONE, R.D.; MOTZKIN, G.; FOSTER, D.R. (1998): Soil carbon and nitrogen in a pine-oak sand plain in central Massachusetts: role of vegetation and land-use history. - *Oecologia* 116, 536-542.
- COMPTON, J.E.; BOONE, R.D. (2000): Long-term impact of agriculture on soil carbon and nitrogen in New England forests. - *Ecology* 81(8), 2314-2330.
- CORVOL, A. (2000): Le bois, source d'énergie: naguère et aujourd'hui. Forêt, Environnement et Société XVI^e-XX^e siècle. - Cahier d'Études 10.
- DAVID, A.; ABRAMS, M. (1994): Land-use history (1720-1992), composition and dynamics of oak-pine forests within the Piedmont and Coastal Plain of northern Virginia. - *Canadian Journal of Forest Research* 24, 1216-1225.
- DEUTSCHE NORMEN: DIN 19684 Teil 1. Deutscher Normenausschuss. Berlin.
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. 663 S., Stuttgart.
- DOSTAL, P. (2004): Klimarekonstruktion der Regio TriRhena mit Hilfe von direkten und indirekten Daten vor der Instrumentenbeobachtung. Dissertation Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. (im Druck).
- DUPOUEY, J.-L.; THIMONIER, A.; LEBOURGEOIS, F.; BECKER, M.; PICARS, J.-F.; TIMBAL, J. (1999): Changements de la végétation dans les forêts du nord-est de la France entre 1970 et 1990. - *Revue forestière française* 2, 219-230.
- DUPOUEY, J.L.; SCIAMA, D.; KOERNER, W. ; DAMBRINE, E.; RAMEAU, J.-C. (2002a): La végétation des forêts anciennes. - *Revue forestière française* 6, 521-532.
- DUPOUEY, J.L.; DAMBRINE, E.; LAFFITE, J.D.; MOARES, C. (2002b): Irreversible impact of past land use on forest soils and biodiversity. - *Ecology* 83, 2978-2984.
- DZWONKO, Z. (1993): Relations between the floristic composition of isolated young woods and their proximity to ancient woodland. - *Journal of Vegetation Science* 4, 693-389.

- EBERLE, D.; FÖRSTER, H.; KOHLHEPP, G.; PFEFFER, K.-H. –Hrsg.- (1999): Aufbau und Auswertung "Langer Reihen" zur Erforschung von historischen Waldzuständen und Waldentwicklung. - Tübinger Geographische Studien 125.
- EGGERS, H. (1957): Die Weidewirtschaft im südlichen Schwarzwald. - Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i. Breisgau 47(2), 147-253.
- EGGERS, H. (1964): Schwarzwald und Vogesen: ein vergleichender Überblick. 144 S., Braunschweig.
- ELLENBERG, H. (1992): Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. 262 S., Göttingen.
- ELLENBERG, H. (1996): Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 1095 S., Stuttgart.
- EMMETT, B.; KJONAAS, O.; GUNDERSEN, P.; KOOPMANS, C.; TIETEMA, A.; SLEEP, D. (1998): Natural abundance of ^{15}N in forest across a nitrogen deposition gradient. - Forest Ecology and Management 101. 9-18.
- ERB, W.; BÜCKING, W. (2003): Dynamik in Bannwäldern: Erkenntnisse für eine naturnahe Waldwirtschaft. Freiburg
- FEGER, K.H. (1992): Importance of land-use history for nutrient cycling in central european forests. - In: TELLER, A.; MATHY, P.; JEFFERS, J.N.R. (Hrsg.): Response of forest ecosystems to environmental changes. London.
- FIRBAS, F.; GRÜNIG, G.; WEISCHEDEL, I.; WORZEL, G. (1948): Beiträge zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte der Vogesen. - Bibliotheca Botanica 121. Stuttgart.
- FORSTER, D. (1992): Land-use history (1730-1990) and vegetation dynamics in central New England, USA. - Journal of Ecology 80, 756-772.
- FORSTER, D.; ZEBRYK, T.; SCHOONMAKER, P.; LEZBERG, A. (1992): Post-settlement history of human land-use and vegetation dynamics of a *Tsuga canadensis* (hemlock) woodlot in central New England. - Journal of Ecology 80, 773-786.
- FRANKENBERG, P. (1979): Schwarzwald und Vogesen. Ein pflanzengeographischer-floristischer Vergleich. - Arbeiten zur Rheinischen Landeskunde 47.
- FRIEDMANN, A. (2000): Die spät- und postglaziale Landschafts- und Vegetationsgeschichte des südlichen Oberrheintieflands und Schwarzwalds. Dissertation Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- FRIEDMANN, A. (2002): Die Wald- und Landnutzungsgeschichte des Mittleren Schwarzwalds. - Berichte zur deutschen Landeskunde Band 76, Heft 2/3, 187-205.
- GAERTIG, T.; HILDEBRAND, E. (2003): Der Einfluss der Bodenversauerung auf die Bodenstruktur in Wäldern. - Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 174, 44-49.
- GANZ, M.; SUDHAUS, D. (2003): Die Waldentwicklung des Baar-Schwarzwaldes. - Freiburger Universitätsblätter 160, 19-35.
- GARNIER, E. (1998): Un massif forestier et son histoire: La forêt de Saint-Antoine. - Collection dossiers forestiers N°3. Fontainebleau.
- GARNIER, E. (2000a): The coveted tree: the industrial threat to the Vosges Forest in the 16th and 18th Centuries. - Forest History: International Studies on Socio-economic and Forêt Ecosystem Change. Report No. 2 of the IUFRO Task Force on Environmental Change, 37-47.
- GARNIER, E. (2000b): Les forêts des Vosges méridionales à l'époque moderne. Des espaces forestiers éclatés et convoités. Thèse de doctorat d'histoire. Université Franche-Comté.

- GEBAUER, G.; SCHULZE, E.-D. (1991): Carbon and nitrogen isotope ratios in different compartments of a healthy and a declining *Picea abies* forest in the Fichtelgebirge, NE Bavaria. - *Oecologia* 87, 198-207.
- GLATZEL, G. (1991): The impact of historic land use and modern forestry on nutrient relations of Central European forest ecosystems. - *Fertilizer Research* 27, 1-8.
- GLAWION, R. (1988): Vegetationsaufnahmen und -kartierung. In: LESER, H.; KLINK, H.-J.: *Handbuch und Kartieranleitung Geoökologische Karte 1:25 000*. - *Forschung zur Deutschen Landeskunde* 228, 189-212.
- GLAWION, R. (1992): Bewertung des land- und forstwirtschaftlichen Ertragspotentials. - In: MARKS, R.; MÜLLER, M.; LESER, H.; KLINK, H.-J. (Hrsg.): *Anleitung zur Bewertung des Leistungsvermögens des Landschaftshaushaltes*. - *Forschung zur deutschen Landeskunde* 229, 143-149. Trier.
- GLAWION, R. (1999): Naturschutzziele in der Angewandten Landschaftsökologie. - In: SCHNEIDER-SLIWA, R.; SCHAUB, D.; GEROLD, G. (Hrsg.): *Angewandte Landschaftsökologie: Grundlagen und Methoden*. 87-105. Berlin, Heidelberg, New York.
- GOOVEARTS, P.; FRANKART, R.; GÉRARD, G. (1990): Effet de la succession de différentes affectations sur les propriétés chimiques de pedons en Fagne de Chimay (Belgique). - *Pedologie*, 179-194.
- GROSS, H. (um 1550): *La Rouge Myne de Saint Nicolas de la Croix (Vogesen)*. - In: MICHIELS, A.; SCHULER, T. (1857): *Les bucherons et les schlitteurs des Vosges*. 43 S., Strasbourg.
- GROSCHOPF, R. (1988): *Geologische Karte 1:25 000 von Baden-Württemberg. Erläuterungen zu Blatt 7914 Sankt Peter*. Stuttgart.
- HÄDRICH, F.; STAHR, K. (2001): *Die Böden des Breisgaus und angrenzender Gebiete. Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i. Breisgau* 91. Freiburg.
- HANN, H.P.; SAWATZKI, G. (1997): *Geologische Karte 1:25 000 von Baden-Württemberg. Erläuterungen zu Blatt 8213 Zell im Wiesental. Vorläufige Ausgabe*. Stuttgart.
- HERMLE, S.; DEIL, U. (2002): Rezentler Landschaftswandel in Schwarzwald und Vogesen – gleichsinnige oder unterschiedliche Tendenzen? - *Archiv für Naturschutz und Landschaftsforschung*, 41, 1-21.
- HERMY, M.; HONNAY, O.; FIRBANK, L.; GRASHOF-BOKDAM, C.; LAWESSON, J.E. (1999): An ecological comparison between ancient and other forest plant species of Europe and the implication for forest conservation. - *Biological Conservation* 91, 9-22.
- HÖGBERG, P. (1990): Forest losing large quantities of nitrogen have elevated $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ ratios. *Oecologia* 84, 229-231.
- HÖGBERG, P.; JOHANNISSON, C. (1993): ^{15}N abundance of forests is correlated with losses of nitrogen. - *Plant and soil* 157, 147-150
- HÖGBERG, P.; HÖGBOM, L.; SCHINKEL, H.; HÖGBERG, M.; JOHANNISSON, C.; WALLMARK, H. (1996): ^{15}N abundance of surface soils, roots and mycorrhizas in profiles of European forest soils. - *Oecologia* 108, 207-214.
- HÖGBERG, P. (1997): ^{15}N natural abundance in soil-plant systems. - *New Phytologist* 137, 179-203.
- HONNAY, O.; HERMY, M.; COPPIN, P. (1999): Impact of habitat quality on forest plant species colonization. - *Forest Ecology and Management* 115, 157-170.

- HÜTTL, R.F.; SCHAAF, W. (1995): Nutrient supply of forest soil in relation to management and site history. - *Plant and soil* 168-169, 31-41.
- HUG, D. (2000): Bodennutzung im Mittleren Schwarzwald und deren Veränderung von 1780 bis heute. - *Schriften des Vereins für die Geschichte und Naturgeschichte der Baar* 43, 91-122.
- HUND, D. (1994): Von Flössern, Köhlern und Tüftlern. Gewerbe und Handwerk im Schwarzwald. Lahr.
- ISSLER, (1939): Die Bewaldung der Hochvogesen. - *Mitteilungen für Naturkunde und Naturschutz* 4, 79-88.
- JENISCH, B. (2002): Glashütten im Schwarzwald. – In: *Centre, Region, Periphery-Medieval Europe* 3, 174-179.
- JOHANNISSON, C.; HÖGBERG, P. (1994): ^{15}N abundance of soils and plants along an experimentally induced forest nitrogen supply gradient. - *Oecologia* 97, 322-325.
- JOHANNISSON, C. (1996): ^{15}N abundance as an indicator of N-saturation of coniferous forest. Doctoral thesis. Swedish University Umea.
- JUSSY, J.-H.; KOERNER, W.; MOARES, C.; DAMBRINE, E. ; DUPOUEY, J.-L.; ZELLER, B.; BENOÎT, M. (2000): Influence de l'usage ancien des sols sur le cycle de l'azote dans les forêts vosgiennes. - *Études et Gestion des Sols* 8 (2), 91-102.
- JUSSY, J.H.; KOERNER, W.; DAMBRINE, E.; DUPOUEY, J.L.; BENOIT, M. (2002): Influence of former agricultural land use on net nitrate production in forest soils. - *European Journal of Soil Science* 53, 367-374.
- KELLER, F.; RIEDEL, P. (2001): Bannwald „Zweribach“. Forstbezirk St. Märgen. Erläuterungen zur Forstlichen Grundaufnahme 1999. - *Berichte Freiburger Forstliche Forschung* 31.
- KOBA, K. ; TOKUCHI, N. ; YOSHOIKA, T.; HOBBI, E.; IWATSUBO, G. (1998): Natural Abundance of Nitrogen-15 in a Forest Soil. - *Soil Science Society of America Journal* 62, 778-781.
- KOERNER, W. (1993): L'histoire de l'occupation du sol et le dépérissement dans les forêts vosgiennes. - *Annales de Géographie* 572, 412-414.
- KOERNER, W. (1999): Impacts des anciennes utilisations agricoles sur la fertilité du milieu forestier actuel. Thèse doctoral. Université Paris 7.
- KOERNER, W.; BENOÎT, M.; DUPOUEY, E.; DAMBRINE, E. (1997): Influence of past land use on the vegetation and soils of present day forest in the Vosges mountains, France. - *Journal of Ecology* 85, 351-358.
- KOERNER, W.; BENOÎT, M.; DUPOUEY, E.; DAMBRINE, E. (1999a): Influence des anciennes pratiques agricoles sur la végétation et les sols des forêts reboisées dans le massif vosgien. - *Revue forestière française* 2, 231-238.
- KOERNER, W.; BENOÎT, M.; DUPOUEY, E.; DAMBRINE, E. (1999b): $\delta^{15}\text{N}$ of forest soil and understorey vegetation reflect the former agricultural land use. - *Oecologia* 121, 421-425.
- KOERNER, W.; CINOTTI, B.; JUSSY, J.-H.; BENOÎT, M. (2000): Évolution des surfaces boisées en France depuis le début du XIXe siècle: identification et localisation des boisement des territoires agricoles abandonnés. - *Revue forestière française* 3, 249-269.
- KONOLD, W. (1997): Wässerwiesen, Wölbäcker, Hackäcker: Geschichte und Vegetation alter Kulturlandschaftselemente in Südwestdeutschland. - *Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie* 27, 53-61.

- KRISTIANSEN, S.M. (2001): Present-day soil distribution explained by prehistoric land-use: Podzol-Arenosol variation in an ancient woodland in Denmark. - *Geoderma* 103, 273-289.
- KÜNDLER, P. (1963): Einfluss verschiedenartiger Waldbestände auf die Bodenentwicklung. - *Archiv für Forstwesen* 12, 659-673.
- KÜSTER, H. (1990): Gedanken zur Entstehung von Waldtypen in Süddeutschland. - *Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft* 2, 25-43.
- KÜSTER, H. (2003): *Geschichte des Waldes: von der Urzeit bis zur Gegenwart*. 266 S., München.
- LANDESARCHIVDIREKTION BADEN-WÜRTTEMBERG -Hrsg.- (1993): *Der Landkreis Lörrach. Kreisbeschreibung des Landes Baden-Württemberg*. Sigmaringen.
- LUDEMANN, T. (1992): Im Zweribach. Vom nacheiszeitlichen Urwald zum "Urwald von morgen". - Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege Baden-Württemberg 63.
- LUDEMANN, T. (1994): Vegetations- und Landschaftswandel im Schwarzwald unter anthropogenem Einfluss. - *Berichte der Reinhold-Tüxen Gesellschaft* 6, 7-39.
- LUDEMANN, T. (1995): Aspekte des Landschaftswandels im Mittleren Schwarzwald. - *Mitteilungen des Badischen Landesvereins für Naturkunde und Naturschutz* 2, 251-273.
- LUDEMANN, T.; NELLE, O. (2002): Die Wälder am Schauinsland und ihre Nutzung durch Bergbau und Köhlerei. - *Freiburger Forstliche Forschung* 15.
- MÄCKEL, R.; METZ, B. - HRSG.- (1997): *Schwarzwald und Oberrheintiefland. Eine Einführung in das Exkursionsgebiet um Freiburg im Breisgau*. - *Freiburger Geographische Hefte* 36.
- MÄCKEL, R., STEUER, R. (2003): *Gegenwartsbezogene Landschaftsgenese*. - *Freiburger Universitätsblätter* 160, 5-18.
- MAYER, H.; EHLERT, M. (2000): *Chronik Menzenschwand - Geschichte eines Schwarzwaldorfes*. Menzenschwand.
- MICHIELS, A.; SCHULER, T. (1857): *Les bucherons et les schlitteurs des Vosges*. 43 S., Strasbourg.
- MOARES, D.; SCIAMA, D.; DAMBRINE, E.; DUPOUEY, J.L.; GÉGOUT, J.C.; BRECHET, C. (2001): Evolution des stocks de carbone et de la disponibilité de l'azote lors de la dynamique de recolonisation des prairies abandonnées du Jura. - *Études et Gestion des Sols* 8, 119-134.
- MOTZKIN, G.; FOSTER, D.; ALLEN, A.; HARROD, J.; BOONE, R. (1996): Controlling site to evaluate history: vegetation patterns of a New England sand plain. - *Ecological Monographs* 66(3), 345-365.
- MÜHR, B. (2000): <http://www.klimadiagramme.de/Bawue/bawue.html>, Stand 05/2000.
- MÜLLER, K. (1939/40): Das Waldbild am Feldberg jetzt und einst. - *Mitteilungen für Naturkunde und Naturschutz* 4. Freiburg.
- MÜLLER, T. (1969): Die Vegetation des Naturschutzgebiet Zweribach. - *Veröffentlichungen der Landesstelle Naturschutz und Landespflege Baden-Württemberg* 34, 233-249.
- MÜLLER, M. (2004): *Auswirkungen der Landnutzung auf das lokale Klima in Räumen mit unterschiedlichem Relief*. Dissertation Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. (noch unveröffentlicht).

- MUNSELL (1990): Soil Color Chart. MACBETH Division of Kollmorgen Instruments Corporation. Maryland.
- OBERDORFER, E. (1937): Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte des Oberelsass und der Vogesen. - Zeitschrift für Botanik 30, 513-571.
- OBERDORFER, E. (1957): Süddeutsche Pflanzengesellschaften. 564 S., Jena.
- OBERDORFER, E.; SCHWABE, A. (2001): Pflanzensoziologische Exkursionsflora. 1051 S., Stuttgart.
- OFFICE NATIONAL DES FORÊT, DIRECTION RÉGIONALE ALSACE - Hrsg.- (2000): Les choix des essences forestières dans les Vosges alsaciennes. Dijon.
- ORWIG, D.A.; ABRAMS, M.D. (1994): Land-use history (1720-1992), composition, and dynamics of oak-pine forests within the Piedmont and Coastal Plain of northern Virginia. - Canadian Journal of Forest Research 24, 1216-1225.
- PARDO, L.H. (1997): Changes in soil ¹⁵N over time for a clearcut and a mature forest. - Biogeochem 97, Journal of Conference Abstracts 2, 266.
- PETERSON, B.J.; FRY, B. (1987): Stable isotopes in ecosystem studies. - Annual Review of Ecology and Systematics 18, 293-320.
- PRÉVOSTO, B.; DAMBRINE, E.; MOARES, C.; CURT, T. (2004): Effects of volcanic ash chemistry and former agricultural use on the soils and vegetation of naturally regenerated woodlands in the Massif Central, France. - Catena 56, 239-261.
- RACKHAM, O. (1980): Ancient woodland. 402 S., London.
- REINBOLZ, A. (2003): Der Schwarzwald als Kulturlandschaft. Integrierte Landschaftsanalyse als Grundlage für ein differenziertes Nutzungsmanagement. Dissertation Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- REINEKING, A.; LANGEL, R.; SCHIKOWSKI, J. (1993): ¹⁵N, ¹³C-on-line measurement with an elemental analyser (Carlo Erba, NA 1500), a modified trapping box and a gas isotope mass spectrometer (Finnigan Mat 251). - Isotopenpraxis, Environmental and Health Studies 29, 169-174.
- REHFUESS, K. (1990): Waldböden. Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung. 294 S., Hamburg, Berlin.
- REIF, A.; KATZMAIER, R. (1997): Zur Landnutzungsgeschichte der Allmendweiden von Ibach und Wittenschwand, Südschwarzwald. Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i. Breisgau 86/87, 55-98.
- RIGA, A.; VAN PRAAG, H.J.; BRIGODE, N. (1971): Rapport isotopique naturel de l'azote dans quelques sols forestiers et agricoles de Belgique soumis à divers traitements cultureaux. - Geoderma 6, 213-222.
- RUBNER, K.; REINHOLD, F. (1953): Das natürliche Waldbild Europas als Grundlage für einen europäischen Waldbau. Berlin.
- RUF, A. (2001): Stoffumsatzleistungen in Böden historisch alter und rezenter Laubwälder im niedersächsischen Flachland. - Andrias 15, 173-183.
- SAWATZKI, G. (1992): Geologische Karte 1:25 000 von Baden-Württemberg. Erläuterungen zu Blatt 8214 Sankt Blasien. Stuttgart.
- SCHAEFFER, F.; SCHACHTSCHABEL, P. (1998): Lehrbuch der Bodenkunde. 494 S., Stuttgart.

- SCHLICHTING, E.; BLUME, H.-P.; STAHR, K. (1995): Bodenkundliches Praktikum. Pareys Studentexte 81. 295 S., Berlin.
- SCHMIDT, U. (1989): Entwicklungen in der Bodennutzung im mittleren und südlichen Schwarzwald 1780. Dissertation Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.
- SCHMIDT, U. (2002): Der Wald in Deutschland im 18. und 19. Jahrhundert. 433 S., Saarbrücken.
- SCHÜLLI, L. (1967): Aufbau und Umwandlung in den Bauernwäldungen des mittleren Schwarzwaldes von 1850-1960. - Schriftenreihe der Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 24.
- SCHWABE-BRAUN, A. (1979): Der Bannwald Flüh. - Mitteilungen der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg 101.
- SCHWABE-BRAUN, A. (1979): Weidfeld-Vegetation im Schwarzwald: Geschichte, Gesellschaft und ihre Komplexe, Bedeutung für den Naturschutz. Freiburg.
- SCHWABE, A.; KRATOCHWIL, A.; BÄMMERT, J. (1989): Sukzessionsprozesse im aufgelassenen Weidfeld-Gebiet des „Bannwald Flüh“ (Südschwarzwald) 1976-1988.-Mit einer vergleichenden Betrachtung statistischer Auswertungsmethoden. - Tuexenia 9, 351-370.
- STADELBAUER, J. (1992): Ressourcenbewertung und Siedlungsentwicklung in höheren Mittelgebirgen am Beispiel der Vogesen. - Siedlungsforschung. Archäologie-Geschichte-Geographie 10, 79-104.
- STAHR, K. (1979): Die Bedeutung periglazialer Deckschichten für Bodenbildung und Standortseigenschaften im Südschwarzwald. - Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen 9.
- THORNE, J.; HAMBURG, S.P. (1985): Nitrification potentials of an old-field chronosequence in Campton, New Hampshire. - Ecology 66 (4), 1333-1338.
- TIMBAL, J. (1985a): Carte de la végétation de la France 1:200 000 N° 28 Alsace. CNRS. Paris.
- TIMBAL, J. (1985b): Types forestiers d'Alsace. INRA, ONF. Dijon.
- TRÜBY, P.; ALDINGER, E. (1989): Eine Methode zur Bestimmung austauschbarer Kationen in Waldböden. - Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 152, 301-306.
- VERHEYEN, K.; BOSSUYT, B.; HERMY, M.; TACK, G. (1999): The land use history (1278-1990) of mixed hardwood forest in western Belgium and its relationship with chemical soil characteristics. - Journal of Biogeography 26, 1115-1128.
- VOLK, H. (1969): Untersuchungen zur Ausbreitung und künstlichen Einbringung der Fichte im Schwarzwald. Dissertation Universität Freiburg.
- WALTER, R.; DORN, P. (1992): Geologie von Mitteleuropa. 560 S., Stuttgart
- WERNET, K.F. (1941): Blasiwald, ein Schwarzwälder Hochtal. Mein Heimatland 28 (1), 21-49.
- WERNER, R.; BRUCH, B.; BRAND, W. (1999): ConFlo III - an interface for high precision $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{15}\text{N}$ analysis with an extended dynamic range. - Rapid Communication in Mass Spectrometry 13, 1237-1241.
- WILMANN, O.; SCHWABE-BRAUN, A.; EMTER, M. (1979): Struktur und Dynamik der Pflanzengesellschaften im Reutwaldgebiet des mittleren Schwarzwaldes. - Documents phytosociologiques IV, 983-1023.

- WILMANN, O. (1991): Exkursionsführer Schwarzwald – eine Einführung in Landschaft und Vegetation. Stuttgart.
- WILSDORFER, H.; HERMANN, W.; LOEFFLER, K. (1960): Untersuchungen zur Geschichte der Flößerei im Dienste des Montanwesens und zum montanen Transportproblem. - Freiburger Forschungshefte, Kultur und Technik 28.
- WIMMENAUER, W.; SCHREINER, A. (1990): Geologische Karte 1:25 000 von Baden-Württemberg. Erläuterungen zu Blatt 8114 Feldberg. Stuttgart.
- WULF, M. (1994): Überblick zur Bedeutung des Alters von Lebensgemeinschaften, dargestellt am Beispiel "historisch alter Wälder". - NNA-Bericht 3, 3-14.
- WULF, M. (1999): Erstellung langer Zeitreihen mit Hilfe unterschiedlich alter Kartenwerke und deren Anwendung in der Forschung und im Naturschutz am Beispiel historisch alter Wälder. - Tübinger Geographische Studien 125, 157-177.
- WULF, M. (2003a): Forest policy in the EU and its influence on the plant diversity of woodlands. - Journal of Environmental Management 67(1), 15-25.
- WULF, M (2003b): Preference of plant species with differing habitat continuities. - Flora 198(6), 444-460.
- ZÖTTL, H.W.; STAHR, K.; KEILEN, K. (1977): Bodenentwicklung und Standorteigenschaften im Gebiet des Bärhaldegranits (südlicher Hochschwarzwald). - Allgemeine Forst- und Jagdzeitschrift 148 (10/11), 185-196.

Kartenmaterial

- StA.FR.: Gemarkungsübersicht 1:10000 Obersimonswald (1903).
- StA.FR.: Gemarkungsübersicht 1:10000 St. Peter (1903).
- StA.FR.: Gemarkungsübersicht 1:10000 Wildgutach (1899).
- StA.FR.: Gemarkungsübersicht 1:10000 Hinterstraß/St. Märgen
- StA.FR.: Gemarkungsübersicht 1:10000 Schönau (1903).
- StA.FR.: Gemarkungsübersicht 1:10000 Menzenschwand Vorderdorf und Hinterdorf (1871).
- StA.FR.: Gemarkungsübersicht 1:10000 Blasiwald (1869).
- VA.FR.: Atlas der Gemarkung St. Peter gemäß Gesetz vom 26.3.1852 (Ausführung 1892-1896) 1:1500 und 1:10000.
- GLA.KA.: Plan der Herrschaft St. Peter (1778/1790). Kartenbestand (H.) St. Peter Nr. 5 und 10.
- GLA.KA: Plann über den Simonswald (1784) Kartenbestand (H.) Simonswald Nr.11.
- Forstamt Schönau: Karte Talvogtei Schönau 1772
- La Marie de Miellin: Plan cadastral de Miellin (1841) 1:2000 (cadastre napoléonien) Section C.
- La Marie de Miellin: La Matrice cadastral de Miellin (1841)

-
- Geometrischer Grundriss der von dem Gotteshaus St. Blasien in dem XVII Saecula verkauften Waldungs nunmehr aber bewohnten Districts der Blasiwald genannt. (1777).
 - Plan über den Zwing und Bahn gelegenen Bezirk Blaesiwald Güter und Grundstücke (1808) 1:10000.
 - Schmitt'sche Karte von Südwestdeutschland (1:57 600): Blatt 17 (1797), Blatt 18 (1797), Blatt 35 (1797)
 - Topographische Karte von Schwaben (1:86 400): Blatt 28 (1826), Blatt 37 (1826)
 - Carte de Cassini (1:86 400): Blatt 144/55. Paris.
 - Topographische Karten (1:25 000), Landesvermessungsamt Baden-Württemberg: Blatt 7914 St. Peter (1992), Blatt 8114 Feldberg (Schwarzwald) (1993), Blatt 8213 Zell im Wiesental (1994), Blatt 8214 St. Blasien (1993). Stuttgart.
 - Carte TOP 25 (1:25 000), Institut Géographique National (1994) : Blatt 3520 ET Ballon d'Alsace. Paris.
 - Geologische Karten (1:25 000), Landesvermessungsamt Baden-Württemberg: Blatt 7914 St. Peter (1988), Blatt 8114 Feldberg (Schwarzwald) (1990), Blatt 8213 Zell im Wiesental (1997), Blatt 8214 St. Blasien (1992). Stuttgart.
 - Carte géologique de la France (1:50 000), Bureau de recherche géologiques et minières, Ministère du Développement industriel et scientifique: Blatt Giromagny (2001). Paris.

I. Profilaufnahmen

Profilaufnahme: Zweribach1 Profil1							
Höhe (üNN):		860					
Neigung:		25°					
Exposition:		SSE					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
2							Of
0,5							Oh
12	sL	gGr	2	10 YR 3/2	5	0	Ah
14	sL	X	0	10 YR 4/3	4	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach1 Profil2							
Höhe (üNN):		860					
Neigung:		25°					
Exposition:		SSE					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Tannenbuchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
3							Of(Oh)
8	sL	gGr	2	10 YR 3/2	5	0	Ah
10	sL	X	0	10 YR 3/4	3	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach2 Profil1							
Höhe (üNN):		800					
Neigung:		40°					
Exposition:		SSE					
frühere Nutzung:		18.Jh Reut-, Weidfeld/19. Wald					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
1							L
2							Of
0,5							Oh
8	sL	gGr	1	10 Y R 3/3	5	0	Ah
44	sL	X	0	10 YR 4/3	3	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach2 Profil2							
Höhe (üNN):		800					
Neigung:		40°					
Exposition:		SSE					
frühere Nutzung: 18. Jh Reut-, Weidfeld/19. Wald							
Vegetation: Tannen-Buchenwald							
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
0,5							Of
0,2							Oh
6	sL	gGr	1	10 YR 3/3	5	0	Ah
31	sL	X	0	10 YR 4/3	3	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach3 Profil1							
Höhe (üNN):		980					
Neigung:		25°					
Exposition:		O					
frühere Nutzung: Reut-, Weidfeld							
Vegetation: Hainsimsen-Buchenwal							
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
3							Of
0,1							Oh
15	sL	mGr	3	10 YR 3/3	5	0	Ah
18	sL	gGr	0	10 YR 4/3	4	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach3 Profil2							
Höhe (üNN):		870					
Neigung:		23°					
Exposition:		O					
frühere Nutzung: Reut,-Weidfeld							
Vegetation: Hainsimsen-Buchenwald							
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
1							L
1-2							Of(Oh)
14	sL	mGr	3	10 YR 3/3	5	0	Ah
8	sL	gGr	0	10 YR 4/3	3	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach4 Profil1							
Höhe (üNN):		850					
Neigung:		35°					
Exposition:		W					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
0,2							Oh
12	sL	mGr	3	10YR 2/1	5	0	Ah
18	sL	gGr	0	10YR 4/3	3	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach4 Profil2							
Höhe (üNN):		850					
Neigung:		32°					
Exposition:		W					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
1							L
1							Of,Oh
10	sL	mGr	3	10 YR 2/1	5	0	Ah
17	sL	gGr	0	10 YR 4/3	5	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach5 Profil1							
Höhe (üNN):		740					
Neigung:		20°					
Exposition:		NO					
frühere Nutzung:		Wiese					
Vegetation:		Bergahorn-Eschen-Stangenholz					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
0,5							L
3							Of
0,5							Oh
25	sL	mGr	3	10 YR 3/2	5	0	Ah
5	sL	gGr	0	10 YR 3/4	2	0	Bv
Humusform:		Mullartiger Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme:		Zweribach5 Profil2					
Höhe (üNN):		740					
Neigung:		20°					
Exposition:		NO					
frühere Nutzung:		Wiese					
Vegetation:		Bergahorn-Eschen- Stangenholz					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
0,5							L
1							Of
0,5							Oh
28	sL	mGr	3	10 YR 3/2	5	0	Ah
6	sL	gGr	0	10 YR 3/4	2	0	Bv
Humusform:		Mullartiger Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme:		Zweribach6 Profil1					
Höhe (üNN):		620					
Neigung:		35°					
Exposition:		NW					
frühere Nutzung:		Weidfeld					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
2							Of
1							Oh
17	sL	fGr	4	10 YR 2/1	1	0	Ah
10	sL	mGr	0	10 YR 4/3	0	0	Bv
Humusform:		Rohhumusartiger Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme:		Zweribach6 Profil2					
Höhe (üNN):		620					
Neigung:		35°					
Exposition:		NW					
frühere Nutzung:		Weidfeld					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
2							Of
1							Oh
20	sL	fGr	4	10 YR 2/1	1		Ah
10	sL	gGr	0	10 YR 4/3	0		Bv
Humusform:		Rohhumusartiger Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach7 Profil1							
Höhe (üNN):		890					
Neigung:		40°					
Exposition:		SSW					
frühere Nutzung:		alter Wald					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
4							L/Of/Oh
8	sL	X	4-5	10YR2/3	4	0	Ah
16	sL	fX	3	10YR3/3	3	0	AhBv
29	sL	gX	2	10YR4/4	3	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach7 Profil2							
Höhe (üNN):		890					
Neigung:		40°					
Exposition:		SSW					
frühere Nutzung:		alter Wald					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L/Of/Oh
7	sL	X	4-5	10 YR 2/3	4	0	Ah
17	sL	fX	3	10 YR 3/3	3	0	AhBv
25	sL	gX	2	10 YR 4/4	3	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach8 Profil1							
Höhe (üNN):		850					
Neigung:		27°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Reut-, Weidfeld					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
5							L/Of/Oh
15	sL	mGr	3-4	10 YR 1.7/1	3	0	Ah
6	sL	mGr	2	10 YR 2/2	2	0	AhBv
30	sL	X	0	5 YR 4/6	0		Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach8 Profil2							
Höhe (üNN):		850					
Neigung:		27°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Reut-, Weidfeld					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
Cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
4,5							L/Of/Oh
14	sL	mGr	3-4	10 YR 1.7/1	3	0	Ah
5	sL	mGr	2	10 YR 2/2	2	0	AhBv
32	sL	X	0	5 YR 4/6	0		Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach9 Profil1							
Höhe (üNN):		970					
Neigung:		6-7°					
Exposition:		NO					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
2							Of
1							Oh
11	sL	fGr	3	10 YR 2/2	4	0	Ah
36	sL	fGr	2	10 YR 3/4	3	0	AhBv
10	sL	fX	1	10 YR 4/4	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach9 Profil2							
Höhe (üNN):		970					
Neigung:		6-7°					
Exposition:		NO					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1,5							Of
1							Oh
10	sL	fGr	3	10 YR 2/2	4	0	Ah
35	sL	fGr	2	10 YR 3/4	3	0	AhBv
12	sL	fX	1	10 YR 4/4	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Zweribach10 Profil1							
Höhe (üNN): 910							
Neigung: 33°							
Exposition: W							
frühere Nutzung: Wiese							
Vegetation: Bergahorn-Eschen-Stangenholz							
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
01							L
1							Of
1							Oh
12	sL	fGr	2	10 YR 2/1	4	0	Ah
13	sL	fGr	2	10 YR 3/2	3	0	AhBv
29	sL	X	0	10 YR 4/3	1	0	Bv
Humusform: Moder							
Bodentyp: Braunerde							

Profilaufnahme: Zweribach10 Profil2							
Höhe (üNN): 910							
Neigung: 33°							
Exposition: W							
frühere Nutzung: Wiese							
Vegetation: Bergahorn-Eschen-Stangenholz							
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
0,5							L
1							Of
1							Oh
11	sL	fGr	2	10 YR 2/1	4	0	Ah
12	sL	fGr	2	10 YR 3/2	3	0	AhBv
29	sL	X	0	10 YR 4/3	1	0	Bv
Humusform: Moder							
Bodentyp: Braunerde							

Profilaufnahme: Menzenschwand1 Profil1							
Höhe (üNN): 1040							
Neigung: 25°							
Exposition: S							
frühere Nutzung: Weide							
Vegetation: Fichtenforst							
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
1					2		Oh
10	IS	mGr	2	5 YR 3/1	1	0	Ah
10	IS	gGr	0	5 YR 3/3	0	0	Bv
Humusform: Moder							
Bodentyp: Braunerde							

Profilaufnahme: Menzenschwand1 Profil2							
Höhe (üNN):		1040					
Neigung:		25°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
1					2		Oh
9	IS	mGr	2	5 YR 3/1	1	0	Ah
12	IS	gGr	0	5 YR 3/3	0	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Menzenschwand2 Profil1							
Höhe (üNN):		1130					
Neigung:		15°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		alter Wald					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
2							Of
1							Oh
10	IS	fX-mX	2	5 YR 3/2	2	0	Ah
45	IS	mX	0	5 YR 4/4	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Menzenschwand2 Profil2							
Höhe (üNN):		1130					
Neigung:		15°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		alter Wald					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
2							Of
1							Oh
11	IS	fX-mX	2	5 YR 3/2	2	0	Ah
40	IS	mX	0	5 YR 4/4	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Menzenschwand3 Profil1							
Höhe (üNN):		910					
Neigung:		5°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Wiese					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
0,5							Oh
20	IS	fGr	5	10 YR 1.7/1	3	0	Ah
45	IS	fGr	1	7,5 YR 3/2	2	0	Gr
Humusform:		Rohhumusartiger Moder					
Bodentyp:		Naßgley					

Profilaufnahme: Menzenschwand3 Profil2							
Höhe (üNN):		910					
Neigung:		5°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Wiese					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
0,5							Oh
21	IS	fGr	5	10 YR 1.7/1	3	0	Ah
43	IS	fGr	1	7,5 YR 3/2	2	0	Gr
Humusform:		Rohhumusartiger Moder					
Bodentyp:		Naßgley					

Profilaufnahme: Menzenschwand4 Profil1							
Höhe (üNN):		960					
Neigung:		12°					
Exposition:		O					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
1							Oh
10	IS	mGr	2	5 YR 3/3	2	0	Ah
55	IS	mGr	1	5 YR 3/1	0	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Menzenschwand4 Profil2							
Höhe (üNN):		960					
Neigung:		12°					
Exposition:		O					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
1							Oh
11	IS	mGr	2	5 YR 3/3	2	0	Ah
53	IS	mGr	1	5 YR 3/1	0	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Menzenschwand5 Profil1							
Höhe (üNN):		900					
Neigung:		8°					
Exposition:		W					
frühere Nutzung:		Wiese					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
2							Of
1							Oh
24	IS	fGr	6	10 YR 1.7/1	3	0	Ah
22	IS	mGr	1	10 YR 3/2	2	0	Gr1
20	IS	mGr	0	10 YR 5/4	1	0	Gr2
Humusform:		Rohhumusartiger Moder					
Bodentyp:		Naßgley					

Profilaufnahme: Menzenschwand5 Profil2							
Höhe (üNN):		900					
Neigung:		8°					
Exposition:		W					
frühere Nutzung:		Wiese					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
2							Of
1							Oh
23	IS	fGr	6	10 YR 1.7/1	3	0	Ah
20	IS	mGr	01	10 YR 3/2	2	0	Gr1
21	IS	mGr	0	10 YR 5/4	1	0	Gr2
Humusform:		Rohhumusartiger Moder					
Bodentyp:		Naßgley					

Profilaufnahme: Menzenschwand6 Profil1							
Höhe (üNN):		1000					
Neigung:		12°					
Exposition:		O					
frühere Nutzung:		alter Wald					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
2							Of
1							Oh
12	IS	fX	3	10 YR 2/2	5	0	Ah
10	IS	fX	2	10 YR 4/2	4	0	AhBv
35	IS	mX	1	10 YR 5/4	3	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Menzenschwand6 Profil2							
Höhe (üNN):		1000					
Neigung:		12°					
Exposition:		O					
frühere Nutzung:		alter Wald					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
2							Of
1							Oh
12	IS	fX	3	10 YR 2/2	5	0	Ah
10	IS	fX	2	10 YR 4/2	4	0	AhBv
35	IS	mX	1	10 YR 5/4	3	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Blasiwald1 Profil1							
Höhe (üNN):		1150					
Neigung:		17°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
2							Of
1							Oh
11	IS		3	10 YR 2/2	3	0	Ah
15	IS	mGr	2	10 YR 2/3	2	0	AhBv
34	IS	mGr	1	10 YR 4/4	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Blasiwald1 Profil2							
Höhe (üNN):		1150					
Neigung:		17°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
2							Of
1							Oh
10	IS		3	10 YR 2/2	3	0	Ah
15	IS	mGr	2	10 YR 2/3	2	0	AhBv
30	IS	mGr	1	10 YR 4/4	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Blasiwald2 Profil1							
Höhe (üNN):		1180					
Neigung:		17°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
2							Of
1							Oh
12	IS	mGr	3	10 YR 3/3	3	0	Ah
23	IS	mGr	2	10 YR 3/4	2	0	AhBv
33	IS	mGr	1	10 YR 4/6	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Blasiwald2 Profil2							
Höhe (üNN):		1180					
Neigung:		17°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
2							Of
1							Oh
10	IS	mGr	3	10 YR 3/3	3	0	Ah
22	IS	mGr	2	10 YR 3/4	2	0	AhBv
35	IS	mGr	1	10 YR 4/6	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Blasiwald3 Profil1							
Höhe (üNN):		890					
Neigung:		3°					
Exposition:		O					
frühere Nutzung:		Wiese					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
4							L
1							Of
1							Oh
40	IS	fGr	5	10 YR 1.7/1	2	0	Ah
23	IS	mGr	2	10 YR 3/2	0	0	Gr1
17	IS	mGr	0	10 YR 4/1	0	0	Gr2
Humusform:		Rohhumusartiger Moder					
Bodentyp:		Naßgley					

Profilaufnahme: Blasiwald3 Profil2							
Höhe (üNN):		890					
Neigung:		3°					
Exposition:		O					
frühere Nutzung:		Wiese					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
4							L
1							Of
1							Oh
38	IS	fGr	5	10 YR 1.7/1	2	0	Ah
21	IS	mGr	2	10 YR 3/2	0	0	Gr1
15	IS	mGr	0	10 YR 4/1	0	0	Gr2
Humusform:		Rohhumusartiger Moder					
Bodentyp:		Naßgley					

Profilaufnahme: Blasiwald4 Profil1							
Höhe (üNN):		1150					
Neigung:		11°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
2							Of
1							Oh
6	IS		3	10 YR 2/2	4	0	Ah
9	IS	fX	1	10 YR 3/4	2	0	AhBv
53	IS	fX-gX	0	10 YR 4/6	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Blasiwald4 Profil2							
Höhe (üNN):		1150					
Neigung:		11°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
2							Of
1							Oh
7	IS		3	10 YR 2/2	4	0	Ah
10	IS	fX	1	10 YR 3/4	2	0	AhBv
51	IS	fX-gX	0	10 YR 4/6	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Blasiwald5 Profil1							
Höhe (üNN):		1005					
Neigung:		5°					
Exposition:		NNO					
frühere Nutzung:		Acker					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
0,5							Of
0,5							Oh
22	IS	fGr	3	10 YR 3/3	2	0	Ap
47	IS	mGr	1	10 YR 4/4	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Acker-Braunerde					

Profilaufnahme: Blasiwald5 Profil2							
Höhe (üNN):		1005					
Neigung:		5°					
Exposition:		NNO					
frühere Nutzung:		Acker					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
0,5							Of
0,5							Oh
22	IS	fGr	3	10 YR 2/1	2	0	Ap
47	IS	mGr	1	10 YR 3/3	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Acker-Braunerde					

Profilaufnahme: Bannwald Flüh1 Profil1							
Höhe (üNN):		630					
Neigung:		30°					
Exposition:		NNW					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
0,5							Oh
3	sL	gGr	2	10 YR 2/2	3	0	Ah
40	sL	fX	1	10 YR 3/4	2	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Bannwald Flüh1 Profil2							
Höhe (üNN):		630					
Neigung:		30°					
Exposition:		NNW					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
0,5							Oh
4	sL	gGr	2	10 YR 2/2	3	0	Ah
41	sL	fX	1	10 YR 3/4	2	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Bannwald Flüh2 Profil1							
Höhe (üNN):		550					
Neigung:		25°					
Exposition:		W					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Hainbuchen-Niederwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
1							L
1							Of
1							Oh
6	sL	mGr	4	10 YR 2/1	4	0	Ah
41	sL	gGr	3	10 YR 2/2	3	0	AhBv
5	sL	fX	0	10 YR 4/4	2	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Bannwald Flüh2 Profil2							
Höhe (üNN):		550					
Neigung:		25°					
Exposition:		W					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Hainbuchen-Niederwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
1							L
1							Of
1							Oh
5	sL	mGr	4	10 YR 2/1	4	0	Ah
40	sL	gGr	3	10 YR 2/2	3	0	AhBv
4	sL	fX	0	10 YR 4/4	2	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Bannwald Flüh3 Profil1							
Höhe (üNN):		650					
Neigung:		15°					
Exposition:		N					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
2							Of
1							Oh
6	sL	gGr	4	10 YR 2/1	4	0	Ah
15	sL	fXr	2-3	10 YR 3/3	2	0	AhBv
12	sL	fX	0	10 YR 4/4	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Bannwald Flüh3 Profil2							
Höhe (üNN):		650					
Neigung:		15°					
Exposition:		N					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
3							L
2							Of
1							Oh
5	sL	gGr	4	10 YR 2/1	4	0	Ah
12	sL	fXr	2-3	10 YR 3/3	2	0	AhBv
10	sL	fX	0	10 YR 4/4	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Bannwald Flüh4 Profil1							
Höhe (üNN):		640					
Neigung:		25°					
Exposition:		SW					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
2							Of
1							Oh
8	sL	gGr	3	10 YR 2/2	2	0	Ah
15	sL	gGr	2	10 YR 4/3	2	0	AhBv
15	sL	fX	0	10 YR 4/4	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Bannwald Flüh4 Profil2							
Höhe (üNN):		640					
Neigung:		25°					
Exposition:		SW					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
2							Of
1							Oh
6	sL	gGr	3	10 YR 2/2	2	0	Ah
14	sL	gGr	2	10 YR 4/3	2	0	AhBv
12	sL	fX	0	10 YR 4/4	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Bannwald Flüh5 Profil1							
Höhe (üNN):		580					
Neigung:		31°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
2							Of
1							Oh
16	sL	fGr	3	10 YR 2/3	5	0	Ah
22	sL	fGr	2	10 YR 3/3	4	0	AhBv
22	sL	mGr	0	10 YR 4/2	2	0	Bv
Humusform:		Rohhumusartiger Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Bannwald Flüh5 Profil2							
Höhe (üNN):		580					
Neigung:		31°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Fichtenforst					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
4							L
2							Of
2							Oh
15	sL	fGr	3	10 YR 2/3	5	0	Ah
21	sL	fGr	2	10 YR 3/3	4	0	AhBv
20	sL	mGr	0	10 YR 4/2	2	0	Bv
Humusform:		Rohhumusartiger Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Bannwald Flüh6 Profil1							
Höhe (üNN):		630					
Neigung:		37°					
Exposition:		N					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
2							Of
0,5							Oh
10	sL	mGr	4	10 YR 2/3	4	0	Ah
20	sL	fX	2	10 YR 3/3	3	0	AhBv
25	sL	fX	0	10 YR 4/4	2	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Bannwald Flüh6 Profil2							
Höhe (üNN):		630					
Neigung:		37°					
Exposition:		N					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Hainsimsen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
2							Of
0,5							Oh
11	sL	mGr	4	10 YR 2/3	4	0	Ah
22	sL	fX	2	10 YR 3/3	3	0	AhBv
23	sL	fX	0	10 YR 4/4	2	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Miellin1 Profil1							
Höhe (üNN):		760					
Neigung:		13°					
Exposition:		SSO					
frühere Nutzung:		Acker					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
1							L
1							Of
0,5							Oh
18	IS	fGr	3	10 YR 2/2	3	0	Ap
32	IS	fGr	2	10 YR 3/4	2	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Miellin1 Profil2							
Höhe (üNN):		760					
Neigung:		13°					
Exposition:		SSO					
frühere Nutzung:		Acker					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
1							L
1							Of
0,5							Oh
19	IS	fGr	3	10 YR 2/2	3	0	Ap
33	IS	fGr	2	10 YR 3/4	2	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Miellin2 Profil1							
Höhe (üNN):		780					
Neigung:		23°					
Exposition:		SSO					
frühere Nutzung:		Wiese					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
0,5							Oh
6	IS	mGr	3	5 YR 3/2	3	0	Ah
5	IS	mGr	2	5 YR 3/4	2	0	AhBv
49		X	1	5 YR 3/6	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme:		Miellin2 Profil2					
Höhe (üNN):		780					
Neigung:		23°					
Exposition:		SSO					
frühere Nutzung:		Wiese					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
0,5							Oh
7	IS	mGr	3	5 YR 3/2	3	0	Ah
5	IS	mGr	2	5 YR 3/4	2	0	AhBv
47		X	1	5 YR 3/6	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme:		Miellin3 Profil1					
Höhe (üNN):		740					
Neigung:		2°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Wiese					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
1							L
1							Of/Oh
8	IS	mGr	2	5 YR 3/2	2	0	Ah
4	IS	fX	1	5 YR 4/4	1	0	AhBv
20	IS	fX	1	5 YR 3/4	0	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme:		Miellin3 Profil2					
Höhe (üNN):		740					
Neigung:		2°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Wiese					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
1							L
1							Of
7	IS	mGr	2	5 YR 3/2	2	0	Ah
5	IS	fX	1	5 YR 4/4	1	0	AhBv
19	IS	fX	1	5 YR 3/4	0	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Miellin4 Profil1							
Höhe (üNN):		780					
Neigung:		4°					
Exposition:		W					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
1							L
1							Of
0,5							Oh
8	IS	mGr	5	7,5 YR 1.7/1	3	0	Ah
8	IS	fX	1	7,5 YR 3/3	2	o	AhBv
27	IS	fX	2	7,5 YR 3/4	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Miellin4 Profil2							
Höhe (üNN):		780					
Neigung:		4°					
Exposition:		W					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
1							L
1							Of
0,5							Oh
7	IS	mGr	5	7,5 YR 1.7/1	3	0	Ah
10	IS	fX	1	7,5 YR 3/3	2	o	AhBv
27	IS	fX	2	7,5 YR 3/4	1	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Miellin5 Profil1							
Höhe (üNN):		860					
Neigung:		22°					
Exposition:		N					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
1							Oh
11	IS	fX	4	10 YR 2/1	4	0	Ah
10	IS	fX	3	10 YR 2/2	3	0	AhBv
60	IS	mX	1	10 YR 3/3	2	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Miellin5 Profil2							
Höhe (üNN):		860					
Neigung:		22°					
Exposition:		N					
frühere Nutzung:		Wald					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
1							Oh
12	IS	fX	4	10 YR 2/1	4	0	Ah
10	IS	fX	3	10 YR 2/2	3	0	AhBv
53	IS	mX	1	10 YR 3/3	2	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Miellin6 Profil1							
Höhe (üNN):		860					
Neigung:		6°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
0,5							Oh
13	IS	mGr	4	7,5 YR 2/2	3	0	Ah
47	IS	mGr	2	7,5 YR 3/4	2	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

Profilaufnahme: Miellin6 Profil2							
Höhe (üNN):		860					
Neigung:		6°					
Exposition:		S					
frühere Nutzung:		Weide					
Vegetation:		Tannen-Buchenwald					
Mächtigkeit	Bodenart						
cm	<2mm	>2mm	H.g.	Farbe	W.	Kalk	Horizont
2							L
1							Of
0,5							Oh
12	IS	mGr	4	7,5 YR 2/2	3	0	Ah
45	IS	mGr	2	7,5 YR 3/4	2	0	Bv
Humusform:		Moder					
Bodentyp:		Braunerde					

II. Analyseergebnisse

Standort	ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB5	ZB6	ZB7	ZB8	ZB9	ZB10
Nutzung	Wald	Wald	Weide	Wald	Wiese	Weide	Wald	Weide	Weide	Wiese
pHCa A1	3,8	3,8	3,7	3,5	4,4	4,0	3,4	3,2	3,6	4,3
pHCa A2	3,7	3,9	3,7	3,5	4,3	3,9	3,4	3,3	3,8	4,5
pHCa A3	3,6	3,9	4,0	3,5	4,4	4,0	3,6	3,5	3,9	4,6
pHCa A4	3,7	3,9	3,7	3,4	4,2	4,0	3,4	3,2	3,7	4,2
pHCa A5	3,6	3,9	3,6	3,5	4,3	4,0	3,3	3,3	3,8	4,3
pHCa Amix	3,6	3,9	3,9	3,6	4,4	4,1	3,3	3,2	3,6	4,5
pHK A1	3,7	3,8	3,7	3,5	4,3	4,0	3,3	3,2	3,6	4,6
pHK A2	3,6	3,9	3,6	3,5	4,3	3,9	3,3	3,3	3,7	4,4
pHK A3	3,5	3,8	4,0	3,5	4,3	4,0	3,5	3,5	3,8	4,6
pHK A4	3,6	3,7	3,6	3,3	4,1	4,0	3,3	3,0	3,7	4,2
pHK A5	3,5	3,8	3,5	3,5	4,2	3,9	3,1	3,2	3,7	4,3
pHK Amix	3,5	3,8	3,9	3,6	4,3	4,0	3,4	3,4	3,6	4,5
N A1 (%)	0,81	0,56	0,63	0,95	0,60	0,47	0,98	1,04	0,60	0,73
N A2 (%)	0,90	0,51	0,73	0,90	0,67	0,56	0,89	1,03	0,48	0,79
N A3 (%)	0,75	0,50	0,53	0,75	0,62	0,43	0,74	0,87	0,48	0,59
N Amix (%)	0,90	0,56	0,67	0,76	0,62	0,61	0,91	1,07	0,58	0,70
C A1 (%)	13,59	10,63	13,11	17,20	6,88	10,04	16,01	16,19	10,98	9,07
C A2 (%)	15,30	10,29	13,33	17,03	7,81	10,39	16,15	17,20	10,02	9,87
C A3 (%)	14,09	10,65	12,20	15,64	7,12	9,50	14,57	15,59	11,20	8,82
C Amix (%)	15,31	10,99	11,62	16,63	7,12	10,77	15,73	17,02	11,31	9,09
C/N A1	18	19	20	18	11	17	18	16	18	12
C/N A2	17	20	19	19	12	19	18	19	20	14
C/N A3	19	20	17	20	11	16	18	17	19	13
C/N Amix	17	20	17	18	11	18	17	17	19	13
¹⁵ N A1 (‰)	-2,122	-0,949	1,199	-1,030	6,743	1,628	-1,395	-0,810	1,115	3,433
¹⁵ N A2 (‰)	-1,571	-1,947	1,149	-1,087	6,070	1,247	-1,735	-0,666	1,170	3,344
¹⁵ N A3 (‰)	-1,866	-1,494	1,431	-1,342	6,275	1,133	-0,789	-0,223	1,316	3,644
¹⁵ N Amix (‰)	-1,498	-1,298	1,090	-0,900	6,050	0,890	-1,128	-0,660	0,518	3,005
KAK A1 (µmolc/g)	133,06	113,39	151,96	165,30	80,04	100,43	251,43	228,27	144,64	100,33
KAK A2 (µmolc/g)	242,79	123,95	188,22	204,78	92,03	122,43	237,01	231,86	150,24	123,73
KAK A3 (µmolc/g)	186,53	122,16	185,22	217,58	88,20	112,44	173,81	189,21	107,59	108,36
KAK Amix(µmolc/g)	176,37	122,43	119,68	181,83	95,68	105,48	216,54	223,63	167,30	109,71
BS A1 (%)	20	12	8	14	60	7	16	16	8	80
BS A2 (%)	20	20	10	12	62	9	18	19	7	85
BS A3 (%)	14	16	8	10	67	8	12	17	13	85
BS Amix (%)	13	11	11	11	67	9	15	17	9	80

Standort	Me1	Me2	Me3	Me4	Me5	Me6
Nutzung	Weide	Wald	Wiese	Weide	Wiese	Wald
pHCaCl A1	3,6	3,2	4,0	3,2	3,5	3,2
pHCaCl A2	3,7	3,3	4,1	3,3	3,4	3,2
pHCaCl A3	3,7	3,2	4,4	3,5	3,9	3,3
pHCaCl A4	3,7	3,2	4,1	3,3	3,7	3,2
pHCaCl A5	3,3	3,1	4,5	3,3	3,6	3,3
pHCaCl Amix	3,6	3,1	3,7	3,4	3,6	3,2
pHKCl A1	3,5	3,1	3,9	3,1	3,5	3,1
pHKCl A2	3,6	3,2	4	3,1	3,3	3
pHKCl A3	3,7	3,1	4,2	3,3	3,6	3,1
pHK A4	3,6	3,0	4	3,2	3,6	3,2
pHK A5	3,3	3,0	4,2	3,1	3,5	3,1
pHK Amix	3,5	3,1	3,5	3,4	3,5	3,1
N A1 (%)	0,33	0,33	0,43	0,38	0,53	0,38
N A2 (%)	0,46	0,53	0,48	0,55	0,55	0,79
N A3 (%)	0,35	0,61	0,80	0,33	0,94	0,31
N Amix (%)	0,43	0,58	0,65	0,51	0,63	0,41
C A1 (%)	7,27	9,00	8,98	7,40	9,72	6,35
C A2 (%)	8,12	9,48	8,90	6,08	9,70	7,42
C A3 (%)	7,86	10,60	9,60	5,99	9,50	6,27
C Amix (%)	8,92	10,40	9,60	6,50	9,70	7,17
C/N A1	22	16	16	20	18	17
C/N A2	24	18	16	18	19	18
C/N A3	23	17	16	18	18	17
C/N Amix	23	18	16	19	17	17
¹⁵N A1 (‰)	-1,301	-0,887	3,704	1,344	1,724	-1,47
¹⁵N A2 (‰)	-1,361	-0,514	2,061	1,219	2,061	-1,988
¹⁵N A3 (‰)	-1,335	-0,610	1,728	1,505	1,728	-1,759
¹⁵N Amix (‰)	-1,357	-0,593	1,811	1,122	1,811	-1,778
KAK A1(μmolc/g)	102,24	102,96	94,21	98,47	107,68	121,27
KAK A2 (μmolc/g)	114,61	135,79	86,94	94,89	141,85	153,15
KAK A3 (μmolc/g)	106,88	118,31	106,67	90,89	131,23	117,73
KAK Amix (μmolc/g)	110,98	101,26	108,46	117,09	120,93	121,22
BS A1 (%)	15	13	21	10	39	10
BS A2 (%)	15	12	18	11	38	11
BS A3 (%)	17	10	21	12	45	13
BS Amix (%)	16	12	21	10	44	12

Standort	BW1	BW2	BW3	BW4	BW5
Nutzung	Weide	Wald	Wiese	Wald	Acker
pHCa A1	3,9	3,7	3,9	3,3	4,3
pHCa A2	3,4	3,6	3,8	3,2	4,3
pHCa A3	3,8	3,3	3,7	3,0	4,2
pHCa A4	3,6	3,6	3,8	3,4	4,2
pHCa A5	3,7	3,7	3,7	3,2	4,3
pHCa Amix	3,8	3,5	3,8	3,2	4,4
pHK A1	3,9	3,5	3,9	3,4	4,3
pHK A2	3,7	3,4	3,8	3,2	4,2
pHK A3	4,0	3,3	3,7	3,3	4,2
pHK A4	3,5	3,4	3,5	3,0	4,1
pHK A5	3,7	3,4	3,7	3,2	4,2
pHK Amix	3,7	3,5	3,8	3,2	4,4
N A1 (%)	0,31	0,33	0,58	0,81	0,25
N A2 (%)	0,85	0,54	0,60	0,87	0,38
N A3 (%)	0,54	0,67	0,86	0,76	0,45
N Amix (%)	0,78	0,60	0,67	0,98	0,37
C A1 (%)	16,11	9,45	8,60	16,81	8,34
C A2 (%)	18,32	9,96	9,89	17,60	8,35
C A3 (%)	15,26	11,47	10,88	15,34	9,80
C Amix (%)	17,48	11,07	10,42	16,03	7,80
C/N A1	20	17	15	21	18
C/N A2	22	18	16	22	22
C/N A3	23	20	16	20	22
C/N Amix	22	19	16	21	21
¹⁵N A1 (‰)	-0,387	-1,000	2,918	-1,656	2,192
¹⁵N A2 (‰)	-0,748	-1,967	2,400	-2,168	1,855
¹⁵N A3 (‰)	-0,976	-2,268	2,471	-1,606	2,007
¹⁵N Amix (‰)	-0,475	-2,164	2,831	-2,133	2,045
KAK A1 (µmolc/g)	110,04	106,12	93,22	178,07	83,29
KAK A2 (µmolc/g)	197,89	137,84	93,81	202,73	80,07
KAK A3 (µmolc/g)	205,21	177,05	119,27	180,99	81,35
KAK Amix (µmolc/g)	189,79	155,29	94,09	201,72	102,44
BS A1 (%)	64	13	18	12	18
BS A2 (%)	60	11	19	17	21
BS A3 (%)	72	17	24	11	18
BS Amix (%)	73	16	20	18	26

Standort	BF1	BF2	BF3	BF4	BF5	BF6
Nutzung	Wald	Weide	Weide	Weide	Wiese	Wald
pHCa A1	3,8	4,1	3,5	4,4	4,5	3,6
pHCa A2	3,9	3,8	3,3	4,5	4,3	3,9
pHCa A3	3,8	4,0	3,4	4,2	4,3	3,8
pHCa A4	3,8	4,0	3,4	4,4	4,5	3,5
pHCa A5	3,9	3,9	3,3	4,3	4,3	3,8
pHCa Amix	3,8	3,9	3,4	4,3	4,3	3,8
pHK A1	3,7	4,1	3,4	4,2	4,3	3,6
pHK A2	3,7	3,9	3,2	4,3	4,2	3,8
pHK A3	3,8	4,0	3,2	4,1	4,2	3,7
pHK A4	3,8	3,8	3,2	4,2	4,2	3,7
pHK A5	3,7	4,0	3,3	4,2	4,2	3,6
pHK Amix	3,7	3,9	3,3	4,1	4,2	3,7
N A1 (%)	0,77	0,57	0,88	0,43	0,58	0,57
N A2 (%)	0,75	0,92	0,90	0,47	0,70	0,63
N A3 (%)	0,77	0,98	0,82	0,45	0,66	0,76
N Amix (%)	0,76	1,03	0,95	0,45	0,61	0,70
C A1 (%)	13,14	15,64	15,78	6,04	7,11	10,76
C A2 (%)	13,20	16,13	18,02	6,16	9,57	10,58
C A3 (%)	12,80	17,03	17,94	6,02	8,11	11,34
C Amix (%)	13,05	17,50	17,90	6,90	8,90	11,25
C/N A1	17	17	18	14	12	15
C/N A2	18	18	18	13	14	17
C/N A3	17	17	20	14	12	16
C/N Amix	17	17	20	13	12	16
¹⁵N A1 (‰)	-2,370	-1,255	0,080	1,198	3,790	-0,155
¹⁵N A2 (‰)	-2,400	-1,151	0,201	1,728	3,470	-0,608
¹⁵N A3 (‰)	-2,210	-1,417	-0,253	1,297	3,727	-0,400
¹⁵N Amix (‰)	-2,370	-1,639	-0,259	0,937	3,157	-0,607
KAK A1 (µmolc/g)	119,49	146,71	156,23	76,35	127,11	91,42
KAK A2 (µmolc/g)	118,90	154,08	237,51	76,98	144,82	91,28
KAK A3 (µmolc/g)	115,70	168,05	226,36	73,00	123,49	98,52
KAK Amix (µmolc/g)	118,03	128,31	155,89	72,09	124,10	111,12
BS A1 (%)	23	33	17	58	84	32
BS A2 (%)	22	39	22	67	88	31
BS A3 (%)	21	37	20	64	78	35
BS Amix (%)	22	39	20	58	80	29

Standort	Mi1	Mi2	Mi3	Mi4	Mi5	Mi6
Nutzung	Acker	Wiese	Wiese	Wald	Wald	Weide
pHCa A1	3,8	3,5	3,5	3,0	3,3	3,4
pHCa A2	4,0	3,1	3,3	3,0	3,2	3,3
pHCa A3	3,8	3,4	3,1	3,1	3,3	3,4
pHCa A4	3,9	3,5	3,7	3,0	3,2	3,3
pHCa A5	3,7	3,5	3,6	3,1	3,2	3,4
pHCa Amix	3,7	3,6	3,6	3,0	3,4	3,4
pHK A1	3,8	3,7	3,6	3,1	3,2	3,2
pHK A2	4,1	3,4	3,6	3,0	3,1	3,2
pHK A3	3,8	3,4	3,5	3,0	3,2	3,2
pHK A4	4,0	4,1	4,4	3,0	3,2	3,2
pHK A5	3,8	3,6	3,7	3,0	3,1	3,2
pHK Amix	3,9	3,6	3,6	3,0	3,2	3,2
N A1 (%)	0,44	0,48	0,44	0,82	0,43	0,57
N A2 (%)	0,50	0,51	0,52	0,89	0,58	0,60
N A3 (%)	0,53	0,49	0,53	0,86	0,37	0,70
N Amix (%)	0,52	0,57	0,53	0,76	0,50	0,54
C A1 (%)	6,42	6,62	6,11	15,53	7,74	8,70
C A2 (%)	6,92	6,90	7,19	16,37	9,64	9,23
C A3 (%)	6,48	8,37	6,84	16,05	6,08	11,34
C Amix (%)	7,59	8,39	7,56	14,78	8,37	8,45
C/N A1	15	15	14	19	18	15
C/N A2	15	15	14	20	17	15
C/N A3	15	14	15	19	17	16
C/N Amix	15	15	14	19	17	16
¹⁵N A1 (‰)	2,483	2,301	3,373	0,209	0,505	1,031
¹⁵N A2 (‰)	2,634	2,018	2,664	0,229	0,529	0,887
¹⁵N A3 (‰)	2,959	1,859	3,432	0,298	0,698	1,226
¹⁵N Amix (‰)	2,554	1,700	2,823	0,399	0,513	1,094
KAK A1 (µmolc/g)	91,87	95,93	86,17	148,58	97,76	138,64
KAK A2 (µmolc/g)	81,76	82,87	90,70	174,75	112,93	131,98
KAK A3 (µmolc/g)	106,56	82,65	104,54	151,10	79,72	152,21
KAK Amix (µmolc/g)	103,12	114,44	98,89	153,56	98,10	113,20
BS A1 (%)	36	62	47	21	8	6
BS A2 (%)	33	63	45	25	9	9
BS A3 (%)	35	57	49	23	14	9
BS Amix (%)	43	48	55	16	10	10

Liste der in allen Untersuchungsgebieten aufgenommenen Pflanzenarten mit den Zeigerwerten Licht, Feuchte, Reaktion, Stickstoff

Wissenschaftlicher Name	Deutscher Name	L	F	R	N
<i>Abies alba</i>	Weißtanne	(3)	0	0	0
<i>Acer platanoides</i>	Spitz-Ahorn	(5)	0	0	0
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Berg-Ahorn	(4)	6	0	7
<i>Aegopodium podagraria</i>	Giersch	5	6	7	8
<i>Agrostis tenuis</i>	Rotes Straußgras	7	0	4	4
<i>Ajuga reptans</i>	Kriechender Günsel	6	6	6	6
<i>Anemone nemorosa</i>	Busch-Windröschen	X	5	0	0
<i>Asarum europaeum</i>	Europäische Haselwurz	3	5	7	6
<i>Athyrium distentifolium</i>	Alpenfrauenfarn	5	6	6	7
<i>Athyrium filix-femina</i>	Wald-Frauenfarn	4	7	0	6
<i>Betula pendula</i>	Hänge-Birke	(7)	0	0	0
<i>Blechnum spicant</i>	Rippenfarn	3	6	2	3
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	Rohr-Reitgras	6	5	4	5
<i>Calluna vulgaris</i>	Heidekraut	8	1	1	0
<i>Cardamine pratensis</i>	Wiesen-Schaumkraut	5	6	0	0
<i>Carex pallescens</i>	Bleiche Segge	7	6	4	3
<i>Carex panicea</i>	Hirsen-Segge	8	8	0	4
<i>Carex pilulifera</i>	Pillen-Segge	6	5	3	3
<i>Carex sylvatica</i>	Wald-Segge	2	5	6	5
<i>Carpinus betulus</i>	Hainbuche	(4)	0	0	0
<i>Chamaespartium sagittale</i>	Flügel-Ginster	8	4	4	2
<i>Corylus avellana</i>	Hasel	6	0	0	5
<i>Crataegus monogyna</i>	Eingrifflicher Weißdorn	7	4	8	4
<i>Crepis paludosa</i>	Sumpf-Pipau	7	8	8	6
<i>Dechampsia flexuosa</i>	Draht-Schmiele	6	0	2	3
<i>Digitalis purpurea</i>	Roter Fingerhut	7	5	3	6
<i>Dryopteris dilatata</i>	Breitblättriger Dornfarn	4	6	0	7
<i>Dryopteris filix-mas</i>	Männlicher Wurmfarne	3	5	5	6
<i>Dryopteris pseudomas</i>	Spreuschuppiger Wurmfarne	4	6	5	6
<i>Epipactis atrorubens</i>	Braunrote Stendelwurz	6	3	8	2
<i>Epipactis helleborine</i>	Breitblättrige Stendelwurz	6	5	7	5
<i>Euphorbia cyparissias</i>	Zypressenwolfsmilch	8	3	0	3
<i>Fagus sylvatica</i>	Rotbuche	(3)	5	0	0
<i>Festuca altissima</i>	Wald-Schwingel	3	5	4	6
<i>Filipendula ulmaria</i>	Mädesüß	7	8	0	4
<i>Fragaria vesca</i>	Wald-Erdbeere	7	5	0	6
<i>Fraxinus excelsior</i>	Gewöhnliche Esche	(4)	0	7	7
<i>Galium aparine</i>	Kletten Labkraut	7	0	6	0
<i>Galium harcyenicum</i>	Harzer Labkraut	7	5	2	3
<i>Galium odoratum</i>	Waldmeister	2	5	6	5
<i>Geranium robertianum</i>	Ruprechtskraut	4	0	0	7
<i>Glechoma hederacea</i>	Gundelrebe	6	6	0	7
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	Eichenfarn	3	6	4	5
<i>Hedera helix</i>	Efeu	(4)	5	0	0
<i>Hieracium sylvaticum</i>	Wald-Habichtskraut	4	5	5	4
<i>Holcus mollis</i>	Weiches Honiggras	6	6	0	4
<i>Ilex aquifolium</i>	Stechpalme	(4)	0	0	0
<i>Impatiens noli-tangere</i>	Rühr-mich-nicht-an	4	7	7	6

<i>Lamium galeobdolon</i>	Goldnessel	2	5	7	5
<i>Larix decidua</i>	Europäische Lerche	(8)	0	0	0
<i>Luzula luzuloides</i>	Weißes Hainsimse	4	5	3	4
<i>Malus sylvestris</i>	Wild-Apfel	(7)	0	0	0
<i>Melica uniflora</i>	Einblütiges Perlgras	3	5	6	6
<i>Mercurialis perennis</i>	Wald-Bingelkraut	2	0	8	7
<i>Mycelis muralis</i>	Mauerlattich	4	5	0	6
<i>Oxalis acetosella</i>	Wald-Sauerklee	1	5	4	6
<i>Paris quadrifolia</i>	Einbeere	3	6	7	7
<i>Phyteuma spicatum</i>	Schwarze Teufelskralle	X	5	6	5
<i>Picea abies</i>	Fichte	(5)	0	0	0
<i>Pinus sylvestris</i>	Wald-Kiefer	(7)	0	0	0
<i>Polygonatum verticillatum</i>	Quirlblättrige Weißwurz	4	5	4	5
<i>Populus tremula</i>	Zitter-Pappel	(6)	0	0	0
<i>Potentilla erecta</i>	Blutwurz	6	0	0	2
<i>Prenanthes purpurea</i>	Hasenlattich	4	5	5	5
<i>Primula elatior</i>	Große Schlüsselblume	6	6	7	7
<i>Pteridium aquilinum</i>	Adlerfarn	6	5	3	3
<i>Quercus robur</i>	Stieleiche	(7)	0	0	0
<i>Rubus fruticosus</i>	Brombeere	7	0	6	0
<i>Rubus idaeus</i>	Himbeere	7	0	0	6
<i>Sambucus nigra</i>	Schwarzer Holunder	7	0	0	0
<i>Sambucus racemosa</i>	Trauben-Holunder	6	0	0	0
<i>Scrophularia nodosa</i>	Knotige Braunwurz	4	6	6	7
<i>Senecio fuchsii</i>	Fuchs' Geiskraut	7	5	0	8
<i>Silene dioica</i>	Rote Lichtnelke	X	6	7	8
<i>Solidago virgaurea</i>	Gewöhnliche Goldrute	8	5	0	4
<i>Sorbus aucuparia</i>	Eberesche	(6)	0	4	0
<i>Stachys sylvatica</i>	Wald-Ziest	4	7	7	7
<i>Stellaria nemorum</i>	Wald-Sternmiere	4	7	5	7
<i>Taraxacum officinale</i>	Wiesen-Löwenzahn	7	5	0	8
<i>Teucrium scorodonia</i>	Salbei-Gamander	6	4	2	3
<i>Tilia platyphyllos</i>	Sommer-Linde	(3)	0	0	0
<i>Urtica dioica</i>	Große Brennessel	X	6	7	8
<i>Vaccinium myrtillus</i>	Heidelbeere	5	0	2	3
<i>Veronica officinalis</i>	Wald-Ehrenpreis	5	4	3	4
<i>Viola reichenbachiana</i>	Wald-Veilchen	4	5	7	6

Die verwendeten Artnamen richten sich nach OBERDORFER & SCHWABE (2001), die Zeigerwerte nach ELLENBERG (1992)