

PUREVSUREN DAMIRAN

**Entwicklung von technisch-technologischen Konzepten
zum Einsatz der Direktversturztechnologie
mit Schürfkübelbaggern
in den Braunkohlentagebauen
der Mongolei**

DISSERTATION

2007

Freiberg

**Entwicklung von technisch-technologischen Konzepten zum Einsatz
der Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbaggern
in den Braunkohlentagebauen der Mongolei**

Von der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau
der Technischen Universität Bergakademie Freiberg
eingereichte

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

Dr.-Ing.

vorgelegt

von Purevsuren Damiran

geboren am 15.08.1974 in Uws aimag / Mongolei

Herausgeber: Purevsuren Damiran
Technische Universität Bergakademie Freiberg

Betreuer: Prof. Dr. Dr. h.c. mult. C.Drebenstedt
Technische Universität Bergakademie Freiberg

Prof. Dr. S.Tsedendorj
Mongolische Universität für Wissenschaft und Technologie

Gutachter: Prof. Dr. Dr. h.c. mult. C.Drebenstedt
Technische Universität Bergakademie Freiberg

Prof. Dr. S.Tsedendorj
Mongolische Universität für Wissenschaft und Technologie

Prof. Dr. C. Niemann-Delius
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Tag der Einreichung: 02.10.2007

Tag der Verleihung: 27.11.2007

November 2007 Freiberg
Deutschland

Inhaltverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	II
Tabellenverzeichnis	V
Anlagenverzeichnis	VI
Verwendete Symbole.....	IX
1. Einleitung und Zielstellung	3
2 Situation und Entwicklungstendenzen der mongolischen Kohlenindustrie und des Einsatzes der Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbaggern	5
2.1 Kurzcharakteristik der Mongolei	5
2.2 Übersicht über die mongolische Kohlenindustrie	9
2.3 Perspektive und Entwicklungstendenzen	14
2.4 Kritische Bewertung der Kohlenindustrie und ihr aktuelle Probleme	18
2.5 Forschungsstand zu den aktuellen Problemen	19
3 Bergbau- technische Bedingungen und Anwendungsmöglichkeiten von Direktversturztechnologien in den mongolischen Braunkohlentagebauen	25
3.1 Allgemeines über die Kohlengeologie und Lagerstätten	25
3.2 Lage und Genese der Kohlenlagerstätten	27
3.3 Kohlenvorräte und -qualität der Mongolei	37
3.4 Anwendungsmöglichkeiten der Direktversturztechnologie in den Kohlentagebauen	39
3.5 Schlussfolgerungen des Abschnitts	42
4 Technik des Schürfkübelbaggers und seiner Anwendung	44
4.1 Modelle und Hersteller von Schürfkübelbaggern mit Schreitwerk.....	44
4.2 Die Hauptelemente des Schürfkübelbaggers.....	49
4.3 Einsatzmöglichkeiten des Schürfkübelbaggers.....	58
4.4 Praxis der Anwendung des Schürfkübelbaggers.....	62
5 Untersuchung der technologischen Schemen des Direktversturzes mit jeweils einem Schürfkübelbagger	76
5.1 Klassifizierung der technologischer Schemen des Direktversturzes.....	76
5.2 Modellierung der technologischen Schemen	79
5.3 Optimierung der Abtragsmächtigkeit und des Anteils der doppelten Bewegung von Massen für die modellierten Schemen.....	86
5.4 Die Abhängigkeit der Produktivität von Schürfkübelbaggern von den Einsatzbedingungen der modellierten technologischen Schemen	101
5.5 Räumliche und zeitliche Begrenzungen für die Einsatzschemen der Direktversturztechnologie	113
6 Programmierung und wirtschaftliche Bewertung der technologischen Varianten	119
6.1 Programmentwicklung	119
6.2 Der Einsatz des Programms „Dragline“- Fallbeispiel Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo/Mongolei	131
6.3 Auswahlkriterien und die wirtschaftliche Effektivität der Einsatztechnologie im Fallbeispiel Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo.....	143
7 Zusammenfassung.....	147
Literatur.....	151
Anlagen	160

Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1 Geographische Übersicht der Mongolei [1].....	6
Abb. 2.2 Die Hochspannungsleitungen und Bergbaubetriebe [1].....	7
Abb. 2.3 Energierohstoffe der Mongolei	10
Abb. 2.4 Kohleproduktion der letzten 12 Jahren des mongolischen Kohlensektors.....	11
Abb. 2.5 Entwicklungstendenz der Energierohstoffe in der Welt [11].....	14
Abb. 2.6 Haupthandelswege der Kohle, (Mio. t/a) [11].....	15
Abb. 2.7 Handelswegeverbindung der Mongolei in Ostasien [1].....	15
Abb. 2.8 Entwicklung des zu fördernden Abraumvolumens pro Jahr	17
Abb. 2.9 Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger	20
Abb. 2.10 Direktversturztechnologischer Komplex Ein-Bagger-Tagebau,	21
Abb. 2.11 Struktur der Arbeit	24
Abb. 3.1 Kohlenlagerstätten der Mongolei [1]	27
Abb. 3.2 Die Steinkohlenlagerstätten und -vorkommen des Mittel- und Oberkarbons [22]	28
Abb. 3.3 Geologische Karte der Steinkohlenlagerstätte Nuurstkhotgor [22]	29
Abb. 3.4 Geologische Karte der Steinkohlenlagerstätte Khartarvagatai [22].....	29
Abb. 3.5 Die Steinkohlenlagerstätten und –vorkommen des Perms [22]	30
Abb. 3.6 Geologische Karte der Kokskohlenlagerstätte Tavantolgoi [22]	30
Abb. 3.7 Die Braunkohlelagerstätten und –vorkommen des Jura [22]	31
Abb. 3.8 Plan und Schnitt VII-VII der Lagerstätte Sharyngol [9].....	32
Abb. 3.9 Braunkohlenlagerstätten und –vorkommen der Unterkreide [22].....	33
Abb. 3.10 Geologische Karte der Braunkohlenlagerstätte Baganuur [23].....	33
Abb. 3.11 Plan und Schnitt VI-VI der Braunkohlenlagerstätte Aduunchuluun [9].....	34
Abb. 3.12 Geologische Karte der Braunkohlenlagerstätte Shivee-Ovoo [24]	35
Abb. 3.13 Die Kohlenflöze I, II des Tagebaus Shivee-Ovoo und ihre Einfall [25].....	36
Abb. 3.14 Die Kohlenflöze I, II des Tagebaus Shivee-Ovoo und ihre Neigung.....	36
Abb. 3.15 Einfluss der bergbau- geologischen Bedingungen und geomechanischen Eigenschaften des Abraums für die Auswahl der Schürfkübelbagger und Einsatztechnologie	43
Abb. 4.1 Typen und Größenvergleich des Schürfkübelbaggers	45
Abb. 4.2 Aufbau des Schürfkübelbaggers mit Teilsystemen.....	49
Abb. 4.3 Cam and Frame“ Schreitwerk der Firma Bucyrus-Erie [87].....	50
Abb. 4.4 Bewegungsphasen des Schreitvorgangs.....	51
Abb. 4.5 Cam and Slide“ Schreitwerk der Firma Bucyrus-Erie [87].....	51
Abb. 4.6 Schreitwerk der Firma Marion	52
Abb. 4.7 Schreithöhen / Schreitlängen – Graphik [95].....	52
Abb. 4.8 Page Schreitwerk und Schürfkübelbagger mit Page Schreitwerk	52
Abb. 4.9 Hydraulik Schreitwerk des Schürfkübelbaggers Esch-25/90 [94]	53
Abb. 4.10 Röhrenförmiger Zwilling eines dreieckiges Auslegers	54
Abb. 4.11 Rechteckiger Ausleger mit Winkelakkorden	54
Abb. 4.12 Schürfkübel mit Anlenkpunkten	55
Abb. 4.13 Schürfkübel mit Bügel	56
Abb. 4.14 Typischer Deck-Plan für Antriebe und Motoren.....	57
Abb. 4.15 Photoansicht für die Antriebe und Motoren.....	57
Abb. 4.16 Skizze eines Schürfkübelbaggers mit Abmessungen	58
Abb. 4.17 Abhängigkeit von Schürfkübelinhalt, Auslegerlänge, Grabtiefe	59
Abb. 4.18 Horizontal Abwicklung der Kübel bei einem Ladespiel [95]	60
Abb. 4.19 Vertikal Abwicklung der Kübel	60
Abb. 4.20 Technologisches Schema des Braunkohlentagebaus Baganuur [24]	63
Abb. 4.21 Dimension der Schürfkübelbagger im Tagebau Callide in Australien.....	64
Abb. 4.22 Schema der “Key cut and extended bridge” Methode [119].....	64
Abb. 4.23 Schnittdarstellung der „key cut and extended bridge“ Methode [119]	65
Abb. 4.24 “terrace” Methode	65

Abb. 4.25 Übersicht des Tagebaus Bengalla [120].....	66
Abb. 4.26 Kippenparameter des Tagebaus Bengalla [120].....	66
Abb. 4.27 Einsatztechnologie für die Multi-Flöze des Tagebaus Bengalla [120]	67
Abb. 4.28 Abraumgewinnung durch die Direktversturztechnologie in den Kohlentagebauen Russlands .	68
Abb. 4.29 Schürfkübelbagger auf oberer Arbeitsebene im Tiefschnitt [47].....	68
Abb. 4.30 Schürfkübelbagger auf mittlerer Arbeitsebene im Hoch- und Tiefschnitt [47]	68
Abb. 4.31 Raitschichinski-Methode im Braunkohletagebau	68
Abb. 4.32 Direktversturz „Selektives Schema“ im Kohlentagebau Wostotschniy [123]	69
Abb. 4.33 Technologisches Schema aus dem Elinginskoe-Steinkohletagebau [122].....	69
Abb. 4.34 Multiple-pass, spoil-side stripping Methode.....	71
Abb. 4.35 Direktversturzschema in südliche Teil des „Big Brown“-Tagebaus.....	72
Abb. 4.36 Technologische Übersicht des nördlichen Teils des Tagebaus „Big Brown“	72
Abb. 4.37 Einsatztechnologie für den Abraum über unteren fünf Kohlenflözen	73
Abb. 4.38 Strossenquerschnitt des Schürfkübelbaggers in Syncrude	74
Abb. 4.39 Plan der Kombination Schürfkübelbagger und Schaufelradbagger bei Syncrude	74
Abb. 4.40 Bohrlochbergbau mit Direktversturzaufschluss	75
Abb. 4.41 Schürfkübelbagger als Direktversturz in Seifenlagerstätte	75
Abb. 4.42 Bucyrus Erie 200B als Ladegerät.....	75
Abb. 5.1 Klassifizierung der diskontinuierlichen direktversturztechnologischen Schemen.....	78
Abb. 5.2 Mögliche Achslagen bei Direktversturztechnologie mit einem Schürfkübelbagger.....	79
Abb. 5.3 Beispiel der Modellierungsmatrix von X und Y für eine Durchgangsbreite	80
Abb. 5.4 Modellierung der Standorte Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene.....	81
Abb. 5.5 Modellierung der Standorte Schürfkübelbagger auf der verbreiterten Arbeitsebene.....	83
Abb. 5.6 Modellierung der Standorte Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Kippe	84
Abb. 5.7 Modellierung der Standorte Achslagenkombination auf der Bagger- und Kippenseite.....	85
Abb. 5.8 Modellierung der Standorte Achslagenkombination II und IV	86
Abb. 5.9 Variante Achslage I, Normal Rippenkippe	87
Abb. 5.10 Variante Achslage I, teilweise glatte Kippe	88
Abb. 5.11 Variante Achslage I, glatte Kippe	89
Abb. 5.12 Abbaureihenfolge in der Variante Achslage II	90
Abb. 5.13 Abbaureihenfolge in Variante Achslage III.....	93
Abb. 5.14 Dreiecks-Form des leeren Volumens	94
Abb. 5.15 Abbaureihenfolge bei der Variante Achslagenkombination auf der Bagger- und Kippenseite .	96
Abb. 5.16 Das leere Volumen.....	97
Abb. 5.17 Viereckiges leeres Volumen	98
Abb. 5.18 Abbaureihenfolge bei der Variante Achslagenkombination II und IV	99
Abb. 5.19 Dreieckiges leeres Volumen in Variante Achslagekombination auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene und Kippenseite	100
Abb. 5.20 Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 mit Achslage auf der gewachsenen Arbeitsebene	105
Abb. 5.21 Abhängigkeit des Schwenkwinkels von der Durchgangsbreite (Achslage I)	105
Abb. 5.22 Abhängigkeit der Arbeitszykluszeit vom Schwenkwinkel (Achslage I).....	105
Abb. 5.23 Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 mit Achslage auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene.....	106
Abb. 5.24 Abhängigkeit des Schwenkwinkels von der Durchgangsbreite (Achslage II)	106
Abb. 5.25 Abhängigkeit der Arbeitszykluszeit vom Schwenkwinkel (Achslage II)	106
Abb. 5.26 Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 mit Achslage auf der zeitweiligen Kippe	107
Abb. 5.27 Abhängigkeit des Schwenkwinkels von der Durchgangsbreite (Achslage III).....	107
Abb. 5.28 Abhängigkeit der Arbeitszykluszeit vom Schwenkwinkel (Achslage III).....	107
Abb. 5.29 Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 mit der Achslagenkombination auf Bagger- und Kippenseite.....	108
Abb. 5.30 Abhängigkeit des Schwenkwinkels von der Durchgangsbreite (Achslagen I-IV).....	108
Abb. 5.31 Abhängigkeit der Arbeitszykluszeit vom Schwenkwinkel (Achslagen I-IV)	108

Abb. 5.32 Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 mit Achslagenkombination II/IV.....	109
Abb. 5.33 Abhängigkeit des Schwenkwinkels von der Durchgangsbreite (Achslagen II-IV).....	109
Abb. 5.34 Abhängigkeit der Arbeitszykluszeit vom Schwenkwinkel (Achslagen II-IV).....	109
Abb. 5.35 Abhängigkeit zwischen Durchgangsbreite und Schwenkwinkel	110
Abb. 5.36 Abhängigkeit zwischen Durchgangsbreite und Arbeitszykluszeit.....	110
Abb. 5.37 Abhängigkeit zwischen Durchgangsbreite und Fördervolumen des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 für alle Schemen. I-V Baggertechnologie	111
Abb. 5.38 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen Durchgangsbreite, Schwenkwinkel, Arbeitszykluszeit, reiner Betriebszeit, Faktor der mehrfachen Massenbewegung	112
Abb. 5.39 Technologische Zonen der Abraumabtragung des Tagebaus.....	114
Abb. 5.40 Räumliche Begrenzungen der Direktversturztechnologischen Schemen.....	114
Abb. 5.41 Zeitliche Begrenzungen der Abtragshöhe und der effektiven Fördervolumen des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 für unterschiedliche Gewinnungskapazitäten; Fallbeispiel Tagebau „Shivee-Ovoo“	117
Abb. 5.42 Einsatzrahmen der Direktversturztechnologie mit dem Schürfkübelbagger (ESch-25/90) im Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo (I, II, III, IV, V- modellierte technologische Schemen)...	118
Abb. 6.1 Übersicht über die Module des Programms „Dragline“ [152].....	120
Abb. 6.2 Programmablaufplan für ein exemplarisches Schema der technologischen Varianten.....	121
Abb. 6.3 Startfenster des Programms (Modul 1)	122
Abb. 6.4 Fenster mit einführender Erläuterung zum Einsatz des Programms (Modul 1).....	122
Abb. 6.5 Das Fenster zur Abfrage der Eingabedaten.....	123
Abb. 6.6 Fenster zur Berechnung der Auslegerlänge des Schürfkübelbaggers für ein Schema	124
Abb. 6.7 Ergebnisse für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene	125
Abb. 6.8 Endergebnisse des ersten Programmteils	126
Abb. 6.9 Fenster zur Abfrage der Eingabedaten der zweiten Teil des Programms	126
Abb. 6.10 Fenster zur Eingabe der geologischen Daten	127
Abb. 6.11 Fenster zur Eingabe der Abbauparameter	127
Abb. 6.12 Fenster zur Auswahl des Schürfkübelbaggers	128
Abb. 6.13 Fenster der Erweiterung der Datenbank des Schürfkübelbaggers.....	128
Abb. 6.14 Fenster der Kalkulation der technologischen Varianten	129
Abb. 6.15 Ergebnisse der Optimierung für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene	130
Abb. 6.16 Nomogramm zur Auswahl des geeigneten Schürfkübelbaggers für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite.....	133
Abb. 6.17 Nomogramm zur Auswahl des geeigneten Schürfkübelbaggers für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene	134
Abb. 6.18 Nomogramm zur Auswahl des Schürfkübelbaggers für das Schema Schürfkübelbagger auf einer zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite	136
Abb. 6.19 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen den technologischen Parametern des Schemas Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite.....	138
Abb. 6.20 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen den technologischen Parametern des Schemas Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene	139
Abb. 6.21 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen den technologischen Parametern des Schemas Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite....	140
Abb. 6.22 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen den technologischen Parametern des Schemas der Achslagenkombination auf der Bagger- und Kippenseite	141
Abb. 6.23 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen den technologischen Parametern des Schemas der Achslagenkombination auf der verbreiterten Arbeitsebene und Kippenseite.....	142
Abb. 6.24 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen Durchgangsbreite, Schwenkwinkel, Arbeitszykluszeit und Fördervolumen des Schürfkübelbaggers ESch-25/90	144

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1 Kurze Erläuterung der durchgeführten Projekte im mongolischen Kohlensektor [7]	9
Tab. 3.1 Erläuterung der Kohlenlagerstätten in der Abb. 3.1	26
Tab. 3.2 Kalkulation Kohlenreserve	37
Tab. 3.3 Kohlenqualitäten bedeutender Lagerstätten [24]	38
Tab. 3.4 Kohleneigenschaften für Lagerstätten aus Tab. 3.4 [1, 7]	38
Tab. 3.5 Analyse der Kohlenflöze und ihrer technologischen und bergbau-geologischen Bedingungen... 40	
Tab. 3.6 Eigenschaften des Abraums verschiedener Lagerstätten [28]	41
Tab. 4.1 Vergleich der Kenngrößen von Schürfkübelbaggern mit Raupenfahrwerk und Schreitwerk	45
Tab. 4.2 Spezifikationen der Schürfkübelbagger von Bucyrus International Inc [85]	46
Tab. 4.3 Spezifikationen der Schürfkübelbagger von Marion Power Shovel [85]	46
Tab. 4.4 Spezifikationen der Schürfkübelbagger von P&H [88]	47
Tab. 4.5 Die Spezifikationen der Schürfkübelbagger von der Firma UZTM [90].....	48
Tab. 4.6 Spezifikationen der Schürfkübelbaggers von KZTM [91]	48
Tab. 4.7 Spezifikationen der Schürfkübelbagger von der Firma NKMZ [92]	49
Tab. 4.8 Wichtige Gerätekennzahlen der Schürfkübelbagger	58
Tab. 4.9 Kurzspezifizierung der Schürfkübelbagger	59
Tab. 4.10 Analyse Schürfkübelbaggerparameter	59
Tab. 4.11 Gesteins- Bödencharakteristika nach den Klassifikation von Protodjkanov und DIN 18300 [102, 103].....	61
Tab. 4.12 Umfang der Anwendung Direktversturztechnologie durch den Schürfkübelbagger	62
Tab. 4.13 Modelle und Anzahl der Schürfkübelbagger in den mongolischen Kohlentagebauen [94]	62
Tab. 4.14 Abraumbtragungsparameter einige Kohlentagebau in Russland [90].....	67
Tab. 4.15 Schichtproduktivität von Schürfkübelbaggern [127].....	70
Tab. 4.16 Abraumbtragsparameter einiger Kohlentagebaue der USA [90]	70
Tab. 5.1 Grabeigenschaften des Gesteins [83].....	103
Tab. 5.2 Arbeitszykluszeit des Baggers bei unterschiedlichen Grabeigenschaften des Gesteins [141] ...	103
Tab. 5.3 Abhängigkeit der Arbeitszykluszeit des Schürfkübelbaggers vom Schwenkwinkel [140]	104
Tab. 5.4 Abhängigkeit zwischen dem Schwenkwinkel und der Schwenkzeit des Schürfkübelbaggers...	104
Tab. 5.5 Daten des Tagebaus Shivee-Ovoo für Berechnung Abtragshöhe.....	117
Tab. 6.1 Optimale Parameter für das Schema Achslage I.....	138
Tab. 6.2 Optimale Parameter für das Schema Achslage II	139
Tab. 6.3 Optimale Parameter für das Schema Achslage III.....	140
Tab. 6.4 Optimale Parameter für das Schema Achslagenkombination I und IV	141
Tab. 6.5 Optimale Parameter für das Schema Achslagenkombination II und IV	142
Tab. 6.6 Vergleich ökonomischer Parameter zwischen den Varianten der Einsatztechnologie	145
Tab. 6.7 Vergleich wichtiger Kennziffer zwischen den aktuellen und optimalen Parametern	146

Anlagenverzeichnis

Anlage 2.1 Dauerfrostböden Klassifikation der Mongolei	161
Anlage 2.2 Eisenbahn und Straßennetz der Mongolei	161
Anlage 2.3 Entfernung der Tagebaue vom Straßennetz.....	162
Anlage 2.4 Abdeckung der Hochspannungsnetze und dazu angeschlossene Industrien	162
Anlage 2.5 Karte der Bergbaulizenzen in der Mongolei [3].....	163
Anlage 2.6 Kohleproduzenten und deren Hauptanwender [8].....	163
Anlage 2.7 Entwicklung der Kohlegewinnung in der Mongolei von 1922-2002 [9]	164
Anlage 2.8 Gewinnungstechnik in den mongolischen Kohlentagebauen [8]	165
Anlage 2.9 Die in kleinen Kohlentagebauen eingesetzte Technik [8]	166
Anlage 2.10 Region Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo	167
Anlage 2.11 Die wichtigsten Tagebaue und die Infrastruktur der zentralen Zone [7].....	168
Anlage 2.12 Projektpläne des Braunkohlentagebaus Baganuur (Institut Giproshacht/Sowjetunion)	169
Anlage 3.1 Geologisches Entwicklungsschema der Mongolei (nach Kampe, 1995) [1].....	170
Anlage 3.2 Regionalgeologische Einheiten (nach Tömörtogoo, 1996) [1].....	170
Anlage 3.3 Tagebaufelder des Braunkohlentagebaus Baganuur [9]	171
Anlage 3.4 Die Untersuchung der Kohlenvorräte im 20. Jahrhundert.....	172
Anlage 3.5 Vergleich der Kohlenvorräte zwischen der Mongolei und anderen Länder [11]	173
Anlage 3.6 Stein- und Braunkohlenreserven und Kohlenreviere der Mongolei [16]	173
Anlage 3.7 Kohlengesamtreserven der Mongolei [16]	174
Anlage 3.8 Lage der bedeutende Kohlelagerstätten der Mongolei	174
Anlage 3.9 Vorräte der bedeutende Kohlelagerstätten der Mongolei	175
Anlage 3.10 Internationale Vorratsklassifikation der Vereinten Nationen [26]	176
Anlage 3.11 Vergleichung der Kohlenklassifikation -und Brennwert [24]	176
Anlage 3.12 Eigenschaften der Kohle [7]	177
Anlage 3.13 Internationale Klassifizierung der Abgrenzung der Kohlearten [27]	177
Anlage 3.14 Mulde-Lagerstättentypen.....	178
Anlage 3.15 Synklinale Lagerstättentypen	179
Anlage 3.16 Antiklinale Lagerstättentypen	180
Anlage 3.17 Gleichmäßig einfallende Lagerstättentypen	181
Anlage 3.18 Detaillierte Information über die Kohlenflöze	182
Anlage 4.1 Hersteller von Schürfkübelbagger weltweit [85, 88, 89, 91, 92].....	183
Anlage 4.2 Schürfkübelbagger-Modelle weltweit [94].....	184
Anlage 4.3 Die Spezifikationen von Schürfkübelbaggern der Firma Bucyrus International Inc [85]	185
Anlage 4.4 Schürfkübelbaggerherstellung der Firma Bucyrus-Erie [87, 94]	186
Anlage 4.5 Schürfkübelbaggerherstellung der Firma Marion [87, 94].....	187
Anlage 4.6 Die Spezifikationen von Schürfkübelbaggern der Firma Marion Power Shovel [85].....	188
Anlage 4.7 Schürfkübelbaggerherstellung der Firma P&H [87, 94]	189
Anlage 4.8 Schürfkübelbaggerherstellung der Firma Rapier [87, 94]	190
Anlage 4.9 Die Parameter der Schürfkübelbagger der Firma UZTM [89, 90, 94]	190
Anlage 4.10 Modifikationen von Schürfkübelbaggern der Firma UZTM [90]	190
Anlage 4.11 Schürfkübelbaggerherstellung und deren Auslieferung der Firma UZTM [89, 94].....	191
Anlage 4.12 Schürfkübelbaggerherstellung und ihre Auslieferung der Firma NKMZ [92, 94]	192
Anlage 4.13 Die Parameter der Schürfkübelbagger der Firma NKMZ [90, 92, 94].....	192
Anlage 4.14 Bucyrus-Erie 4250-W „Big-Muskie“ mit Hydraulik Schreitwerk [84].....	193
Anlage 4.15 Unterschiedliche Ausleger-Konstruktion von Schürfkübelbaggern [87, 89, 92]	194
Anlage 4.16 Schürfkübel mit Bügel der Firma Hendrix [136]	195
Anlage 4.17 Umfassende Aufstellung der Schürfkübelbagger weltweit nach Kübelinhalt.....	196
Anlage 4.18 Einteilung der Böden nach DIN 18 300	198
Anlage 4.19 In Australien eingesetzte Schürfkübelbagger [94, 119]	199
Anlage 4.20 Bergbau-geologische Bedingungen von Kohlentagebauen mit Schürfkübelbagger in Russland [90].....	200

Anlage 4.21 Neue technologischen Schema in Kohletagebau Tugnuiskiy [125].....	200
Anlage 4.22 Technologische Schemen für Monoflöze mit zwei Schürfkübelbaggern.....	201
Anlage 4.23 Technologischem Schema für Multiflöze mit zwei Schürfkübelbaggern	201
Anlage 4.24 Tagebaue mit Schürfkübelbaggern in den USA [87]	202
Anlage 4.25 Simple side casting-Methode	203
Anlage 4.26 Extended bench stripping-Methode.....	204
Anlage 4.27 Geologischer Querschnitt des Tagebaus Big Brown.....	204
Anlage 5.1 Einfaches technologische Schema mit einem Bagger im Hochschnitt.....	205
Anlage 5.2 Einfaches technologische Schema mit einem Bagger im Hoch- und Tiefschnitt.....	205
Anlage 5.3 Einfaches technologische Schema mit einem Bagger im Tiefschnitt.....	205
Anlage 5.4 Technologisches Schema von verbreiteter Abbauebene	206
Anlage 5.5 Technologisches Schema mit Haldenlage	206
Anlage 5.6 Technologisches Schema bei Direktversturztechnologien mit Abbaufont- und Haldenlage	206
Anlage 5.7 Technologisches Schema bei Direktversturztechnologien mit verbreiteter Abbauebene - und Haldenlage	206
Anlage 5.8 Algorithmus zur Optimierung Abraumabtragsmächtigkeit der Variante Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene (Achslage I).....	207
Anlage 5.9 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Durchgangsbreite in Variante Achslage I.....	207
Anlage 5.10 Kippenform in Variante Achslage II.	208
Anlage 5.11 Blockschema der Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene (Achslage II).....	209
Anlage 5.12 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Durchgangsbreite in Variante Achslage II.....	210
Anlage 5.13 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Anteil der doppelten Massenbewegung in Variante Achslage II.....	210
Anlage 5.14 Kippenform in Variante Achslage III.....	211
Anlage 5.15 Algorithmus der Variante Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Kippe zwischen Bagger und Kippenseite (Achslage III).....	212
Anlage 5.16 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Durchgangsbreite in Variante Achslage III ...	213
Anlage 5.17 Zusammenhang zwischen Anteil der doppelten Massenbewegung und Abtragshöhe in Variante Achslage III	213
Anlage 5.18 Kippenform in Variante Achslagenkombination I und IV	214
Anlage 5.19 Blockschema der Variante Achslagen I und IV	215
Anlage 5.20 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Durchgangsbreite in Variante Achslagenkombination I und IV.....	216
Anlage 5.21 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und die Anteil der doppelten Massenbewegung in Variante Achslagenkombination I und IV	216
Anlage 5.22 Kippenformen in Variante Achslagenkombination II und IV	217
Anlage 5.23 Blockschema der Variante Achslagen II und IV	218
Anlage 5.24 Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite und Abtragshöhe in Variante Achslagenkombination II und IV	219
Anlage 5.25 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Anteil der doppelten Massenbewegung in Variante Achslagenkombination II und IV.....	219
Anlage 5.26 Zeitliche Begrenzung der Abraumabtragsmächtigkeiten für unterschiedliche Kohlegewinnungskapazitäten.....	220
Anlage 5.27 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Faktor der doppelten Massenbewegung unter zeitlicher Begrenzungen für unterschiedliche Gewinnungskapazitäten (A).....	220
Anlage 5.28 Zusammenhang zwischen Faktor der doppelten Massenbewegung und dem effektiven Fördervolumen des Schürfkübelbaggers Esch-25/90	220
Anlage 6.1 Programm „Dragline“ (Module 1, 2 und 3).....	221
Anlage 6.2 Startmodul des Programms (Modul 1)	222
Anlage 6.3 Auswahl der Schürfkübelbagger (Modul 2)	223
Anlage 6.4 Auswahl der Einsatztechnologie (Modul 3)	224
Anlage 6.5 Reichweite Ra des Schürfkübelbaggers für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite	225

Anlage 6.6 Beispiel einer Kalkulation die Auswahl der Auslegerlänge und des Kübelvolumens für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite	226
Anlage 6.7 Abhängigkeit der Reichweite des Schürfkübelbaggers von der Abtragsmächtigkeit je nach Durchgangsbreite	227
Anlage 6.8 Abhängigkeit der Auslegerlänge von der Reichweite je nach Installationswinkel des Auslegers	227
Anlage 6.9 Abhängigkeit des Kübelvolumens des Schürfkübelbaggers von der Abtragsmächtigkeit je nach Fördervolumen	227
Anlage 6.10 Reichweite Ra des Schürfkübelbaggers für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene	228
Anlage 6.11 Beispiel einer Kalkulation die Auswahl der Auslegerlänge und des Kübelvolumens für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene	229
Anlage 6.12 Abhängigkeit der Reichweite des Schürfkübelbaggers von der Abtragsmächtigkeit je nach Durchgangsbreite	230
Anlage 6.13 Abhängigkeit der Auslegerlänge von der Reichweite je nach Installationswinkel des Auslegers	230
Anlage 6.14 Abhängigkeit des Kübelvolumens des Schürfkübelbaggers von der Abtragsmächtigkeit je nach Fördervolumen	230
Anlage 6.15 Reichweite Ra des Schürfkübelbaggers für das Schema Schürfkübelbagger auf einer zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite	231
Anlage 6.16 Beispiel einer Kalkulation die Auswahl der Auslegerlänge und des Kübelvolumens für das Schema Schürfkübelbagger auf einer zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite	232
Anlage 6.17 Abhängigkeit der Reichweite des Schürfkübelbaggers von der Abtragsmächtigkeit je nach Durchgangsbreite	233
Anlage 6.18 Abhängigkeit der Auslegerlänge von der Reichweite je nach Installationswinkel des Auslegers	233
Anlage 6.19 Abhängigkeit des Kübelvolumens des Schürfkübelbaggers von der Abtragsmächtigkeit je nach Fördervolumen	233
Anlage 6.20 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Durchgangsbreite für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite	234
Anlage 6.21 Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite, Abtragshöhe, Faktor der doppelten Massenbewegung und Fördervolumen für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene	234
Anlage 6.22 Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite, Abtragshöhe, Faktor der doppelten Massenbewegung und Fördervolumen für das Schema Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite	235
Anlage 6.23 Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite, Abtragshöhe, Faktor der doppelten Massenbewegung und Fördervolumen für das Schema Achslagenkombination auf der Bagger- und Kippenseite	235
Anlage 6.24 Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite, Abtragshöhe, Faktor der doppelten Massenbewegung und Fördervolumen für das Schema Achslagenkombination auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene und Kippenseite	236

Verwendete Symbole

Lateinische Buchstaben

A_{gk}	Gewinnungskapazität der Kohle [t/a]
A_b	Durchgangsbreite [m]
B_{sch}	Breite des Schreitwerks des Schürfkübelbaggers [m]
C_A	1 m ³ Abraumbottragskosten des Tagebaus [₣/m ³]
C_D	1 m ³ Abraumbottragskosten mit Direktversturztechnologie [₣/m ³]
C_T	1 m ³ Abraumbottragskosten mit Transporttechnologie [₣/m ³]
c	Sicherheitsabstand zwischen Gewinnungsböschungsoberkante und Abraumböschungunterkante [m]
d_m	Mittlere Stückigkeit des Gesteins [m]
E	Kübelvolumen [m ³]
H	Abraumbottragshöhe des Direktversturzes [m]
h	Mächtigkeit der Flöze [m]
H_1	Tiefschnittshöhe [m]
H_2	Hochschnittshöhe [m]
H_a	Gesamtabraummächtigkeit des Tagebaus [m]
H_{a1}	Abraumbottragshöhe des Direktversturzes für den Tagebau mit kombinierter Technologie [m]
H_{a2}	Abtragshöhe der Transportzone für den Tagebau mit kombinierter Technologie [m]
H_{ah}	Abwurfhöhe des Schürfkübelbaggers [m]
H_{gt}	Grabtiefe des Schürfkübelbaggers [m]
H_k	Kipphöhe [m]
H_k^1	Überkippenhöhe [m]
K_a	Auflockerungskoeffizient des Gesteins
K_{ar}	Verhältnis Abraum / Rohstoff [m ³ /t]
K_{mt}	Faktor der mehrfachen Massenbewegung bezogen auf die reine Betriebszeit
K_{mvi}	Faktor der mehrfachen Massenbewegung bezogen auf den Volumenanteil der Teiltechnologie i
K_{ra}	Restlicher Auflockerungskoeffizient des Gesteins
Kt_i	Zeitanteilsfaktor in Teiltechnologie i
K_{vd}	Verhältnis Abraum zu Kohle für die Direktversturzzone mit Schürfkübelbagger [m ³ /t]

K_{wa}	Koeffizient doppelten Massenbewegung
L_f	Strossenlänge [m]
L_a	Auslegerlänge des Schürfkübelbaggers [m]
M	Abstand zwischen der unteren Kanten der Gewinnungsböschung und der zuerst gekippten Kippenböschung [m]
N_z	Zykluszahl pro Stunde
Q	Fördervolumen des Schürfkübelbaggers [Mio. m ³ /a]
Q_a	Gewinnungskapazität des Rohstoffs [Mio. m ³ /a]
Q_{eff}	Stündliches effektives Fördervolumen [m ³ /h]
Q'_{eff}	Modifiziertes stündliches effektives Fördervolumen für mehrfache Massenbewegung [m ³ /h]
Q_{effi}	Effektives Fördervolumen zu der Teiltechnologie [m ³ /h]
Q_E	Jährliches effektives Fördervolumen zzgl. der doppelten Massenbewegung [Mio. m ³ /a]
P	Oberflächenbreite der Kippe [m]
R_a	Abwurfradius des Schürfkübelbaggers [m]
R_g	Grabradius des Schürfkübelbaggers [m]
R_k	Radius des Baggeroberhaus [m]
S_k	Kippenfläche [m ²]
S_{kr}	Restliche Kippenfläche [m ²]
S_l	Die leere Fläche der zeitweilige Kippe [m ²]
S_r	Fläche, die nach der Erstanschüttung in seine Endposition in die Kippe verkippt ist [m ²]
S_{wa}	Fläche, die doppelte bewegt werden [m ²]
S_{wa}^1	Fläche der zuerst geschütteten Kippe [m ²]
T	Breite des freiliegenden Streifens [m]
t_e	Zeit für das Entladen des Kübels [s]
t_f	Zeit für das Füllen des Kübels [s]
t_k	Kalenderzeit, 8760 [h/a]
t_r	Reine Betriebszeit des Schürfkübelbaggers im Jahr [h]
t_{ri}	Reine Betriebszeit für mehrfache Massenbewegung der Teiltechnologie i [h]
t_s	Zeit für das Schwenken mit vollem/leerem Kübel [s]

t_{sb}	Basisschwenkzeit [s]
t_{sp}	Geplante und ungeplante Stillstandszeiten des Schürfkübelbaggers
t_z	Dauer eines Arbeitszykluses [s]
t'_z	Modifizierte Arbeitszyklusdauer für mehrfache Massenbewegung [s]
V_A	Abraumabtragsvolumen des Tagebaus [m ³ /a]
V_D	Abraumvolumen der Direktverstützzone mit Schürfkübelbagger [m ³ /a]
V_T	Abraumvolumen der Transportzone mit Kombination Seilbagger-SKW [m ³ /a]
V'_D	Das Volumen der ersten Massenbewegung [m ³ /a]
V''_D	Das Volumen der doppelten Massenbewegung [m ³ /a]
X	Horizontale Position der Achslage des Schürfkübelbaggers auf der Arbeitsebene [m]
Y	Vertikale Position der Achslage des Schürfkübelbaggers auf der Arbeitsebene [m]
z	Sicherheitsabstand von Böschungsoberkante bis Schreitwerk des Baggers [m]

Griechische Buchstaben

α	Böschungswinkel des Rohstoffs [°]
α_a	Böschungswinkel des Abraums [°]
α_b	Installationswinkel des Auslegers des Schürfkübelbaggers [°]
α_k	Böschungswinkel der Kippen [°]
β	Einfallswinkel der Flöze [°]
β_{eff}	Effektive Schwenkwinkel [°]
β_b	Basisschwenkwinkel [°]
γ_r	Dichte der Kohle [t/m ³]
η_B	Nutzfaktor des Schürfkübelbaggers
η'_B	Modifizierter Nutzfaktor des Schürfkübelbaggers für mehrfache Massenbewegung
η_t	Zeitlicher Auslastungsgrad

Danksagung

All denen, die mich bei der Entstehung dieser Arbeit unterstützt haben, möchte ich hiermit meinen Dank aussprechen.

Besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Dr. h.c. mult. C. Drebenstedt, der mich betreute und mir die Möglichkeit gab, an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg zu promovieren. Von ihm erhielt ich viele Anregungen für die Arbeit. Er unterstützte mich auch bei der Publikation zahlreicher Fachartikel und ermöglichte mir die Teilnahme an Tagungen und Konferenzen im In- und Ausland.

Herrn Professor Dr. S. Tsedendorj möchte ich für seine langjährige Betreuung, die bereits seit meiner Studentenzeit erfolgte, ganz herzlich danken. Er gab mir zahlreiche Ratschläge und wir führten viele anregende Diskussionen miteinander.

Herrn Prof. Dr. C. Niemann-Delius danke ich für die Übernahme des Gutachtens.

Dem Herrn Kumar sei mein besonderer Danke für die Anfertigung des Programms ausgesprochen.

Ebenfalls sei den Mitarbeitern der Professur Bergbau-Tagebau, insbesondere den Herrn Kreßner, Päßler, Schmieder, Struzina, Ravshanav und Ishimov mein herzlicher Dank ausgesprochen. Bei Problemen und Fragen fand ich in Ihnen stets freundliche Ansprechpartner die mir mit zahlreichen Tipps weiterhalfen.

Dank gilt auch den Herrn Dombon, Heiland für deren Unterstützung bei der Korrektur der Arbeit.

Ich danke dem DAAD für das Forschungsstipendium. Dabei sei besonders allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Referates 423 für ihre freundliche Betreuung während meines Aufenthaltes in Deutschland mein herzlicher Dank ausgesprochen.

Herzlicher Dank gilt insbesondere meiner lieben Frau Sarantuya und meinem lieben Sohn Telmuun die mir durch Ihre Geduld und Verständnis den Rücken stärkten, die Arbeit anfertigen zu können.

1. Einleitung und Zielstellung

Der mongolische Kohlensektor fördert etwa 7,5 Mio. t Kohle pro Jahr, davon 75% aus den 3 Braunkohlentagebauen Sharyngol, Baganuur und Shivee-Ovoo. Diese Tagebaue tragen einen Teil des Abraums mit Direktversturztechnologie ab. Aber sie können wegen verschiedener technischer und technologischer Probleme ihre Leistungspotenziale nicht voll ausschöpfen und nicht alle Lagerstättenteile vollständig gewinnen.

Beispielsweise gibt es im Tagebau Sharyngol noch über 20 Mio. t sichere Kohlereserven. Dennoch wurde der Tagebau gestundet, da der Grubenbetrieb auf den Abraumbetrieb auflief. Nach 40 Jahren Produktion konnten so nur ca. 60 % des geplanten Abbaufeldes gewonnen werden. Die Gründe liegen in unoptimalen Planungen und Bearbeitung technologischer Schemen sowie im ungenügenden Zusammenspiel verschiedener Förderkonzepte.

Im Tagebau Baganuur gibt es ebenfalls schwerwiegende Probleme bei der Direktversturztechnologie. Die größten Probleme sind der fehlende Vorlauf des Abraumbetriebes und ein Verlust von etwa 1,0 Mio. t Kohle (4 Monatsproduktionen) durch Böschungsversagen der Innenkippe. Die Auswahl und Organisation der vorhandenen Technik ist nicht optimal, was sich beispielsweise im Einsatz von 11 verschiedenen Baggertypen widerspiegelt.

Tagebau Shivee-Ovoo hat im Rahmen des MONP5 Projektes im Jahr 2003 einen Schürfkübelbagger gekauft und montiert, um mit der Einführung der Direktversturztechnologie die Kohlenförderung von 0,5 Mio. t auf bis zu 2 Mio. t pro Jahr zu steigern. Bis heute ist jedoch die Kohlenförderung nur auf 1,0 Mio. t/a gestiegen und der Schürfkübelbagger stand insgesamt etwa 18 Monate still, da das technologische Schema und die Parameter unvollständig untersucht wurden. Es ist derzeit nicht bekannt, ob die heute eingesetzten technologische Parameter und Schemen optimal sind und wie lange unter diesen Bedingungen effektiv und sicher gearbeitet werden kann. Zusätzlich ist bei diesem Hauptgerät keine Langfristplanung vorhanden. Diese Probleme zeigen sich in ähnlicher Form im Tagebau Baganuur.

Wegen oben genannten Situationen bestehen große Abraumrückstände und Produktionsverluste in den Kohlentagebauen der Mongolei.

Deshalb muss die Direktversturztechnologie umfassend untersucht werden, um für die technologischen Besonderheiten der mongolischen Tagebaue optimale technologische Schemen zu entwickeln und passende Geräte auszuwählen sowie sie in andere Betriebsprozesse einzubinden.

Außerdem haben alle Kohlentagebau im Bereich der computergestützten Steuerung, Planung und Kontrolle der Bergbaubetriebe bedeutenden Nachholbedarf. Daher wird die Einführung computergestützter Bergbauplanungssoftware in den Kohlentagebauen vorangetrieben, um den Betrieb und die Produktionsabläufe besser steuern zu können.

Um die angesprochenen Probleme zu lösen, werden in der Arbeit folgende Ziele verfolgt:

1. Untersuchung der bergbau-geologischen Bedingungen und Bewertung der Anwendungsmöglichkeiten der Direktversturztechnologie in den Kohlenlagerstätten der Mongolei

2. Untersuchung des Standes der Technik des Einsatzes des Schürfkübelbaggers
3. Optimierung und Modellierung der technologischen Schemen der Direktversturztechnologie mit einem Schürfkübelbagger und ihrer Einsatzrahmen
4. Programmerstellung für die Auswahl der Schürfkübelbagger und der optimalen Einsatztechnologie

Die Lösung des aktuellen Problems des Kohlensektors der Mongolei und die Bearbeitung der technologischen Schemen der Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger begründen die Aktualität der Arbeit. Grund dafür ist die Notwendigkeit der Weiterentwicklung des Kohlensektors der Mongolei und die Schaffung einer langfristig beständigen, sicheren und ökonomischen Effizienz der Arbeit.

Wenn die Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger bei den Braunkohlentagebauen der Mongolei erfolgreich eingesetzt werden kann, werden folgende Fachgebiete Effizienz gewinnen:

Wirtschaftlichkeit:

- Um die Betriebskosten zu senken und die ökonomische Effizienz der Tagebaubetriebe zu erhöhen muss die Anzahl der verschiedenen Fördersysteme sinken, da die Transportkosten ca. 55 bis 65% der Betriebskosten ausmachen. Zusätzlich muss die Tagebaukontur optimiert werden, um die untersuchten Reserven voll auszunutzen.

Planung und Organisation:

- Die Verringerung der Anzahl der Fördersysteme lässt den technisch- technologischen Abstimmungsbedarf einfacher werden, weil sich auf wenige leistungsfähige Förderketten konzentriert wird.
- Der Aufwand für Bergbauplanung, Kontrolle und Organisation wird weniger, da die Anzahl der Strossen sinkt.
- Die freiwerdenden Planungskapazitäten können dann unter Umständen für eine verbesserte langfristige Tagebauplanung eingesetzt werden.

Umweltschutz:

- Durch verstärkte Innenverkipfung und Rekultivierung parallel zur Gewinnung werden die Umweltauswirkungen vermindern.
- Durch modernere und effizientere Maschinen können die atmosphärische Emissionen der Bergbaubetriebe und der Dieserverbrauch gesenkt werden.

Arbeitssicherheit:

- Die Vereinfachung der Fördersysteme im Tagebau kann die starke Verflechtung zwischen verschiedenen Betriebsprozessen vermindern.
- Es sollen Grundlagen geschaffen werden, dass die Geräte mit neuen Technologien über eine lange Zeit beständig und sicher arbeiten können.

2 Situation und Entwicklungstendenzen der mongolischen Kohlenindustrie und des Einsatzes der Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbaggern

2.1 Kurzcharakteristik der Mongolei

Die Mongolei befindet sich geografisch zwischen der Russischen Föderation im Norden und China im Süden. Die Fläche beträgt ca. 1,56 Mio. km². Das Land hat 2,8 Mio. Einwohner, was einer Bevölkerungsdichte von 1,8 Menschen pro km² entspricht (Deutschland 225 EW/km²). Das jährliche Pro-Kopf-Einkommen beträgt etwa US\$ 750 (2006). Wichtigste Exportgüter sind neben landwirtschaftliche Produkte Kupfer- und Molybdänierz, Flussspat und Gold.

Naturraum

In der Mongolei herrscht ein extrem kontinentales Trockenklima. Die Luftfeuchtigkeit ist sehr gering. Der Winter ist lang, kalt und trocken, während der Sommer warm ist. Frühjahr und Herbst stellen sehr kurze Übergangsperioden von 5-6 Wochen dar. In den kältesten Wintermonaten Januar und Februar sinken die Temperaturen auf bis zu -35°C (manchmal -40 °C). In einigen Teilen der Mongolei herrscht Dauerfrost. In diesen Gebieten gibt es auch Kohlelagerstätten (Anlage 2.1).

In der Wüste Gobi können die Temperaturen im Sommer bis zu 40°C erreichen. Der Jahresunterschied beträgt ca. 80°C. Von Juni bis August fallen die meisten Niederschläge (60-70% der Jahresniederschlagsmenge), die von Norden (250 mm pro Jahr) nach Süden (<100 mm pro Jahr in der Wüste Gobi) abnehmen.

Aufgrund der geringen Niederschläge schließen sich an die Taiga im Norden Gebirgswaldsteppen an. Südlich befinden sich Kurzgrassteppen, die über die Hälfte des Staatsgebietes einnehmen und vor allem im Osten vorherrschen. Die Mongolei lässt sich in 5 Großlandschaften einteilen (Abb. 2.1) [1].

Die Nordhälfte der Mongolei ist durch eine Gebirgslandschaft charakterisiert. Der höchste Gipfel liegt im Westen, im Mongolischen Altai. Der Berg Chuiten Orgil ist 4.374 m hoch, während der tiefste Punkt sich im Osten am Höch Nuur auf 552 m befindet. Insgesamt liegen 81,2% des mongolischen Staatsgebietes über 1.000 m hoch [2].

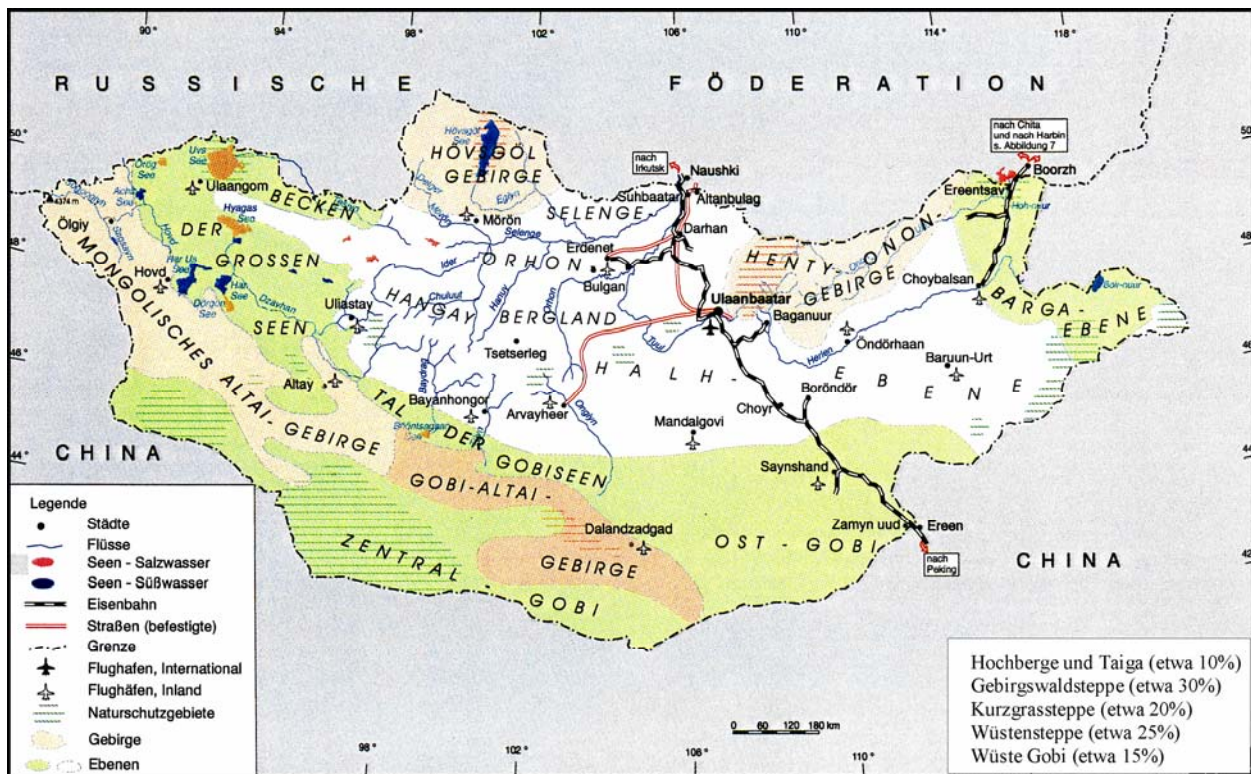


Abb. 2.1 Geographische Übersicht der Mongolei [1]

Infrastruktur

Das Verkehrsnetz der Mongolei ist aufgrund der geringen Bevölkerungsdichte nicht sehr stark ausgebaut. Die Transmongolische Eisenbahn mit einer Strecke von 1.748 km verbindet Ulan Bator und weitere wichtige Zentren mit Russland und China. Sie ist Haupttransportmittel für Industrie- und andere Frachtgüter und verbindet einige wichtige Kohlentagebaue, wie z.B. Sharyngol, Baganuur und Shivee-Ovoo (Anlage 2.2).

Das Straßennetz umfasst etwa 47.600 km (vgl. Deutschland 656.000 km) und besteht größtenteils aus Steppenpisten. Ein Anteil von etwa 3.100 km ist asphaltiert und verbindet die Hauptstadt Ulan Bator mit einigen Provinzen und einigen Kohletagebauen (Anlage 2.3). Seit 2001 baut die Mongolei ein flächendeckendes Straßennetz.

Die Abbildung 2.2 zeigt die drei Hochspannungsnetze (West, Ost und Zentral). Das größte und wichtigste Netz ist das der zentralen Zone. Es besteht aus einem 220 kV Leitungsnetz mit einer Länge von 1.044 km, 3.006 km Leitungsnetz mit 110 kV und über 4.000 km 35 kV Hochspannungsleitung. Dieses zentrale Hochspannungsnetz deckt die Hauptstadt, einige Provinzen und die Tagebaue der zentralen Zone ab (Anlage 2.4). Es ist zusätzlich mit dem Sibirischen Elektrischen Leitungsnetz verbunden, wodurch der Import des elektrischen Stroms während der Spitzenlast möglich ist. Die wichtigsten Kraftwerke befinden sich in der zentralen Zone. Dazu gehören die Elektrizitätswerke Ulan Bator sowie die Kraftwerke in Darkhan und Erdenet.

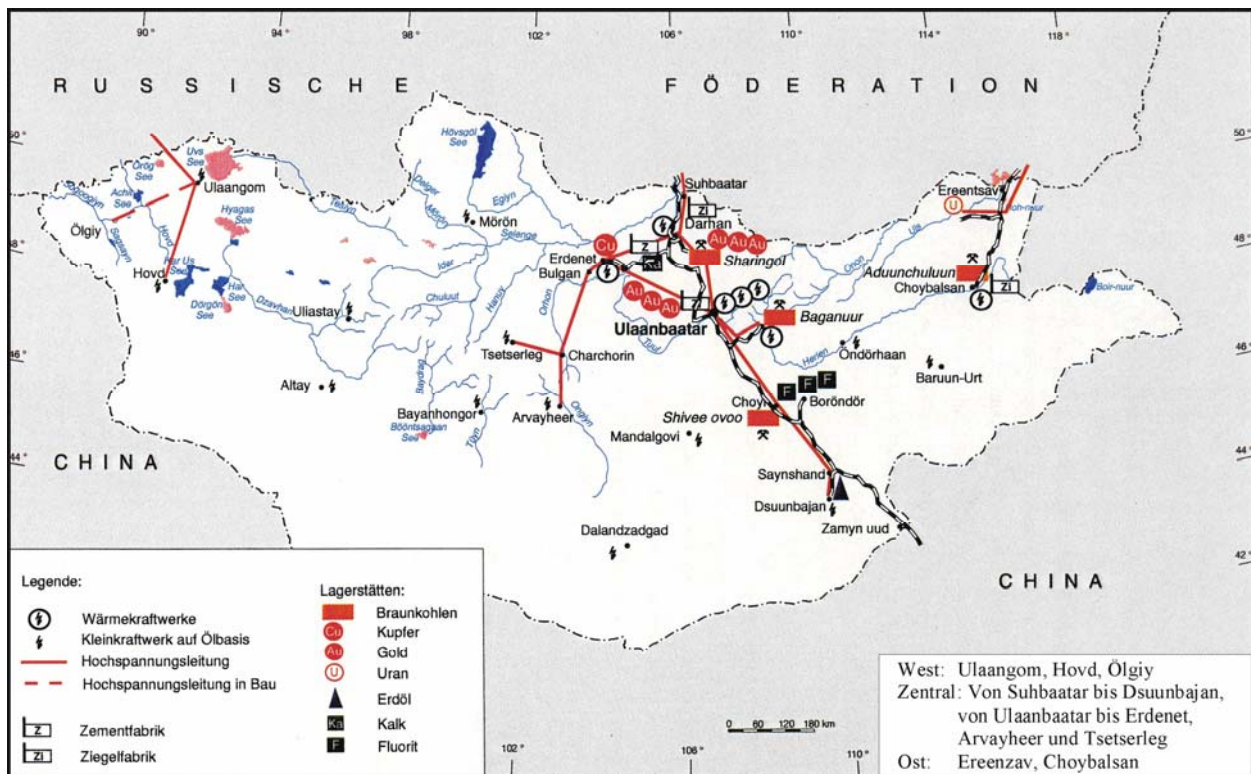


Abb. 2.2 Die Hochspannungsleitungen und Bergbaubetriebe [1]

Kleinere Ortschaften, die weit von Zentralleitungsnetz entfernt sind, werden mit Strom aus kleinen Kraftwerken versorgt, die mit Dieselöl oder Kohle arbeiten. Alle flüssigen Brennstoffe müssen aus Russland und China importiert werden.

Bergbauindustrie

Die Bergbauindustrie ist ein wichtiger Sektor der mongolischen Wirtschaft. Zur Zeit arbeiten die Unternehmen Erdenet für die Gewinnung Kupfer- und Molybdänkonzentrat, 127 Unternehmen für die Goldgewinnung, 44 Unternehmen für die Flussspatgewinnung, 32 Unternehmen für die Kohlegewinnung und 2 Unternehmen für die Erdölgewinnung.

Die Bergbauindustrie macht ca. 30 % des gesamten Bruttoinlandsprodukts aus, etwa 70 % der gesamten Industrieproduktion und über 75 % des Exporteinkommens [3]. Die Produktionsmenge der Hauptbergbauprodukte betrug 2006:

Gold (kg)		20.500
Kupfer	- Metall 99.9% (t)	2.618
	- Kupferkonzentrat 35% (t)	129.700
	- Molybdänkonzentrat 47% (t)	1.403
Flussspat	- Metallurgischer (t)	226.600
	- Konzentrat 92-95% (t)	108.300
Kohle (t)		7.885.500
Rohöl (Barrel)		366.800

In der Bergbauindustrie wurden für gut 18.000 Menschen Arbeitsplätze geschaffen. Das bedeutet, dass der Bergbausektor für die mongolische Wirtschaft einen großen Beitrag leistet [4]. Die ausländischen Investitionen sind wichtig für die Weiterentwicklung von Bergbauindustrie Mongolei.

Bergrecht und Genehmigungskosten

Im Jahre 1991-2006 wurden 17 Gesetze über die Gewinnung von Bodenschätzen und den Umweltschutz verabschiedet. Die wichtigsten sind das Gesetz über die Bodenschätze (1994, 1997, 2006) und das Gesetz über den Umweltschutz (1995). Die Erkundung und Gewinnung aller Bodenschätze wird nach den oben genannten 17 Gesetzen durchgeführt.

Die Besteuerung der Bergbauproduktion hängt von den Jahreserlösen ab. Für die Nutzung des Bodenschatzes sind 2,5% der Erlöse für die Kohle und Baurohstoffe sowie 5,0% der Erlöse für die anderen Bodenschätze zu entrichten (nach der Erneuerung des Gesetzes über die Bodenschätze vom 8. Juli 2006). Weiterhin sind 15% Steuer für Erlöse unter 100 Mio. Tögrög und 40% Steuer für Erlöse über 100 Mio. Tögrög abzuführen (1€=1.570 Tögrög, Stand 31. Mai 2007). Der Import von Bergbautechnik ist steuerfrei [5]. Im Einzelnen fallen für Erkundung und Produktion noch folgende Gebühren an:

Gebühr für Aufsuchungslizenzen [5]

Es werden zur Zeit Lizenzen für maximal 9 (3+3+3) Jahre vergeben. Dabei fallen folgende Gebühren pro ha Erkundungsfläche an:

- US \$ 1,0 (statt 0,05) im ersten Jahr,
- US \$ 0,2 (statt 0,10) im zweiten Jahr,
- US \$ 0,3 (statt 0,10) im dritten Jahr,
- US \$ 1,00 im vierten bis sechsten Jahr und
- US \$ 1,50 im siebten bis neunten Jahr.

Gebühr für Bergbaulizenzen [5]

Bergbaulizenzen werden zuerst für 30 Jahre vergeben und danach können diese Lizenzen um weitere 20 Jahre verlängern werden (30+20+20+...+20). Die Gebühren betragen pro Jahr und ha:

- US \$ 5,0 für die Kohle und Baurohstoffe,
- US \$ 15,0 für die anderen Bodenschätze.

Derzeit gibt es 5.290 Lizenzen im Bergbau, davon 4.447 (62,63 Mio. ha) Schürflizenzen und 842 (160,68 Tausend ha) Abbaulizenzen. 40,15% des Landes sind lizenziert (Anlage 1.5) [3].

Zurzeit sind über 80% des gesamten mongolischen Territoriums mit einem Maßstab von 1:200.000 und etwa 15% mit einem Maßstab von 1:50.000 geologisch kartiert. Auf über 70% der Fläche wurde Fernerkundungen durchgeführt. Alle Information über die Erkundung und Gewinnung von Bodenschätzen sind beim Geologischen Informationszentrum für die Öffentlichkeit frei zugänglich.

2.2 Übersicht über die mongolische Kohlenindustrie

Allgemeine Darstellung des mongolischen Kohlensektors und seiner Rolle

Ein großer Sektor des mongolischen Bergbaus ist der Brennstoffsektor bzw. die Kohlenindustrie. In der ersten Hälfte der 90iger Jahre sank die Kohleförderung, wodurch der energetische Sektor nicht mehr zuverlässig arbeiten konnte. Seitdem war und ist es ein wichtiges Ziel, mit neuer Technik und Technologie die Kohlenförderung zu steigern sowie ein beständiges und sicheres Arbeitsumfeld in den Tagebauen der zentralen Zone sicherzustellen.

Aus diesem Grund hat das mongolische Brennstoff- und Energieministerium zusammen mit der Japan International Kooperation Agency (JICA) im Jahre zwischen 1992 und 1995 Untersuchungen des Brennstoffsektors vorgenommen. Es wurde der „Master Plan für die Entwicklung des mongolischen Kohlensektors“ ausgearbeitet. Unter dem Master Plan wurden die Projekte „Mongolia Coal MOG/2854“, „MONP4“ und „MONP5“ durchgeführt [6]. In der Tab. 1.1 wird das Projekt kurz erläutert.

Tab. 2.1 Kurze Erläuterung der durchgeführten Projekte im mongolischen Kohlensektor [7]

Projekt Name	Mongolia Coal MOG/2854	MONP4 (erste Phase)	MONP5 (zweite Phase)
Ziel des Projekts	Erneuerung der Tagebautechnik und Steigerung der Kohleförderungskapazität bis zu 4,0 Mio. t/a im Baganuur Braunkohlentagebau	Erneuerung der Tagebautechnologie der Baganuur und Steigerung der Kohleförderungskapazität bis zu 2,0 Mio. t/a im Shivee-Ovoo Braunkohlentagebau	Erneuerung der Tagebautechnologie und Erweiterung der Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo
Finanzierung	\$ 35 Mio. auf Kredit von Welt Bank	\$ 52,9 Mio. auf Kredit von Japanischer Regierung und (OEFC)	\$ 42,3 Mio. auf Kredit von Japanischer Regierung und (OEFC)
Anfang das Projekt	1997	1997	1999
Auftragnehmer	Baganuur GmbH	Baganuur GmbH Shivee-Ovoo GmbH	Shivee-Ovoo GmbH

Im Ergebnis der Realisierung der oben genannten Projekte ist verschiedene Technik erneuert worden sowie die Kapazitäten der Kohlenförderung gestiegen. Zusammen mit anderen Bergbauzweigen hat sich die Produktion des mongolischen Bergbausektors seit 1995 pro Jahr um durchschnittlich 8 bis 12% gesteigert.

Im Jahr 2006 arbeiteten im Brennstoffsektor 30 Wirtschaftsunternehmen in 32 Kohlenlagerstätten, davon sind 5 mit staatlichem Eigentum. Im Jahr 2006 wurden in der Kohlenindustrie über 7,8 Mio. t Kohle gefördert. Davon wird 84% für die Elektrizität- und Wärmeenergie und 16% für Haushalte und Sonstiges benötigt. Deshalb ist die Kohle Hauptrohstoff für die Elektroenergieerzeugung in der Mongolei. Abb. 2.3 zeigt die Anteile der Energierohstoffe. Die mongolische Elektrische- und Wärmeenergie wird zu 93 %

aus Braunkohle gewonnen. Weitere 6% kommen aus flüssigem Brennstoff und 1% werden aus erneuerbaren Energien (Wind, Sonne und Wasser) gewonnen [8].

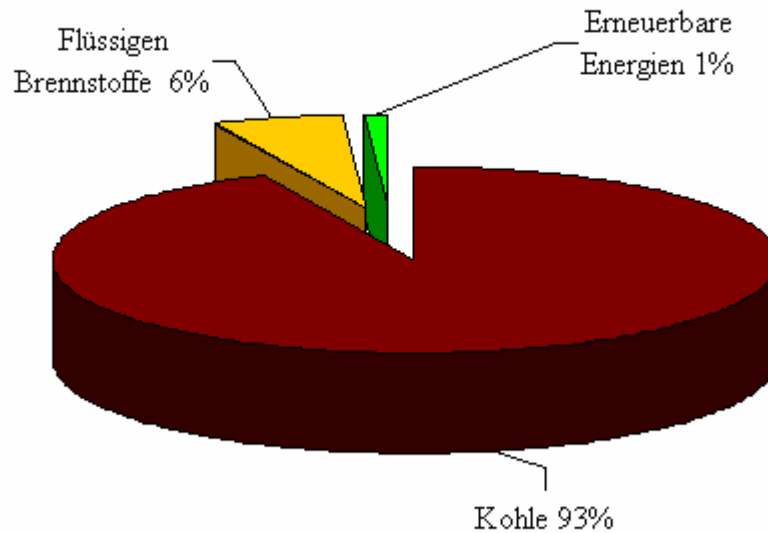


Abb. 2.3 Energierohstoffe der Mongolei

In den vergangenen 15 Jahren wurden auch mehrere Projekte zur Modernisierung der Kraftwerke durch ausländische Kredite durchgeführt. Dazu gehören die Elektrizitätswerke-2, 3, 4 in Ulan Bator, das Kraftwerk im Darkhan und Erdenet mit 774 MW Gesamtleistung. In der Anlage 2.6 sind die Hauptkonsumenten und Produzenten der Kohle zusammengestellt.

Kohlenproduktion

Im Jahr 2006 wurden 20,6 Mio. m³ Abraum abgetragen und 7,8 Mio. t Kohlen gefördert. Geplant waren jedoch eine Abraumförderung von 23,5 Mio. m³ sowie eine Kohlenproduktion von 7,2 Mio. t. Trotzdem stieg im Vergleich zum Jahr 2005 der Abraumabtrag um 1,4 Mio. m³ und die Kohlenförderung um 0,3 Mio. t. Insgesamt ergibt sich aber für das Jahr 2006 ein Rückstand der Abraumbewegung von insgesamt 2,9 Mio. m³, um die nötige Kohlefreilage zu gewährleisten.

Die Braunkohlentagebaue Sharyngol, Baganuur und Shivee-Ovoo weisen dabei die größten Rückstände in der Abraumförderung auf [8]. Abb. 2.4 zeigt die Kohleproduktion der letzten 11 Jahre des mongolischen Kohlensektors. In der Anlage 2.7 sind Daten zur Kohlegewinnung im mongolischen Kohlensektor seit 1922-2002 zu finden [9].

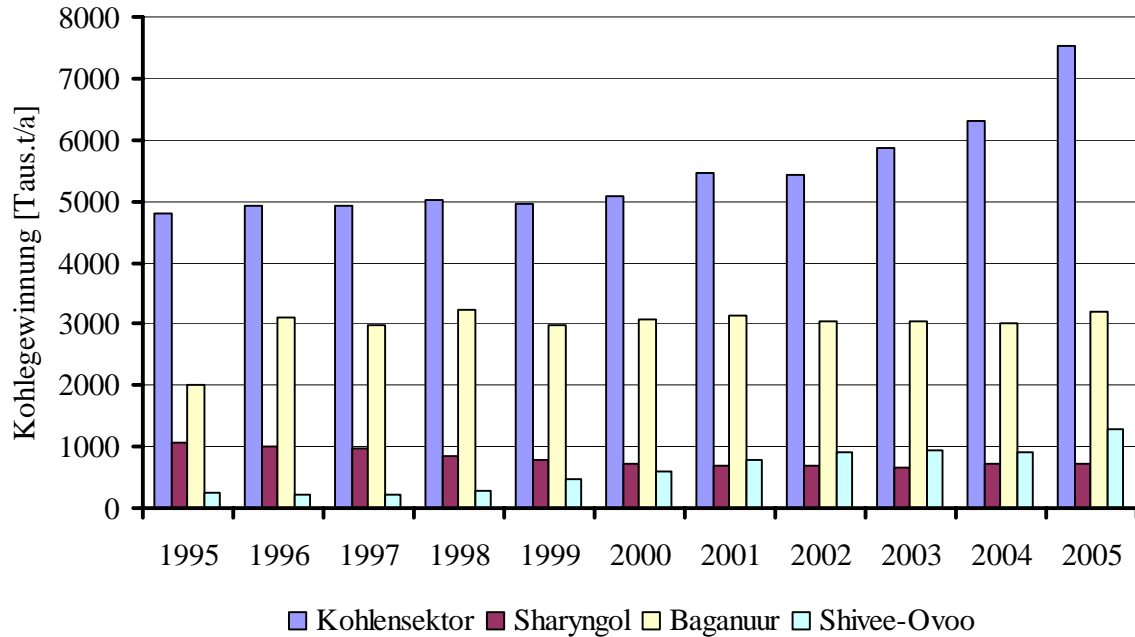


Abb. 2.4 Kohleproduktion der letzten 11 Jahren des mongolischen Kohlensektors

Technik der Kohlentagebaue

Der letzte Braunkohlentiefbau (Nalaikh) wurde Anfang 1990 aufgrund von Unwirtschaftlichkeit geschlossen, so dass heute Kohle nur noch in Tagebauen produziert wird. In der Vergangenheit wurde hauptsächlich russische Technik eingesetzt. In den letzten 10 Jahren wurde ein Teil dieser Technik schrittweise durch größere und modernere Maschinen von internationalen Herstellern, wie Caterpillar, Komatsu, Liebherr, Ingersoll Rand u.a. ersetzt [10]. In Anlage 2.8 zeigt eine Zusammenstellung der in den großen Kohlentagebauen der Mongolei eingesetzten Technik. Die Technik, die in kleinen Tagebauen im Einsatz sind, ist in Anlage 2.9 zusammengestellt. Im Rahmen der Projekte „Mongolei Kohle MOG/2854“ und „MONP4“ wurden im Tagebau Baganuur 78 neue Bergbaugeräte angeschafft. Weiterhin wurden 2 Brech- und Siebanlagen sowie 2 Zugverladestationen für die Kohle gebaut. Mit der Finanzhilfe der USA (Entwicklungshilfe) hat der Braunkohlentagebau Sharyngol 12 Tagebaumaschinen gekauft (Anlage 2.8), um den Kohlenbedarf der Nordzone zu decken. Im Tagebau Shivee-Ovoo wurden während des ersten Projektes „MONP4“ 22 neue Bergbaumaschinen gekauft sowie eine Brech- und Siebanlage mit Verladestation aufgebaut. Zusätzlich wurden in diesem Tagebau eine Reparaturwerkstatt, eine Tankstelle, Kommunikationssysteme und ein Labor für Umweltmonitoring errichtet. In der zweiten Phase (Projekt „MONP5“) wurden im Jahr 2003 eine 110 kV Umspannstation errichtet sowie ein Schürfkübelbagger Esch-25/90 und ein Seillöffelbagger EKG-5A in den Tagebaubetrieb eingegliedert. Zusätzlich wurde im Jahr 2002 eine zweite Grubenwasserhaltung in Betrieb genommen, wodurch die Kohlenfeuchtigkeit von 42% auf bis zu 32% gesenkt und somit der Heizwert verbessert werden konnte. Die Projekte „Mongolia Coal“, „MONP4“, „MONP5“ wurden durch Kredite der Weltbank, der Asiatischen Entwicklungsbank, der japanischen Regierung sowie anderer privater Investoren finanziert.

Tagebautechnologie

In der Mongolei gibt es 32 aktive Kohlentagebaue. Davon sind Sharyngol, Baganuur und Shivee-Ovoo die Hauptlieferanten für die Kraftwerke der Zentralzone.

Braunkohlentagebau Sharyngol

Seit 1967 wird im Tagebau Sharyngol Kohle abgebaut. Die Mächtigkeit des Kohleflözes beträgt 25 bis 30 m. Sie wird von ca. 200 m Abraum überlagert.

Das Lösen des Abraums erfolgt über Bohren und Sprengen. In den Wintermonaten wird bei Bedarf ebenfalls in der Kohle gesprengt. Das Laden erfolgt über Seilbagger russischer Bauart auf SKW. Bis Anfang 1990 betrug die Kohlenförderung 1,1 Mio. t pro Jahr.

Durch den Ausfall von Transportkapazitäten, unter der Bedingung gleich bleibender Kohleförderung, lief die Grube in den vergangenen Jahren auf den Abraumbetrieb auf. Deswegen war ursprünglich von der Regierung geplant, den Tagebau Sharyngol zwischen 2010 und 2015 stillzulegen.

Im Abraum wird auf den unteren Strossen mit Direktversturztechnologie per Schürfkübelbagger gearbeitet. Auf den mittleren Strossen wird das Laden und Transportieren von Seilbaggern und SKW übernommen, während auf den oberen Strossen die Seilbagger mit Zugbetrieb arbeiteten. Insgesamt gibt es 12 Abraumstrossen mit einer Höhe von je etwa 8 bis 12 m. Die Verkipfung erfolgt für die Schürfkübelbagger auf eine Innenkippe, während die SKW und der Zugbetrieb den Abraum auf Innen- und Außenkippen transportieren. Später wurde der Zugbetrieb durch SKW Transport ersetzt. Die Tagebauentwässerung erfolgt über ein Tiefbausystem, das mit einem Schacht und mehreren Entwässerungsstrecken arbeitet. Zusätzlich wird auch mit Filterbrunnen entwässert.

Die heutige Kapazität des Tagebaus beträgt ca. 600.000 t Kohle. Dabei ist eine Abraumbewegung von 4,0 Mio. m³ erforderlich, was einem betrieblichen Abraum-Rohstoff-Verhältnis von ca. 6,6 m³/t entspricht. Im Jahr 2004 wurde der Tagebau privatisiert.

Braunkohlentagebau Baganuur

Im Tagebau Baganuur wird seit 1978 Kohle abgebaut. Das Kohlenflöz dieses Tagebaus hat eine durchschnittliche Mächtigkeit von 10,3-17,2 m. Im zentralen Teil treten Beckenstrukturen mit Kohlemächtigkeiten von 25-96 m auf. Insgesamt wurden 599,8 Mio. t sichere Braunkohlenreserven nachgewiesen.

Derzeit beträgt die Mächtigkeit des Abraums 80 m mit steigender Tendenz. Der Tagebau besteht aus 5 Teilfeldern, die in der Zukunft zu einem Tagebau zusammen geführt werden.

Im zweiten und fünften Tagebauteilfeld wird die Abraumbewegung auf der unteren Strosse per Direktversturz mit Schürfkübelbaggern ESch 20/90 oder ESch 15/90 durchgeführt. Auf den oberen Strossen wird die Lade- und Transportarbeit von Seilbaggern und SKW übernommen.

Die Gewinnungskapazität des Tagebaus beträgt heute 3,0 Mio. t/a. Die jährliche Abraumbewegung beläuft sich auf 12,0 Mio. m³, was einem betrieblichen Abraum-Rohstoff-Verhältnis von ca. 4,0 m³/t entspricht. Die Tagebauentwässerung erfolgt mit Filterbrunnen.

Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo

Der Tagebau Shivee-Ovoo ist seit 1992 in Betrieb. Der Tagebau baut 2 Kohlenflöze mit einer Mächtigkeit von insgesamt 15-20 m ab. Im zentralen Teil des Beckens sind die Kohlenflöze bis zu 30 m mächtig. Insgesamt wurden ca. 600 Mio. t sichere Reserven nachgewiesen.

Zurzeit beträgt die Abraummächtigkeit ca. 60 m. Auf der unteren Strosse arbeitet ein Schürfkübelbagger Esch-25/90 im Direktversturz, während auf den oberen Strossen eine Kombination aus Seilbaggern vom Typ EKG-5A und SKW vom Typ Komatsu eingesetzt wird. Der Schürfkübelbagger verkippt auf eine Innenkippe, während die SKW den Abraum auf eine Außenkippe transportieren.

Bei der Kohlegewinnung belädt ein Seillöffelbagger EKG-5A bzw. ein Radlader SKW vom Typ Komatsu. Die heutige Kapazität des Tagebaus beträgt ca. 1,0 Mio. t/a Kohle. Dazu wurde 2,8 Mio. m³ Abraum pro Jahr bewegt, was einem betrieblichen Abraum-Rohstoff-Verhältnis von ungefähr 2,8 m³/t entspricht. Die Entwässerung erfolgt mit Filterbrunnen.

Auf dieser Lagerstätte liegt das Dorf Shivee Govi mit über 3.000 Einwohnern. Durch das Lagerstättenfeld gehen außerdem die Transmongolische Eisenbahn, die zentrale Autostraße und die elektrische Zentralnetz zwischen Ulaanbaatar und Dornogobi mit 110 KV und 6 KV (Anlage 2.10). Infolge dieser Umstände kann nur der nordwestliche Teil abgebaut werden. Der Ausbau des Tagebaus ist ohne die Verlegung der oben genannten Straßen und Netze nicht möglich.

Andere Kohlentagebaue

Bedingt durch ähnliche Lagerungsbedingungen der Kohlen wird in den anderen Tagebauen eine analoge Gewinnungstechnologie angewandt.

Die anderen Tagebaue bauen meist nahe an der Ausbißlinie ab, wodurch in der Abraumbewegung nur relativ kleine Maschinen eingesetzt werden müssen. Es kommt meist nur russische Technik zum Einsatz (Seillöffelbagger EKG-5A, EO 5111 auf SKW BelAZ, KrAZ und Kamaz). Die SKW fördern den Abraum fast ausschließlich auf eine Außenkippe, wo zusätzlich noch Planiertrauen eingesetzt werden.

In den meisten kleineren Kohletagebauen werden 8 oder 12 Stundenschichten verfahren. In den Sommermonaten wird nur Abraum bewegt, da kein Bedarf an Kohle zum Heizen besteht. In den Wintermonaten wird dann die im Sommer freigelegte Kohle abgebagert. Während der Abraum immer durch Sprengungen aufgelockert werden muss, wird die Kohle im Winter nur bei Bedarf aufgelockert. Dazu werden russische Bohrmaschinen vom Typ SBR-160, BTS-150 und SBU-100 sowie Sprengstoff aus Baganuur und Sprenghilfsmittel von der Firma Nonel eingesetzt. Da sich die Tagebaue Nuurstkhotgor, Khartarvagatai, Khöschoot in Hanglagen mit einer Höhe zwischen 1.650-1.802 m

befinden, findet eine natürliche Entwässerung ohne Einsatz von Technik statt. Bei den anderen kleinen Tagebauen wird das Wasser in Strossengraben gesammelt und einer Pumpenstation zugeführt.

2.3 Perspektive und Entwicklungstendenzen

Perspektive der Kohlegewinnung

Die Kohle ist der Hauptrohstoff für die Energie weltweit. Im Jahre 2003 wurde der Strom 37% aus Kohle, 21% aus erneuerbaren Quellen, 17% aus Kernenergie, 16% aus Gas und 9% aus Erdöl hergestellt. Abb. 2.5 zeigt die Entwicklungstendenz der Energierohstoffe in der Welt [11].

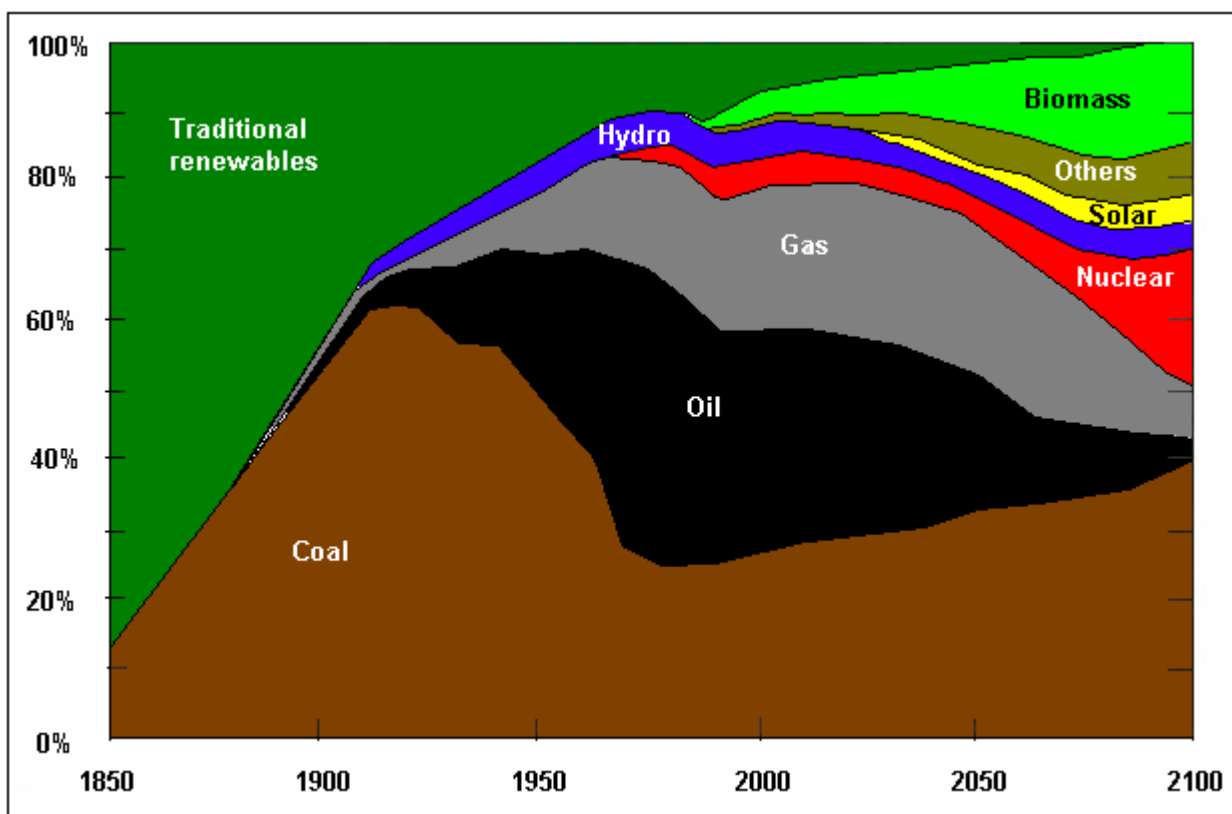


Abb. 2.5 Entwicklungstendenz der Energierohstoffe in der Welt [11]

In folgenden Ländern wird hauptsächlich Kohle für die Energiegewinnung benutzt: Polen 94,8%, Tschechien 66,7%, Griechenland 62,3%, Süd Afrika 93%, Australien 76,9%, China 82%, Indien 78,3%, Dänemark 47,3%, USA 49,9%, Deutschland 52,0%.

In den letzten 25 Jahren stieg die Kohlegewinnung um 1,4 Mrd. t weltweit. 51,2% davon produzierte der pazifisch-asiatischer Raum, wo die Kohlegewinnung um das 1,8 fache anstieg. Die intensive wirtschaftliche und demographische Entwicklung dieses Erdteils erhöhte den Energieverbrauch und daher den Bedarf an Brennstoffen.

Im Jahr 2000 betrug der Kohlenverbrauch dieser Region etwa 2 Mrd. t. Nach Ansicht internationaler Forscher wird der Kohlenbedarf im Jahr 2020 bis auf 4 Mrd. t anwachsen.

Diese Situation und diese Situation und Entwicklungsperspektive des asiatisch-pazifischen Raumes bedeutet für die Mongolei einen potenzielle Exportmarkt an Brennstoffen (Abb. 2.6).

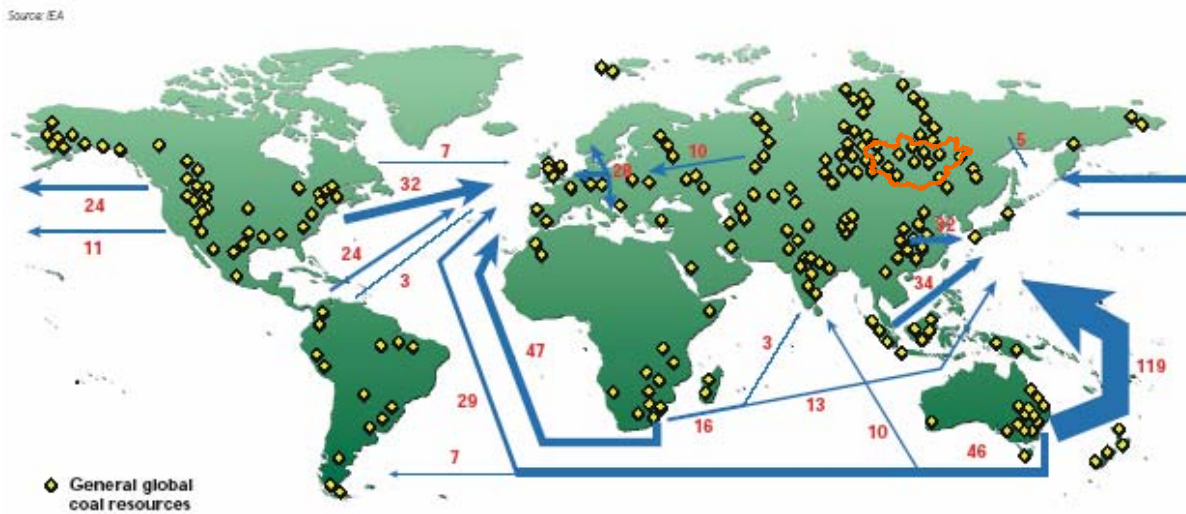


Abb. 2.6 Haupthandelswege der Kohle, (Mio. t/a) [11]

Momentan wird Kohle aus Ulaan-Ovoo (21) nach Russland sowie aus Nariinsukhait (20) und Aduuntschuluun (19) nach China, exportiert (Abb. 2.7).

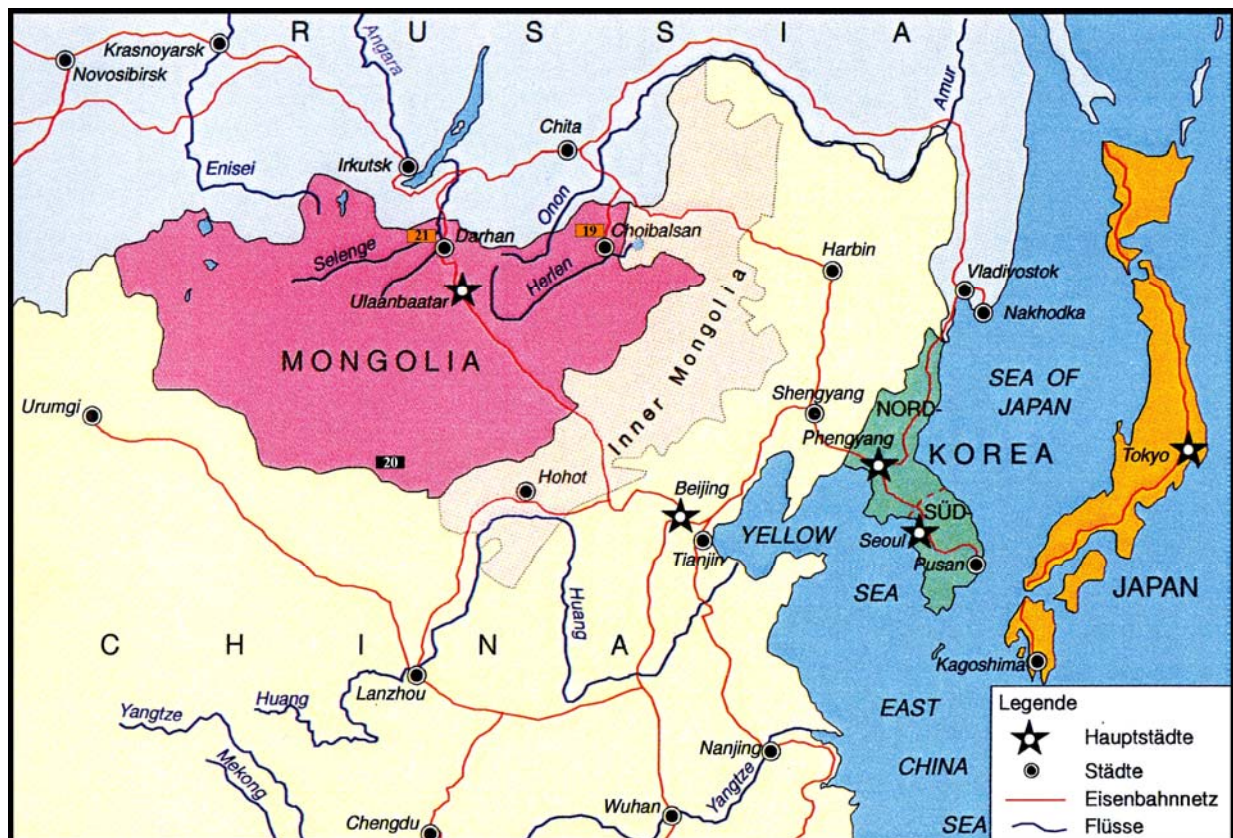


Abb. 2.7 Handelswegeverbindung der Mongolei in Ostasien [1]

Entwicklungstendenzen der mongolischen Kohlentagebaue

Es gibt zahlreiche Arbeiten von mongolischen Wissenschaftlern und Forschern, die sich mit den Perspektiven und Entwicklungstendenzen des Kohlensektors im 21. Jahrhundert beschäftigen [4, 6, 7, 12-18]. Daraus resultieren folgende Ziele der Entwicklung der Kohlenindustrie:

Langfristig ist geplant, die Kapazität der mongolischen Kohlenindustrie kontinuierlich zu steigern. Dazu sollen die Kapazitäten der vorhandenen Tagebaue ausgebaut werden sowie neue Lagerstätten in Abbau genommen werden. Um die damit verbundenen Problemstellungen zu lösen wird der Einsatz neuer Technik sowie veränderter Technologie favorisiert. Zum Beispiel:

- Erneuerung und Vergrößerung des Kohlentagebaue Aduunchuluun, Ulaan-Ovoo, Tavantolgoi, Chandgantal, Tevshingovi, Nuurshotgor, Bayanteeg, Höshööt sowie Aufschluß zwei neuen Tagebauen Zaidamnuur und Tögrögnuur.
- Einführung von neuer Technik und Technologie in den Braunkohlentagebauen Shivee-Ovoo, Tavantolgoi, Ulaan-Ovoo, Nariinsukhait. Bei der Shivee-Ovoo BKTB Optimierung der Direktverstütztechnologie.
- Reduzierung der Verschmutzung und des Verlustes der Kohle und Verbesserung des Entwässerungssystems in den Kohlentagebauen.

Mittelfristig soll die Kohlenversorgung von weit entfernten Landesteilen verbessert werden, um auch die Dorfbevölkerung mit Kohle versorgen zu können. Zusätzlich sollen weitere Veredlungsprodukte aus der Kohle hergestellt werden (z.B. Brikett, Kohlevergasung, synthetischer Gummi usw.).

Zur Umsetzung der langfristigen Ziele wurde eine Strategie entwickelt, die Kohleproduktion in den nächsten Jahren zu steigern. Um den Kohlebedarf der wirtschaftlich bedeutenden zentralen Zone zu decken, ist es unbedingt erforderlich, die Kohlenförderung des Braunkohlentagebaus Baganuur auf bis zu 6,0 Mio. t/a und die Produktionskapazität des Braunkohlentagebaus Shivee-Ovoo auf bis zu 2,0 Mio. t/a auszubauen. Zusätzlich sollen die sehr großen Kohlenlagerstätten Tögrögnuur, Zaidamnuur (je > 1 Mrd. t Reserven) in Betrieb genommen werden.

In Anlage 2.11 zeigt eine Übersicht der wichtigsten Tagebaue der zentralen Zone, ihre Infrastruktur und die geplanten Tagebaue Tugrugnuur und Tsaidamnuur.

Weiterhin soll im Süden mit ausländischen Investitionen der Kokskohlentagebau Tavantolgoi erweitert werden.

Kurzfristig soll in den Tagebauen Shivee-Ovoo, Tavantolgoi, Ulaan-Ovoo und Narynsukhait neue Technik angeschafft werden. Im Tagebau Shivee-Ovoo ist geplant, den Schürfkübelbagger ESch 25/90 auf den unteren Strossen die Direktverstütztechnologie weiterzuführen.

Das zweite kurzfristige Ziel besteht in der Steigerung der Kohlenqualität.

Dazu sollen die Kohleverluste und die Verdünnung der Kohle mit Nebengestein gesenkt werden. Es ist geplant, die Entwässerungssysteme für die Tagebaue der zentralen Zone zu verbessern und somit den Wassergehalt der Kohle zu senken. Zusätzlich ist geplant, ein Forschungsinstitut zur Kohlenveredlung zu bauen.

Zum Erreichen dieser Ziele muss die Abraumbewegung kontinuierlich gesteigert werden. Langfristig soll auf den Einsatz von Zugförderung verzichtet werden und der Abraumtransport nur noch von Schürfkübelbaggern und SKW bewältigt werden. In der Abb. 2.8 ist die Entwicklung des jährlich zu fördernden Abraumes dargestellt. Zusätzlich sollten der SKW-Betrieb durch Bandförderung ersetzt werden, da die Verfügbarkeit und Kosten von Diesel begrenzt sind.

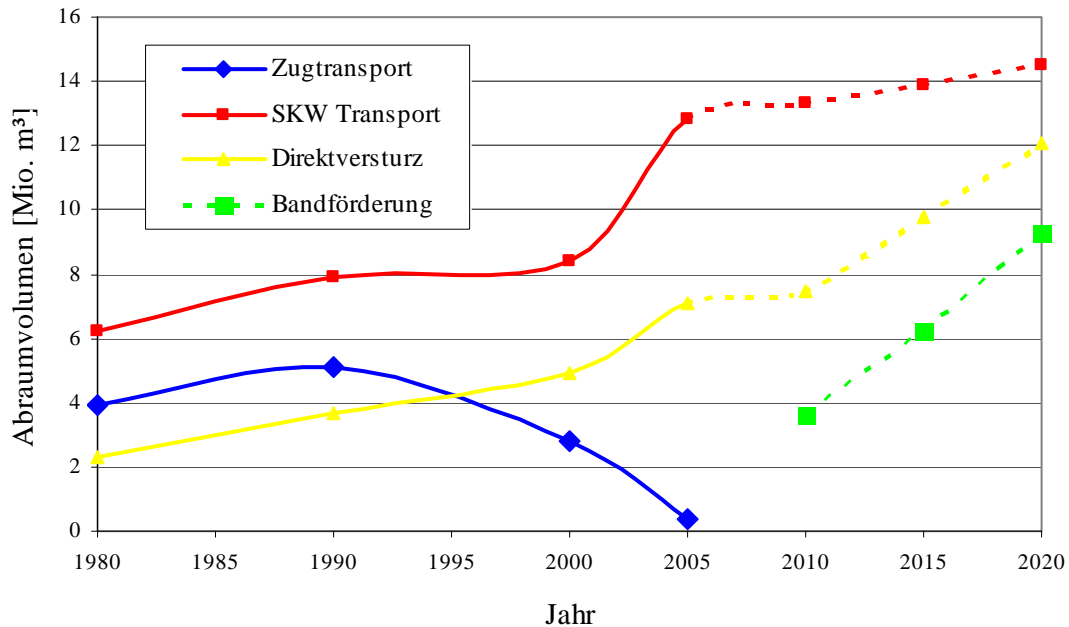


Abb. 2.8 Entwicklung des zu fördernden Abraumvolumens pro Jahr

Nebenprodukte der Tagebaue

In den Tagebauen können außer Kohle andere Rohstoffe gewonnen werden, z.B.:

- Im Abraum des Tagebaus Sharyngol gibt es 2 bis 7,6 m Ziegelrohstoffe,
- Der Abraum des Kohlentagebaus Baganuur hat über 15 m Baumaterials Sand und Kies,
- Es gibt auch Kaolinvorkommen im Tagebau Aduunchuluun.

Der Abbau und die Weiterverarbeitung von diesen Rohstoffen stellt ein zukunftssträchtiges Potenzial dar.

2.4 Kritische Bewertung der Kohlenindustrie und ihr aktuelle Probleme

Kritische Bewertung

Der mongolische Kohlensektor hat Jahr 200 7,8 Mio. t Kohle gefördert, davon 75% aus den 3 Braunkohlentagebauen Sharyngol, Baganuur und Shivee-Ovoo. Diese Tagebaue tragen einen Teil des Abraums mit Direktversturztechnologie ab. Aber sie können wegen verschiedener technischer und technologischer Probleme ihre Leistungspotentiale nicht voll ausschöpfen und nicht alle Lagerstättenteile vollständig gewinnen.

Beispielsweise sind die technologischen Schemata und Parameter unvollständig untersucht. Es ist derzeit nicht bekannt, ob die heute eingesetzten technologischen Parameter und Schemata optimal sind und wie lange unter diesen Bedingungen effektiv und sicher gearbeitet werden kann. Zusätzlich ist keine Langfristplanung vorhanden.

Problematisch ist, dass der Import von Bergbaumaschinen und Ersatzteilen viel Geld und Zeit benötigt. Der Ersatzteilmangel ist besonders kritisch zu bewerten, da kaum Reservegeräte verfügbar sind und bei Ausfall der Maschinen ganze Förderketten zum Stillstand kommen. Kombiniert mit einer fehlenden langfristigen Tagebauplanung führten diese Probleme zum Auflaufen des Grubenbetriebes und den Verlust von anstehender Kohle.

Wird zusätzlich die weltweite Tendenz in der Tagebautechnik beachtet, dass immer größere Tagebaukapazitäten konzipiert werden, um mit immer leistungsfähigeren Maschinen geringere spezifische Kosten zu erreichen, dann stellt die Vielzahl an unterschiedlichen Förderketten mit geringem Durchsatz einen Wettbewerbsnachteil dar.

Aktuelle Probleme

Der überwiegende Teil des Abraums in den wichtigsten Kohletagebauen der Mongolei wird mit Direktversturztechnologie gefördert. Jedoch sind die technologischen Zusammenhänge dieser Technologie nur unzureichend untersucht [31]. Daher kann die volle Leistungsfähigkeit der Maschinen nicht ausgenutzt werden. Dies zeigt sich besonders im fehlenden Vorlauf der Abraumgewinnung gegenüber der Kohleförderung und in Kohlenverlusten.

Daher muss die Direktversturztechnologie umfassend untersucht werden, um für die technologischen Besonderheiten der mongolischen Tagebaue optimale technologische Schemata zu entwickeln und sie in andere Betriebsprozesse einzubinden.

2.5 Forschungsstand zu den aktuellen Problemen

Aus den oben beschriebenen Problemen der mongolischen Kohlenindustrie ergibt sich folgender Untersuchungsbedarf zur breiteren Anwendung des Direktversturzes:

Erstens müssen die bergbau-geologischen Bedingungen und die Anwendungsmöglichkeiten der Direktversturztechnologie in den Kohlenlagerstätten der Mongolei untersucht werden, da es bisher keine Publikationen und detaillierte Untersuchung über die bergbau-geologischen Bedingung und Anwendungsmöglichkeiten der Direktversturztechnologie in den mongolischen Kohlentagebauen gibt. Dies wird im Kapitel 3 diskutiert.

Zweitens muss eine Untersuchung des Technikstandes des Schürfkübelbaggers und seines Einsatzes durchgeführt werden, weil bisher in den Kohlentagebauen der Mongolei nur russische Schürfkübelbaggern mit 6 bis 25 m³ Kübelvolumen und 45 m bis 90 m Auslegerlänge eingesetzt werden (Anlage 2.8). Aber es gibt auch keine Untersuchung über die Technik des Schürfkübelbaggers und seinen Einsatz in den mongolischen Tagebauen. Deshalb ist unbekannt, ob die Schürfkübelbagger, die zur Zeit in den mongolischen Tagebauen im Einsatz sind, über optimale Technik für die bergbau-geologische Bedingungen der mongolischen Kohlentagebaue verfügen.

Weltweit gibt es mehrere Untersuchungen und Publikationen über die Technik des Schürfkübelbaggers und seinen Einsatz, z.B.:

Über die Schürfkübelbaggertypen und ihre Einsatzmöglichkeiten wurden zahlreiche Arbeiten publiziert [29, 30]. Die neuen Schürfkübelbagger „Kranlaine“ [32] sowie „Ekskawator-draglain EDG 8.50“ [33] wurden Ende der 90er Jahre entwickelt und haben mehrere Vorteile im Vergleich zum herkömmlichen Schürfkübelbagger. Über die Entwicklung [34, 35, 36], die Herstellung [37] und die Perspektiven [38, 39] des Schürfkübelbaggers sowie über dessen Geschichte wurden einige Bücher und wissenschaftliche Beiträge publiziert [40, 41].

In Kapitel 4 werden der Stand der Technik des Schürfkübelbaggers und seine Anwendungspraxis vollständig untersucht.

Drittens muss der Forschungsstand der Bearbeitung der technologischen Schemen der Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbaggern untersucht werden. Dies ist Gegenstand der folgenden Seiten des Abschnitts.

Forschungsstand der technologischen Schemen der Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbaggern

Bevor auf den Forschungsstand der technologischen Schemen der Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbaggern eingegangen wird, sei kurz erläutert, worum es sich bei der Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger handelt.

Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger

Die Technologie des Direktversturzes von Abraummassen ist für im Fall ihrer Anwendbarkeit die ökonomisch günstigste Tagebautechnologie. Das Fördergut wird unter Vermeidung der Strossenförderung auf dem kürzesten Wege über den offenen Tagebau gefördert, über das freigelegte Mineral bewegt und auf das freie Liegende verstürzt [42].

Es werden folgende Direktversturztechnologien unterschieden:

- Direktversturz mittels Abraumförderbrücken,
- Direktversturz mittels Kombination Bagger und Absetzer,
- Direktversturz über lange Bandausleger von Schaufelrad- oder Eimerkettenbaggern,
- Direktversturz mittels Löffel- oder Schürfkübelbagger.

In Abb. 2.9 wird eine allgemeine Darstellung der Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger gezeigt.

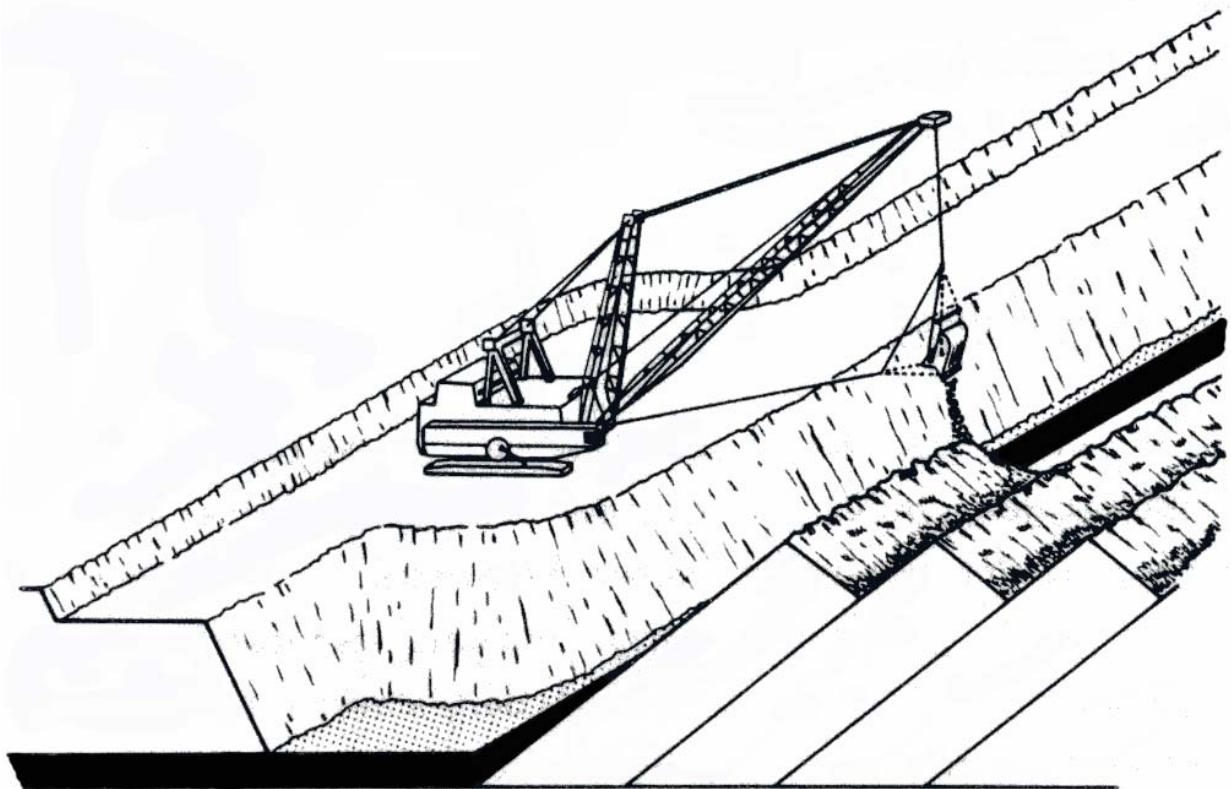
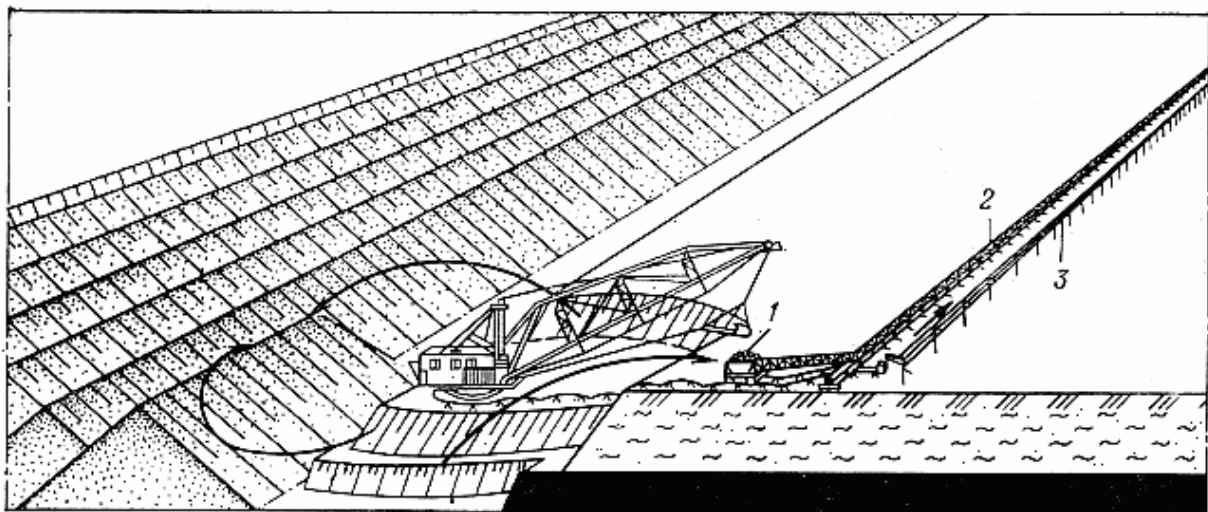


Abb. 2.9 Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger

Die Methode des Direktversturzes mit Schürfkübelbaggern wird besonders in Russland in Kohlen und Erztagebauen, aber auch in den USA und Australien im Kohlentagebau häufig angewendet. Der Direktversturz mittels Schürfkübelbagger gehört zu den effektiven Tagebautechnologien. Untersuchungen von Melnikov weisen aus, dass durch Anwendung dieser Direktversturztechnologie geringste spezifische Förderkosten bei maximaler Arbeitsproduktivität erreicht werden können [43]. Gegenüber anderen Tagebautechnologien wird eine höhere zeitliche Auslastung der Geräte erreicht. Der Einsatz derartiger Gewinnungsgeräte für den Direktversturz setzt jedoch entsprechend lange Ausleger der Gewinnungsgeräte voraus, um 40-50 m mächtiges Deckgebirge abtragen zu können.

Dabei werden die Abraummassen durch den Schürfkübelbagger sowohl in Hoch- als auch im Tiefschnitt gewonnen, wobei letzterer sich besonders durch seine guten Tiefbaggereigenschaften auszeichnet.

Weiterhin wird ein Vorschlag von Melnikov angegeben, der den Einsatz eines einzigen Schürfkübelbaggers für den Abbau einer Lagerstätte beinhaltet [44]. Dabei erfolgt die selektive Gewinnung von Abraum und Kohle in der Weise, dass der Schürfkübelbagger im Hoch- und Tiefschnitt Blockweise den Abraum gewinnt, direkt verstürzt und anschließend den freigelegten Rohstoff baggert und in einen fahrbaren Bunker entleert, der das Fördergut auf die entsprechenden Fördermittel, z.B. auch auf eine Strossenbandanlage übergibt (Abb. 2.10).



**Abb. 2.10 Direktversturztechnologischer Komplex Ein-Bagger-Tagebau,
1-Brecher, 2-Bandanlage, 3-Stromkabel [44]**

Die Benutzung des Schürfkübelbaggers mit langem Ausleger beim Direktversturz ist effektiv für den Abraumbau, da die Kosten pro m³ Abraum ca. 2,5 bis 3,0 mal geringer sind als bei der Transporttechnologie mit SKW, Zug oder Band [45, 46].

Stand der Bearbeitung der technologischen Schemen

In die Mongolei

Trotzdem für die Durchführung des Masterplans und der MONP4 und MONP5 Projekte im Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo ein Schürfkübelbagger mit 25 m³ Kübel und 90 m Ausleger eingesetzt wurde, ist sein technologisches Einsatzschema nicht vollständig bearbeitet.

Für das Projekt des Institutes „Giproschacht“ wurde im Braunkohlentagebau Baganuur ein kombiniertes Abbausystem bzw. die Kombination von SKW- und Zugtransport sowie Direktversturz durch den Schürfkübelbagger geplant. Bis Ende 1990 wurde von Russland alle notwendig Technik und Ausrüstung für 6,0 Mio. t Kohleförderung pro Jahr eingegliedert. (Anlage 2.12). Auf Grund der ökonomischen Krise am Anfang der 90er Jahre des 20. Jahrhunderts in der Mongolei bzw. der Inflation und finanzieller Probleme hat keine Erneuerung der Technik und Ersatzteilimportierung mehr stattgefunden. Deshalb könnte die geplante Leistung nicht erreicht werden. Außerdem fehlen Untersuchungen über die Einsatztechnologie des Schürfkübelbaggers. Dies führt im Tagebau Baganuur zu mehreren Rutschungen der Innenkippe, die Umstellung technologischer Parameter und den Verlust von Kohle.

Entsprechend Masterplans, MONP4 und MONP5 ist in Baganuur der Übergang des Zugtransportsystems auf das SKW Transportsystem im Gange. Hierfür ist jedoch unbedingt eine Untersuchung und technologische Bearbeitung der Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger nötig.

Außerdem gibt es in der Mongolei keine detaillierten Untersuchungen und Dokumente über die Anwendung der Direktversturztechnologie und ihre Einsatzschemen außerhalb des Projektes „Giproschacht“ und des Braunkohlentagebaues Baganuur.

Weltweit

Die Grundlagen, Abbauparameter, Produktion und die Projektierung der technologischen Schemen mit Schürfkübelbagger sind in [47, 48, 49] beschrieben. Melnikov N.N. hat detaillierte theoretische Untersuchungen über den Einsatz des Schürfkübelbaggers und seiner technologischen Schemen, Parameter und andere Fragen untersucht [50, 51].

Einige Autoren entwickelten Einsatzschemen für den Raitschichinskii Tagebau (1957) und für die ukrainischer Tagebaue [52-61].

Durch Gridnew A.P. und Saitow B.I. wurden theoretische und praktische Untersuchungen über den Hochschnitt beim Schürfkübelbagger angestellt [62, 63].

Boyarskii B.A. hat die Berechnungsmethode der Hauptelemente für die Standfestigkeit (Stabilität) der Innenkippe der Direktversturztechnologie untersucht [64]. Fidelew A.S. untersuchte die Berechnung von Höhe und Volumen der Innenkippe sowie Schnittradius und Verkipfung des Schürfkübelbaggers [65].

Die Modellierung der Abraumbagger im Tagebau wurde in [66] untersucht. Es ist auch eine mathematische Modellierung der Tagebauparameter und der Direktversturztechnologie durchgeführt worden [67, 68].

Weiterhin wurden die Abhängigkeiten zwischen den technologischen Prozessen und der Sprengung beim Direktversturz mit Schürfkübelbagger, die Steigerung der Baggerleistung sowie die Betriebskosten untersucht [69-74].

Von Pronosa W.G. wurden die Abhängigkeiten zwischen Auslegerlänge des Schürfkübelbaggers und die Steigerung der Kapazität der Innenkippe untersucht [75, 76].

In den Arbeiten [77-82] werden die optimalen Abbauparameter der direktversturztechnologischen Zone, die Bestimmung der Arbeitszone des Direktversturzes sowie die Rekultivierung untersucht, sowie die ökonomische Effektivität des Einsatzes des Schürfkübelbaggers.

Wenngleich über die Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger zahlreiche Untersuchungsarbeiten durchgeführt wurden, ist die Untersuchung der technologischen Schemen bzw. Modellierung und Optimierung der Einsatzschemen und die Bestimmung der Einsatzrahmen unvollständig bearbeitet. Ebenso unvollständig ist die Methodik der Auswahl der Technik und Einsatzschemen für die gegebenen Bedingungen. Außerdem gibt es bisher keine systematische Klassifizierung der diskontinuierlichen Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger.

Aus diesem Grund werden in der Arbeit die technologischen Schemen und die Methodik der Auswahl der Technik und Einsatzschemen der diskontinuierlichen Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger untersucht. Die Ergebnisse werden im Kapitel 5 und 6 diskutiert.

In der Abb. 2.11 ist die Struktur der Untersuchungsarbeit dargestellt.

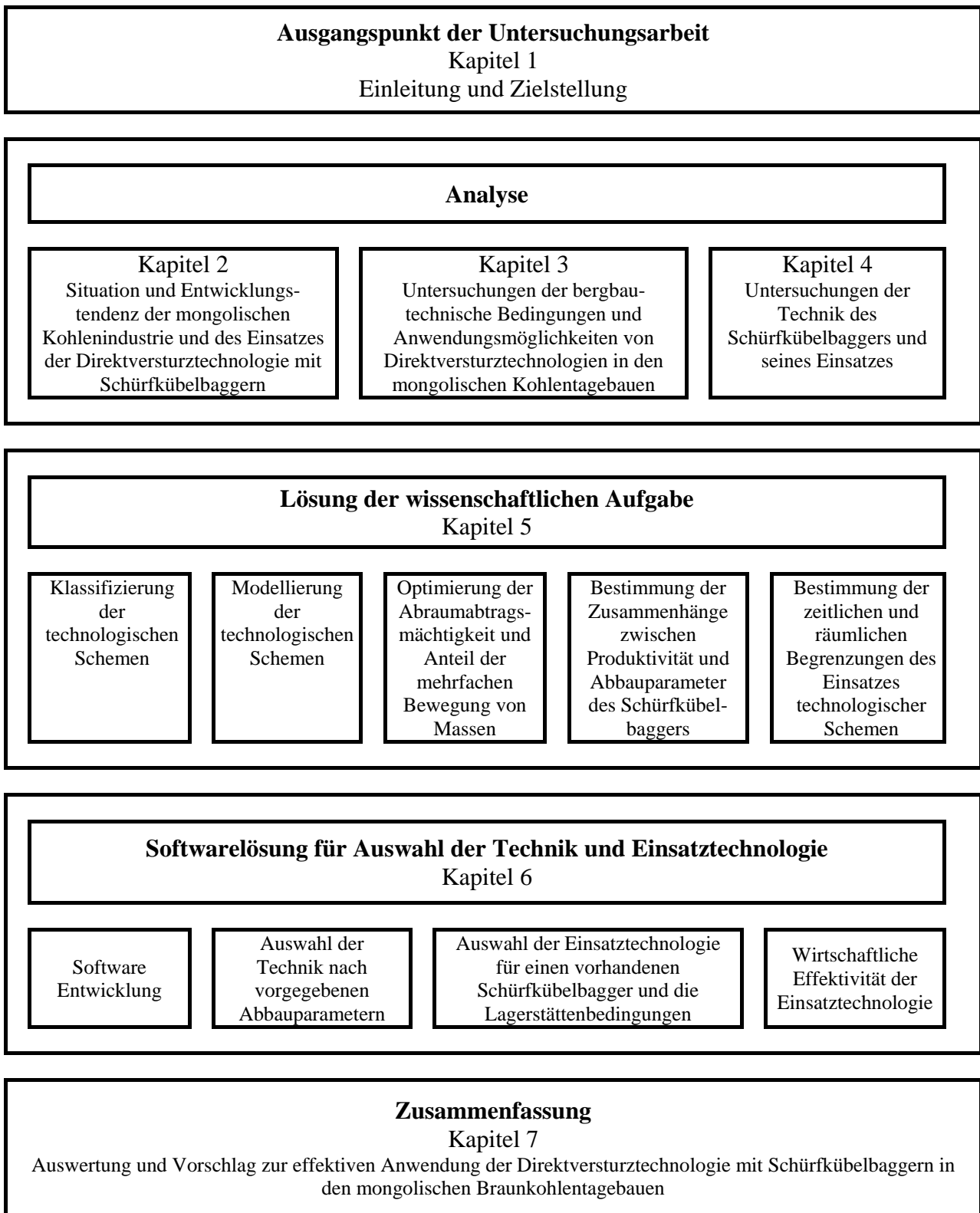


Abb. 2.11 Struktur der Arbeit

3 Bergbau- technische Bedingungen und Anwendungsmöglichkeiten von Direktversturztechnologien in den mongolischen Braunkohlentagebauen

Das Ziel der Untersuchungen dieses Kapitels ist, ob es weitere Einsatzmöglichkeit für die diskontinuierliche Direktversturztechnologie in den mongolischen Kohlenlagerstätten gibt. Dafür müssen die Lage und Genese sowie Vorräte dieser Kohlelagerstätten systematisch untersucht werden. Schließlich soll der Einfluss der bergbau- geologischen Bedingungen der Lagerstätten und der geomechanischen Eigenschaften des Abraums für die Auswahl der Technik und Einsatztechnologie des Direktversturzes aufgezeigt werden.

3.1 Allgemeines über die Kohlengeologie und Lagerstätten

Die Mongolei liegt auf dem euroasiatische Hochplateau Tarim-China im Süden und Sibirien im Norden (Anlage 3.1). Die tektonische Struktur des anstehenden Proterozoikums und Paläozoikums ist sehr komplex (Anlage 3.2).

Die ersten Aufzeichnungen über Kohlenfunde stammen aus dem 19. Jahrhundert von dem Forschungsreisenden Pompelli (1864), der die Steinkohlenlagerstätte Tavantolgoi in der Südgobi entdeckte [19]. Danach fanden russische Forscher weitere Kohlenausstriche, u.a. den von Nalaih ca. 35 km südöstlich der Hauptstadt Ulaanbaatar. Hier begann 1912 der erste Kohlenabbau im Tagebau zur Versorgung der Hauptstadt mit Kohle [20]. Eine erste systematische Untersuchung zur Erweiterung der Kohlenreserven in der Lagerstätte Nalaih erfolgte Ende der 20er Jahre des 20. Jahrhunderts. Sie ermöglichte einen Anstieg der Förderung, allerdings im Tiefbau. In den dreißiger und vierziger Jahren wurden weitere Kohlenlagerstätten entdeckt.

Zur Vorbereitung einer größeren Kohlegewinnung im Rahmen der Industrialisierung der Mongolei begannen ab den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts umfangreiche geologische Untersuchungen, denen unmittelbar Erschließungsarbeiten folgten [21].

Mit der industriellen Kohlegewinnung wurde Mitte der 60-er Jahre des 20. Jahrhunderts begonnen, zunächst aus den Lagerstätten Nalaih und Sharyngol und später aus den Tagebauen Aduuntschuluun und Baganuur. Die jährliche Kohlenförderung der Mongolei, die 1965 bei 0,9 Mio. t lag, stieg ständig und erreichte 1988 mit 8,6 Mio. t/a ihren Höchststand (Anlage 2.7). Allein aus den 2 großen Tagebauen Sharyngol und Baganuur wurden ca. 6,0 Mio. t gefördert. Bedeutende Kohlegewinnung erfolgt noch aus dem Braunkohlentagebau Aduuntschuluun (0,5 Mio. t/a) in der Ostmongolei zur Versorgung des Wärmekraftwerks der Stadt Tshoibalsan. Eine Übersichtskarte mit den wichtigsten Lagerstätten wird in der Abb. 3.1 und deren Beschreibung in Tab. 3.1 gezeigt.

Tab. 3.1 Erläuterung der Kohlenlagerstätten in der Abb. 3.1

Nr.	Lagerstätten/ Vorkommen	Kohlen -art	Alter	Naturzone	Gewinnung, ab wann	Vorräte [Mio. t]	
						A+B+C ₁	A+B+C ₁ +C ₂ +P
1.	Sharyngol	Brk	K ₁	Gebirgswaldsteppe	Tgb, 1965	59,2	81,7
2.	Baganuur	Brk	K ₁	Kurzgrassteppe	Tgb, 1978	515,8	713,1
3.	Aduuntschuluun	Brk	K ₁	Kurzgrassteppe	Tgb, 1955	230,0	400,0
4.	Shivee-Ovoo	Brk	K ₁	Wüstensteppe	Tgb, 1992	564,1	2700,0
5.	Nalaih	Brk	K ₁	Kurzgrassteppe	UT eingestellt	72,3	78,7
6.	Huden	Stk	C	Gebirgswaldsteppe	Tgb, 1977	8,56	9,69
7.	Nuurst chotgor	Stk	C	Gebirgswaldsteppe	Tgb, 1963	142,3	166,6
8.	Char-Tarvagatai	Stk	C	Gebirgswaldsteppe	Tgb, 1964	19,7	25,7
9.	Mogoingol	Brk	J	Gebirgswaldsteppe	Tgb, 1970	4,0	15,0
10.	Egiingol	Brk	J	Berg und Taiga	Tgb, 1990	1,97	1,97
11.	Saichan-Ovoo	Brk	J	Gebirgswaldsteppe	Tgb, 1966	26,6	69,9
12.	Jargalant	Brk	J	Wüstensteppe	-	1,5	5,0
13.	Khöshöt	Stk	C	Gebirgswaldsteppe	Tgb, 1971	14,7	24,3
14.	Zahiurt	Brk	C	Wüstensteppe	Tgb, 1965	2,16	2,16
15.	Dund-Ölzit	Stk	C	Wüste Gobi	Tgb, 1996	6,7	191,0
16.	Maant	Stk	C	Gebirgswaldsteppe	Tgb, 1977	0,25	0,39
17.	Khurengol	Stk	C	Gebirgswaldsteppe	Tgb, 1992	0,36	0,37
18.	Övortschulut	Brk	K ₁	Kurzgrassteppe	Tgb, 1991	3,7	4,07
19.	Seegt	Stk	C	Gebirgswaldsteppe	Tgb, 1965	4,6	6,87
20.	Alagzachir	Brk	K ₁	Wüstensteppe	-	0,97	1,0
21.	Schinejinst	Brk	K ₁	Wüstensteppe	Tgb, 1990	2,4	4,1
22.	Bayanteeg	Brk	J	Wüstensteppe	Tgb, 1962	29,7	100,0
23.	Zagaan-Ovoo	Stk	P	Wüstensteppe	Tgb, 1961	2,5	8,49
24.	Tewschingowi	Brk	K ₁	Wüstensteppe	Tgb, 1984	587,7	960,0
25.	Chöötin chotgor	Brk	K ₁	Wüstensteppe	Tgb, 1993	82,3	190,9
26.	Hamrin hural	Brk	K ₁	Wüstensteppe	Tgb, 1995	1,27	1,27
27.	Övdögchudag	Brk	K ₁	Wüstensteppe	Tgb	111,7	114,70
28.	Tavantolgoi	Stk	P	Wüste Gobi	Tgb, 1966	3500,0	6500,0
29.	Gurwan tes	Stk	P	Wüste Gobi	Tgb, 1995	3,7	21,8
30.	Nariin suchait	Stk	P	Wüste Gobi	Tgb, 1991	35,9	125,5
31.	Ulaan-Ovoo	Brk	J	Gebirgswaldsteppe	Tgb, 1997	50,1	129,9
32.	Chulast nuur	Brk	K ₁	Gebirgswaldsteppe	-	11,2	190,3
33.	Tschandgantal	Brk	K ₁	Kurzgrassteppe	Tgb	122,9	213,0
34.	Zaidam nuur	Brk	K ₁	Kurzgrassteppe	-	122,5	1764,8
35.	Alag togoo	Brk	K ₁	Wüstensteppe	Tgb, 1998	0,87	0,99
36.	Chashaatchudag	Brk	K ₁	Wüstensteppe	Tgb, 1994	109,8	129,1
37.	Olongin uchaa	Brk	K ₁	Wüstensteppe	-	2,7	29,8
38.	Ölsiit	Brk	K ₁	Wüstensteppe	-	2,3	2,3
39.	Talbulag	Brk	K ₁	Kurzgrassteppe	Tgb, 1976	48,6	421,3
40.	Bulanginchooloi	Brk	K ₁	Kurzgrassteppe	Tgb	4,6	22,8
41.	Bayanzogt	Brk	K ₁	Kurzgrassteppe	-	0,64	3,9
42.	Tüschleg	Brk	K ₁	Wüstensteppe	-	0,25	0,6
Insgesamt						6513,1	15433,07
Andere						6108,7	
Davon Braunkohlevorräte						10111,7	
Davon Steinkohlevorräte						2510,1	
Gesamte Kohlevorräte						12621,8	152359,9

Brk-Braunkohle, Stk-Steinkohle, Tgb-Tagebau, UT-Untertage Abbau
K₁-Unterkreide, J-Jura, P- Perm, K-Karbon

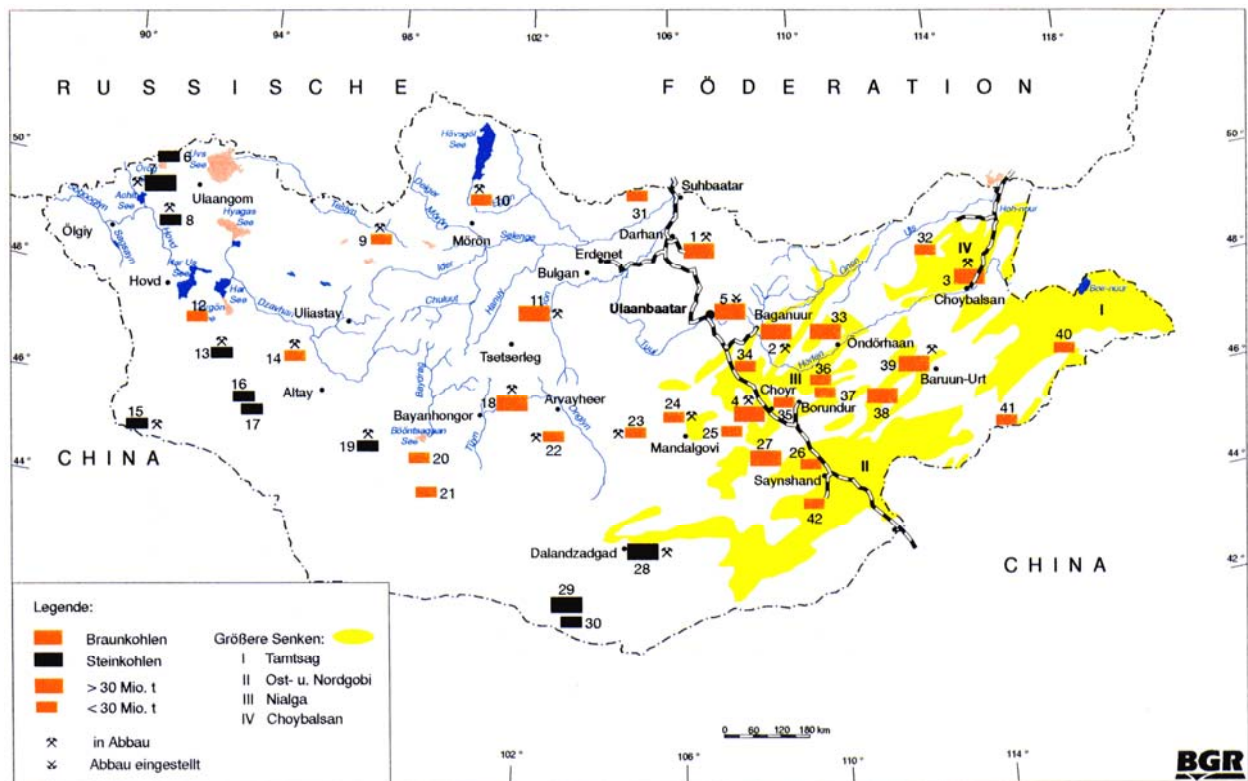


Abb. 3.1 Kohlenlagerstätten der Mongolei [1]

Mit dem Rückgang der Förderung im Tiefbau Nalaih wurde der Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo in der Südmongolei nahe der Transmongolischen Eisenbahn erschlossen und ab 1992 mit der Kohlenförderung begonnen.

Die aus den übrigen Lagerstätten geförderten Kohlenmengen sind gering. Sie wurden und werden nur für die Versorgung örtlichen Kleinbetriebe, der Landwirtschaft und Haushalte verwendet. Der starke Rückgang in der Kohlenförderung und der schlechte Zustand der Kraftwerke waren wesentliche Gründe, die während der Krisenjahre von 1990 bis 1995 zu Engpässen in der Energie- und Wärmeversorgung im Hauptwirtschaftsgebiet der Mongolei, vor allem während der Winterhalbjahre, führten.

3.2 Lage und Genese der Kohlenlagerstätten

Es sind vier Kohlenbildungszeiträume bekannt [21]:

- Mittel und oberkarbonische Steinkohlen in fünf tektonisch begrenzten Becken der West- und Nordwest Mongolei,
- Permische Steinkohlen vorwiegend aus 4 Becken der Südmongolei,
- Jurassische Braunkohlen nur lokal in lang gestreckten, grabenartigen Senken aus 3 Regionen der Nord-, Zentral- und Nordwest- Mongolei,
- Unterkreidebraunkohlen meist an den Rändern großer langgestreckter, südwest-nordost verlaufender Senken der Süd- und Ostmongolei.

Im Folgenden werden die Lagerstätten nach Kohlenbildungszeiträumen kurz dargestellt.

Die Steinkohlenlagerstätten des Mittel- und Oberkarbons

Die Steinkohlenlagerstätten des Mittel- und Oberkarbons sind in fünf tektonisch begrenzten Becken der West- und Nordwest Mongolei bekannt und bestehen aus vier Lagerstätten und acht Kohlenvorkommen im westlichen Teil des Landes (Abb. 3.2).

Die Steinkohlenlagerstätten des Mittel- und Oberkarbons sind im mongolischen Altai und Harkhira Becken entwickelt. Die Oberfläche dieser Becken beträgt 60.000 km² im Harkhira Becken und 37.000 km² im mongolischen Altai. Die prognostizierten Ressourcen in den oben genannten Becken werden auf ca. 26 Mrd. t geschätzt, davon 1,5 Mrd. t gesicherte Vorräte. Die Steinkohlen haben einen hohen Energiegehalt und werden in kleinerem Maßstab für lokalen Bedarf abgebaut. Die Hauptbergbauggebiete schließen die Khar Tarvagatai, Nuurst Hotgor, Huder, Huren und Zeegt Lagerstätten ein.

Die Lagerstätten sind sehr weit von den Verwaltungszentralen entfernt. Deswegen haben sie nur geringfügige ökonomische Bedeutung und sind ungenügend studiert worden.

Im Folgenden werden zwei größere Lagerstätten des Mittel- und Oberkarbonischen Steinkohlenalters, Nuursthotgor und Hartarvagatai, vorgestellt.

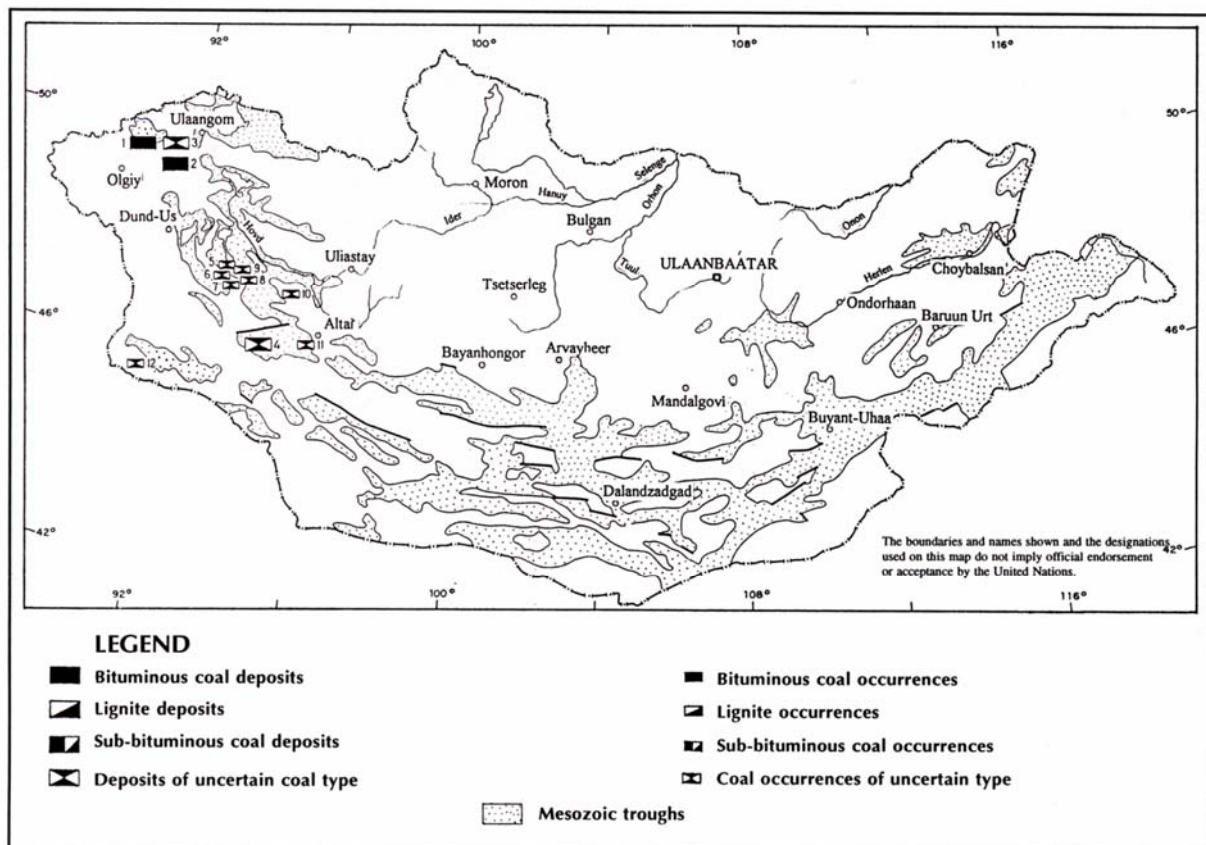


Abb. 3.2 Die Steinkohlenlagerstätten und -vorkommen des Mittel- und Oberkarbons [22]

Die Steinkohlenlagerstätte Nuursthotgor ist die größte in der westlichen Mongolei und befindet sich auf dem Gebiet von Uvs aimag, 290 km von Ulaangom. Die Erkundungsbohrung wurde bis 170-180 m Tiefe durchgeführt, wobei neun Kohlenflöze entdeckt wurden, die zusammen eine Mächtigkeit von 7,95 bis 9,65 m besitzen (Abb. 3.3). Das größere Kohlenflöz ist 4,6 m mächtig, fällt mit geringen Winkeln 5-15°

ein und ist für die Tagebaugewinnung geeignet. Die abbauwürdigen Reserven (A+B+C1) betragen 12,5 Mio. t, die prognostischen Reserven (C2+P1) 21,9 Mio. t und die Gesamtreserven 34.4 Mio. t.

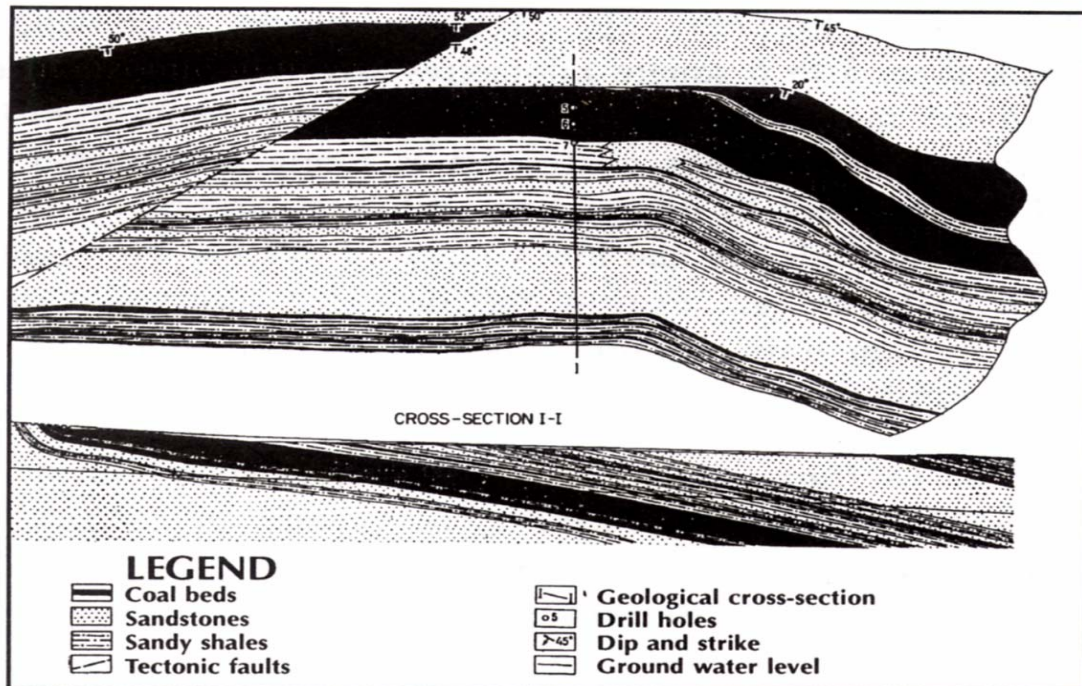


Abb. 3.3 Geologische Karte der Steinkohlenlagerstätte Nuurstkhotgor [22]

Die Steinkohlenlagerstätte Khar Tarvagatai ist etwa 5 bis 6 km² groß. Die gesamte Mächtigkeit der Kohlenflöze beträgt 80-85 m und besteht aus mehreren kleinen Flözen, die ca. 0,5 bis 1,5 m mächtig sind. Der Zwischenabraum ist bis zu 0,2-0,5 m Sandstein (Abb. 3.4). Der Einfallswinkel des Kohlenflözes ist gering und für die Tagebaugewinnung mit SKW Transporttechnologie sehr vorteilhaft. Die abbauwürdige Reserven (A+B+C1+C2) betragen 25,7 Mio. t, die prognostischen Reserven etwa 0,1 bis 0,7 Mrd. t.

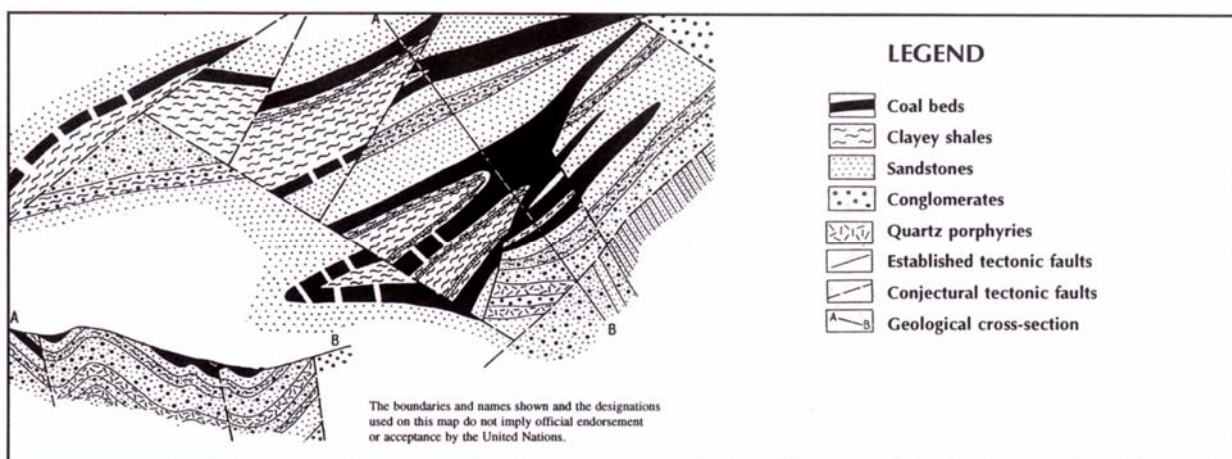


Abb. 3.4 Geologische Karte der Steinkohlenlagerstätte Khartarvagatai [22]

Die übrigen acht Kohlevorkommen von Mittel- und Oberkarbonischer Steinkohlen, die mit den Nummern 5 bis 12 in Abb. 3.2 versehen sind, haben sehr dünne Kohlenflöze und komplizierte geologische Strukturen.

Die Steinkohlenlagerstätten des Perms

Die Steinkohlenlagerstätten des Perms befinden sich vorwiegend in 4 Becken der Zentral- und Südmongolei. Dazu zählen die Lagerstätten des Südgobi Kohlebeckens einschließlich der Gurvan Tes, Nomgon und der Ulaan Nuur Kohledepressionen, welche insgesamt 22 Lagerstätten und -vorkommen beinhalten (Abb. 3.5). Davon sind die Kohlenlagerstätten Tavantolgoi, Nariin Suhait wirtschaftlich rentabel. Die gesamten Vorräte der Steinkohlelagerstätte des Perms betragen etwa 7 Mrd. t bis zu einer Teufe von 940 m, davon sind 2,5 Mrd. t Kokssteinkohle und 3,5 Mrd. t, werden als im Tagebau gewinnbar eingeschätzt. Im Folgenden wird kurz die größte Lagerstätte des Perms, Tavantolgoi, beschrieben.

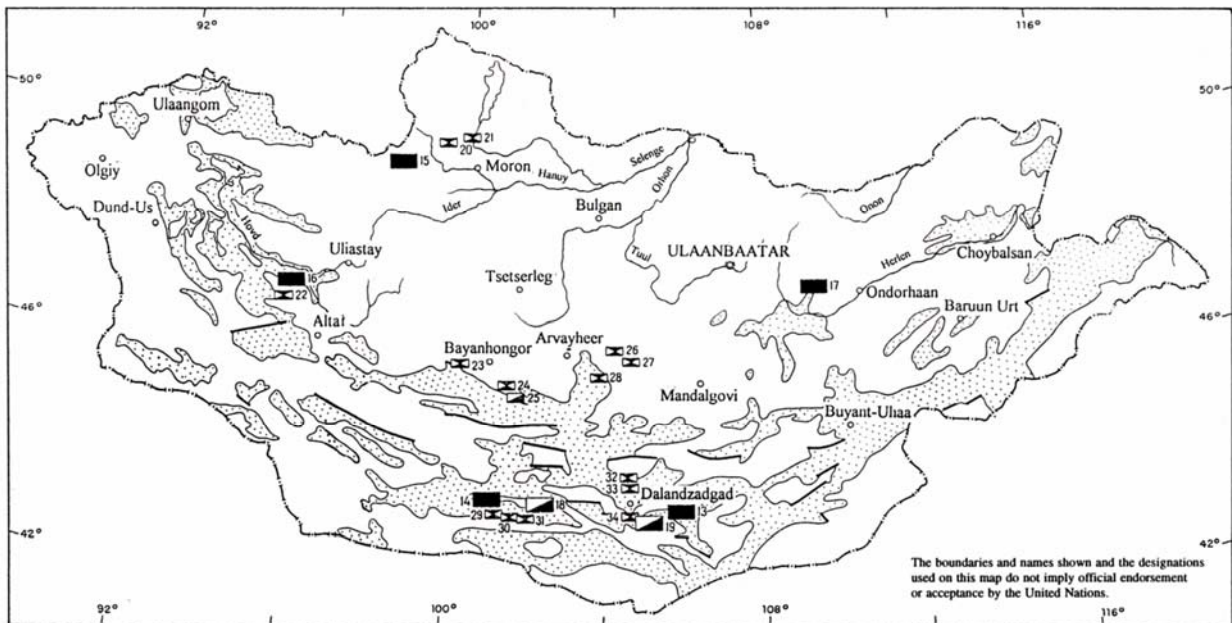


Abb. 3.5 Die Steinkohlenlagerstätten und -vorkommen des Perms [22], (Legende siehe Abb. 3.2)

Die Lagerstätte Tavantolgoi liegt 90 km östlich von Dalanzadgad im westlichen Teil von Ulaan Nuur. Die Lagerstätte besitzt 250 km² Oberfläche und besteht aus 17 Kohlenflözen. Davon sind die ersten 6 Hauptflöze in Zentralteil der Lagerstätte bis zu 340 m Teufe detailliert untersucht worden (Abb. 3.6).

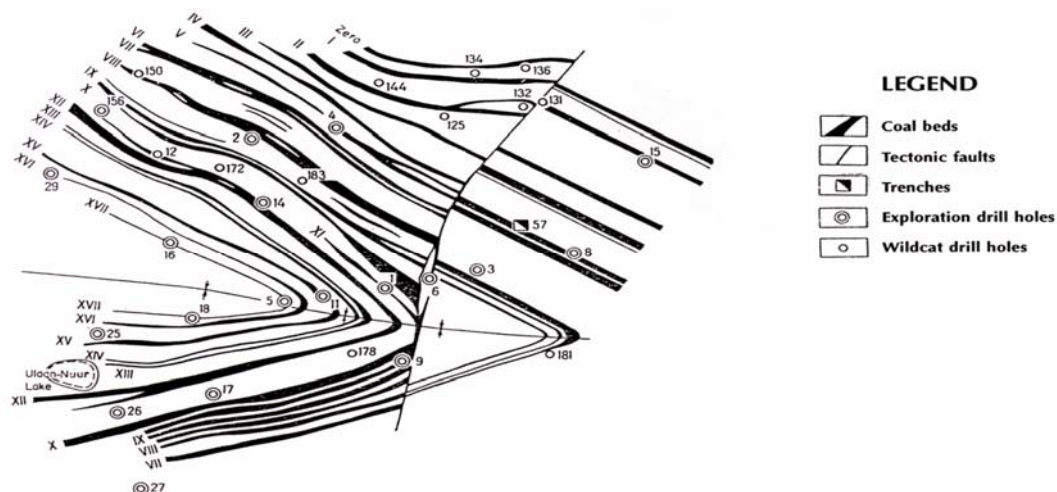


Abb. 3.6 Geologische Karte der Kokssteinkohlenlagerstätte Tavantolgoi [22]

Die Vorräte werden mit ca. 5 Mrd. t Bilanzvorräten der Kategorie C₁+C₂ mit einem Kokskohleanteil von 886 Mio. t angegeben (Stand 1982). Es sind vorwiegend aschereiche Fettkohlen, die nur nach Aufbereitung für die Koksproduktion verwendbar sind. Etwa 2,8 Mrd. t sind im Tagebau gewinnbar. Diese Lagerstätten sind nur mit ausländischen Investoren erschließbar, da aufgrund des großen Lagerstättenvolumens (bis zu 3,5 Mrd. t Kokskohle) und der damit verbundene Abraumbewegung große Technik angeschafft werden muss. Auch wären die Lagerstätten nur erschließbar, wenn China an Kohlelieferungen interessiert ist.

Jurassische Braunkohlenlagerstätten

Die Braunkohlenlagerstätten des Jura sind nur lokal in lang gestreckten, grabenartigen Senken von 3 Regionen der Nord-, Zentral- und Nordwest-Mongolei vorhanden. Das ökonomische Potential der Jura Kohlebecken ist gut bekannt. Die Becken treten in den westlichen und zentralen Teilen des Landes auf und schließen die Kohlenlagerstätten Sharyngol, Egingol, Bayanteg, Mogoingol, Saihan-Ovoo und Ulaan-Ovoo ein (Abb. 3.7). Der Umfang der Jura Kohlevorkommen ist gering, und nur einige Lagerstätten haben nennenswerte Reserven.

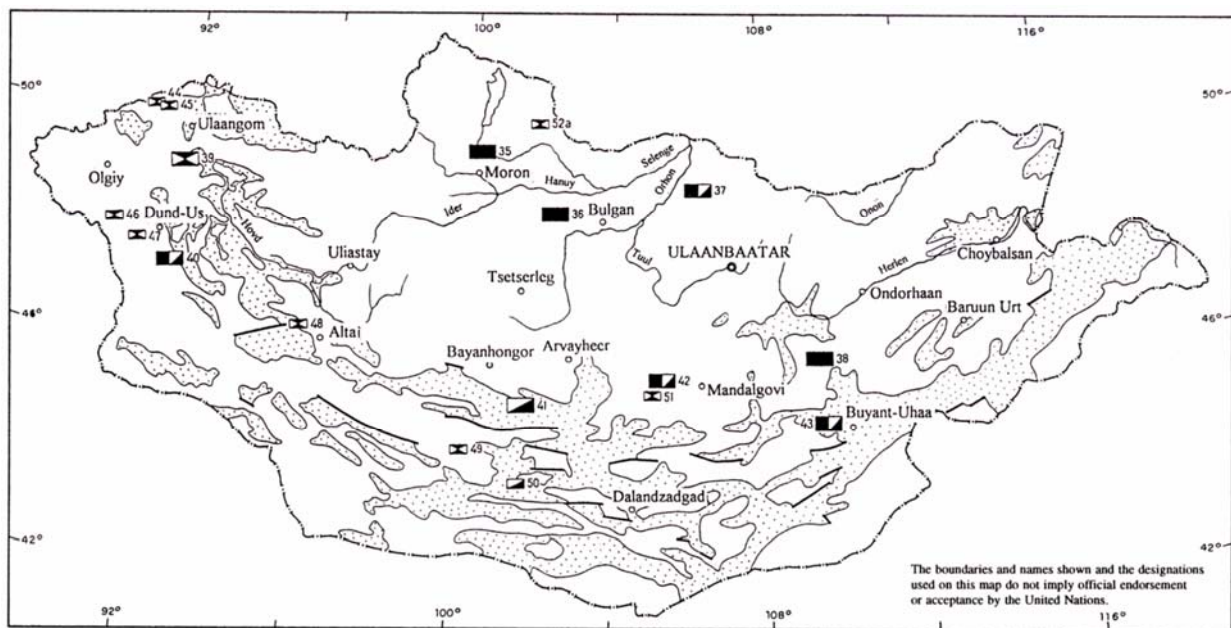


Abb. 3.7 Die Braunkohlelagerstätten und -vorkommen des Jura [22], (Legende siehe Abb. 3.2)

Die Lagerstätte Sharyngol befinden sich in 42 km südlich von Darkhan-Uul und 50 km nordöstlich von Baruunkharaa. Die Lagerstätte wird seit 1964 abgebaut und hat eine gegenwärtige Kohlenproduktion von 0,6 Mio. t (höchste Gewinnungsleistung 1,9 Mio. t/a 1989) pro Jahr (Abb. 3.8). Die Lagerstätte Sharyngol hat ca. 60 Mio. t Bilanzvorräte der Kategorie A-C₁, die in einer kleinen, tektonisch begrenzten Senke von ca. 7 km² liegen.

Die ökonomische Bedeutung der Lagerstätte ist mit dem Velikan Kohlenflöz verbunden, das einer variablen Mächtigkeit von 4,12 bis 34,14 m aufweist.

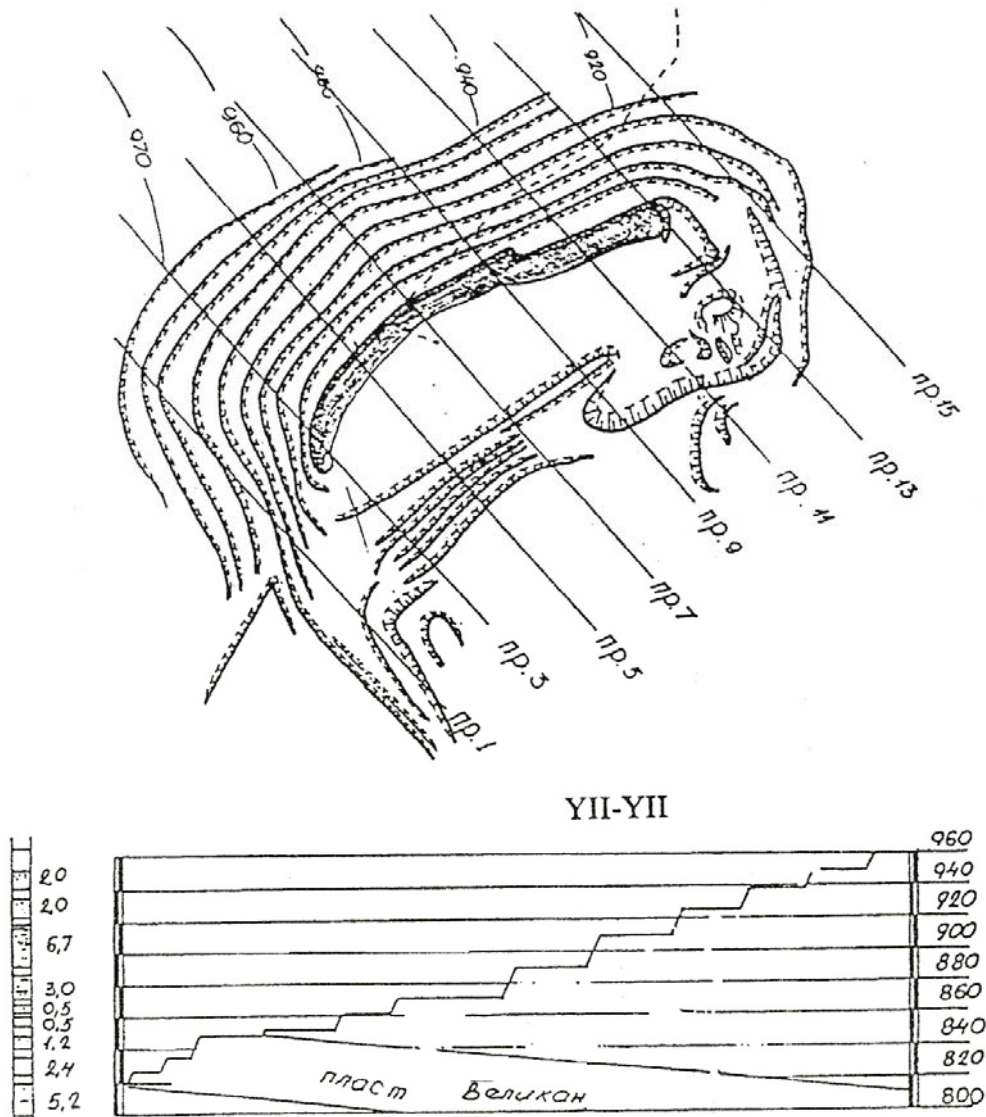


Abb. 3.8 Plan und Schnitt VII-VII der Lagerstätte Sharyngol [9]

Die Braunkohlenlagerstätten der Unterkreide

Die Braunkohlenlagerstätten der Unterkreide sind meist an den Rändern von großen und lang gestrecktem, Südwest-Nordost verlaufenden Senken der Süd- und Ostmongolei gelegen. Die Gruppe der Braunkohlenlagerstätten der Unterkreide schließen über 90 Kohlenlagerstätten und -vorkommen ein (Abb. 3.9). Die Kohlen haben hohe Aschengehalte und niedrige Heizwerte. Trotzdem stellen sie eine größere Energiequelle für Ulaanbaatar, Choibalsan und andere Orte dar. Die größten bekannten Lagerstätten sind Baganuur (ca. 549 Mio. t Bilanzvorräte der Kategorie A-C₁) und Shivee-Ovoo (ca. 560 Mio. t Bilanzvorräte der Kategorie A-C₁), jeweils in einem Streifen der Nyalga Senke und die Lagerstätte Aduuntschuluun in der Choibalsan Senke [20].

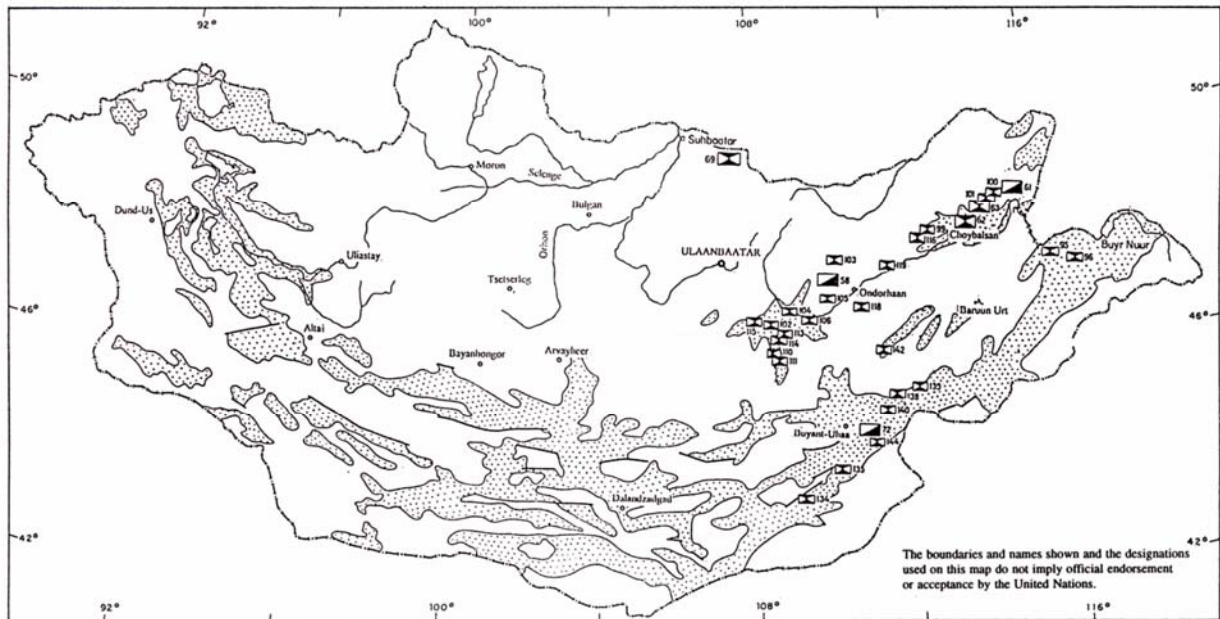


Abb. 3.9 Braunkohlenlagerstätten und –vorkommen der Unterkreide [22], (für Legende siehe Abb. 3.2)

Die Braunkohlenlagerstätte Baganuur befindet sich 110 km östlich von Ulaanbaatar. Ihre Oberfläche beträgt 42 km² und besteht aus 5 Tagebaufeldern (Anlage 3.3). Die Kohlenflöze liegen in einer 8 km langen, N-S verlaufenden und bis 4 km breiten Mulde. Die Lagerstätte hat drei bauwürdige Flöze (II, IIA und III), die 2-38 m mächtig sind (Abb. 3.10). Die Einfallswinkel der Kohlenflöze betragen 8°-27°. Zurzeit sind für diesen Tagebau Schürfkübelbagger in Direktversturztechnologie im Einsatz. Die auf ca. 513 Mio. t geschätzten Reserven liegen in einer Teufe von bis zu 100 m. Bilanzvorräte sind 131,2 Mio. t der Kategorien A+B und 113,1 Mio. t der Kategorie C₁ (Stand 1993).

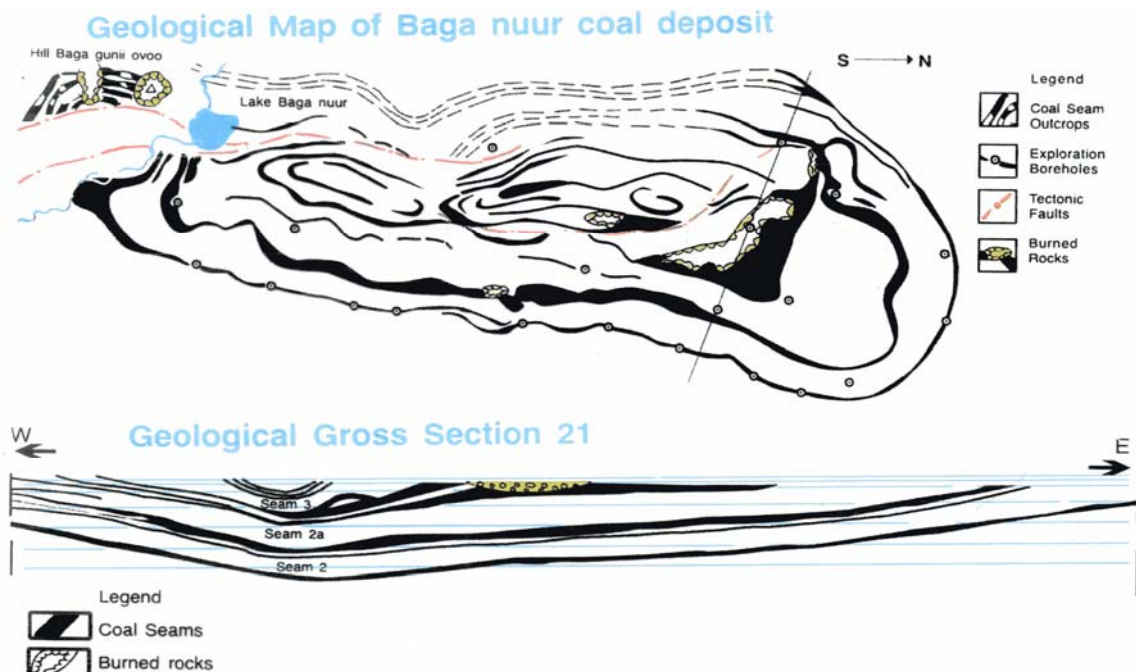


Abb. 3.10 Geologische Karte der Braunkohlenlagerstätte Baganuur [23]

Die Aduunchuluun Lagerstätte befindet sich im Dornod Aimag, 6 km nordöstlich der Stadt. Die Mächtigkeit der Kohlenflöze beträgt bis zu 38 m. Das Kohlenflöz ist fast frei von taubem Gestein. Die Einfallswinkel der Flöze ist 8° - 12° (Abb. 3.11). Die abbauwürdigen Vorräte (A+B+C1) sind 29,3 Mio. t. Die Lagerstätte ist für die Anwendung der Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbaggern sehr gut geeignet.

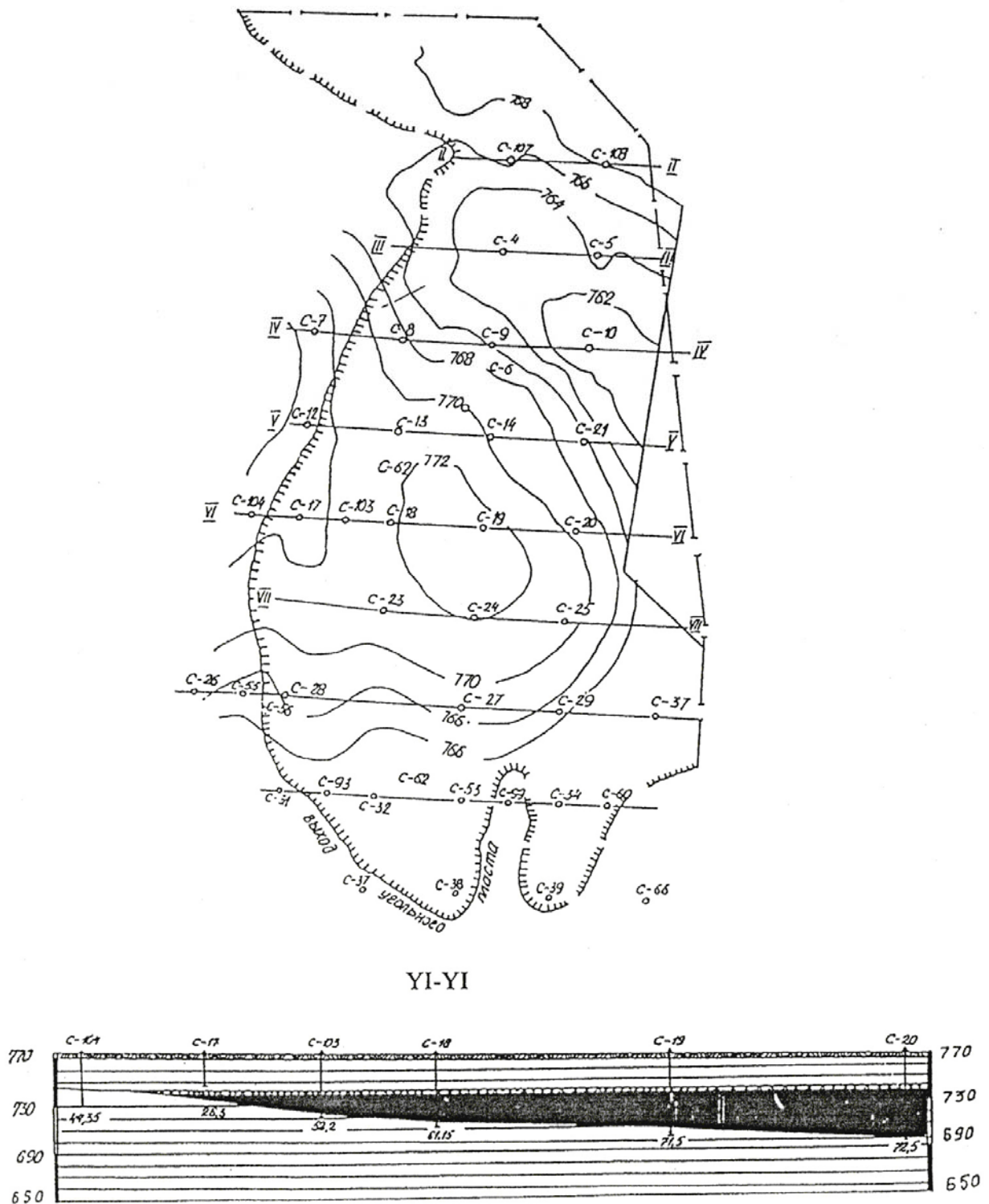


Abb. 3.11 Plan und Schnitt VI-VI der Braunkohlenlagerstätte Aduunchuluun [9]

Der Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo liegt im Govi Sumber Aimag neben der transmongolischen Eisenbahn. Der Tagebau wurde 1992 mit SKW Transportsystem in Betrieb genommen. Die Fläche des Beckens beträgt über 425 km². Die gesamten prognostischen Vorräte betragen über 2,3 Mrd. t. Davon wurde der nordöstliche Teil des Beckens detailliert untersucht und ca. 560 Mio. t Bilanzvorräte der Kategorie A-C₁ als gesichert bewertet (Abb. 3.12). In diesem Teil wurden insgesamt 8 Kohlenflöze entdeckt. Davon sind die Flöze I und II wirtschaftlich rentabel und günstig im Tagebau zu gewinnen.

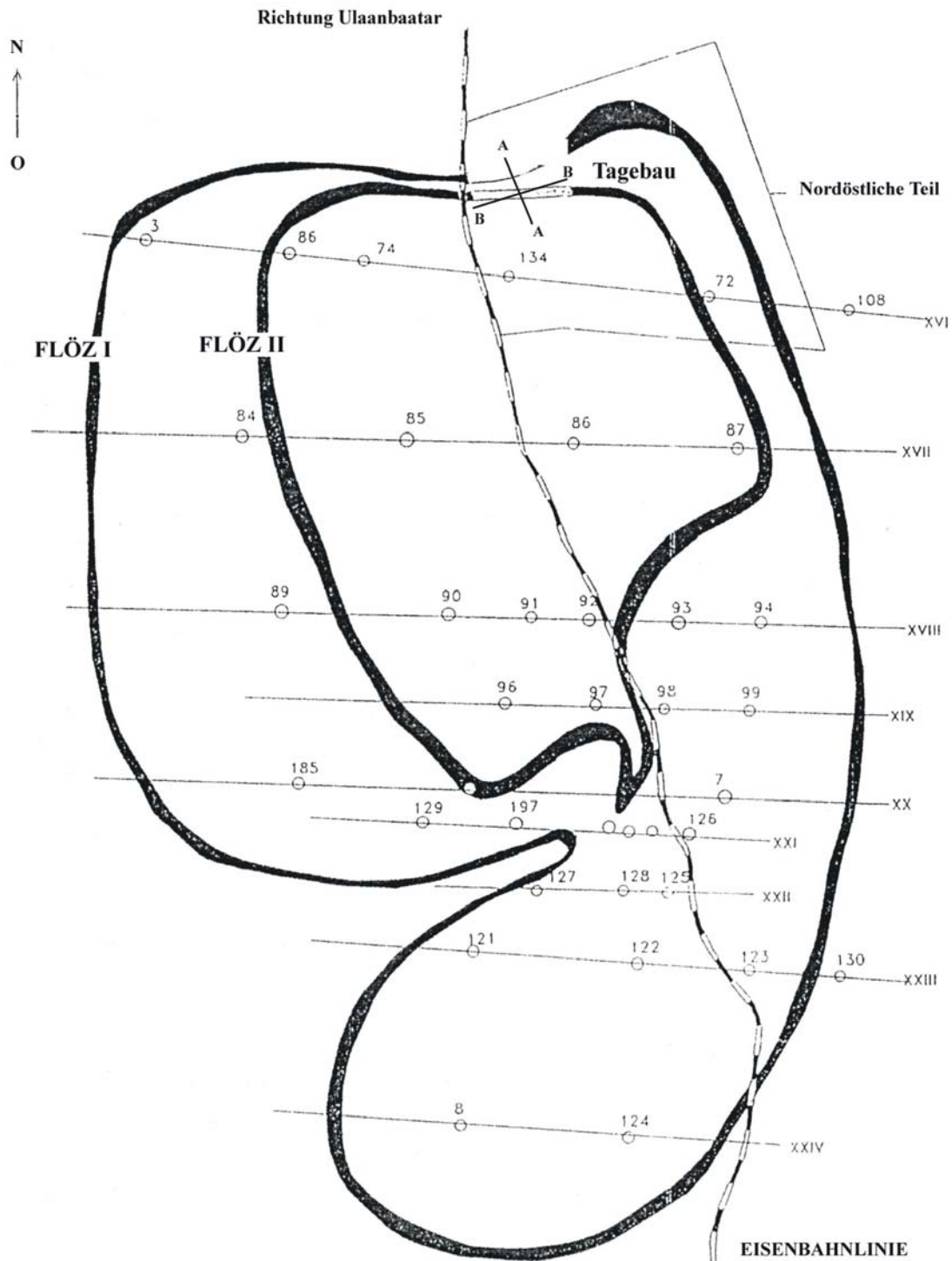


Abb. 3.12 Geologische Karte der Braunkohlenlagerstätte Shivee-Ovoo [24]

Die Mächtigkeit des Flözes I beträgt 8-16 m, die des Flözes II 9-14 m. Im Zentralteil der Lagerstätte beträgt die Mächtigkeit der Flöze bis zu 30 m, weil die beiden Hauptflöze sich dort vereinen. Die Mächtigkeit des Zwischengesteins ist 0,5-4 m und verringert sich in Richtung des Flözeinfalls. Der Einfallswinkel beträgt 8-12° (Abb. 3.13).

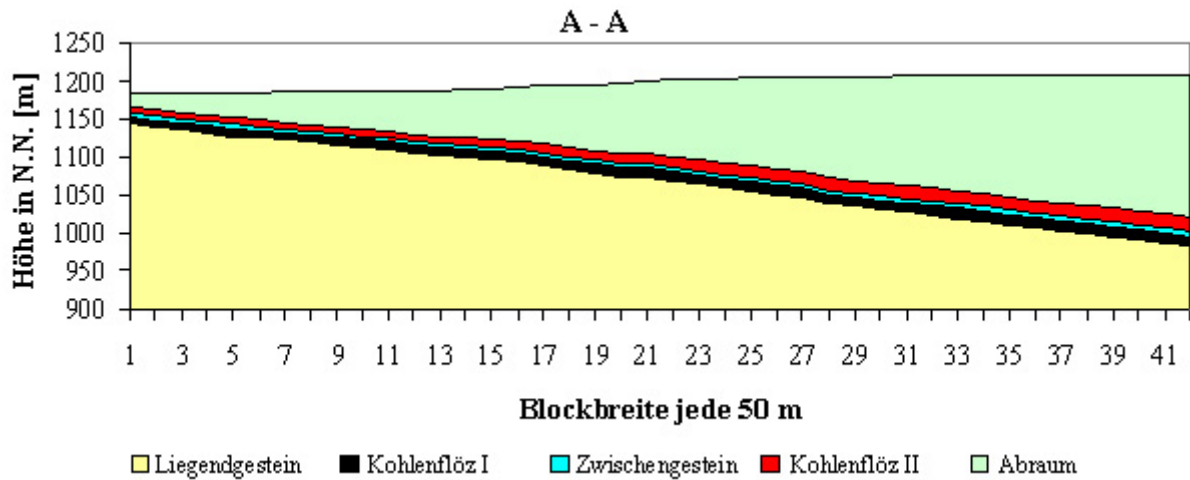


Abb. 3.13 Die Kohlenflöze I, II des Tagebaus Shivee-Ovoo und ihre Einfall [25]

Die Neigungswinkel in Richtung der Ausdehnung der Lagerstätte beträgt 4-6° (Abb. 3.14). Für den Abbau ist der Einsatz der Direktversturztechnologie sehr geeignet, deswegen ist seit 2003 für diesen Tagebau ein neuer Schürfkübelbagger im Direktversturz im Einsatz.

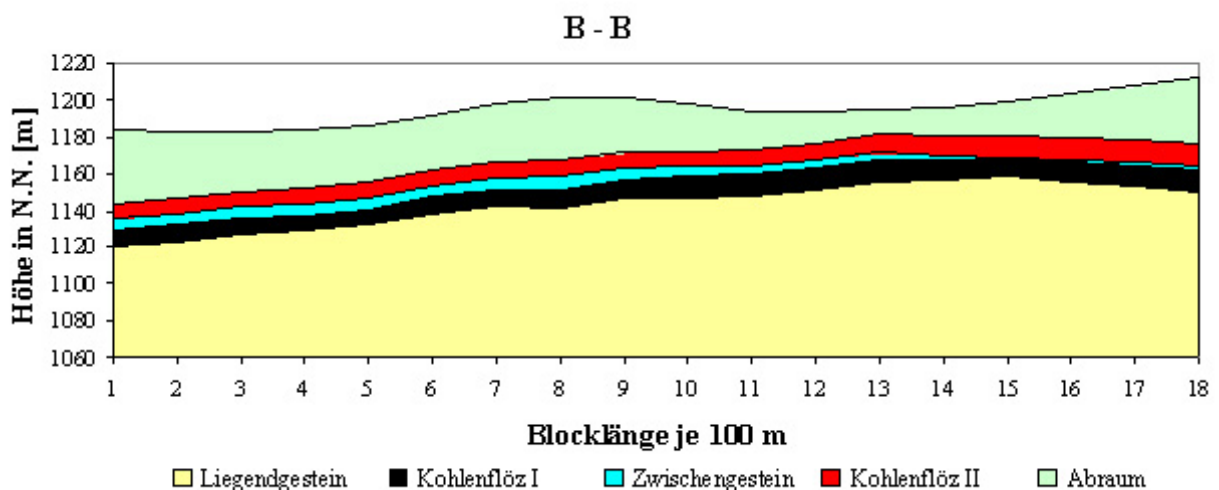


Abb. 3.14 Die Kohlenflöze I, II des Tagebaus Shivee-Ovoo und ihre Neigung in Richtung der O-W Ausdehnung [25]

3.3 Kohlenvorräte und -qualität der Mongolei

Kohlenvorräte

Zwischen 1968 und 1993 wurden dreimal die Reserven der Brennstoffe basierend auf geologischen Untersuchungen neu kalkuliert (Anlage 3.4). Entsprechend dem letzten Bericht der Abteilung für Geologie (1993) sind die geologischen Kohlereserven auf 152,3 Milliarden Tonnen in der gesamten Mongolei geschätzt, darunter 12,1 Mrd. t (ca. 8 %) erkundete Ressourcen [14] (Tab. 3.2).

Tab. 3.2 Kalkulation Kohlenreserve

Nr.	Wissenschaftler	Jahr	Menge [Mrd. t]
1.	N.V. Ivanov, Ch. Eebum, D. Bat-Erdene	1968	18,0
2.	Chimed, Prusova	1980	25,0
3.	D. Bat-Erdene, Tuya	1993	152,3

In Anlage 3.5 ist ein Vergleich zwischen den mongolischen Kohlenvorräten und denen anderer Länder gezeigt. Die Mongolei verfügt über ausreichende Kohlereserven, um den Verbrauch in der Zukunft zu decken. Es sind mehr als 170 Kohleanlagerstätten und -vorkommen in 12 Kohlebecken und 3 Regionen bekannt (Anlage 3.6).

Das Choir-Nyalga Becken und die Orkhon-Selenge Region sind detailliert untersucht worden und schließen etwa 90% der untersuchten Reserven ein (Anlage 3.7). Dazu gehören die Lagerstätten Sharyngol, Baganuur, Shivee-Ovoo, Tavantolgoi sowie die großen für den Abbau vorbereiteten Lagerstätten Togrognuur, Zaidamuur, Hoot und Ovdoghudag (Anlage 3.8, 3.9). Diese Regionen haben gute Infrastruktur und Verbindung zu den Verwaltungszentren [6, 18].

Etwa zwei Drittel der Kohleressourcen besitzen hochgradige Braunkohle. Die permischen Kohlen gehören zu den Bitumkohlen oder Übergangskohlen (zu Braunkohle). Das jurassischen- und die Kreidekohlen gehören hauptsächlich zu den hochgradigen Braunkohle und teilweise zu den Übergangskohlen [19]. In Anlage 3.10 ist die weltweite Erhebung von Vorräten gezeigt [26].

Kohlenqualität

Die Einteilung der Kohlenqualitäten wird in der Mongolei nach dem russischer Standard in „Marken“ angegeben (für Steinkohlen mit Großbuchstaben vorwiegend nach den flüchtigen Bestandteilen und für Braunkohlen die Marken B1 bis B3 nach dem Wassergehalt). Die Tab. 3.3 zeigt eine solche Klassifizierung für einige Lagerstätten und auch die Gegenüberstellung mit den Standards anderer Länder. In Anlage 3.11 ist die Klassifizierung von anderen Lagerstätten gezeigt.

Tab. 3.3 Kohlenqualitäten bedeutender Lagerstätten [24]

	Lagerstätte	Klassifikation der Kohle		
		Mongolei (Russia)	ASTM (USA)	JIS (Japan)
1.	Scharyngol	B3-D	SB(B)-SB(A)	F-E
2.	Baganuur	B2	SB(C)	F
3.	Aduuntschuluun	B1	L(A)	F
4.	Schiwe-Owoo	B2	SB(C)	F
5.	Tavantolgoi	G-KJ	HV(C)-LV	E-B

In der Tabelle 3.4 sind die Eigenschaften der Rohkohle für die in Tab. 3.3 angegebenen Kohlenlagerstätten dargestellt. Anlage 3.12 zeigt die Eigenschaften der Kohlen anderer Lagerstätten.

Tab. 3.4 Kahleneigenschaften für Lagerstätten aus Tab. 3.3 [1, 7]

Nr.	Lagerstätte	Aschegehalt A^d , (M-%)	flücht. Best. V^d , (M-%)	Heizwert, (Kcal/kg)	Schwefel S^d_t , (M-%)	Koksausbeute Nv^d , (M-%)
1.	Scharyngol	13	36,9	3.900	0,49	63,1
2.	Baganuur	10-12	40,6	3.200-3.500	0,56	63,9
3.	Aduuntschuluun	11	40,3	2.500	2,48	59,7
4.	Schiwe-Owoo	10	32,8	3.200	1,5	-
5.	Tavantolgoi	10 - 20	22 - 32	6.000 – 8.500	ca. 1	-

Die Braunkohlen sind vorwiegend Weich- und Hartbraunkohlen. Die Steinkohlen sind meist Langflammkohlen (Marke: D) karbonischen Alters und aschereiche Fettkohlen (Marken: G und GZh) bzw. verkockbare Kohle permischen Alters (Marken: K und KZh).

Anthrazitkohle (Marke: A) wurde bisher in der Mongolei nicht gefunden. Den Angaben in [19], dass in 7 Lagerstätten Anthrazite vorhanden sind, muss hier widersprochen werden, da alle Kohlen dieser Lagerstätten flüchtige Bestandteile (V^d_{wat}) größer 20 % besitzen.

In Anlage 3.13 ist die Internationale Klassifizierung der Abgrenzung der Kohlearten gegeben [27].

3.4 Anwendungsmöglichkeiten der Direktversturztechnologie in den Kohlentagebauen

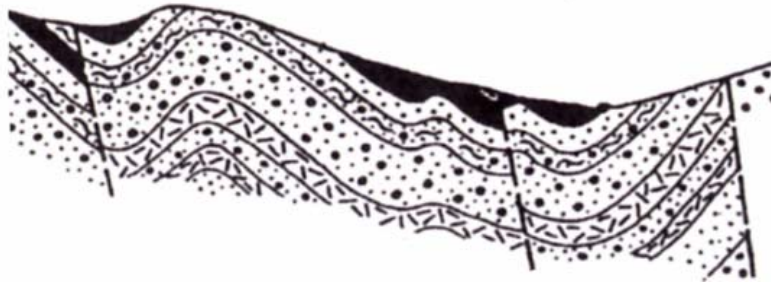
Lagerungsbedingungen der Kohle

Für die bergbauliche Gewinnung sind die Lagerungsbedingungen der Kohlenflöze von entscheidender Bedeutung. Dabei lassen sich die mongolischen Kohlenlagerstätten in die folgenden 4 Typen einteilen, aufgrund derer die Untersuchungen in Kapitel 3.2 durchgeführt worden sind [28].

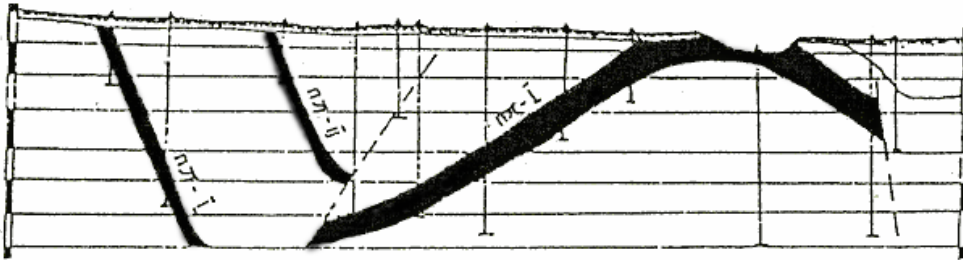
A. Typ Mulde



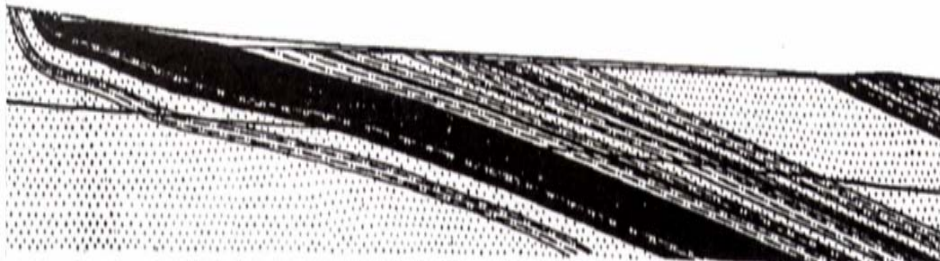
B. Typ Synklinale



C. Typ Antiklinale







D. Typ Gleichmäßig einfallend



In den Anlagen 3.14-3.17 sind einige Vertreter der oben klassifizierten vier Typen der Lagerstätten gezeigt. Tabelle 3.5 zeigt eine Analyse der verschiedenen Lagerungsbedingungen der Kohlenflöze und ihrer technologischen und bergbaugeologischen Bedingungen.

Tab. 3.5 Analyse der Kohlenflöze und ihrer technologischen und bergbau-geologischen Bedingungen [28]

Bergbau-geologische Beschreibung	Genetische Typ der Lagerstätten			Typ Gleichmäßig einfallend
	Typ Mulde	Typ Synklinale	Typ Antiklinale	
Lagerstätten				
Vorräte (gesichert) [Mio. t]	Baganur, Schiwe-Owoo, Scharyngol, Megoingol, Tavantolgoi, Chaingartal, Saichanowoo, Talbulag, Ovorchnhut, Adurtschnuhun, Alagtogoo usw.	Khartarvagatai, Khöschööt, Khangai usw.	Zeeget, Kheschaat, Indag, usw.	Bayarteeg, Muurthobgor, Ulaanowoo, Schnejist, Bayanzagaan, Hurengol usw.
Einfallen der Kohlenflöz [°]	4-560, (Tavantolgoi 3-500)	3-20	2,5-20	0,5-3
Struktur der Kohlenflöze	0-20	30-70	20-75	20-85
Anzahl der Kohlenflöze	Einfach und zusammengesetzt	Zusammengesetzt	Zusammengesetzt	Einfach und zusammengesetzt
Flöz Mächtigkeit [m]	1 und 2 (5 bis 8) 2-30	1 und 2 7-40	1 und 2 9-16	1 und 2 (3 bis 5) 2-24
Mächtigkeit der Zwischenmittel [m]	0,2-6 (bis 30-120)	0,5-40	0-50	0,1-1,5 (bis 50-110)
Hydrogeologische Bedingungen	kompliciert	einfach	einfach	kompliciert
Stabilität der Kippe und Böschung	Schwach - fest	relativ fest	schwach-fest	schwach-fest
Abbaukapazität	Mittel und groß	Kleine und mittel	Kleine und mittel	Mittel und groß
Tiefe [m]	60-200 (bis zu 350)	50-140	50-100	100-150 (bis 300)
Bergbau-geologische Bedingung	kompliciert	kompliciert	kompliciert	kompliciert
Technologie der Abraumförderung	SKW, Kombination mit Direktversturz	SKW	SKW	SKW
Region	Zentral und Süd Ost (besonders Chöit-Hyalga Basin und Ordkhon-Selenge Region)	West	West, Ost	Zentral, Süd, Ost

Detaillierte Information über die Kohlenflöze einiger Lagerstätten oben genannter Klassifizierung sind in Anlage 3.18 wider gegeben.

Eigenschaften und Mächtigkeit des Abraums

Der Mutterboden der mongolischen Kohlenlagerstätten ist meist nur sehr dünn ausgeprägt (ca. 20 bis 50 cm) und wird für die Rekultivierung selektiv gewonnen.

Die Eigenschaften des darunter befindlichen Abraums für verschiedene Lagerstätten sind in der Tab. 3.6 zusammengestellt.

Tab. 3.6 Eigenschaften des Abraums verschiedener Lagerstätten [28]

Lagerstätte	Abraum					Generalböschungneigung [°]	Betriebliches Mächtigkeitsverhältnis [m ² /t]	Tagebaugröße	
	Gestein	Gesteinsfestigkeit nach Protodjakonov	Dichte [t/m ³]	Auflockerungsfaktor	Schaufelfüllfaktor			Breite [m]	Länge [m]
Sharyngol	Sandstein, Schluffstein und harter Tonstein	3-7	2,3	1,35-1,25	0,95-1,05	35	bis 8,4	700	2.000
Baganuur	Mittel- und grobkörniger Schluffstein	4-6	2,3	1,25	1,05	37	3,4	6.000	14.000
Aduuntschuluun	Sandstein	3-6	2,2	1,35	0,95	37	1,2	750	2.010
Shivee-Ovoo	Sandstein, Schluffstein	4-6	1,9	1,35-1,25	0,95-1,05	37	3,15	5.000	7.000
Tavantolgoi	feinkörniger Sandstein, Schluffstein, Konglomerate	3-7	2,4-2,5	1,35-1,25	0,95-1,05	37	1,1	7.000	15.000
Nuursthotgor	Sandstein, Schluffstein	3-8	2,6	1,35	0,95	37	bis 3,2	365	1.882
Khartarvagatai	Harter Sandstein	3-6	1,4-2,6	1,35	0,95	39	0,14	500	1.000
Khöshööt	Sandstein	4-8	2,6-2,7	1,35	0,95	38-45	1,3	570	1.600
Zeegt	Sandstein, Schluffstein und harter Tonstein	3-7	2,4	1,25-1,35	1,05-0,95	37	bis 3,83	500	4.200
Mogoin gol	Sandstein, Schluffstein	3-7	2,35	1,25-1,6	1,05-0,90	37	6-8	400	1.150
Bayanteeg	Basalt, Oilshale	4-8	2,3	1,35-1,6	0,95-0,90	39	bis 4,00	1.750	7.000
Tevshiin gobi	Sandstein, Schluffstein	4-6	-	-	-	36	0,5	-	-
Chandgantai	Sandstein, Schluffstein und Tonstein	3-6	2,2	1,35-1,25	0,95-1,05	37	bis 2,72	780	1.110
Talbulag	Mittel- und grobkörniger Konglomerate	3-7	-	1,35-1,25	0,95-1,05	36	3,0	1.000	7.000

3.5 Schlussfolgerungen des Abschnitts

Aufgrund der in Kapitel 3 durchgeführter Untersuchungen wurde festgelegt, dass der Einsatz der Direktversturztechnologie nur in Lagerstätten des Typs „Mulde“ (Tab. 3.5) möglich ist. Dieser Typ schließt gut 65% der Vorräte ein und entspricht über 6,5 Mrd. t abbauwürdiger Braunkohle, der Kategorie A+B+C₁. Das heißt, dass es eine Möglichkeit des breiteren Einsatzes der Direktversturztechnologie für die mongolischen Kohlenlagerstätten gibt. Für den Einsatz der Direktversturztechnologie ist als Fallbeispiel in der Arbeit die Braunkohlenlagerstätte Shivee-Ovoo vom Typ Mulde ausgewählt.

Schließlich wird der Einfluss der bergbau- geologischen Bedingungen der Lagerstätte und der geomechanischen Eigenschaften des Abraums auf die Auswahl der Technik und Einsatztechnologie des Direktversturzes verdeutlicht und dafür eine schematische Darstellung entwickelt (Abb. 3.15).

Wie aus Abb. 3.15 ersichtlich, spielen das Einfallen der Kohlenflöze, die bergbau-geologischen Bedingungen und die geomechanischen Eigenschaften des Abraums für die Auswahl der Technik und Einsatztechnologie des Direktversturzes eine entscheidende Rolle.

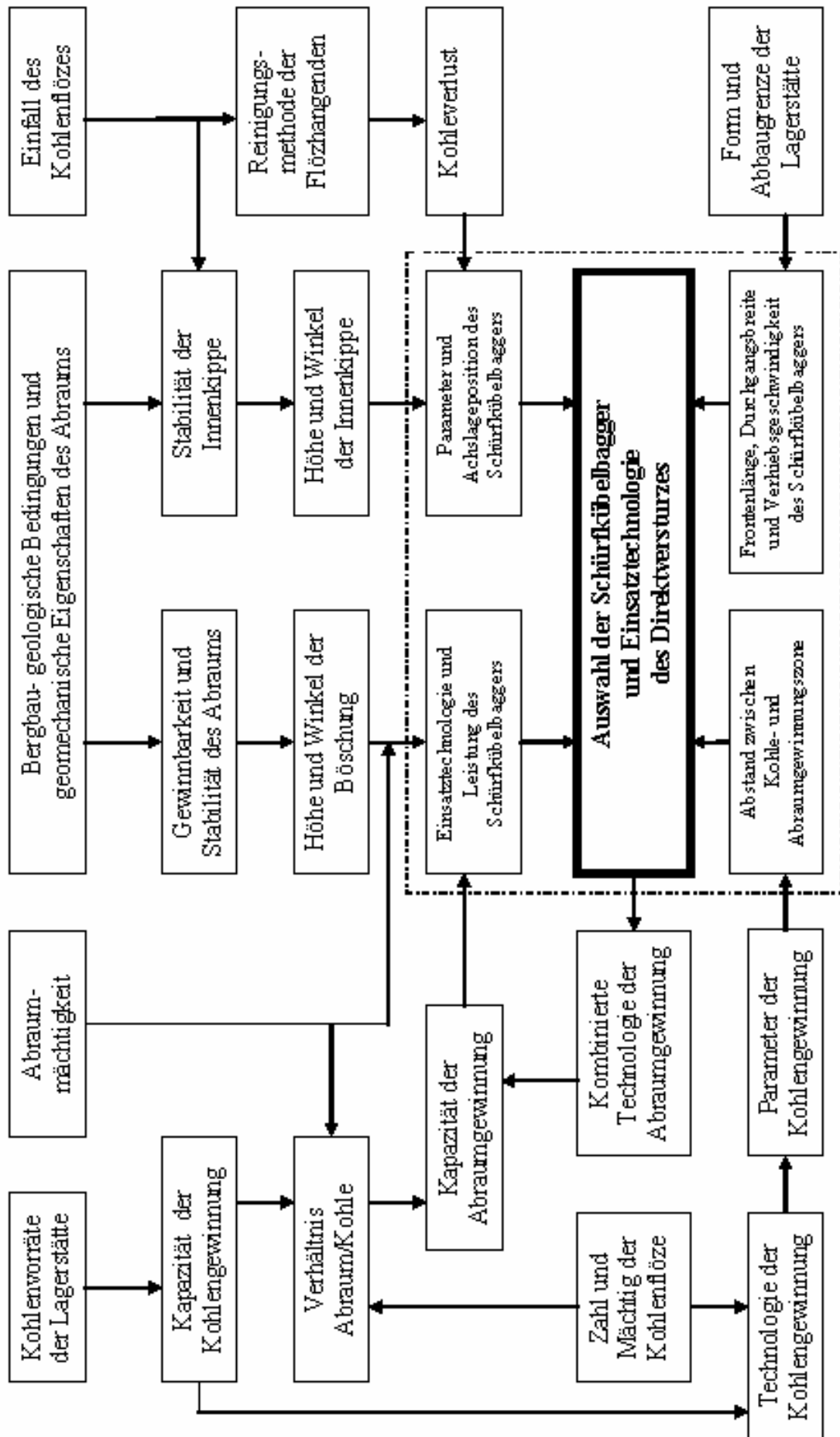


Abb. 3.15 Einfluss der bergbau- geologischen Bedingungen und geomechanischen Eigenschaften des Abraums für die Auswahl der Schürfkübelbagger und Einsatztechnologie des Direktversturzes

4 Technik des Schürfkübelbaggers und seiner Anwendung

In diesem Kapitel werden Schürfkübelbagger-Modelle von den bedeutendsten Herstellern und deren Angebote sowie die Funktionsweise, die Arbeitsbedingungen und die Praxis der Anwendung des Schürfkübelbaggers untersucht. Die wichtigsten Kennzahlen der Geräte sind in Tabellen und in Anlagen zusammengefasst und geben einen schnellen Überblick über Bauart und Baugröße des Schürfkübelbaggers und andere nützliche Informationen.

4.1 Modelle und Hersteller von Schürfkübelbaggern mit Schreitwerk

Ein Schürfkübelbagger ist dadurch charakterisiert, dass er nur mit einem Gefäß, dem so genannten Schürfkübel arbeitet. Der Ausleger ist so zu bemessen, dass der Bagger den Schürfkübelinhalt direkt über der Kippe entleeren kann. Unter bestimmten Voraussetzungen kann auf separate Transport- und Verkippungsbetriebsmittel verzichtet werden. Er ist ein Direktversturzergerät und ist die produktivste und vielseitigste Maschine in der Bergbauindustrie, mit den niedrigsten Kosten der Massenumsetzung und einer durchschnittlichen Betriebslebensdauer von 40 Jahren [42]. Es gibt vier Arten von Schürfkübelbaggern, die nach dem Fahrwerksystem unterschieden werden:

- mit Radfahrwerk,
- mit gleisgestütztem Fahrwerk,
- mit Raupenfahrwerk und
- mit Schreitwerk.

In der Tagebauindustrie kommen am häufigsten Schürfkübelbagger mit Raupenfahrwerk (Crawler) und mit Schreitwerk (Walking) zum Einsatz [83]. Diese beiden Arten sind in Abb. 4.1 dargestellt und die wichtigsten Parameter in Tab. 4.1 aufgelistet. Schürfkübelbagger mit Raupenfahrwerk haben maximal 13 m³ Kübelvolumen, und die mit Schreitwerk bis zu 168 m³ Kübelvolumen.

Schürfkübelbagger mit Raupenfahrwerk werden in dieser Arbeit nicht beschrieben, da sie aufgrund ihrer geringen Größe nur eine untergeordnete Bedeutung haben – somit werden im Folgenden nur Schürfkübelbagger mit Schreitwerk behandelt.

Der erste Schürfkübelbagger mit Schreitwerk wurde 1913 eingebaut. Heute gibt es auf dem Weltmarkt sieben Hersteller von großen elektrischen Schürfkübelbaggern für den Bergbau Tagebau (Anlage 4.1). Die beiden größten Hersteller sind Bucyrus-Erie und Marion in den Vereinigten Staaten. Diese beiden Firmen produzieren vor allem Schürfkübelbagger mit großen Parametern für große Tagebaue. Weitere Hersteller sind Page Engineering in den Vereinigten Staaten, Ransomes und Rapier (England), UZTM („Uralskiy Sawod Tjashelogo Maschinostroenija“), KZTM („Krasnojarskij Sawod Tjashelogo Maschinostroenija“) in Russland und NKMZ („Nowokramatorskij Maschinostrojteljnyj Sawod“) in die

Ukraine. Die genannten sieben Firmen haben bisher insgesamt über 90 Schürfkübelbaggertypen mit Schreitwerk hergestellt (Anlage 4.2).

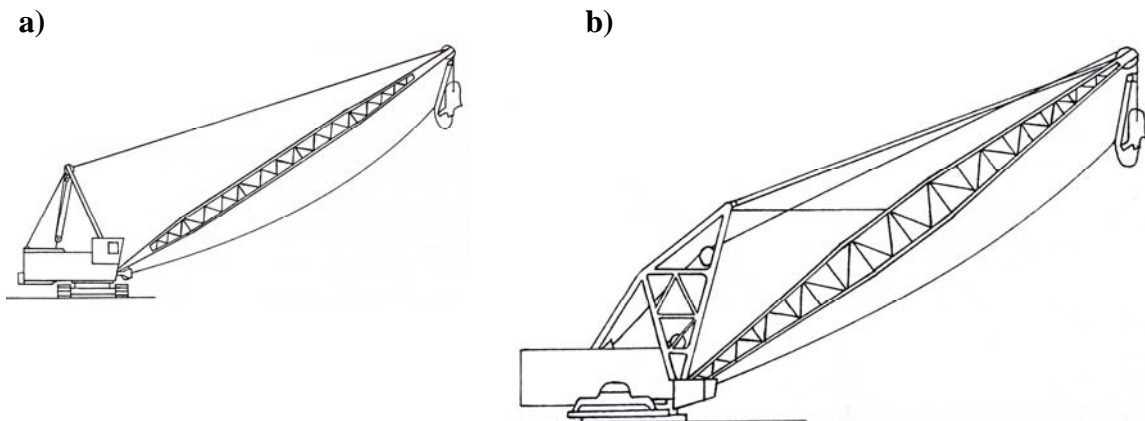


Abb. 4.1 Typen und Größenvergleich des Schürfkübelbaggers

Tab. 4.1 Vergleich der Kenngrößen von Schürfkübelbaggern mit Raupenfahrwerk und Schreitwerk [84]

Kennung	Maßeinheit	Schürfkübelbagger	
		mit Raupenfahrwerk	mit Schreitwerk
Dienstgewicht	[t]	166-333	350-16.000
Bewegungssystem	-	Kettenfahrwerk	Schreitwerk
Antriebsart	-	Diesel	diesel-elektrisch, elektrisch
Auslegerlänge	[m]	27,5-61	9,3-125
Auslegerwinkel	[°]	30-60	25-50
Auslegerbelastung	[kN]	bis 1.600	26-4.150
Abwurfradius	[m]	bis 55	13-120
Abwurfhöhe	[m]	38	4-54
Grabtiefe	[m]	45	7-70
Kübelinhalt	[m ³]	3,5-15,3	1,5-168
Fahrgeschwindigkeit	[km/h]	1,0	0,15
Betriebslebensdauer	[Jahr]	5-10	30 und mehr

Bucyrus-Erie Company (Bucyrus International Inc. Seit 1996)

Bucyrus International, Inc (gegründet 1880 in Bucyrus, Ohio/USA) ist ein Weltmarktführer in der Fertigung von elektrischen Baggern, Bohrmaschinen und Schürfkübelbaggern für die Bergbauindustrie. 1969 wurde der bis heute weltweit größte Schürfkübelbagger (4250W „Big Muskie“) gebaut. Schürfkübelbagger sind bis heute stetig verbessert worden.

Die von Bucyrus-Erie hergestellten Schürfkübelbagger erreichen eine Grabtiefe von 64,92 m und Kübelkapazitäten bis zu 168,2 m³. Bucyrus bietet mehr als fünfzehn Typen des Schürfkübelbaggers an (Anlage 4.2). Die wichtigsten Spezifikationen des Schürfkübelbaggers dieser Firma werden in Tab. 4.2 sowie in Anlage 4.3 gezeigt.

Tab. 4.2 Spezifikationen der Schürfkübelbagger von Bucyrus International Inc [85]

Nr.	Schürfkübelbagger Modelle	Kübelvolumen		Auslegerlänge		Dienstgewicht	
		[m ³]	[yd ³]	[m]	[ft]	[kg]	[lbs]
1.	2570WS	83-138	108-180	110-128	361-420	7 271 000	16 030 000
2.	8750	84-126	110-165	102-131	335-430	6 580 000	14 500 000
3.	8200	51-88	67-115	84 -122	275-400	4 492 000	9 900 000
4.	8050	43-71	56-93	84-108	275-354	3 629 000	8 000 000
5.	7820	21-42	27 55	69-99	225-325	1 996 000	4 400 000
6.	W2000	24-34	31-44	75-101	246-331	1 780 000	3 916 000
7.	680W	12-24	16-31	58-90	190-295	1 043 000	2 300 000

Das Modell 8200 hat die Firma Bucyrus-Erie im Dezember 2004 hergestellt. Dieser ging im Braunkohlentagebau „Center Mine“ in North Dakota/USA in Einsatz [85]. Das zweitgrößte Modell 8750 wurde auch im Dezember 2004 hergestellt und ist in der Mine „Ensham Resources“ in Australien im Einsatz. Das war der fünfzigste Schürfkübelbagger der Modellreihe 8750 [85] (Anlage 4.4 und 4.5).

Marion Power Shovel Company (seit 1997 zu Bucyrus-Erie International, Inc.)

Die Marion Power Shovel Company stellt ähnliche Produkte wie Bucyrus-Erie her (z.B. Bagger, Kräne, Schürfkübelbagger mit Schreitwerk und Bohrgeräte). Schürfkübelbagger werden von dieser Firma seit 1939 hergestellt, insgesamt bis Jahr 1997 345 Schürfkübelbaggern hergestellt worden (Anlage 4.5). Der Verein mit Bucyrus 1997 war ein bedeutendes Ereignis in der Bergbauindustrie, und beendete damit eine intensive Wettbewerbskonkurrenz, die 113 Jahre anhielt.

Das Stammwerk von Marion Power Shovel Company wurde zwar geschlossen, aber die wichtigsten Maschinen übernommen. Die Anzahl der kleinen Schürfkübelbagger reduzierte sich um die Hälfte. Somit sind die wichtigen Produktionslinien der Marion Power Shovel Company in aktualisierter Form bei Bucyrus-Erie vorhanden [86, 87]. Die wichtigsten Spezifikationen der Schürfkübelbagger dieser Firma werden in Tab. 4.3 sowie in Anlage 4.6 gezeigt.

Tab. 4.3 Spezifikationen der Schürfkübelbagger von Marion Power Shovel [85]

Nr.	Schürfkübelbagger Modelle	Kübelvolumen		Auslegerlänge		Dienstgewicht	
		[m ³]	[yd ³]	[m]	[ft]	[kg]	[lbs]
1.	2570W	69-89	90-117	104-122	340-400	6 000 000	13 220 000
2.	1570W	48-61	63-80	94-105	310-345	3 630 000	8 000 000
3.	1370W	44-48	57-62	87-99	285-325	2 989 000	6 590 000
4.	1300W	22-36	29-47	79-99	260-325	2 132 000	4 700 000
5.	1260W	18-31	24-40	59-92	227-302	1 678 000	3 700 000

Page Engineering Company (seit 1988 zu Harnischfeger Corporation als P&H firmiert)

Die Page Engineering Company entwickelte Anfang des 20. Jahrhunderts den weltweit ersten Schürfkübelbagger, der beim Kanalbau zum Einsatz kam (1904 „Hennepin Kanal“ in Illinois/USA), und 1923 den ersten Schürfkübelbagger mit Page-Schreitwerk. Jedoch gilt diese Technik erst seit 1935 als ausgereift. Seit dem basieren sämtliche (bis Mitte der 1980er Jahre) von der Firma hergestellten Schürfkübelbagger auf dieser Technik [87].

1988 wurde Page an Harnischfeger Corporation (P&H) verkauft. Seitdem werden die Schürfkübelbagger unter dem P&H Warenzeichen angeboten [88]. Die wichtigsten Spezifikationen des Schürfkübelbaggers diese Firma sind in Tab. 4.4 sowie in Anlage 4.7 gezeigt.

Tab. 4.4 Spezifikationen der Schürfkübelbagger von P&H [88]

Nr.	Schürfkübelbagger Modelle	Kübelinhalt		Auslegerlänge	
		[m ³]	[yd ³]	[m]	[ft]
1.	736	22,2	29	53,5-79,2	175-260
2.	752	35	45	73,2-97,5	240-320
3.	757	57,3	75	83,8-106,7	275-350
4.	9020	91,8	120	88,4-123,4	290-405
5.	9160	122,3	160	99,1-129,5	325-425

Ransomes & Rapier Ltd., (seit 1988 zu Bucyrus-Erie Gesellschaft)

Ransomes & Rapier firmierte 1869 als Ausgliederung von der Muttergesellschaft Ransome, Sims & Head und war vor allem auf die Herstellung von Kränen und Baggern spezialisiert. Schürfkübelbagger mit Schreitwerke werden von dieser Firma seit 1939 hergestellt. Von dieser Firma wurde das patentierte Cameron & Heide Schreitsystem entwickelt. Seit 1987 werden Schürfkübelbagger mit diesem Schreitwerksystem von der Firma Bucyrus International, Inc., die die Herstellungsrechte eingekauft hat, angeboten (gegenwärtig Modell „W2000“). Die Modelle dieser Firma sind vor allem in Indien populär [87]. Anlage 4.8 zeigt die Schürfkübelbagger der Firma Rapier.

UZTM (Uralskiy Sawod Tjashelogo Maschinostroenija)

UZTM als Teil der OMZ („Objedinennie Maschinostroijteljanie Sawod“ „Vereinigte Maschinenbau Werke“/Russland) ist auf Schwermaschinenbau spezialisiert [89]. Schürfkübelbagger werden von UZTM hergestellt (Modelle ESch 14/65). Die von dieser Firma angebotenen Schürfkübelbagger mit Schreitwerk haben eine Kübelkapazität von 11 bis 100 m³ und eine Auslegerlänge von 75 bis 130 m (Tab. 4.5, Beschreibung in Anlage 4.9). Angaben zur Modifizierung der Schürfkübelbagger mit Schreitwerk finden sich in Anlage 4.10. Die Schürfkübelbagger kommen vor allem im Tagebau (wie z.B. Kohle, Schiefer,

Erze, Eisen- und Nichtmetalle, Gold) zum Einsatz. Bisher wurden über 240 Schürfkübelbagger mit Schreitwerk hergestellt. Zwei davon sind in der Mongolei im Kohlentagebau im Einsatz (Anlage 4.11).

Tab. 4.5 Die Spezifikationen der Schürfkübelbagger von der Firma UZTM [90]

Nr.	Model	Kübelinhalt [m ³]	Auslegerlänge [m]	Dienstgewicht [t]
1.	ESch 11/75	11	75	840
2.	ESch 20/90	20	90	1.740
3.	ESch 15/100	15	100	1.725
4.	ESch 25/90	25	90	1.900
5.	ESch 20/100	20	100	1.900
6.	ESch 15/110	15	110	1.900
7.	ESch 40/100	40	100	3.320
8.	ESch 30/110	30	110	3.320
9.	ESch 25/120	25	120	3.320
10.	ESch 65/100	65	100	5.460
11.	ESch 40/130	40	130	5.460
12.	ESch 100/125	100	125	10.000

KZTM (Krasnojarskij Sawod Tjashelogo Maschinostroenija)

Die sibirische Firma KZTM („Крастяжмаш“, „Krasnojarsker Schwermaschinenbau“) wurde 1981 gegründet und 1994 privatisiert. Die Firma stellt Bagger, Bohranlagen sowie Ausrüstungen für den Tagebau und die Aufbereitung her [91]. Hierunter fallen auch Schürfkübelbagger mit Schreitwerk. Tabelle 4.6 zeigt die wichtigsten Kenngrößen der von dieser Firma angebotene Modelle.

Tab. 4.6 Spezifikationen der Schürfkübelbaggers von KZTM [91]

Nr.	Model	Kübelinhalt [m ³]	Auslegerlänge [m]
1.	ESch 40/85	40	85
2.	ESch 6,5/45	6,5	45
3.	ESch 11/70	11	70
4.	ESch 14/50	14	50

NKMZ („Nowokramatorskij Maschinostrojteljnyj Sawod“)

Die ukrainische Firma „Novokramatorer Maschinenbau“ baute 1949 den ersten Schürfkübelbagger mit Schreitwerk in der damaligen Sowjetunion (Modell ESch-1). Die gegenwärtig angebotenen Modelle und ihre wichtigste Parameter sind in Tab. 4.7 zusammengestellt. Von dem bis lang über 1.800 hergestellten Schürfkübelbagger mit Schreitwerk werden 14 Stück in die Mongolei exportiert (Anlage 4.12). Weitere Exportländer sind unter anderem Deutschland, Russland, Indien, China, Iran, Kuba [92]. Anlage 4.13 gibt die detaillierte Spezifikationen der Schürfkübelbagger von NKMZ wider.

Tab. 4.7 Spezifikationen der Schürfkübelbagger von der Firma NKMZ [92]

Nr.	Model	Kübelinhalt [m ³]	Auslegerlänge [m]	Dienstgewicht [t]
1.	ESch-6,5/45M	6,5	45	278
2.	ESch-11/70	11	70	695
3.	ESch-14/50	14	50	630
4.	ESch-15/80M	15	80	1160
5.	ESch-20/65	20	65	1070
6.	ESch-10/100	10	100	1200
7.	ESch-15/90	15	90	1253

4.2 Die Hauptelemente des Schürfkübelbaggers

Während der Hauptverfahrensgänge Laden, Transportieren und Verkippen kann der Schürfkübelbagger seinen Standort nicht ändern und wird daher als stationäres Gewinnungsgerät bezeichnet. An dem Gerät werden drei Teilsysteme unterschieden (Abb. 4.2) [95]:

- Fahr- bzw. Schreitsystem (Unterbau) für einen selbständigen Standortwechsel,
- Umschlagssystem (Oberbau) zum Laden, Transportieren und Verkippen des Materials,
- Krafterzeugungs- und Kraftübertragungssystem zur Ermöglichung der vorgenannten Bewegungssysteme.

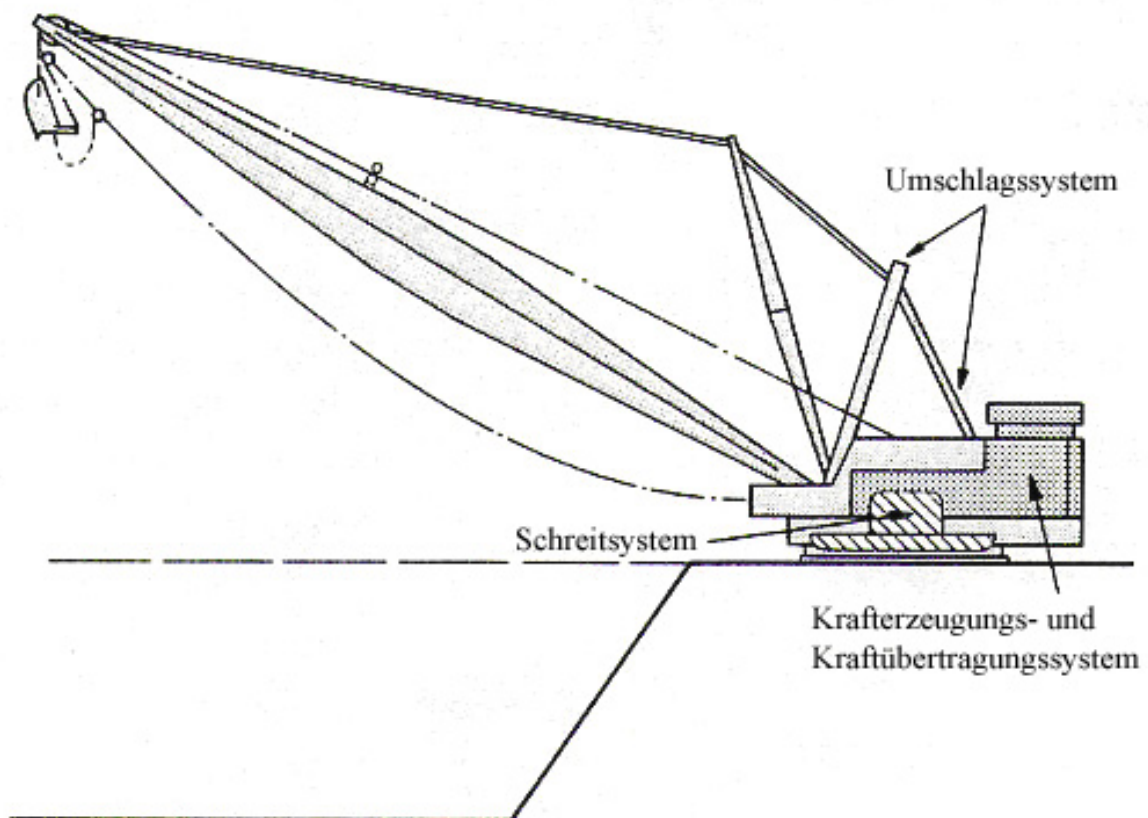


Abb. 4.2 Aufbau des Schürfkübelbaggers mit Teilsystemen

Schreitsystem (Unterbau)

Schürfkübelbagger werden ab einer Gerätegröße von ca. 10 m^3 Kübelvolumen mit Schreitsystemen ausgerüstet [95]. Im Gegensatz zu den Raupenfahrwerken, bei denen das gesamte Gerätegewicht auf den Raupen ruht, lastet das Gewicht bei den Geräten mit Schreitsystemen auf einer runden Grundplatte mit bis zu 32 m Durchmesser. Trotz des hohen Dienstgewichts eines der größten Geräte von ca. 122.000 kN ergibt sich somit nur ein Bodendruck von ca. 152 kN/m^2 . Der Unterbau (Abb. 4.2) besteht aus Rahmen, Drehkranz, den Schreitshuhen (Kufen) und dem Schreitsystem. Zu dem Schreitsystem gehören die Motoren und mechanischen Übertragungseinrichtungen für den Antrieb des Systems. Die Schreitshuhe sind auf jeder Seite des revolvierenden Rahmens montiert. Jeder Schürfkübelbaggerhersteller hat seine eigenen Schreitssysteme patentieren lassen. In der Praxis hängt die Auswahl der Art des Schreitsystems in der Regel von der Größe der Maschine ab. Im Folgenden werden die vier am häufigsten angewandeten Schreitssysteme beschrieben.

Schreitwerk der Firma Bucyrus-Erie

Bucyrus-Erie stellt eine Schreitvorrichtung her, die im Wesentlichen aus drei Hauptteilen (Exzentrerscheibe, elliptischen Führungsrahmen und zwei Schreitkufen) besteht.

Die kreisförmige Exzentrerscheibe hat auf dem Umfang einen Doppelspurkranz. In ihm wird der elliptische Führungsrahmen zwangsgeführt. Die Führungsrolle an der Scheibe bewegt sich zwangsläufig in der lotrechten Führung und somit in der Mitte der Ellipse auf und nieder. Das Versatzmaß der Schreitwerkswelle zur Mitte der Exzentrerscheibe bestimmt das Hubmaß. Das Versatzmaß der Führungsrolle zur Schreitwerkswelle legt das Längenmaß des Schreitvorganges fest. Die beiden Schreitkufen sind an den Unterkanten der beiden Führungsrahmen gelenkig angeschlagen, um sich beim Aufsetzen dem Untergrund anpassen zu können. Die Schreitkufen bestehen aus versteiften, mit Stahlblechen verkleideten Kastenträgern, die an der Unterseite mit Dreiecksleisten zur besseren Traktion versehen sind [85, 87]. Bucyrus Schürfkübelbagger mit bis zur 50 m^3 Kübel verwenden das von Oscar Martinson 1925 erfundene "Cam and Frame" System (Abb. 4.3).

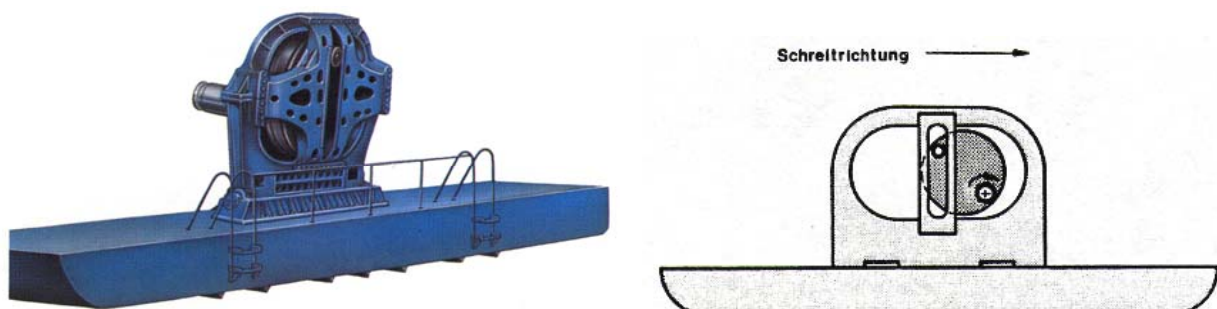


Abb. 4.3 „Cam and Frame“ Schreitwerk der Firma Bucyrus-Erie [87]

Dieses Schreitsystem wird seit über 50 Jahren fast unverändert hergestellt. Die Bewegungsphasen des Schreitvorganges sind in Abb. 4.4 dargestellt.

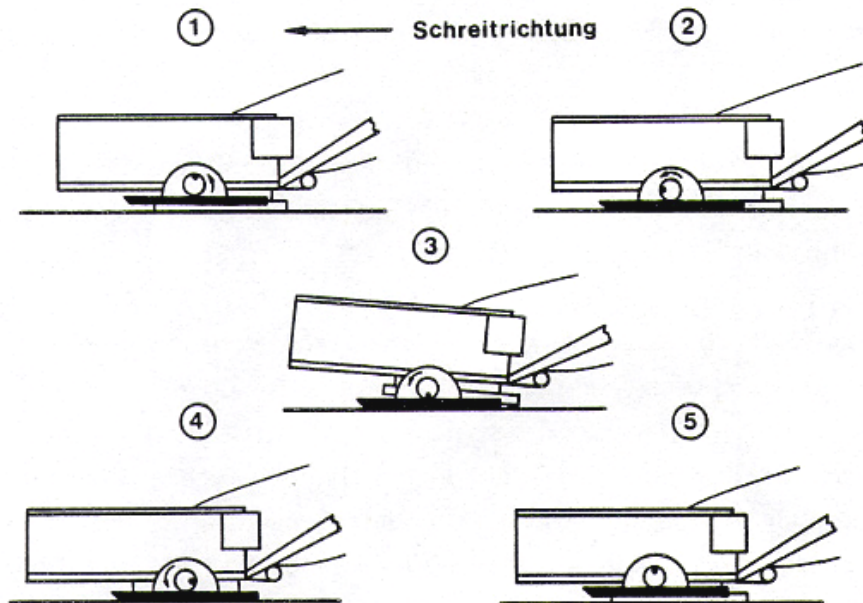


Abb. 4.4 Bewegungsphasen des Schreitvorgangs, 1-Ausgangsposition, 2-Aufsetzen der Kufen, 3-Ausheben und Verziehe des Gerätes, 4-Abheben der Kufen, 5-neue Arbeitsposition

Bucyrus Schürfkübelbagger mit Kübelvolumen größer als 50 m^3 verwenden das "Cam and Slide" Schreitsystem (Abb. 4.5). Größere Geräte von etwa 27.000 kN Dienstgewicht verursachen bei diesem Schreitsystem während des Schreitvorganges eine sehr hohe spezifische Belastung von 1.050 kN/m^2 längs der Berührungslinie in dem Führungsrahmen. Zur Verminderung dieser Belastung hat die Firma Bucyrus-Erie das Schreitwerk für schwerere Geräte weiterentwickelt: Hier wird eine Tragscheibe über eine exzentrisch angebrachten Welle angetrieben. Die Scheibe wird in dem Schreitrahmen geführt. Die Schreitkufen hängen an dem Schreitrahmen und an einer Kolbenstange, die wiederum exzentrisch mit der Tragscheibe verbunden ist. Durch dieses System erhöht sich die Berührungsfläche zwischen Scheibe und Rahmen und es treten bei einem Bagger von 40.000 kN nur spezifische Kräfte von ca. 20 kN/m^2 an den Berührungsflächen auf.

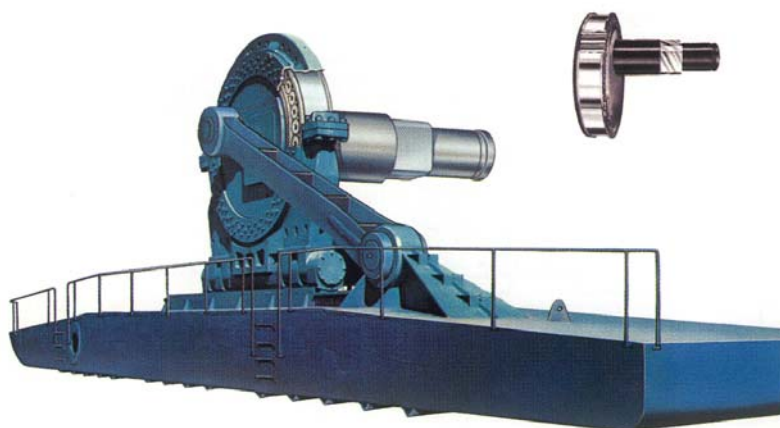


Abb. 4.5 „Cam and Slide“ Schreitwerk der Firma Bucyrus-Erie [87]

Das Schreitwerk der Firma Marion

Die Firma Marion verwendet ein Schreitwerk, das aus jeweils vier Kurbelstangen besteht. Zwei Kurbelstangen sind an der Exzentrerscheibe angeschlagen, eine an dem Oberbaurahmen und eine an der Schreitkufe (Abb. 4.6).

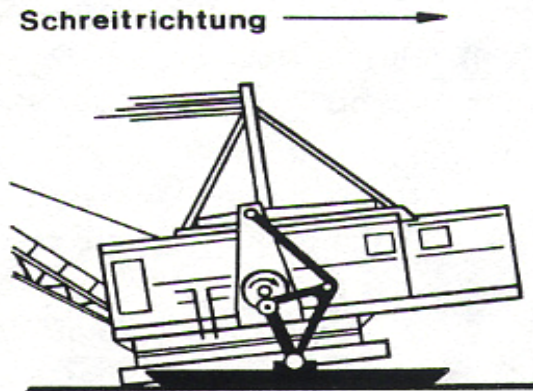


Abb. 4.6 Schreitwerk der Firma Marion

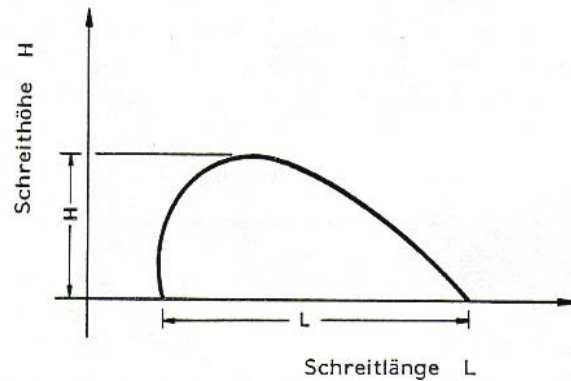


Abb. 4.7 Schreithöhen / Schreitlängen – Graphik [95]

Für die Schürfkübelbagger mit Kübel ab 65 m³ verwendet Marion ein Rapiersystem genanntes Schreitwerk mit zwei Schreitstielen, die gleiche Räder auf ihren Enden haben. Diese sind durch schwere Verbindungen zum selben Punkt auf dem Schuh verbunden. Da die zwei Exzentriker verschiedene Würfe haben, wird die notwendige elliptische Bewegung den Schuhen mitgeteilt, wie die Stiele rotieren [86, 87]. Der Schreitvorgang mit diesem System ähnelt dem Laufen auf Krücken; der Bewegungsablauf entspricht dem der vorgenannten Systeme. Die Abb. 4.7 zeigt die Wegekurve, die die Vorderkante der Grundplatte bei der Schreitbewegung zurücklegt. Sie wird verhältnismäßig schnell angehoben und wieder langsam und gedämpft abgesetzt, um das gesamte System zu schonen.

Das Schreitwerk der Firma Page

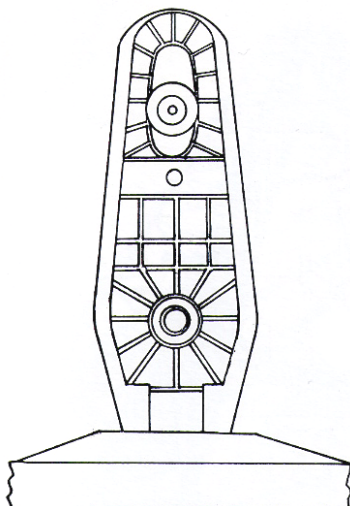


Abb. 4.8 Page Schreitwerk und Schürfkübelbagger mit Page Schreitwerk

Page Engineering Company entwickelte 1923 das Page-Schreitwerk. Jedoch gilt die Schreitwerktechnik erst ab 1935 als ausgereift. Seitdem basieren sämtliche (bis Mitte 1980er Jahre) von der Firma hergestellten Schürfkübelbagger auf Page-Schreitwerktechnik (Abb. 4.8) [87]. Diese Technik wurde nach Übernahme der Firma von Harnischfeger zum „Cam and Roller“-System weiterentwickelt [87, 88].

Hydraulikschreitwerk

Beim größten Schürfkübelbagger der Welt „Big-Muskie“ 4250-W wird der Schreitvorgang mittels vier Hebe -und vier Versetzzylindern bewerkstelligt (Anlage 4.14) [93]. Sie sind an den vier Rahmeneckpunkten angebracht und heben das Gerät mit den vier Kufen an, wobei die Längskufen jeweils gelenkig miteinander verbunden sind. Die vier Versetzzylinder verschieben dann das Gerät gleitend über die Stahlschlitten und die Kufen mit einem Versetzungsbetrag von 4,30 m, danach wird das Gerät wieder auf die Grundplatte abgesetzt.

Die meisten der in Russland und in der Ukraine produzierten Schürfkübelbagger verfügen ebenfalls über Hydraulik Schreitwerke, die jedoch mit zwei Hydraulikzylindern ausgestattet sind (Abb. 4.9).



Abb. 4.9 Hydraulik Schreitwerk des Schürfkübelbaggers Esch-25/90 [94]

Umschlagsysteme

Das Umschlagsystem besteht aus dem schwenkbaren Oberbau, in dem die Antriebsaggregate untergebracht sind sowie aus den an ihm angelenkten Arbeitseinrichtungen, bestehend aus Ausleger, Stützmast, Seilführungseinrichtungen und Kübel.

Ausleger

Der Ausleger des Schürfkübelbaggers ist an zwei Punkten an der Vorderseite der Bodengruppe gelenkig angeschlagen. Er dient als Widerlager für das über die Umlenkrolle geführte Hubseil. Der als Gitter- oder als Rohrmast ausgebildete Ausleger hat entweder bei kleineren Geräten eine Dreiecksform, die aus drei

Hauptträgern besteht, oder hat bei den größeren einen „A“-förmigen Mast, dessen Schenkel aus vier Stahlrohren bestehen. Die Hauptträger sind über Versteifungen miteinander verbunden und stabilisiert. Mit Ausnahme der Spitze setzt sich der Ausleger aus Einzelabschnitten zusammen, die ihrerseits wieder aus je zwei spiegelbildlichen Teilen bestehen. Die Teile, wie auch die Abschnitte, sind untereinander verschraubt [96]. In Abb. 4.10-4.11 und Anlage 4.15 werden unterschiedliche Konstruktionen der Ausleger gezeigt.

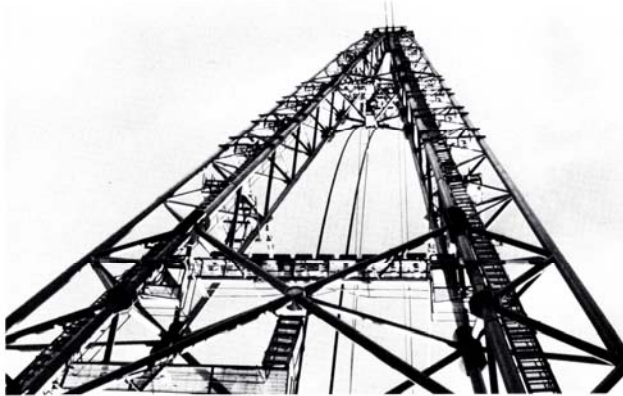


Abb. 4.10 Röhrenförmiger Zwilling eines dreieckiges Auslegers



Abb. 4.11 Rechteckiger Ausleger mit Winkelakkorden

Bei modernen Konstruktionen sind die Stahlrohre der Hauptträger mit inertem Gas gefüllt, um Beschädigung an der Stahlrohrkonstruktion anhand des dann sofort registrierbaren Druckverlustes rechtzeitig festzustellen. Um das Gewicht des Auslegers zu verringern und somit die trägen Massen zu mindern, bieten die Hersteller Ausführungen in Aluminium an. Diese Ausleger sind um ca. 30% leichter als vergleichbare Stahlkonstruktionen. Dadurch verringert sich die Schwenkzeit um ca. 10%, was zu einer Erhöhung der Produktivität von 5% bis 7% führt [97]. Bei gleicher Stabilität wird die Verwendung eines längeren Auslegers oder größeren Kübels ermöglicht.

Ab einer Auslegerlänge von ca. 25 m werden die Halteseile für den Ausleger über eine zusätzliche Mastkonstruktion geführt. Diese ist meist „A“-förmig ausgebildet und stützt sich auf beiden Längsseiten der Bodengruppe ab. Durch diese Mastkonstruktion wird die senkrecht zur Auslegerachse verlaufende Kraftkomponente der Halteseile vergrößert, wodurch sich eine höhere Stabilität ergibt. Die Halteseile sind bei Geräten bis ca. 8 m³ Schürfkübelinhalt zweisträngig, bei größeren Geräten bis zu achtsträngig. Bei letztgenannten werden gesonderte Windwerksseile zur Änderung der Auslegerneigung verwendet. Auch die Anzahl der Schürf- und Hubseile für den Schürfkübel erhöht sich mit zunehmender Größe der Geräte.

Folgende Zuordnungen lassen sich vornehmen:

- | | |
|--|----------------------------|
| - bis 20 m ³ Schürfkübelinhalt: | je 1 Schürf- und Hubseil; |
| - von 20 m ³ bis 75 m ³ Schürfkübelinhalt: | je 2 Schürf- und Hubseile; |
| - ab 75 m ³ Schürfkübelinhalt: | je 4 Schürf- und Hubseile; |

Schürfkübel

Der Schürfkübel ist an fünf Stellen mit den Hub- und Schürfseilen verbunden. Die Punkte 1 und 3 (siehe Abb. 4.12) sind an beiden Kübelseiten vorhanden. Um den schnellen Verschleiß der Seile durch das Schleppen über den Boden zu vermeiden, sind jeweils kurze Rundstahlketten zwischen Seil und Kübel geschaltet. Das Kippseil ist mit dem Schürfseil über Seilkauschen verbunden und läuft über eine am Hubseil befestigte Rolle zum oberen Ende des Kübelbügels (Punkt 5 in Abb. 4.12) bzw. zu den Vorderkanten des Kübels [95].

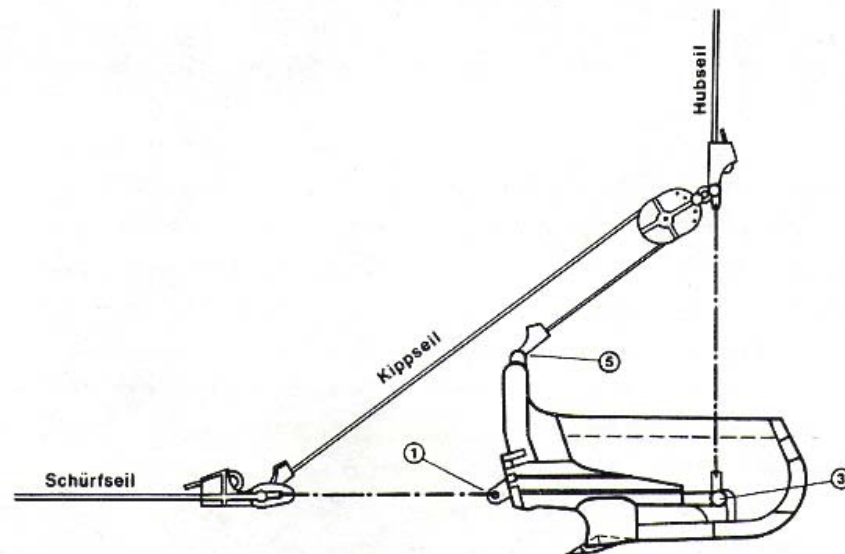


Abb. 4.12 Schürfkübel mit Anlenkpunkten (1, 3, 5)

Es gibt zwei unterschiedliche Schürfkübelkonstruktionen, Schürfkübel ohne Bügel und mit Bügel.

Schürfkübel mit Bügel

Schürfkübel mit Bügel werden bevorzugt eingesetzt. Der Bügel hat die Aufgabe, die vorne offene Kastenform des Kübels zu stabilisieren, eine Gewichtskraft auf die Kübelzähne bzw. -schneide auszuüben und zusätzlich Anlenkpunkt für das Kippseil zu sein (Abb. 4.13). Bei den Schürfkübeln mit Bügeln finden sich Typen mit vorgezogener und mit zurückgesetzter Schneide. Die erstgenannte Bauart wird bei rolligem, wenig bindigem Schürfmateriale eingesetzt, es wird damit mehr Material im Kübel gehalten. Bei dem Kübel mit vorgezogener Schneide lastet maximal 50% des Kübelgewichts auf der Schneide. Wird diese bis fast zur Hälfte zurückgesetzt, wächst dieser Gewichtsanteil auf 60% bis 70% an. Aufgrund der hohen Eindringkraft ist dieser Typ für das Schürfen in bindigem, festem Boden vorteilhaft. Schürfkübelmodelle ausgewählter Firmen werden in [88, 136] und Anlage 4.16 vorgestellt.

Schürfkübel ohne Bügel

Der Fortfall des Bügels bringt eine Gewichtsverminderung mit sich, was zu einer vergrößerten Kapazität führt. Dies ist jedoch mit einer Minderung der Stabilität verbunden. Darum hat dieser Schürfkübel wenig Verbreitung gefunden und wird ausschließlich für leichten Boden eingesetzt [88].



Abb. 4.13 Schürfkübel mit Bügel

Krafterzeugungs- und Kraftübertragungssystem

Zwei unterschiedliche Krafterzeugungssysteme finden in den Schürfkübelbaggern Anwendung:

- Dieselantrieb,
- elektrischer Antrieb.

Die Reihenfolge spiegelt sowohl die Anwendungshäufigkeit als auch die Verwendung im Verhältnis zu der Größe des Gerätes wieder.

Schürfkübelbagger mit reinem Dieselantrieb finden sich nur in kleineren Schürfkübelbagger mit einer Größenklasse bis 5 m^3 Schürfkübelinhalt. Da fast ausschließlich nur ein Dieselmotor zur Verfügung steht, ist ein hoher Kraftübertragungsaufwand für Hub- und Schürfwinde, Schwenkwerk und Fahrtrieb erforderlich, gestellt durch Getriebe, Kupplungen und Übertragungselemente. Durch die unelastische Kennlinie des Dieselmotors bedarf es der Zwischenschaltung von Drehmomentwandlern. Diese verursachen jedoch einen Wirkungsgradverlust von 15-30% [98].

Der Schürfkübelbagger mit elektrischem Antrieb ist am häufigsten vertreten und ist die ausschließliche Antriebsart für die großen Geräte. Die elektrische Versorgung dieser Schürfkübelbagger wird über Schleppkabel bewerkstelligt. Das geräteseitige Leitungsende führt in den Unterbau und ist dort an die konzentrisch angebrachten Stahlschleifringe angeschlossen. Über Stahlstromabnehmer, vom Oberbau ausgehend, wird dann der Strom über elektrische Schalt- und Messanlagen zu dem Umformer oder zum Gleichrichter (mechanisch-elektrisch oder Thyristoren) geleitet. Die Gleichrichtung der elektrischen Energie ermöglicht den Einsatz von Gleichstrommotoren, die sich durch günstige Steuerungscharakteristik auszeichnen [99]. Mit ihnen ist eine stufenlose Regelung mit nur geringen Verlusten möglich. Es kann eine Umkehr der Drehrichtung und eine Drehzahländerung durchgeführt werden unter Beibehaltung eines konstanten Drehmoments [100]. Abbildung 4.14 und 4.15 zeigt ein typischer Deck-Plan für die Antriebe und Motoren.

Bei kleineren Schürfkübelbaggern werden Hub- und Schürfwindwerke über ein Getriebe von einem Motor angetrieben. Über eine Kupplung wird zusätzlich das Schreitwerk mit eingebunden. Das Schwenkwerk wird über einen separaten Motor betätigt.

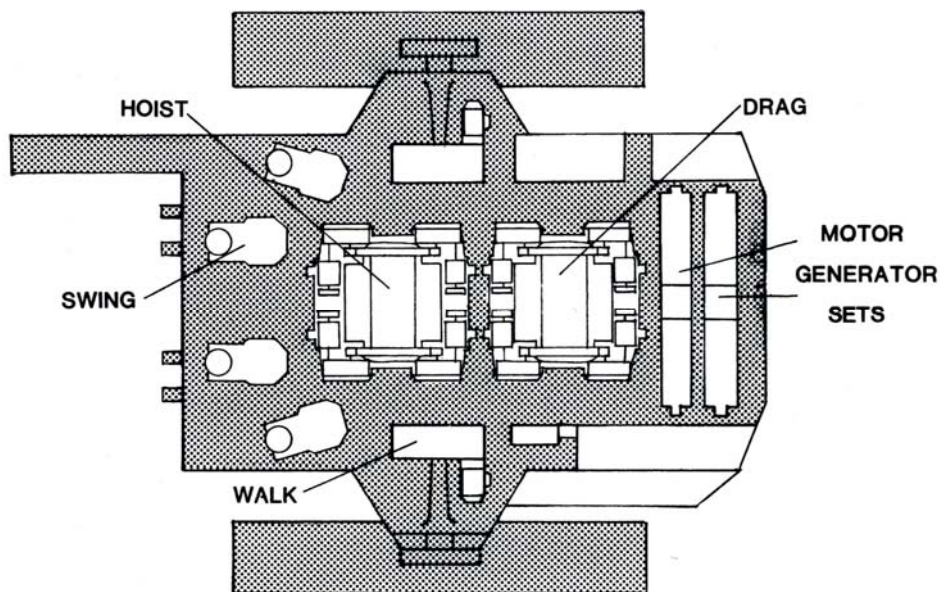


Abb. 4.14 Typischer Deck-Plan für Antriebe und Motoren

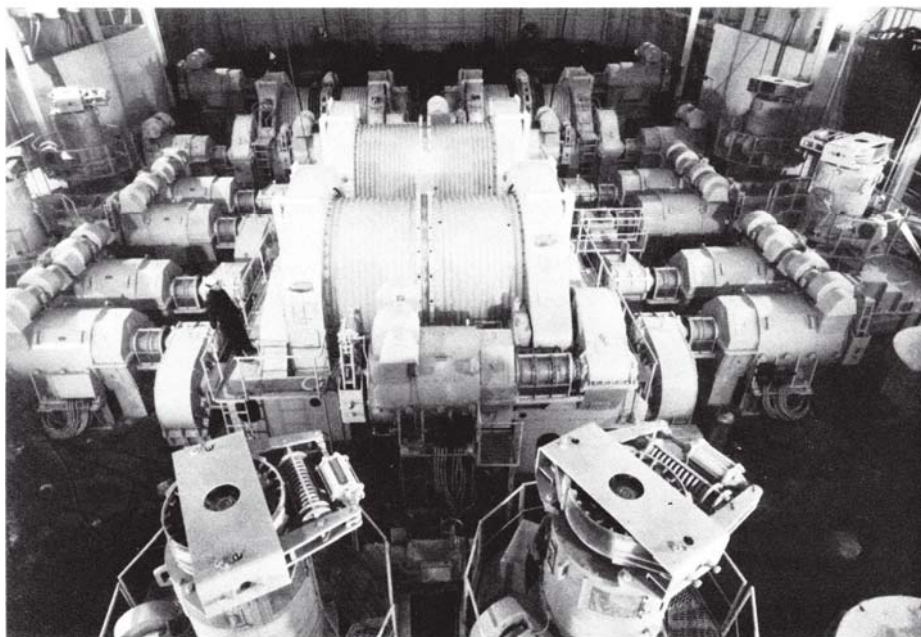


Abb. 4.15 Photoansicht für die Antriebe und Motoren.

Bei größeren Geräten hat jedes Windwerk seinen eigenen Antriebsmotor. Steigt der Leistungsbedarf, z.B. für große Geräte, werden mehrere Motoren für ein Werk eingesetzt, so werden z.B. bis zu 10 Motoren für das Schwenkwerk eines Gerätes benutzt [101]. Die Hersteller greifen hierbei auf am Markt verfügbare Antriebsaggregate zurück, statt auf Eigenentwicklung. Dadurch wird eine hohe Verfügbarkeit erreicht. Der Ausfall eines Aggregates verursacht keinen Stillstand. Außerdem wird die Wartung und Ersatzteilhaltung durch die geringere Typenvielfalt erleichtert.

4.3 Einsatzmöglichkeiten des Schürfkübelbaggers

Schürfkübelbagger werden in den Größen von 0,5 bis 168 m³ Schürfkübelinhalt hergestellt. Die kleinen Geräte bis etwa 5 m³ Inhalt werden hauptsächlich im Baugewerbe zum Herstellen von Böschungen, Gräben und Einschnitten sowie für Nassbaggerungen eingesetzt. Die großen Geräte werden im Bergbau verwendet. Hier liegt der Schwerpunkt auf großer Massenbewegung, also auf Produktivität, im Gegensatz zum Baubetrieb, wo es auch Stärker auf die Einhaltung von Maßen und Winkeln ankommt [95].

Geometrische Parameter der Geräte

Die Beurteilung der Verwendungsmöglichkeiten der am Markt befindlichen Geräte setzt die Kenntnis von spezifischen Gerätekennzahlen und Eigenschaften voraus. Tabelle 4.8 gibt einen Überblick über die wichtigsten Kennzahlen der heute gebräuchlichen Gerätetypen. Die aufgeführten Abmessungen sind in Abb. 4.16 dargestellt.

Tab. 4.8 Wichtige Gerätekennzahlen der Schürfkübelbagger

Nr.	Parameter	Zeichen	Wert
1.	Dienstgewicht [kN]		350-160.000
2.	Bewegungssystem		Raupenfahrwerk, Schreitwerk
3.	Antriebsart		Diesel, diesel-elektrisch, elektrisch
4.	Auslegerlänge [m]	B	9,3-125
5.	Auslegerwinkel [°]	Δ	25-50
6.	Auslegerbelastung [kN]		26-4150
7.	Abwurfradius [m]	D	13,3-120
8.	Abwurfhöhe [m]	G-F	4-54,9
9.	Grabtiefe [m]	H	7-70,1
10.	Kübelinhalt [m ³]	V	1,5-168,2

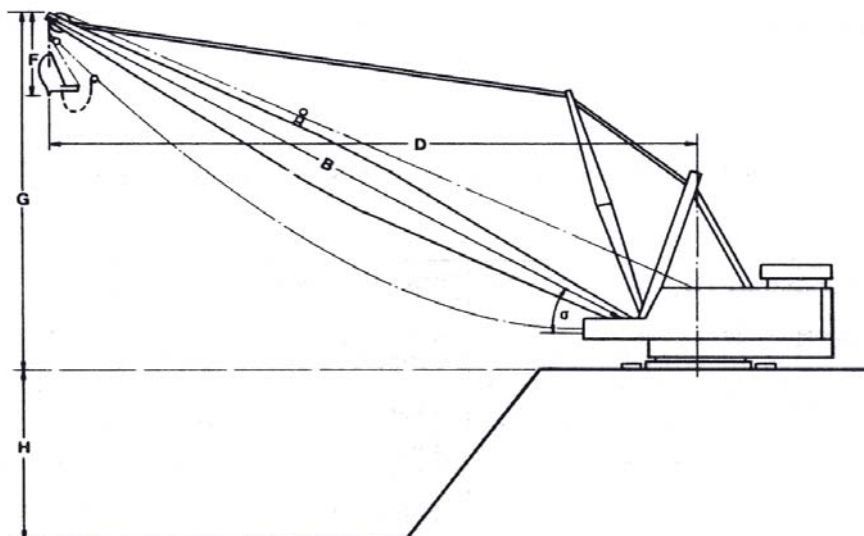


Abb. 4.16 Skizze eines Schürfkübelbaggers mit Abmessungen

Im Rahmen dieser Arbeit wurden sämtliche bislang hergestellten Schürfkübelbagger-Modelle von Firmen aus den USA, Russland und Ukraine hinsichtlich der oben aufgeführten Kenngrößen recherchiert. Eine tabellarische Zusammenfassung dieser Modelle nebst Kenngrößen findet sich in Anlage 4.17. Die Kurven, die in Abb. 4.17 zeigen eine Analyse von Geräteparametern zum Dienstgewicht.

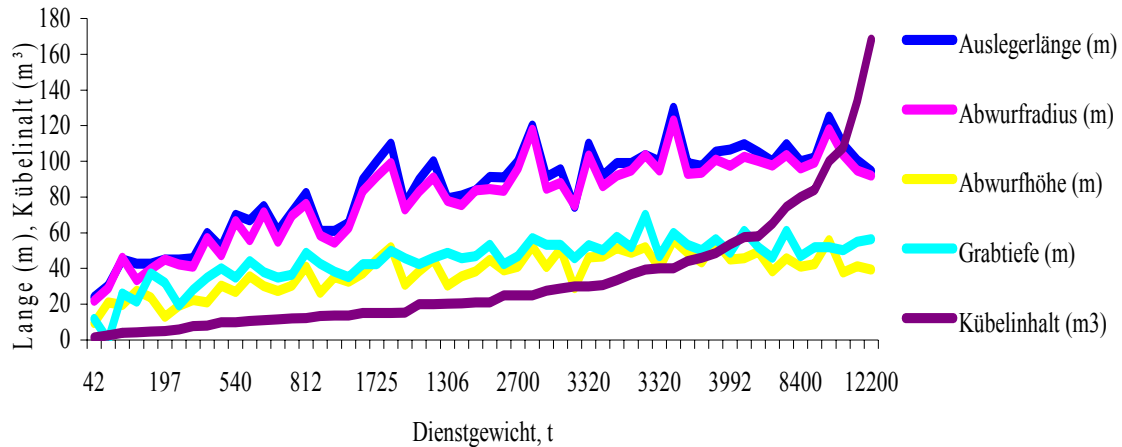


Abb. 4.17 Abhängigkeit von Schürfkübelinhalt, Auslegerlänge, Grabtiefe, Abwurfradius und Abwurfhöhe vom Dienstgewicht

Bis heute wurden von 7 Firmen insgesamt 94 Schürfkübelbagger-Modelle mit Schreitwerk in einer Stückzahl von ca. 5.000 hergestellt (Anlage 4.2-4.13 und 4.17). Über 2.000 Schürfkübelbagger stammen hierbei aus den USA und etwa 2.500 aus der Ukraine und Russland (bzw. der ehemaligen Sowjetunion). Die Nachfolgende Tabelle 4.9 zeigt Kübelinhalt und Auslegerlänge der heute gebräuchlichen Größetypen von den einzelnen Herstellern.

Tab. 4.9 Kurzspezifizierung der Schürfkübelbagger

Nr.	Hersteller	Kübelinhalt [m³]	Auslegerlänge [m]
1.	Bucyrus Erie (USA)	20,6-168,2	59-122
2.	Marion (USA)	6,84-138	48,8-122
3.	P&H (USA)	8,4-52	45,3-102,7
4.	Ransomes & Papier (GB)	7,6-53,5	44,8-105,5
5.	NKMZ (UKR)	5-20	30-100
6.	UZTM (RU)	15-100	90-125
7.	KZTM (RU)	40-100	85-130

In Tabelle 4.10 sind die Parameter Abwurfradius, Abwurfhöhe und Dienstgewicht vom heute angebotenen Schürfkübelbagger gegen den Kübelinhalt aufgetragen.

Tab. 4.10 Analyse Schürfkübelbaggerparameter

Nr.	Parameter	Kübelinhalt [m³]						
		11,5	15	31	38	46	70	85
1.	Abwurfradius, m	50	58	67	79	84	92	92
2.	Abwurfhöhe, m	21	23	26	30	37	41	44
3.	Dienstgewicht, t	470	550	1.250	1.950	2.900	4.200	5.700

Die Einsatzmöglichkeiten des Schürfkübelbaggers

Schürfkübelbagger werden im Tagebau eingesetzt:

- im Hoch und Tiefschnitt bei Direktversturzsysteem,
- zur Beladung von Transportmittel bei niedrigerer Produktivität,
- beim Tagebauaufschluss oder der Herstellung von Gräben und Kanälen.

Arbeitszyklus

Ein Arbeitszyklus des Schürfkübelbaggers besteht aus folgenden Bewegungsvorgängen:

- Graben bzw. Aufnahme der Materials,
- Schwenken in Richtung Kippenseite sowie Heben des Kübels,
- Kippen bzw. Abgabe des Materials,
- Rückschwenken in Richtung Arbeitsseite sowie Senken des Kübels.

Dieser Vorgänge erfolgen nicht notwendigerweise hintereinander sondern werden zum Teil gleichzeitig durchgeführt. Eine schematische Darstellung der Bewegungsvorgänge zeigen die Abb. 4.18 und 4.19.

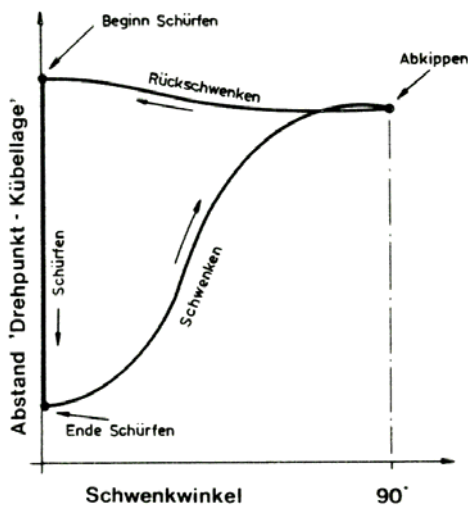


Abb. 4.18 Horizontal Abwicklung der Kübel bei einem Ladespiel [95]

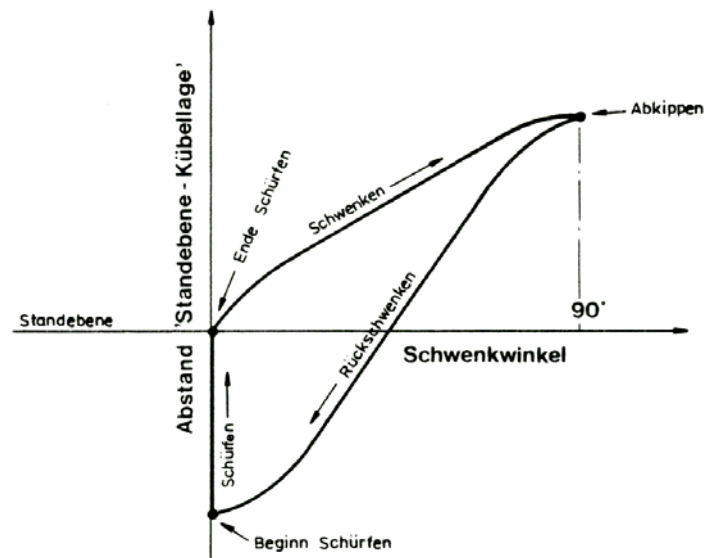


Abb. 4.19 Vertikal Abwicklung der Kübel bei einem Ladespiel [95]

Klima / Wetter

Schürfkübelbagger sind im Temperaturbereich von -50°C bis $+40^{\circ}\text{C}$ einsatzfähig und für die Arbeit in einer Höhe von unter 2.000 m über dem Meeresspiegel sowie einer Windgeschwindigkeit von maximal 20 m/s zugelassen [85, 91].

Gestein

Schürfkübelbagger können effektiv in leichten, mittelfesten und aufgelockerten Gesteinsarten arbeiten. Sie sind für den Gesteinskoeffizient 1-6 (Klasse X bis IV) der Gesteinsklassifikation nach Protodjkanov zugelassen bzw. für Böden der Klasse 1-6 nach DIN 18300. Tabelle 4.11 zeigt die Gesteinscharakteristika der Gesteins- und Bodenklassifizierung nach Protodjkanov und DIN 18300. Eine eingehende Beschreibung der Gesteinscharakteristika der Böden bzw. Gesteine entsprechend DIN 18300 ist in Anlage 4.18 aufgeführt.

Tab. 4.11 Gesteins- Bödencharakteristika nach den Klassifikation von Protodjkanov und DIN 18300 [102, 103]

Klasse	Festigkeitsgrad des Gesteins	Gesteinscharakteristik und Gesteinsarten	Druck-Festigkeit [kp/cm ²]	Gesteins-Koeffizient
Protod.: X DIN 18300: 1	flüssig	Schwimmsand, Sumpfboden, Löß und andere durch Wasser aufgelockerte Erde	30	0,3
Protod.: IX DIN 18300: 2	locker	Sand, Aufschüttungen, kleinkörniger Kies, Erdanschüttungen, zerkleinerte Kohle	50	0,5
Protod.: VIII DIN 18300: 3	erdig	Erdboden, Torf, leichte Tonerde, nasser Sand	60	0,6
Protod.: VII DIN 18300: 4	weich	leichter sandiger Lehm, Kies, Löß, kompakter Lehm, weiche Steinkohle, fester Aluvialabraum, lehmiger Boden	80-100	0,8-1,0
Protod.: VI DIN 18300: 5	ausreichend weich	Kiesboden, verwitterter Schiefer, verwitterte Gerölle und Kiese, feste Steinkohle, verhärteter Lehm Weichschiefer, sehr weicher Kalkstein, Kreide, Steinsalz, Gips, gefrorene Erde, Anthrazit, gewöhnlicher Mergel, verwitterter Sandstein, zementiertes Geröll, steiniger Boden	150-200	1,5-2,0
Protod.: V DIN 18300: 6	mittelfest	verschiedene nicht sehr feste Schiefer, kompakter Mergel fester Tonschiefer, nicht sehr fester Sand- und Kalkstein, Weichagglomerate	300-400	3-4
Protod.: IV DIN 18300: 6	ausreichend fest	sandiger Schiefer, Schiefersandstein gewöhnlicher Sandstein, Eisenerz	500-600	5-6
<i>Protod.: III DIN 18300: 7</i>	<i>fest</i>	<i>kompakter Granit und Granitgestein, sehr harter Sandstein und Kalkstein, Quarzerzgang, festes Agglomerat, sehr festes Eisenerz, feste Kalksteine, nicht sehr feste Granite, feste Sandsteine, feste Marmore, Dolomite, Pyrit</i>	<i>800-1.000</i>	<i>8-10</i>
<i>Protod.: II DIN 18300: 7</i>	<i>sehr fest</i>	<i>sehr feste Granitgesteine, Quarzporphyr, sehr fester Granit, Kieselschiefer mit geringerer Festigkeit als Quarzit der Kategorie 1; Sand- und Kalksteine, die am festesten sind</i>	<i>1.500</i>	<i>10- 15</i>
<i>Protod.: I DIN 18300: 7</i>	<i>am festesten</i>	<i>Gestein ist am festesten, kompakte und feste Quarzite und Basalte, andere ausnahmsweise feste Gesteine</i>	<i>2.000</i>	<i>15-20</i>

Die Hauptvorteile des Schürfkübelbaggers sind:

- große Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer (bis zu 30 Jahre und mehr),
- Konstruktionen lässt eine große Belastung (2500-3500 kN) an dem Knoten zu,
- große Produktivität bei Direktversturz,
- große Kübelinhalt bis über 120 m³,
- große Grabtiefe (über 60 m) und Abwurfhöher (über 45 m),

- die große Möglichkeit Auslegerlänge (bis 114 m) und Abwurfradius (bis 95 m) im Vergleich zu anderen Baggertypen derselben Masse 90%-180% größerer Auslegerlänge,
- Reparatur der Hauptknoten und Aggregate lässt sich ohne Zuhilfenahme von zusätzlichen Hebemechanismen bewerkstelligen.

4.4 Praxis der Anwendung des Schürfkübelbaggers

Der Schürfkübelbagger wird als diskontinuierliches Direktversturzergerät im Streifenabbau eingesetzt, wo dünnere flözartig ausgebildete Lagerstätten unter relativ mächtiger Überlagerung liegen. Diese Technologie ist in der Tagebauindustrie in Australien, Russland, der USA sowie anderen Ländern weit verbreitet [104-118]. In Tabelle 4.12 sind einige Länder aufgeführt in denen Schürfkübelbagger für den Kohlen- und Erztagebau zum Einsatz kommen.

Tab. 4.12 Umfang der Anwendung Direktversturzer-Technologie durch den Schürfkübelbagger

Geräte	Einsatzgebiet	Land
Schürfkübelbagger	Im Kohlentagebau	Russland, USA, Australien, Kanada, China, Indien, England, Türkei, Mexiko, Südafrika, Ukraine usw.
	Im Erztagebau	Russland, USA, Australien, Jordanien, Südafrika, Estland usw.

Beim Kohlentagebau in Russland sind z.B. Schürfkübelbagger für ca. 30-35% des bewegten Abraums verantwortlich. Dabei kommen Schürfkübelbagger mit 6-100 m³ Kübel und Auslegerlängen von 45-100 m zum Einsatz [85, 88]. Es stellt sich die Frage, welche bergbau-geologischen Bedingungen für den Einsatz von Schürfkübelbagger sprechen und unter welchen Bedingungen der Einsatz dieses Baggertyps nicht ratsam ist.

Mongolei

Schürfkübelbagger sind in die Mongolei sowohl im Braunkohlentagebau (z.B. seit 1970 Sharyngol, seit 1980 Baganuur, seit 2003 Shivee-Ovoo) als auch beim Abbau von Seifengoldlagerstätten (z.B. Zaamar) im Einsatz. In Tabelle 4.13 sind die Modelle der beim Braunkohlentagebau eingesetzten Schürfkübelbagger und deren Anzahl aufgeführt.

Tab. 4.13 Modelle und Anzahl der Schürfkübelbagger in den mongolischen Kohlentagebauen [94]

Nr.	Schürfkübelbagger und Modelle	Kohlentagebaue		
		Baganuur	Sharyngol	Shivee-Ovoo
1.	ESch-25/90			1
2.	ESch -20/90	1		
3.	ESch -15/90A	1		
4.	ESch -13/50	2		
5.	ESch -10/70	2	2	
6.	ESch -6/45		1	

Der Braunkohlentagebau Baganuur ist hierbei der größte Tagebau, in dem Schürfkübelbagger zum Einsatz kommen. Die Technologie und geologischen Bedingungen für diese Lagerstätte sind in Kapitel 2 bzw. 3 dieser Arbeit beschrieben und werden an dieser Stelle wie folgt zusammengefasst:

- Einfallwinkel der Kohlenflöze 12-18°,
- Mächtigkeit der Kohlenflöze 10,3-17,2 m,
- Gegenwärtige Abraummächtigkeit ca. 80 m.

Der Abraum lässt sich in die Kategorie 1-6 (weicher bis mittelfester Sandstein und Schluffstein mit Druckfestigkeit von 100 bis 400 kp/cm²) nach Protodjkanov einordnen. Die untere Strosse wird mit Direktversturzsysteem abgebaut (Schürfkübelbagger ESch-20/90) und oberen Strossen mit der Kombination von Seilbagger-SKW Transportsystem (Abb. 4.20).

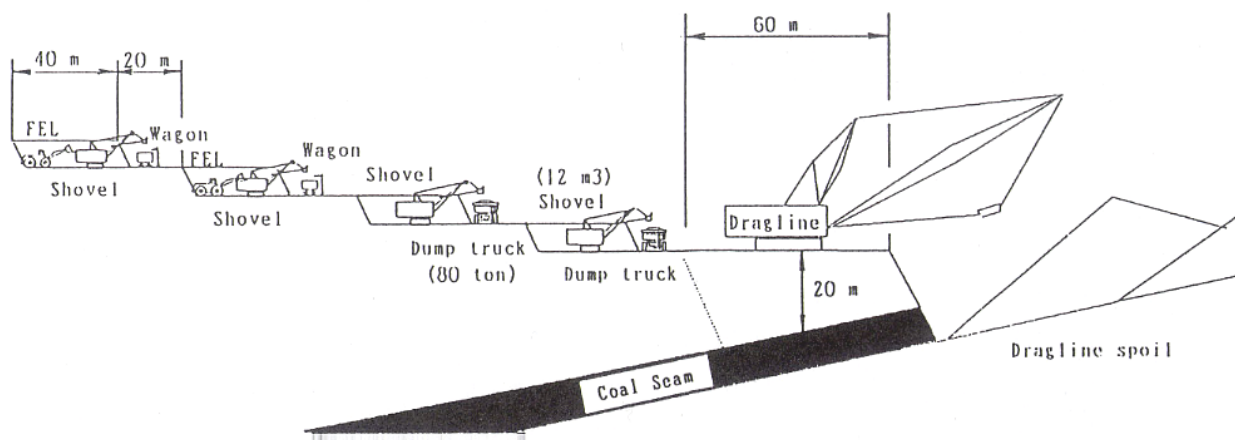


Abb. 4.20 Technologisches Schema des Braunkohlentagebaus Baganuur [24]

Australien

In Australiens Kohlentagebauen kommt die Direktversturzsstechnologie mit großen Schürfkübelbaggern seit Mitte der 1960er Jahre zur Anwendung. Typische Kohlentagebaubreiten sind 0,5 x 2,0 km bei einer Strossenlänge von bis zu 3,0 km. In New South Wales (NSW) und Queensland (Qld) befinden die beiden größten Tagebauregionen mit Direktversturzsstechnologie. Am Ende des 20. Jahrhunderts waren hier mehr als 70 Schürfkübelbagger im Einsatz (Anlage 4.19). Die größten Schürfkübelbagger haben ein Kübelvolumen von 87 m³ (Modelle 8750) von Bucyrus Erie [85]. Jahr für Jahr vergrößerte sich die Produktivität und Dimension der Schürfkübelbagger in Australien. Abb. 4.21 zeigt beispielhaft die Entwicklung der Schürfkübelbaggersdimension im Tagebaus Callide in Queensland.

Typische Dimensionen des Direktversturzes sind gegenwärtig Auslegerlängen des Schürfkübelbaggers bis zu 120 m, Grabtiefen bis zu 60 m und Abwurfhöhen von 75-80 m. In Australien sind Schürfkübelbagger mit 46,0 m³ Kübelinhalt der Firma „Bucyrus Erie“ (Modelle 1370W) und „Marion“ (Modelle 8050) verbreitet. Diese Bagger arbeiten 6.000-7.000 h/a und fördern 11-14 Mio. m³ Abraum pro Jahr, bei einer durchschnittlichen Produktivität von 1.800-2.300 m³/h [119].

Mit Direktversturzsstechnologie sind schon 110 m Tief Braunkohlentagebau erreicht worden. Dabei kommen in den oberen 25 m Schaufelradbagger mit Bandbetrieb zum Einsatz, in den mittleren 30 m die

Kombination von Löffelbagger mit SKW und in den unteren 55 m Schürfkübelbagger als Direktversturzsysteem. Die Einsatztechnologie des Direktversturzsystems mit Schürfkübelbagger hängt von der Zahl der Kohlenflöze ab. In Australien sind folgenden Technologie für den Kohlentagebau populär.

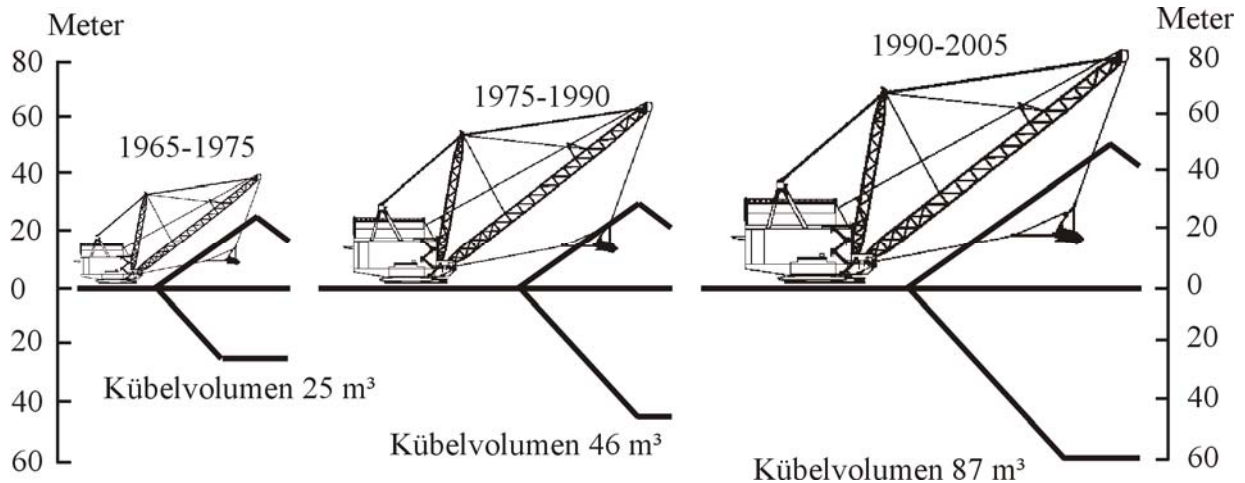


Abb. 4.21 Dimension der Schürfkübelbagger im Tagebau Callide in Australien

Einsatztechnologie für Mono-Kohlenflöze

Für Mono-Kohlenflöze wird häufig die „Key cut and extended bridge“ Methode genutzt (Abb. 4.22).

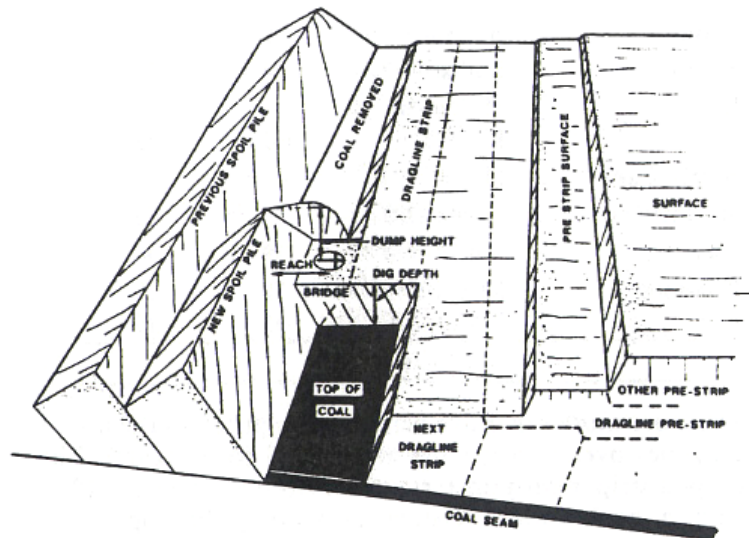


Abb. 4.22 Schema der „Key cut and extended bridge“ Methode [119]

Die normale Aufschlussbreite beträgt hierbei abhängig von der Schürfkübelbagger-Dimension und dem technologischen Schema 40 bis 90 m. Die Blocklänge beträgt etwa 30 m und der Schwenkwinkel 90-110 Grad. Die „key cut and extended bridge“-Methode zeichnet sich folgendermaßen aus (Abb. 4.23).

Als erstes wird ein Graben („key cut“) Abbauseite an der Arbeitsebene hergestellt und das Material kippenseitig zur Verbreiterung der Arbeitsebene angeschüttet. Danach wechselt der Schürfkübelbagger auf die zweite Position auf die Anschüttung. Schließlich werden der restliche Block des Abraums und auch

die Anschüttung als wieder abtragen. Am Ende eines Blockes wechselt der Schürfkübelbagger wieder zur ersten Position, und fängt einen neuen Zyklus an.

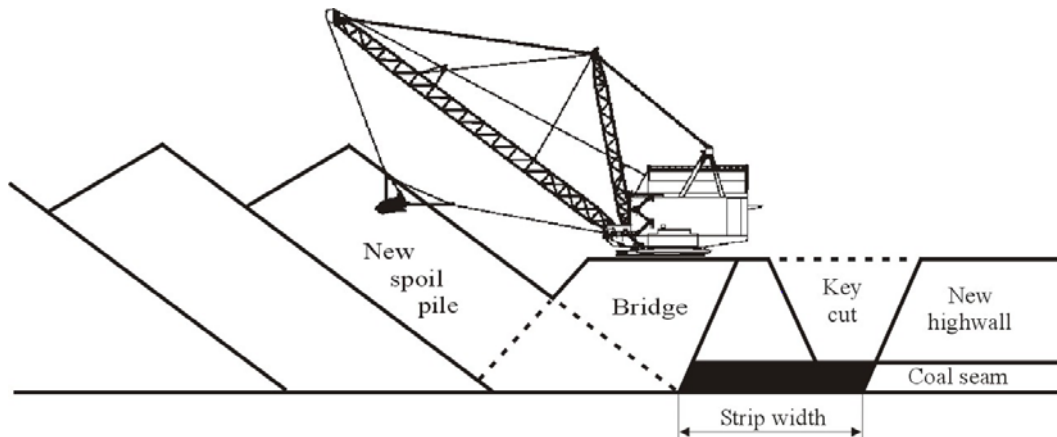


Abb. 4.23 Schnittdarstellung der „key cut and extended bridge“ Methode [119]

Einsatztechnologie für die Zweiflöz-Methode

Tagebaue mit zwei Kohlenflözen wenden die Methoden „in-pit bench“, „benching“ oder „terrace“ an. Die Anwendung der Methoden hängt von der Mächtigkeit des mittleren Abraums ab. Für Mächtigkeiten unter 10 m kommt die „in-pit bench“-Methode zum Einsatz, ansonsten (10-40 m) entweder die „benching“- oder „terrace“-Methode. Bei der „in-pit bench“-Methode wird der Schürfkübelbagger mit Schreitwerk je nach Mächtigkeit des mittleren Abraums entweder durch Planiertrappen (40 cm-1,2 m), Scraper (1,2 m-5 m) oder Seilbagger mit LKW-System (5 m-10 m) unterstützt. Die „benching“-Methode kommt nur zum Einsatz, wenn das Gestein sehr hart ist und Sprengungen erforderlich macht. Am häufigsten wird die „terrace“-Methode angewendet. Das Abbauprinzip ist in Abb. 4.24 veranschaulicht.

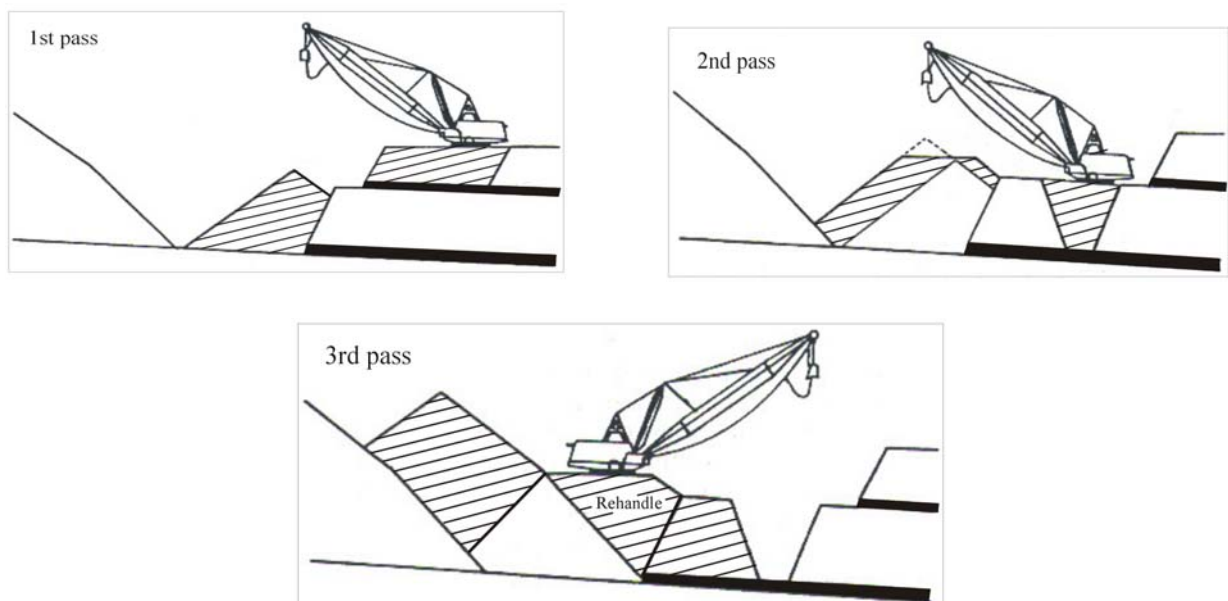


Abb. 4.24 „terrace“ Methode

Einsatztechnologie für die Multi Kohlenflöze

Exemplarisch für ein australischen Tagebau mit Multi-Kohlenflöz ist Kohlentagebau Bengalla mit 7 Flözen. Der Tagebau ist 2,3 km lang und der Einfallswinkel der Kohlenflöze beträgt 10°. Der Abraum über den oberen drei Flözen wird durch eine Kombination aus elektrischem Bagger und SKW bewältigt. Der restliche Abraum über den unteren vier Flözen wird durch Schürfkübelbagger direkt als Innenkippe verstürzt (Abb. 4.25). Das Verhältnis Abraum zu Kohle beträgt 3:1 [120].

In Abbildung 4.26 sind die Kippenparameter dargestellt. Bei diesem Tagebau ist der Schürfkübelbagger P&H 9020 im Einsatz. Seine Einsatztechnologie für die Abraumabtragung über den unteren vier Flözen ist in Abb. 4.27 dargestellt.

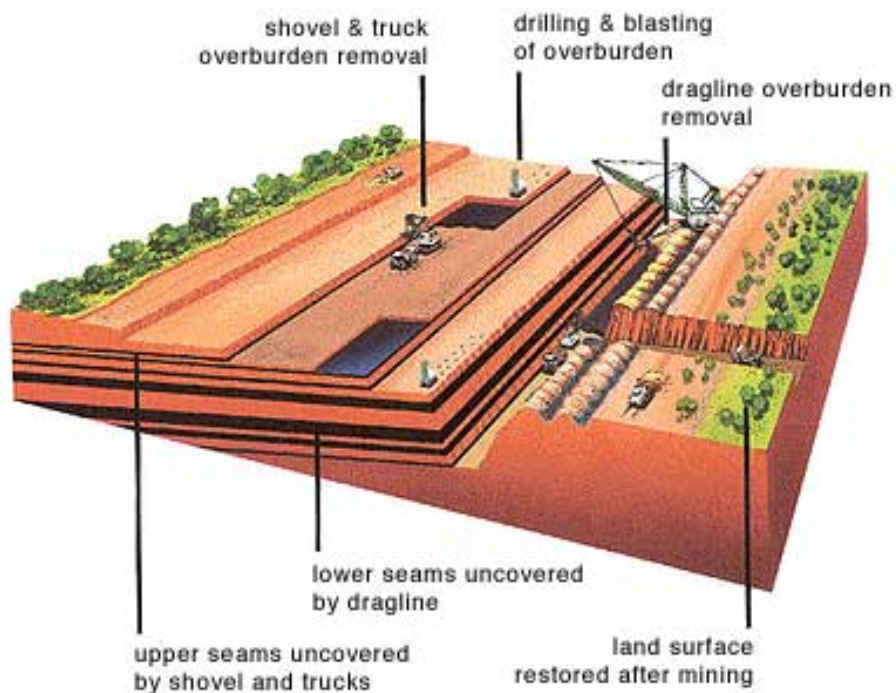


Abb. 4.25 Übersicht des Tagebaus Bengalla [120]

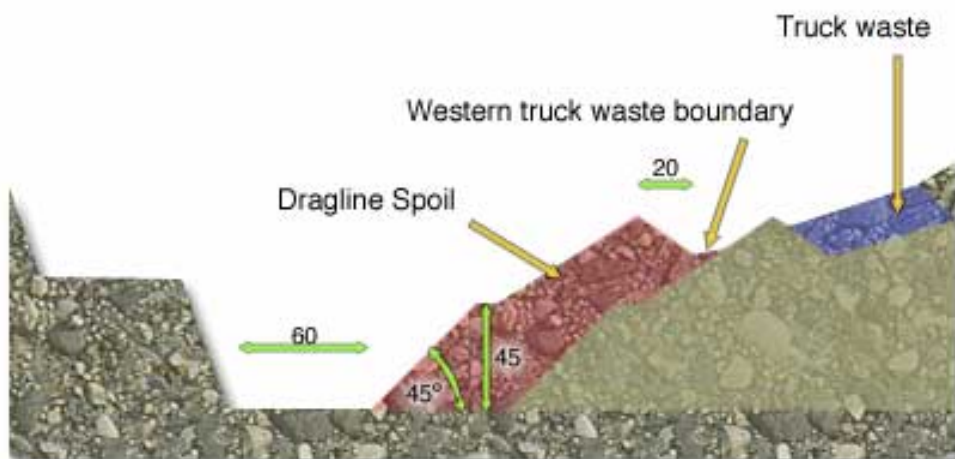


Abb. 4.26 Kippenparameter des Tagebaus Bengalla [120]

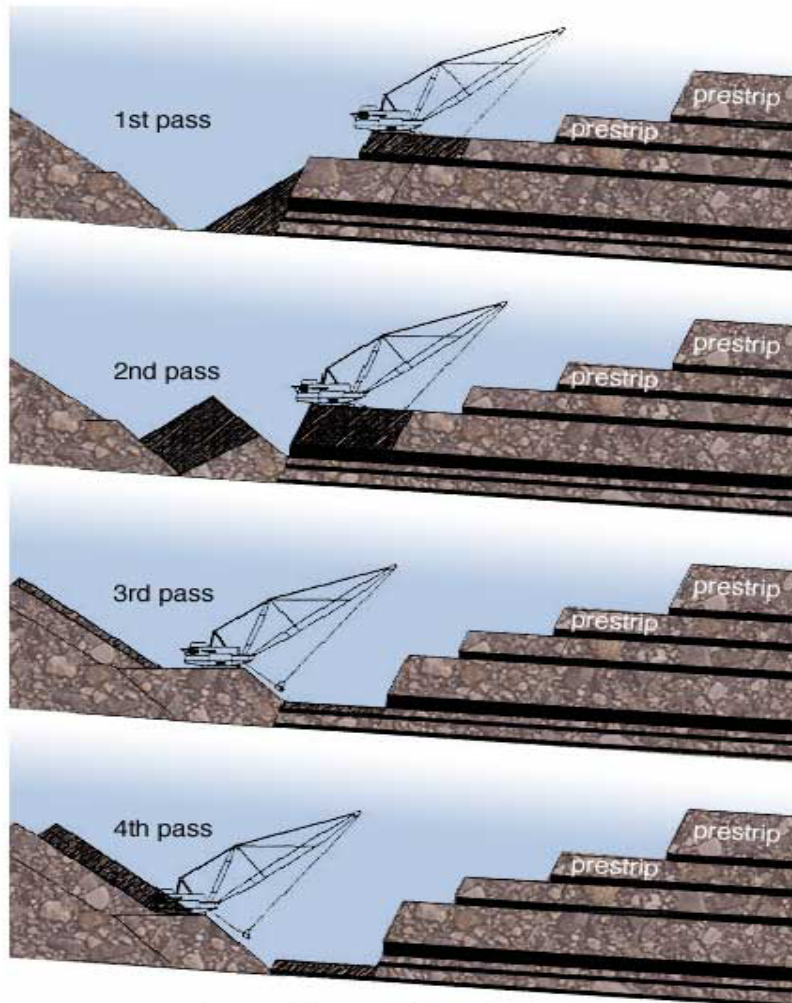


Abb. 4.27 Einsatztechnologie für die Multi-Flöze des Tagebaus Bengalla [120]

Russland

In Russland werden als Schürfkübelbagger überwiegend eigene „ESch“-Serien verwendet, die unter verschiedenen bergbau-geologischen Bedingungen der Kohlentagebaue im Einsatz sind (Anlage 4.20). In Tabelle 4.14 sind die bergbau- geologischen Bedingungen von einigen russischen Tagebauen zusammengestellt.

Tab. 4.14 Abraumbtragungsparameter einige Kohlentagebau in Russland [90]

Nr.	Tagebaue	Zahl der Kohlenflöze	Mächtigkeit der Kohlenflöze [m]	Abraummächtigkeit im Direktversturz [m]	Kübelinhalt des Schürfkübelbaggers [m ³]
1	Safronowskiy	1	4,8	24,7	15, 20, 35
2	Tulunskiy	1	6,8	22,4	10, 15
3	Nasarowskiy	1	10,2	29,2	10, 15, 100
4	Aseickiy	2	10,0	20,0	15, 25, 40
5	Jugo-Sapadnyi	3	4,5	68,7	15
6	Krasnogorskiy	12	34,9	135,0	10, 15, 40

Soll der Mutterboden für die Rekultivierung erhalten bleiben, kommt das selektive Schema (Abb. 4.32) zur Anwendung.

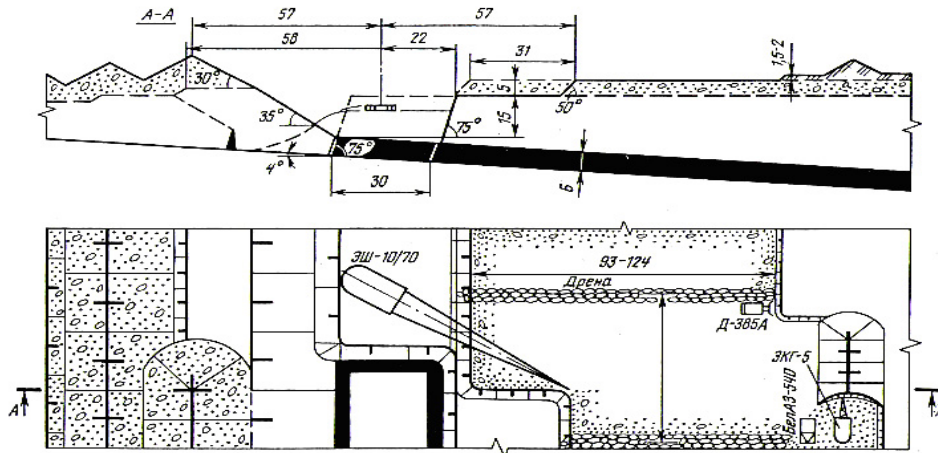


Abb. 4.32 Direktversturz „Selektives Schema“ im Kohlentagebau Wostotschniy [123]

Die Methode aus Abb. 4.29, 4.30 und 4.32 lassen sich für Abraumbetragsmächtigkeiten bis 20 m nutzen, sofern die Mächtigkeit der Kohlenflöze unter 10 m ist. Bei einer Abraumbetragsmächtigkeit von mehr als 20 m kommt die Raitschichinski-Methode (Abb. 4.31) zur Anwendung.

Alternativ hierzu haben im Jahr 1993 Koslow J.S. und Petrow A.E ein neues Direktversturztechnologie-Schema für den Kohlentagebau Tugnuiskiy entwickelt (Anlage 4.21). Mit dieser Methode stieg der Abraumbetrag im Direktversturz und sank der Anteil der mehrfachen Bewegung von Massen. Es werden zwei Schürfkübelbagger eingesetzt.

Es gibt weitere technologische Schemen mit zwei Schürfkübelbaggern für Mono-Kohlenflöze, z.B. das Ukrainische Schema. Diese Methode ist ursprünglich für den ukrainischen Kohlentagebau entwickelt worden, wird aber auch in Russland häufig angewendet (Anlage 4.22).

Einsatztechnologie für Zwei- und Multi-Flöze

Schadow M.I. und andere Wissenschaftler entwickelten mehrere Direktversturztechnologie-Schemen für Zwei und Multi Kohlenflöze. Abb. 4.33. zeigt ein Beispiel für Zweiflöze. Ein weiteres Beispiel für Multikohlenflöze, bei dem zwei Schürfkübelbagger zum Einsatz kommen, ist in Anlage 4.23 dargestellt.

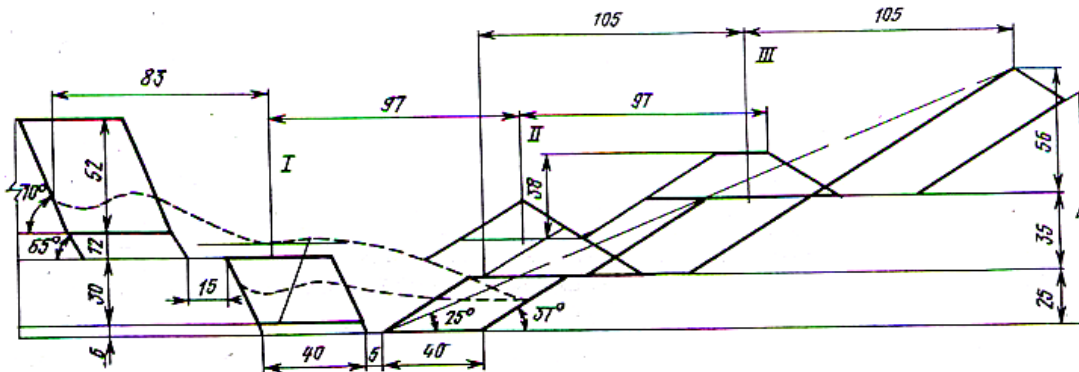


Abb. 4.33 Technologisches Schema aus dem Elinginskoe-Steinkohlentagebau [122]

USA

In den USA findet die Direktversturztechnologie eine große Verbreitung im Kohletagebau, wo sie sehr Effektiv genutzt wird. Die Kohletagebaue in den USA sind mit einer wachsenden Abraummächtigkeit konfrontiert. Für den wirtschaftlichen Betrieb der Bergbauunternehmen ist es notwendig, die Produktivität der Betriebsverfahren als auch der Schürfkübelbaggers ständig zu verbessern. Bei der Centralia Mining Co. z.B. stieg die Produktivität um 4,5% bei gleichzeitiger Senkung der Betriebskosten [126]. Tabelle 4.15 listet die Produktivität einzelner Schürfkübelbagger-Modelle bei einer 8-Stundenschicht auf.

Tab. 4.15 Schichtproduktivität von Schürfkübelbaggern [127]

Nr.	Model	Zahl	Kübelinhalt [m ³]	Produktivität [m ³ /pro Schicht]
1.	Marion 8200	2	57,3	12.234
2.	Page 732	1	20,0	9.940
3.	Page 757	1	12,0	3.000
4.	Insgesamt	4		25.174

Anlage 4.24 führt Tagebaue auf, in denen Schürfkübelbagger im Einsatz sind [87]. Tagebau mit Direktversturz erreichen eine Strossenlänge von über 1000 m, eine Durchgangsbreite des Schürfkübelbaggers von 46-90 m, eine Böschungshöhe etwa 61 m, eine Kippenhöhe von 76 m und -winkel von 30-37°. Abraumabtragungsparameter einiger Kohlentagebaue der USA gibt Tab. 4.16 wider.

Tab. 4.16 Abraumabtragsparameter einiger Kohlentagebaue der USA [90]

Nr.	Tagebau	Zahl der Kohlenflöze	Mächtigkeit der Kohlenflöze[m]	Abraummächtigkeit im Direktversturz [m]	Kübelinhalt Direktversturzgeräte [m ³]
1.	River King	2	1,7	22,4	23, 29, 57
2.	Dagger	2	2,6	27,0	110
3.	Hawsory	3	0,8	15,0	24, 53
4.	Linwall	1	1,8	37,5	11, 22, 59
5.	Universal	1	1,8	27,0	68
6.	Homestead	3	3,2	35,0	25, 76
7.	River Queen	3	1,9	38,0	42, 96
8.	Ayrshire	1	1,7	30,0	114
9.	Williswill	2	2,7	30,0	80
10.	Hannah	1	3,6	30,0	47, 80

Im Folgenden wird die Praxis des Einsatzes von Schürfkübelbaggern in den unterschiedlichen Flözen beschrieben.

Einsatztechnologie für die Mono Kohlenflöze

Exemplarisch für einen großen Kohletagebau in den USA, bei dem die Direktversturztechnologie erfolgreich für den Abbau von Mono-Kohleflözen eingesetzt wird, ist der Tagebau Bridger, 56 km nordöstlich der Rock Springs in WY.

Hierbei sind fünf Kohleflöze zusammengefasst, die jeweils in einem eigenen Tagebau abgebaut werden. Die gesamte Fläche umfasst 74,69 km², bei Kohlenressource von 177,5 Mrd. t und einem durchschnittliche Abraum/Kohle-Volumenverhältnis von 6,7:1 m³/t. Die Kohleflöze haben ein Einfallen von 2-5°. Der Abraum des Tagebaues besteht aus Sandstein, Schluffstein, Argillit und Kalkstein und kann bis 24 m mächtig sein. In diesem Tagebau arbeiten 4 Schürfkübelbagger an verschiedenen Orten. Als Abbautechnologie für die Mono-Kohleflöze kommen die „Simple side casting“- und „Extended bench“-Methode, analog dem australische „key cut and bridge“, zur Anwendung [127], die in den Abb. 4.25 und 4.26 dargestellt sind.

Einsatztechnologie für Zweiflöze

In einigen Tagebauen des im vorherigen Abschnitt erwähnten Tagebaus Bridger werden neben Mono- auch Zwei-Kohleflöze abgebaut.

Schürfkübelbagger kommen ab einer Abraummächtigkeit von 24 m in der „multiple-pass, spoil-side stripping“-Methode zum Einsatz (Abb. 4.34). Die Durchgangsbreite hängt dabei von der Abraumhöhe ab, da die Kapazität der Innenkippe und die Parameter des Schürfkübelbaggers begrenzt sind. Bei einer Abraummächtigkeit von 24-46 m beträgt die Durchgangsbreite 46-61 m, ab über 46 m Abraummächtigkeit beträgt sie 37-46 m. Die Neigungswinkel betragen für die Abraumböschung 50-70° und für die Kippenböschung 36°.

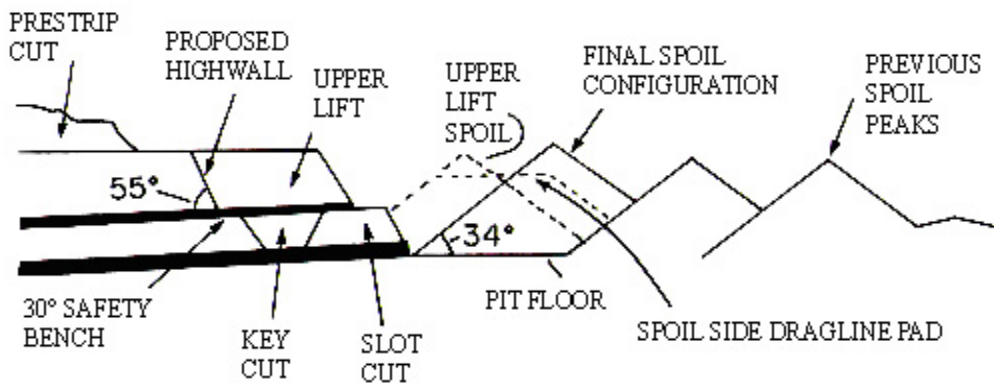


Abb. 4.34 „Multiple-pass, spoil-side stripping“ Methode

Ein weiteres bedeutendes Tagebaufeld im Zwei-Flöz-Abbau wird von der Firma Big Brown betrieben und befindet sich 144 km südlich von Dallas in Texas. Das Tagebaufeld hat eine Gesamtfläche von 60,7 km² und es werden 5,4 Mio. t Braunkohle pro Jahr gewonnen. Das Einfallen der Kohleflöze beträgt 1°. Das Tagebaufeld gliedert sich in einen nördlichen und einen südlichen Teil, die sind hinsichtlich der Flöz- und Abraummächtigkeiten unterscheiden (Anlage 4.27). Im südlichen Teil beträgt des Abraum:Kohle-Volumenverhältnis 8,0-12,1:1 und im nördlichen Teil 2,7-4,0:1.

Sowohl im südlichen als auch nördlichen Teil werden Schürfkübelbagger in Kombination mit Schaufelradbagger und Absetzer eingesetzt. Im südlichen Teil arbeiten zwei Schürfkübelbagger „Bucyrus Erie 1500W“ mit 54 m³ Kubelinhalt. Die Schürfkübelbagger arbeiten auf zwei Achslagen. Der erste steht

auf der Arbeitsebene auf der Baggerseite und verstürzt den Abraum über dem ersten Flöz (1), der zweite Schürfkübelbagger steht auf der Kippenseite und nimmt den Zwischenabraum (2) auf und führt teilweise eine doppelte Massenbewegung aus (Abb. 4.35). Die Schürfkübelbagger tragen etwa 13,8 Mio. m³ Abraum pro Jahr ab. Für dieses Schema beträgt der Anteil der doppelten Massenbewegung etwa 30%.

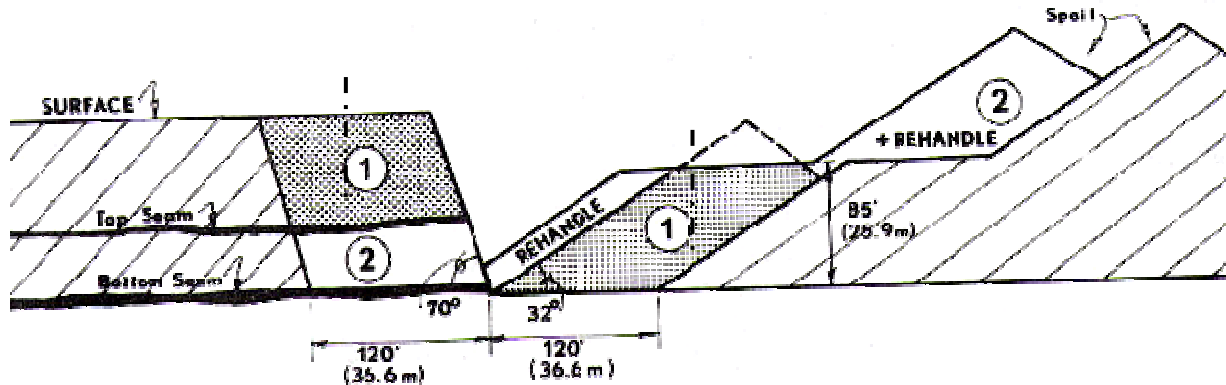


Abb. 4.35 Direktversturzschema in südliche Teil des „Big Brown“-Tagebaus

Die Direktversturzreihenfolge für den nördlichen Teil des Tagebaufeldes zeigt Abb. 4.36. Hierbei arbeiten in den oberen 30 m der Abraumstrosse zwei Schaufelradbagger in Kombination mit einer 200 m Direktversturzkomination (XPS System genannt). Im restlichen Teil der oberen Abraumstrosse und im mittleren Abraum arbeiten zwei Schürfkübelbagger, „Bucyrus Erie 1350W“ mit 45 m³ und „Bucyrus Erie 1500W“ mit 54 m³ Kübelinhalt.

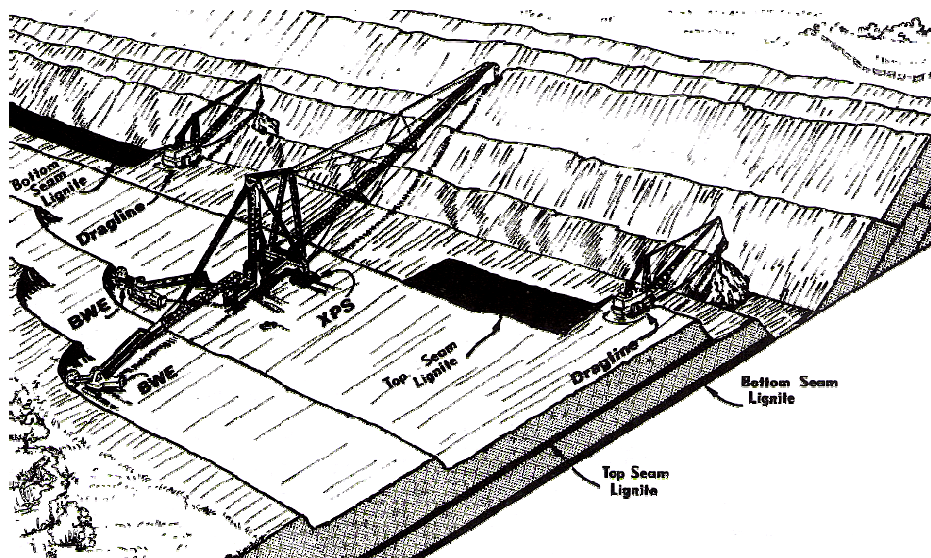


Abb. 4.36 Technologische Übersicht des nördlichen Teils des Tagebaus „Big Brown“

Einsatztechnologie für Multi Flöze

Ein bedeutender Tagebau für den Multi-Flöz-Abbau stellt der Colowyo-Kohletagebau 42 km südwestlich von Colorado dar. Die Kohlegewinnung beträgt 3,6-4,0 Mio. t/a. Der Tagebau weist 10 Kohleflöze bei einer Gesamtabraummächtigkeit von 120 m auf. Die Mächtigkeit des Zwischenabraums schwankt zwischen 4 bis 30 m. Das durchschnittliche Abraum:Kohle Volumenverhältnis beträgt etwa 6,3:1 [129].

Für den Abraumbtrag (von A3 bis F) arbeitet ein Schürfkübelbagger „Bucyrus Erie 1300W“ mit 28,5 m³ Kubelinhalt auf der Baggerseite. Ein weiterer Schürfkübelbagger „Bucyrus Erie 800W“ mit 20,5 m³ Kubelinhalt arbeitet auf der Kippenseite, um die doppelte Massenbewegung durchzuführen (Abb. 4.37). Das Volumenverhältnis von Abraum zu Kohle für den Direktversturz beträgt 4,2:1. Beide Schürfkübelbagger arbeiten auf drei Positionen der Achslage.

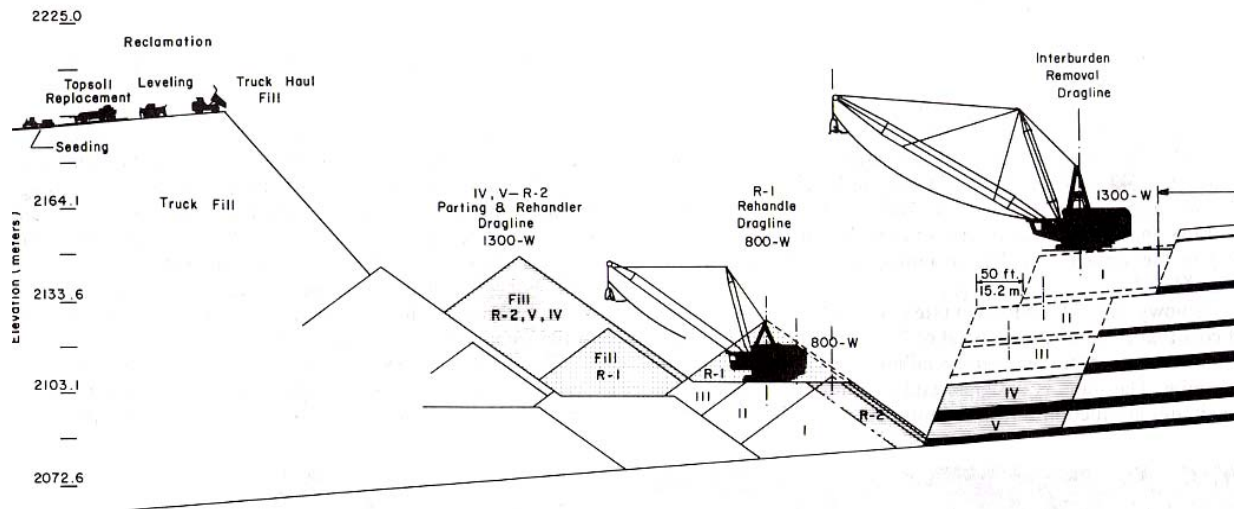


Abb. 4.37 Einsatztechnologie für den Abraum über unteren fünf Kohlenflözen

Der Zwischenabraum der oberen drei Kohlenflöze (von Oberfläche bis A3-Kohlenflöze) wird mit der Kombination aus Löffelbagger und SKW abtragen. Im oberen Teil beträgt das Abraum:Kohle-Volumenverhältnis 8,4:1.

Weitere Länder

Ein weiteres Land, in dem mittlere bis große Schürfkübelbagger im Kohletagebau breite Anwendung finden, ist Indien. Vorrangige Abbaumethoden sind „key cut und extended bench“. Hier werden etwa 22% des gesamten Abraums als Direktversturz mit Schürfkübelbaggern abtragen [130].

Weitere Länder, in denen der Schürfkübelbagger im Kohletagebaue zur Anwendung kommt, sind in untenstehender Übersicht aufgeführt:

<u>Land</u>	<u>Modelle</u>	<u>Ort/Firma</u>	<u>Lagerstätte</u>
Südafrika	Rapier W700	Johannesburg	Kohletagebau
	Marion 8200	Sasol Coal	Kohletagebau
Kanada	P&H 9020	Boundary Dam Mine	Kohletagebau
	Bucyrus 2570W	Alberta /Coal	Luscar's Poplar River
England	P&H 757	RJB Mining	Stobswood coal
	1260W	RJB Mining	Coalfield North mine
	1260W	Colliersdean	Colliersdean mine
	1150W und W2000	Miller	St. Aidans mine
	1550W	Crouch Mining	Butterwell mine
	1150B	Parkinson	Ewart Hill mine
	W1400	British Steel	Harringworth mine

Schürfkübelbagger kommen auch für die Gewinnung anderer Rohstoffe zur Anwendung, z.B. in Jordanien, Türkei, Mexiko, China usw.

Im Folgenden werden Beispiele aufgeführt, bei denen Schürfkübelbagger als Direktversturz- und Ladegeräte im weiteren Lagerstättentypen eingesetzt werden.

Schürfkübelbagger arbeiten z.B. in der Ölsandgewinnung im Tagebau Syncrude (Synthetic crude oil Rohöl) in Alberta, Kanada (Abb. 4.38 und 4.39) [131]. Dieser Tagebau besteht aus zwei Teilen (Ost und West). Hier arbeiten Schürfkübelbagger „Bucyrus Erie 2570W“ und „Marion 8750“ als Direktversturz und Gewinnungsgeräte. Die Grabtiefe beträgt 45 m und die Durchgangsbreite 20-25 m. Die Produktivität beträgt 3.200 m³/h.

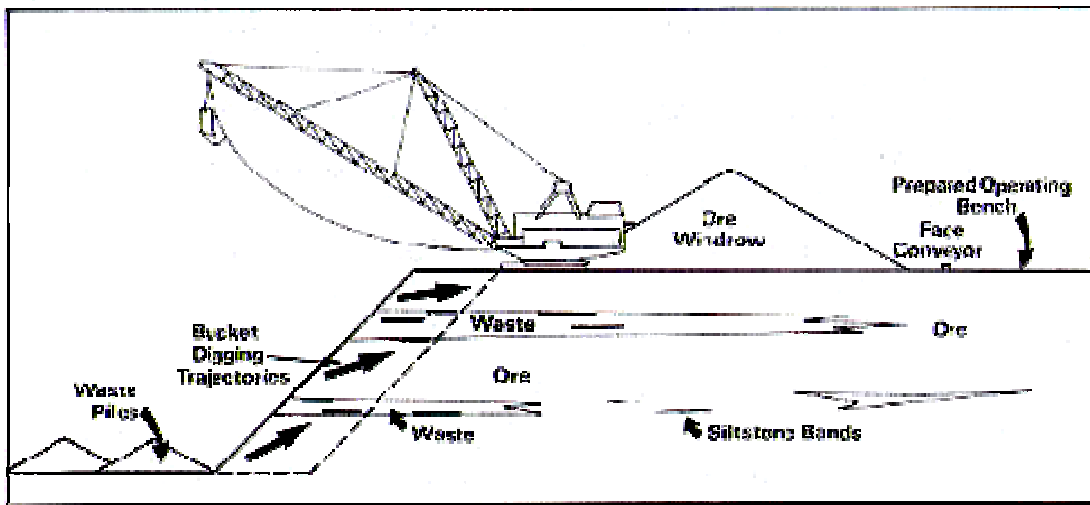


Abb. 4.38 Strossenquerschnitt des Schürfkübelbaggers in Syncrude

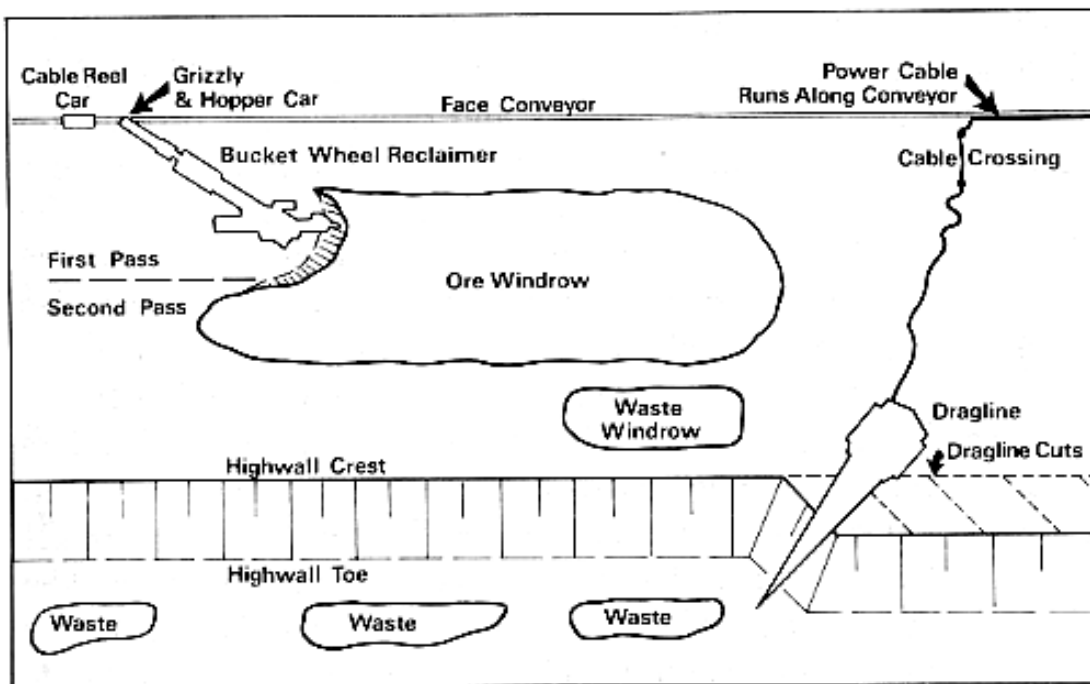


Abb. 4.39 Plan der Kombination Schürfkübelbagger und Schaufelradbagger bei Syncrude

Schürfkübelbagger kommen im Bohrerlochabbau (Auger mine) als Aufschlussgerät im Einsatz (Abb. 4.40) [132].

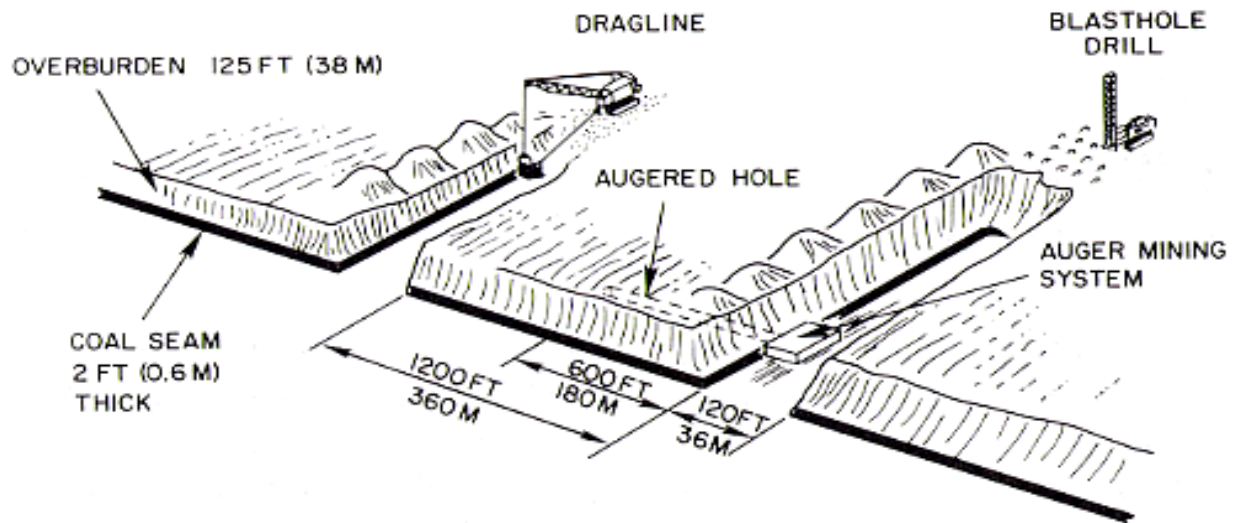


Abb. 4.40 Bohrerlochbergbau mit Direktverstürzaufschluss

Ein weiterer Einsatz von Schürfkübelbagger kam beim Abbau von Seifen und oberflächennahen Lagerstätten als Direktversturzgerät für den gesamten Abraumabtrag erfolgt (Abb. 4.41).

Der Einsatz von Schürfkübelbagger kam auch als Ladegerät erfolgt.

Im zweitgrößten Phosphatetagebau der Welt in Marokko wird ein Schürfkübelbagger „Marion 7500“ als Direktversturz eingesetzt. Ein „Bucyrus Erie 200B“ kommt als Ladegerät für 170t-SKW zum Einsatz (Abb. 4.42) [133]. Ähnliche Kombination von Schürfkübelbagger und SKW sind an der Ukraine (Schwermineralsand - Tagebau Vilnohirsk) und Kuba.

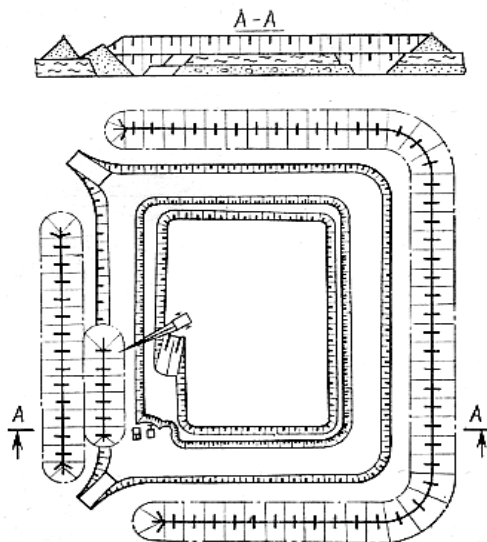


Abb. 4.41 Schürfkübelbagger als Direktversturz in Seifenlagerstätte



Abb. 4.42 „Bucyrus Erie 200B“ als Ladegerät für 170t-SKW [133]

5 Untersuchung der technologischen Schemen des Direktversturzes mit jeweils einem Schürfkübelbagger

Die großen Kohlentagebaue der Mongolei setzen die diskontinuierliche Direktversturztechnologie ein. Dabei wird jeweils ein Schürfkübelbagger benutzt. Seit den 1990er Jahren wurden bei der Auswahl und Beschaffung von Schürfkübelbaggern die technologischen Zusammenhänge nicht ausreichend untersucht. Deshalb können die Maschinen nicht vollständig ausgenutzt werden. Dies zeigt sich besonders im fehlenden Vorlauf der Abraumgewinnung gegenüber der Kohleförderung und den in Kapitel 1 dieser Arbeit beschriebenen Kohlenverlusten. Deswegen muss die Direktversturztechnologie umfassend untersucht werden, um für die technologischen Besonderheiten der mongolischen Tagebaue optimale technologische Schemen zu entwickeln und sie in andere Betriebsprozesse einzubinden. Um diesem Ziel zu erreichen, wurden in diesem Kapitel folgenden Schwerpunkte bearbeitet:

1. Klassifizierung der technologischen Schemen für Schürfkübelbagger,
2. Modellierung der ausgewählten Schemen,
3. Optimierung der Abraumabtragsmächtigkeit und des Anteils der mehrfachen Massenbewegung,
4. Zusammenhänge zwischen der Produktivität der Schürfkübelbagger und der technologischen Parameter der Einsatzschemen,
5. Einsatzrahmen der technologischen Schemen.

5.1 Klassifizierung der technologischer Schemen des Direktversturzes

Es gibt viele Methoden, eine Lagerstätte im Tagebau abzubauen. Die Wahl der Methode richtet sich hauptsächlich nach bergbau-geologischen Bedingungen so auch nach Form und Ausdehnung der Lagerstätte, ihrem Einfallen, ihrer Mächtigkeit und technisch-technologisch-ökonomischen Faktoren. Die Direktversturztechnologie ist für oberflächennahe, große und flachliegende Lagerstätten geeignet [137]. Die Direktversturztechnologie wird in zwei Gruppen, die kontinuierliche und diskontinuierliche, unterschieden.

Kontinuierliche Direktversturztechnologie

Schaufelrad- und Eimerkettenbagger, Abraumförderbrücken und Absetzer sind kontinuierlich arbeitende Gewinnungs- und Fördergeräte für die kontinuierliche Direktversturztechnologie. In Braunkohlentagebauen werden Geräte eingesetzt z.B. Schaufelradbagger, mit denen sich bis zu 240.000 Masseneinheiten pro Tag an Abraum oder Kohle gewinnen lassen.

Diese Technologie wird häufig in Deutschland, Russland, der Ukraine und weiteren Ländern genutzt. Für die Anwendung und die Klassifizierung der kontinuierlichen Direktversturztechnologie gibt es mehrere Untersuchungen und Forschungsarbeiten [138].

Diskontinuierliche Direktversturztechnologie

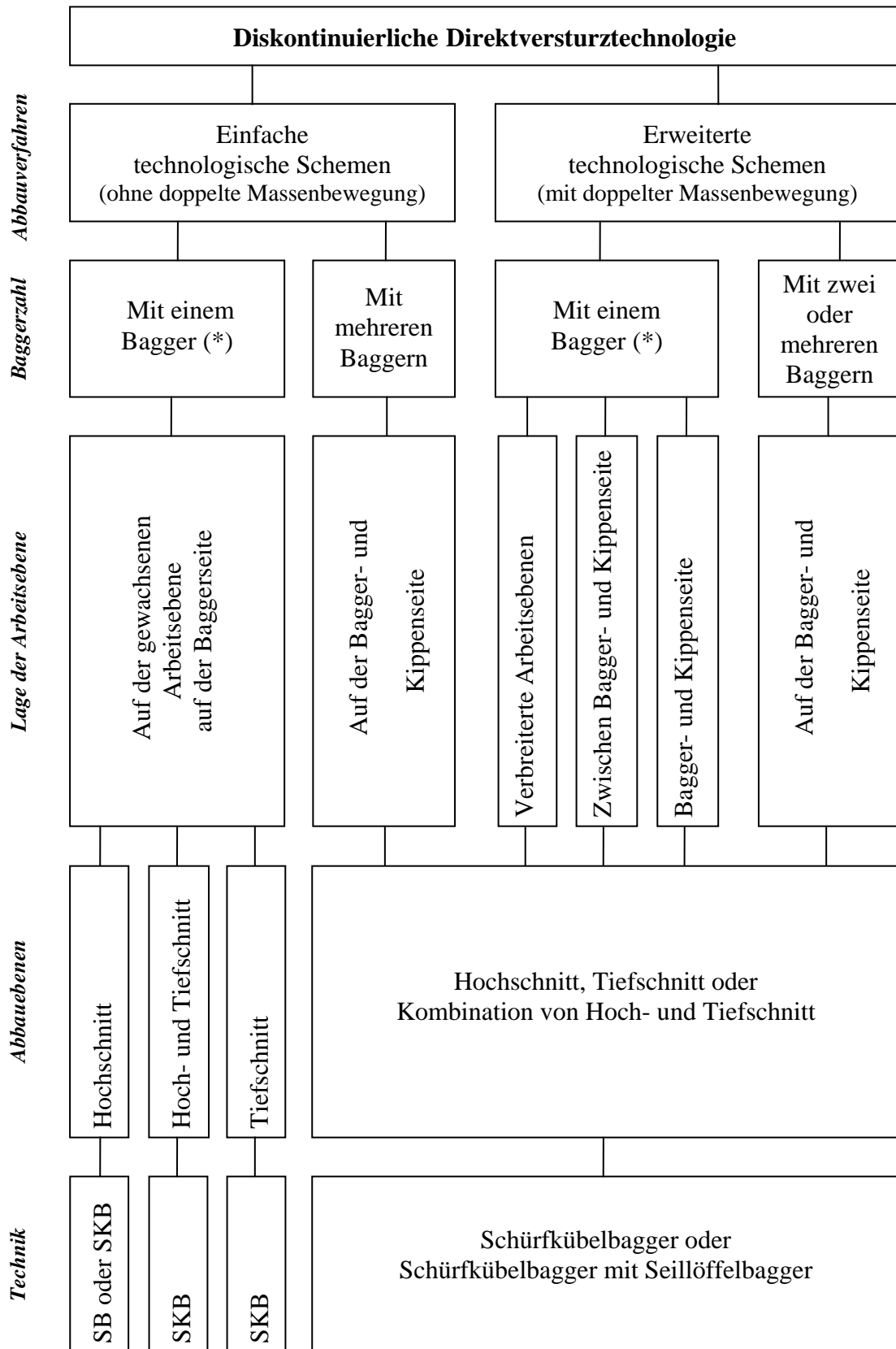
Die diskontinuierliche Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger wird häufig in Braunkohlentagebauen in verschiedenen Ländern, wie z.B. Russland, USA und Australien (siehe Kapitel 3.3) eingesetzt. Trotz zahlreicher Untersuchungen zu dieser Technologie gibt es bislang keine systematische Klassifizierung [48]. Eine Klassifizierung wurde daher im Rahmen der vorliegenden Dissertation ausgearbeitet und in Abb. 5.1 dargestellt.

Bei der Klassifizierung wurden die Art der Gewinnungstechnik, die Lage der Arbeitsebene, die Baggeranzahl und das Abbauverfahren berücksichtigt. Diese Klassifizierung hat folgende Vorteile:

- Einfach zu verstehen, da die technologischen Schemen logisch und systematisch sind,
- Sie lässt zu, ein bestimmtes Schema vertieft zu untersuchen,
- Die Zusammenhänge zwischen technischen und technologischen Parametern für die einzelnen Schemen sind einfach zu deuten.
- Die wirtschaftliche Effektivität der verschiedenen Schemen kann leicht miteinander verglichen werden.

Im mongolischen Braunkohlentagebau wird jeweils nur ein Schürfkübelbagger eingesetzt. Deshalb wurden die einfachen und erweiterten technologischen Schemen mit einem Schürfkübelbagger aus der Klassifizierung (Abb. 5.1) ausgewählt, um ihre technologische Bearbeitung für die Besonderheiten des mongolischen Tagebaus durchzuführen. Die ausgewählten technologischen Schemen sind in Anlage 5.1-5.7 gezeigt.

Im Folgenden wird die Bearbeitung der technologischen Schemen am Beispiel der bergbau-geologischen Bedingungen des Braunkohlentagebaus Shivee-Ovoo durchgeführt.



(*) Ausgewählte Schemen für die Untersuchung,
 SB – Seillöffelbagger (Stripping Shovel), SKB – Schürfkübelbagger (Dragline)

Abb. 5.1 Klassifizierung der diskontinuierlichen direktversturztechnologischen Schemen

5.2 Modellierung der technologischen Schemen

Ein Schürfkübelbagger kann in verschiedenen technologischen Schemen eingesetzt werden. Diese technologischen Schemen berücksichtigen unter anderem unterschiedliche Standorte (X:Y) der Achslage des Schürfkübelbaggers. X und Y sind horizontale und vertikale Position der Achslage des Schürfkübelbaggers auf der Arbeitsebene. Durch Änderungen von X und Y können diese technologischen Schemen modelliert werden. Technologische Schemen mit unterschiedlichen Standorten (Achsenanordnung) für einen Schürfkübelbagger sind in Abb. 5.2 zu sehen [139].

Die Modellierung von mehreren Baggerstandorten hat das Ziel, eine technologisch optimale Variante zu identifizieren. Diese Variante drückt sich durch die höchste Produktivität und die höchste Abtragshöhe aus.

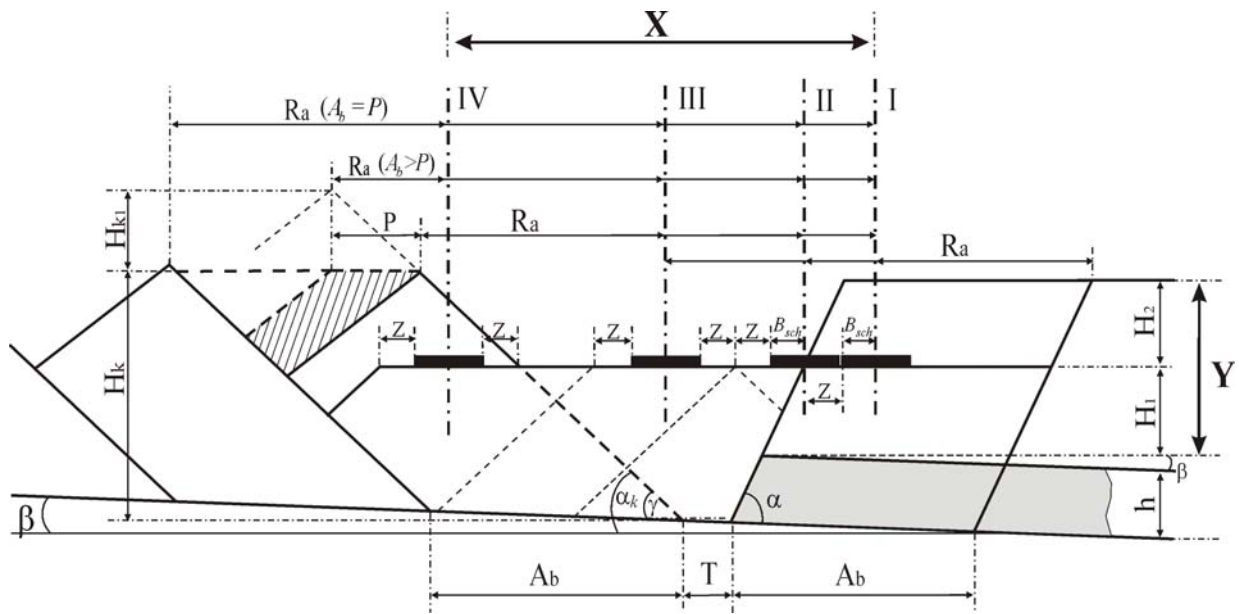


Abb. 5.2 Mögliche Achslagen bei Direktversturztechnologie mit einem Schürfkübelbagger I, II, III, IV-Baggerstandorte

Die Achslagen (Arbeitsebene) des Schürfkübelbaggers kann sich im gegebenen Schema (Abb. 5.2) auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite (Achslage I), auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene (Achslage II) und auf einer zeitweiligen Kippenarbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite (Achslage III) sowie auf der Kippenseite (Achslage IV) befinden. Desweiteren sind Kombinationen zwischen den Arbeitsebenen möglich. Zum einen ist eine Kombination zwischen den Achslagen auf der Bagger- und Kippenseite (Achslagen I und IV) und zum anderen zwischen den Achslagen auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene und der Kippenseite (Achslagen II und IV) möglich.

Wenn alle möglichen Positionen die Achslagen (von X und Y) für die unterschiedlichen Durchgangsbreiten modelliert werden, ist es möglich, eine optimale Variante der technologischen Schemen zu identifizieren. Abb. 5.3 zeigt ein Beispiel für eine Modellierungsmatrix von X und Y bei einer Durchgangsbreite.

Modellierungsmatrix für eine Durchgangsbreite		X							
		Horizontale Position der Achslage auf der Arbeitsebene							
		X1	X2	X3	Xn-1	Xn
Y Verschiedene Position der Achslage auf der Arbeitsebene	Y1								
	Y2			Optimal II					
	Y3							Optimal IY	
	...								
	...					Optimal III			
	...	Optimal I							
	Yn-1								
	Yn								

Abb. 5.3 Beispiel der Modellierungsmatrix von X und Y für eine Durchgangsbreite

Die Begrenzungen sind für X von der Durchgangsbreite und für Y von der Grabtiefe des Schürfkübelbaggers abhängig. Diese sind für jede Variante jeweils unterschiedlich. Die Funktionen der Modellierung der technologischen Schemen sind:

Ziel: $H \Rightarrow \max$, $Q \Rightarrow \max$, $C_a = \min$

mit: H Abraumabtragshöhe des Direktversturzes [m]

Q Fördervolumen des Schürfkübelbaggers [Mio. m³/a]

C_a Abraumabtragskosten des Tagebaus [€/m³]

Gesucht: optimales technologisches Schema

Modellierungselemente: X, Y, A_b

mit: A_b Durchgangsbreite [m]

Variable Daten: $\alpha, \alpha_a, \alpha_k, \beta_{eff}$

mit: α Böschungswinkel des Rohstoffs [°]

α_a Böschungswinkel des Abraums [°]

α_k Böschungswinkel der Kippen [°]

β_{eff} Effektive Schwenkwinkel [°]

Begrenzte Parameter und Kriterium: R_a, H_{ah}, H_{gt}

mit: R_a Abwurfradius des Schürfkübelbaggers [m]

H_{ah} Abwurfhöhe des Schürfkübelbaggers [m]

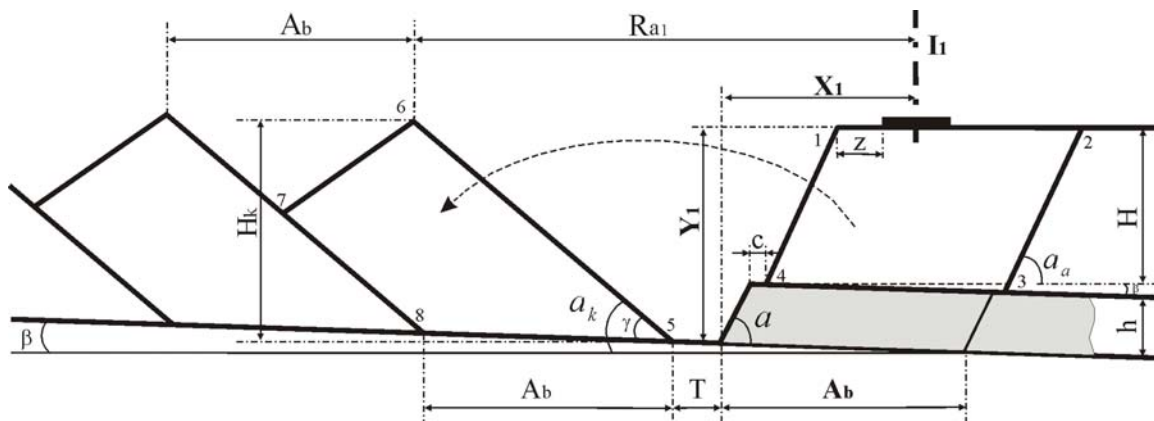
H_{gt} Grabtiefe des Schürfkübelbaggers [m]

Für jede Variante wird im Folgenden die Modellierung der oben genannten technologischen Schemen beschrieben.

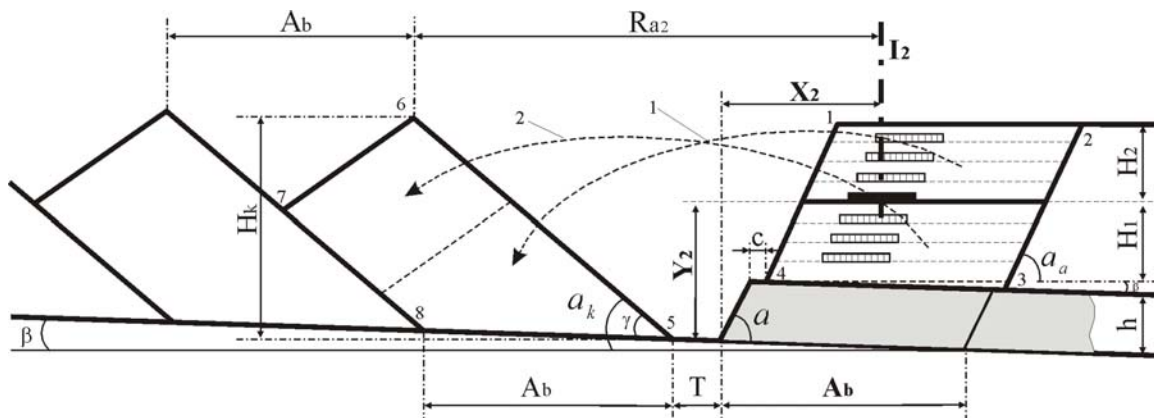
Modellierung der Variante Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene (Achslage I)

Bei der Variante Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene befindet sich der Schürfkübelbagger auf der Arbeitsebene der Gewinnungsseite und bewegt sich dabei nur in Vertriebsrichtung. Mögliche Standorte für die Achslage I sind in Abb. 5.4 dargestellt. Der Standort hängt vom Abstand X und Y ab. In diesem Schema wird der Abraum (Bereich 1, 2, 3 und 4) direkt zur Innenkippe (Bereich 5, 6, 7 und 8) verürzt.

a)



b)



c)

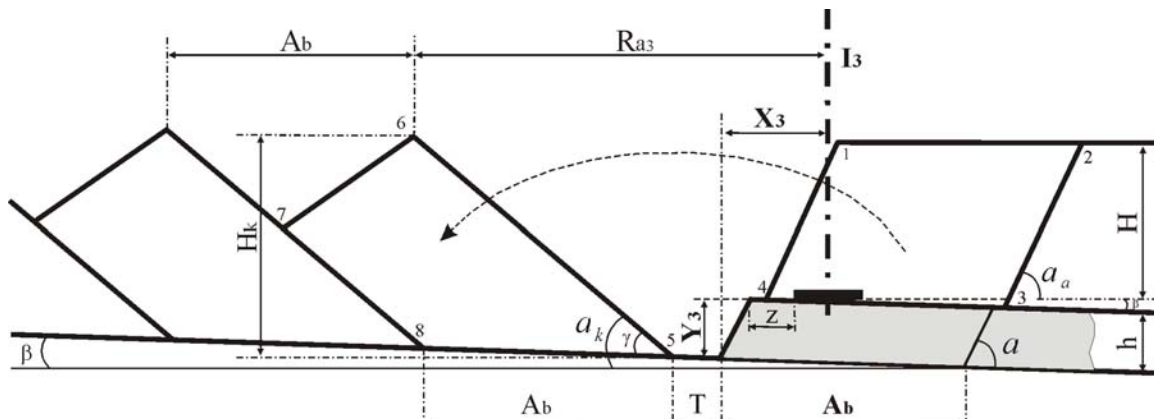


Abb. 5.4 Modellierung der Standorte bei der Variante Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene (Achslage I). a) Achslage I_1 -Tiefchnitt, b) Achslage I_2 -Tief- und Hochschnitt, c) Achslage I_3 - Hochschnitt

Bei der Modellierung der Variante Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene bestehen folgende Begrenzungen für X, Y und die Durchgangsbreite A_b :

$$\text{für Y: } h \leq Y \leq h + H_{gt} \quad (5.1)$$

$$\text{für } A_b: z + 0,5B_{sch} + R_k \leq A_b \leq R_g + z + 0,5B_{sch} \quad (5.2)$$

- mit: h Mächtigkeit der Flöze [m]
 z Sicherheitsabstand von Böschungsoberkante bis Schreitwerk des Schürfkübelbaggers [m]
 B_{sch} Breite des Schreitwerks des Schürfkübelbaggers [m]
 R_k Radius des Baggeroberhaus [m]
 R_g Grabradius des Schürfkübelbaggers [m]

Bei diesem Fall hängt der Abstand X von Y ab.

$$\text{Achslagen I}_1 \text{ und I}_2: \quad \text{für X: } X = h \cot \alpha + c + (y - h) \cot \alpha_a + z + 0,5B_{sch} \quad (5.3)$$

$$\text{Achslage I}_3: \quad \text{für X: } X = h \cot \alpha + z + 0,5B_{sch} \quad (5.4)$$

Bei diesem technologischen Schema können jeder Meter von Y in vertikaler Position und die Durchgangsbreite A_b im Bereich ihre Abmessungen modelliert werden.

Mit der Vorlagen der Achslage von I₁ und I₃ kann die gleiche Abtragsmächtigkeit mit einem kürzeren Ausleger ($R_{a3} < R_{a1}$) realisiert werden. Bei gleichem langem Ausleger wäre ein höherer Abtrag möglich.

Modellierung der Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene (Achslage II)

Die Achslage II befindet sich auf der ehemaligen Böschungskante und bewegt sich nur in Verhieb Richtung. In Abb. 5.5 wird die Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene (Achslage II) gezeigt. Zu Beginn eines jeden Durchganges steht der Bagger in der Position wie Achslage I. Von dieser Position erweitert er seine Arbeitsebene (Bereich 4, 7, 9 und 11) durch eine Böschungsanschüttung in Richtung Kippenseite und nimmt seine Position für die weitere Baggern ein, die in Tiefschüttung (Bereich 11, 3, 5, 6, 7, 8 und 10) direkt in die Innenkippe aus geführt wird. In diesem Fall wird ein Teil des Baggergutes (Bereich 11, 4, 7, 8 und 10) doppelt umgesetzt. Das Volumen im Bereich 8, 9, 10 (in der Innenkippe) verbleibt nach der ersten Anschüttung. Bei der Modellierung dieser Variante bestehen folgende Begrenzungen für die Abstände X, Y und Durchgangsbreite A_b :

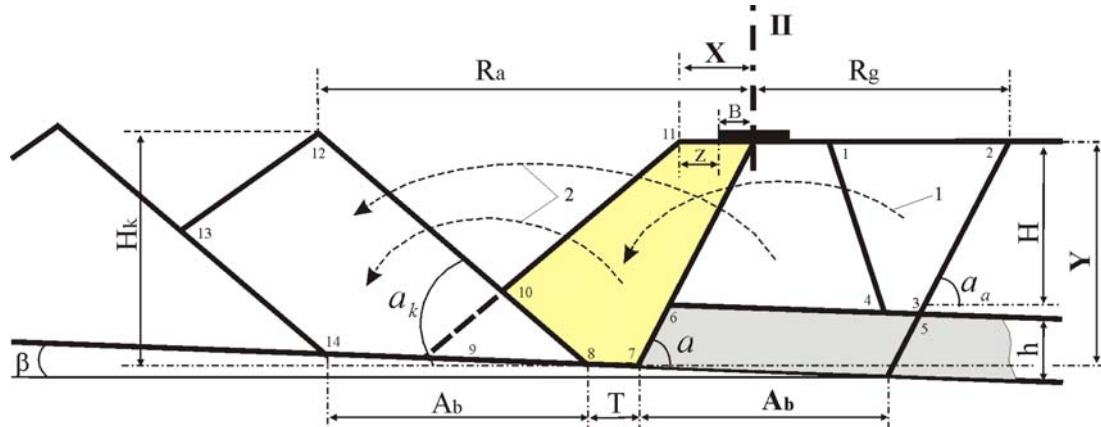
$$\text{für Y: } h \leq Y \leq H_{gt} - h \quad (5.5)$$

$$\text{für } A_b: z + 0,5B_{sch} + R_k \leq A_b \leq R_g \quad (5.6)$$

$$\text{für X: } X = z + 0,5B_{sch} \quad (5.7)$$

In diesem Fall ist X für jede Ebene von Y konstant. Bei diesem technologischen Schema können jeder Meter von Y in der vertikalen Position und die Durchgangsbreite A_b in dem Bereich ihre Begrenzungen modelliert werden.

a)



b)

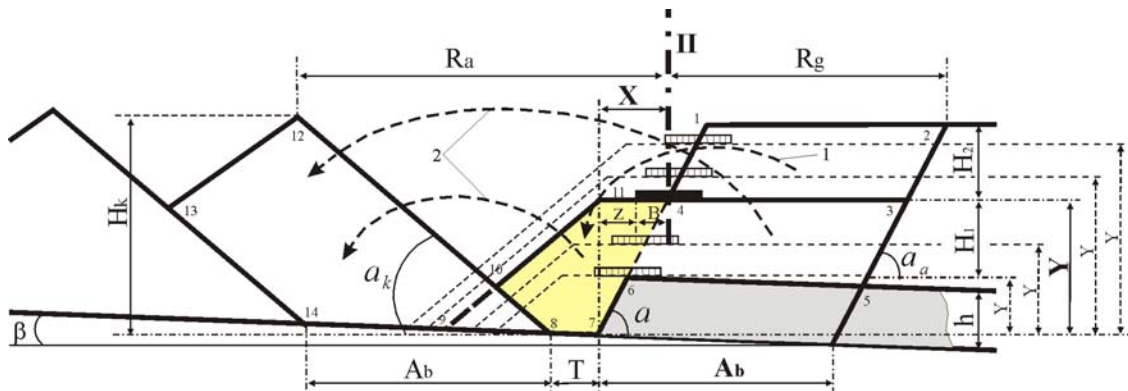


Abb. 5.5 Modellierung der Standorte bei der Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene (Achslage II). a) Tiefschnitt, b) Tief- und Hochschnitt

Modellierung der Variante Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Kippe zwischen Bagger- und Kippenseite (Achslage III)

Die Abb. 5.6 zeigt die Modellierung des technologischen Schemas für die Achslage III. In dieser Variante führt der Schürfkübelbagger eine Zwischenschüttung (Bereich 1, 2, 3 und 4) durch. Diese Zwischenschüttung dient als wandernde Arbeitsebene (5, 6, 7, 8, 9 und 10) zwischen der Gewinnungsseite und der Kippenseite. Die Achslage III stellt die Bewegungsrichtung des Baggers und der Zwischenschüttung dar. Bei dieser Variante ist es möglich, eine höhere Abtragsmächtigkeit in einem Durchgang zu realisieren, als bei den vorher genannten Varianten. Der Anteil der doppelten Massenbewegung ist jedoch größer als im Schema Achslage II.

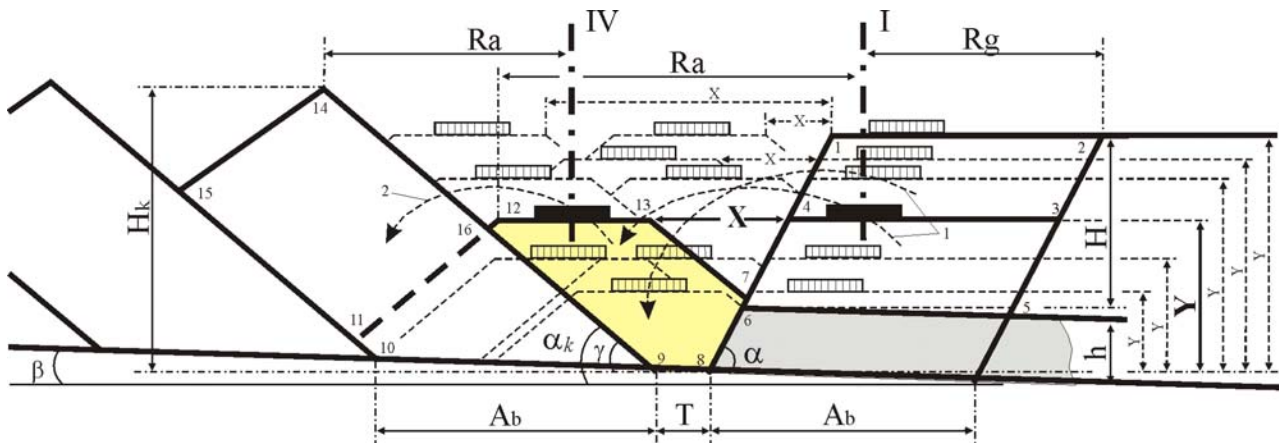


Abb. 5.7 Modellierung der Standorte bei der Variante Achslagenkombination auf der Bagger- und Kippenseite (Achslagen I und IV)

Bei der Modellierung der Variante Achslagenkombination auf der Bagger- und Kippenseite haben folgende Begrenzungen für die Abstände X , Y und Durchgangsbreite Gültigkeit:

Für Y ist wie Gleichung (5.5), für die Durchgangsbreite A_b wie Gleichung (5.2) und für X wie Gleichung (5.9). Es können alle mögliche Positionen von X , Y und der unterschiedlichen Durchgangsbreiten A_b im Bereich ihre Begrenzungen modelliert werden.

Modellierung der Variante Achslagenkombination auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene und Kippenseite (Achslagen II und IV)

Durch die Kombination der Achslagen II und IV ist eine weitere Verlagerung der Achslage in Richtung Kippenseite möglich. In Abb. 5.8 wird die Variante Achslagenkombination II und IV auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene und Kippenseite gezeigt. Das gegebene Schema unterscheidet sich vom vorherigen dadurch, dass der Schürfkübelbagger zuerst auf die Achslage II und dann auf die IV positioniert wird. Zuerst erweitert er seine Arbeitsebene (Bereich 4, 9, 18, 17 und 15) durch eine Böschungsanschüttung (Bereich 1, 2, 5, 6 und 4) in Richtung Kippenseite. Nach der Erstanschüttung muss der Schürfkübelbagger den Standort von Achslage II zur Achslage IV verändern. Von der Position Achslage IV wird ein Teil des Baggergutes (Bereich 4, 9, 10, 16 und 15) doppelt umgesetzt. Der andere Teil (Bereich 10, 18, 17 und 16) verbleibt an der Position in der Kippe die dieser bei der ersten Anschüttung erfahren hat. Bei diesem Schema ist es möglich, eine höhere Abtragshöhe zu gewinnen und zu verkippen. Die Durchgangsbreite ist etwas geringer, als bei der vorherigen Variante.

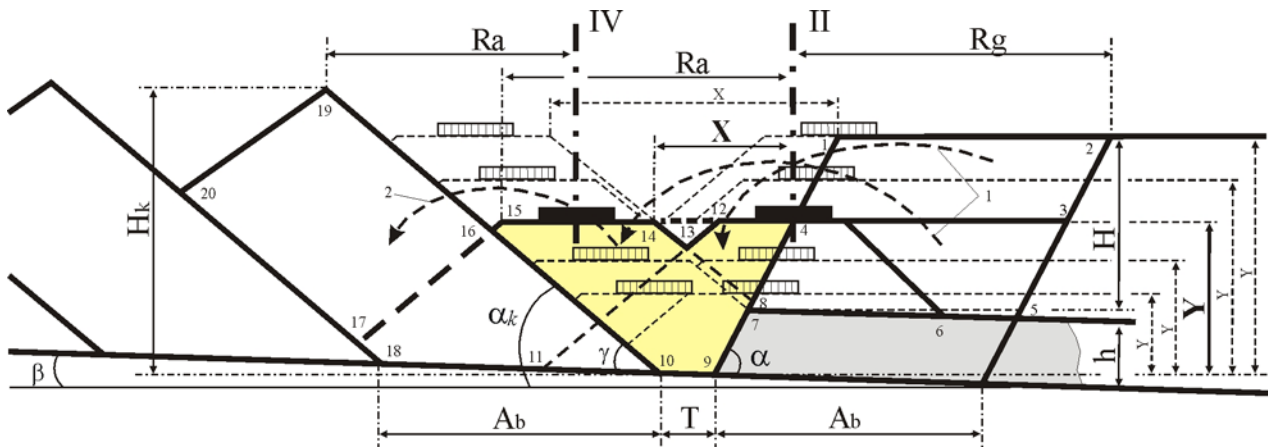


Abb. 5.8 Modellierung der Variante Achslagenkombination auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene und Kippenseite (Achslagen II und IV)

Bei der Modellierung der Variante Achslagenkombination auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene und Kippenseite gelten folgende Begrenzungen für die Abstände X , Y und Durchgangsbreite:

Für Y ist wie Gleichung (5.5), für die Durchgangsbreite wie Gleichung (5.6) und für X wie Gleichung (5.9). Für das technologische Schema können alle möglichen Positionen von X , Y und der unterschiedlichen Durchgangsbreiten A_b im Bereich ihre Begrenzungen modelliert werden.

5.3 Optimierung der Abtragsmächtigkeit und des Anteils der doppelten Bewegung von Massen für die modellierte Schemen

Die Abtragsmächtigkeit und der Anteil der doppelten Massenbewegung unterscheiden sich bei den einzelnen Varianten der technologischen Schemen. Sie hängen von Achslagenpositionen des Schürfkübelbaggers auf der Arbeitsebene und den Durchgangsbreiten ab. Deshalb müssen die Abtragsmächtigkeit und der Anteil der doppelten Massenbewegung für die modellierte Schemen optimiert werden. Im Folgenden wird diese Optimierung durchgeführt sowie der hierfür notwendige analytische Zusammenhang je nach Einsatzschema verdeutlicht.

Optimierung der Abtragsmächtigkeit bei der Variante Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene (Achslage I)

Für die Optimierung der Abtragsmächtigkeit der modellierten Schemen von Achslage I muss die Abbaugeometrie bei jeder möglichen Lage der Arbeitsebene und für verschiedene Einfallswinkeln kalkuliert werden. Bei diesem Schema ist es möglich, dass der Schürfkübelbagger im Tiefschnitt, Hochschnitt oder Tief- und Hochschnitt arbeitet. Der Schürfkübelbagger kann auch drei unterschiedliche

$$P = H_k^1 \cdot \cot \alpha_k \text{ [m]} \quad (5.16)$$

Es erfolgt der Vergleich der Oberflächenbreite der Kippe P mit der Durchgangsbreite A_b :

$$P \leq A_b \quad (5.18)$$

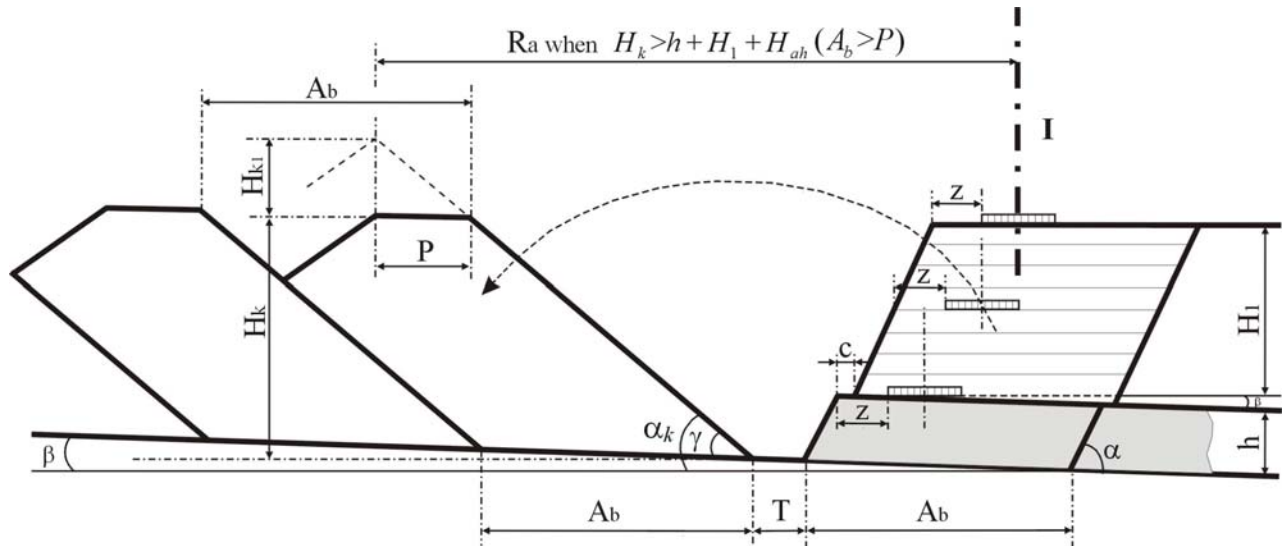


Abb. 5.10 Variante Achslage I, teilweise glatte Kippe

Wenn Gleichung (5.17) erfüllt ist, bildet sich die teilweise glatte Kippe (Abb. 5.10), deren Kippenfläche S_k folgendermaßen berechnet wird:

$$S_{kr} = \frac{(A_b - P)^2 \cdot \tan \alpha_k}{4} \text{ [m}^2\text{]} \quad (5.18)$$

$$S_k = H_k \cdot A_b - S_{kr} \text{ [m}^2\text{]} \quad (5.19)$$

mit: S_{kr} Restliche Kippenfläche [m²]

Wenn Gleichung (5.17) nicht erfüllt (d.h. $P > A_b$) ist, bildet sich bei diesem Fall eine glatte Kippe deren Kippenfläche durch folgende Gleichung berechnet wird (Abb. 5.11):

$$S_k = H_k \cdot A_b \quad (5.20)$$

Berechnung der Abtragsmächtigkeit H bei der Variante Achslage I mit:

$$H = \frac{S_k}{A_b \cdot K_a} \quad (5.21)$$

Berechnung der Hochschnitthöhe H_2 mit:

$$H_2 = H - H_1 \quad (5.22)$$

Ist $H_2 \leq 0$, dann arbeitet der Schürfkübelbagger nur in Tiefschnitt. Danach wird die Tiefschnitthöhe Y überprüft:

$$H_1 \leq 0 \text{ bzw. } Y \leq 0 \quad (5.23)$$

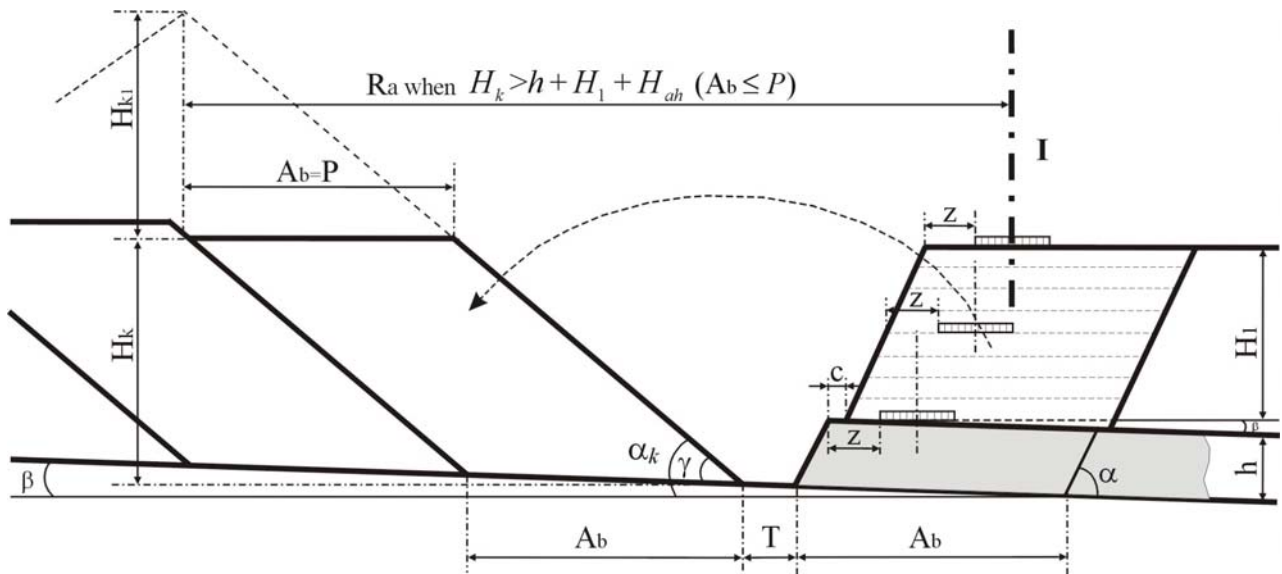


Abb. 5.11 Variante Achslage I, glatte Kippe

Wenn $H_1 \leq 0$ ist, wird die Kalkulation beendet. Ansonsten wird die Höhe der Arbeitsebene H_1 bzw. Y um 1,0 m verringert und sämtliche Kalkulationen werden wiederholt, bis $H_1 = 0$ ist.

Die zuvor genannten Kalkulationen werden jeweils mit unterschiedlichen Durchgangsbreiten durchgeführt, hierfür wird zunächst die Durchgangsbreite geprüft:

$$A_b \geq R_g + z + 0,5B_{sch} \quad (5.24)$$

Wenn (5.24) erfüllt ist, wird die Kalkulation beendet. Anderenfalls wird die Durchgangsbreite A_b um 1,0 m vergrößert und die Kalkulationen wiederholt, bis die Bedingung (5.24) erfüllt ist. Schließlich wird die gesamte Kalkulation beendet.

Für diese Berechnung wurde ein Algorithmus entwickelt. Der Ablaufplan für diesen Algorithmus zur Optimierung der Abtragsmächtigkeit in der Variante Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene ist in Anlage 5.8 wiedergegeben. Zu diesem Algorithmus gibt es auch eine Beispielberechnung (das Programm „Dragline“, Teil II „Way 2-4 Calculation“ Advance bench technological scheme), zu der die Bedingungen des Braunkohlentagebaus „Shivee-Ovoo“/Mongolei herangezogen wurden.

Der Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite und Abtragshöhe für die Variante Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene (Achslage I) ist in Anlage 5.9 dargestellt.

Optimierung der Abtragsmächtigkeit und des Anteils der doppelten Massenbewegung in der Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene (Achslage II)

In diesem Abschnitt wird die Optimierung der Abraumabtragsmächtigkeit, des Anteils der doppelten Massenbewegung und die Durchgangsbreite für die modellierten Schemen der Variante Achslage II

durchgeführt, sowie die analytischen Zusammenhänge hierfür aufgezeigt. Die im vorherigen Abschnitt genannten Kippenformen werden auch bei diesem Schema gebildet (Anlage 5.10). Die Abbaureihenfolge in Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten Arbeitsebene wird in Abb. 5.12 gezeigt.

Im Folgenden werden die Abtragsmächtigkeit und der Anteil der doppelten Massenbewegung in der Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten Arbeitsebene kalkuliert.

Zuerst wird die Kippenhöhe H_k bestimmt:

$$H_k = [R_a - (H_1 + h) \cdot \cot \alpha - T] \cdot \tan \alpha_k \quad [m] \quad (5.25)$$

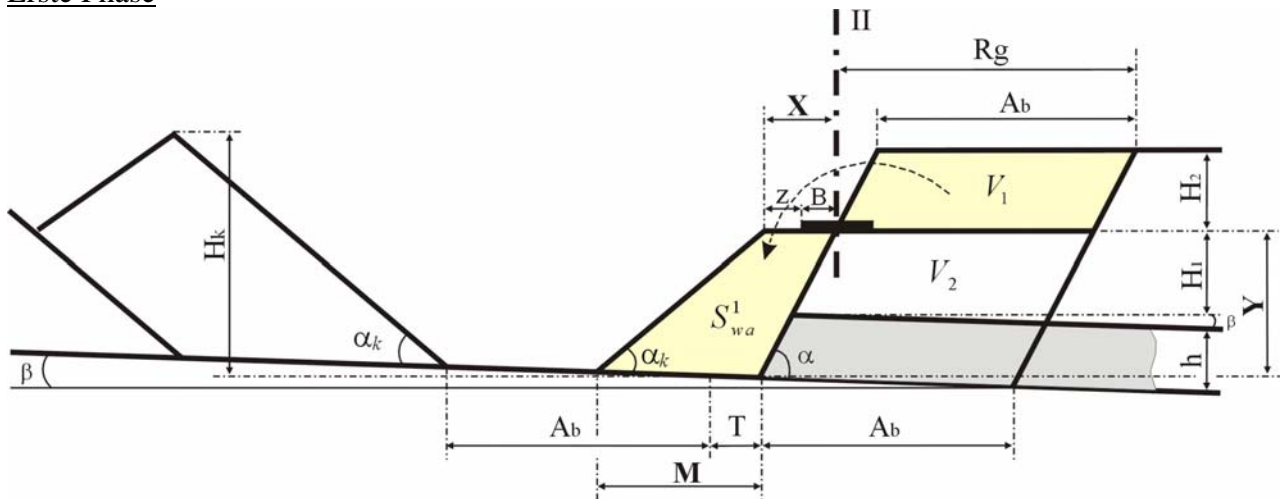
Die Höhe die Arbeitsebene des Schürfkübelbaggers wird berechnet mit:

$$H_1 + h \leq H_{gt} \quad (5.26)$$

$$H_1 = H_{gt} - h \quad [m] \quad (5.27)$$

Zunächst wird die Kippenhöhe H_k mit gesamten Abwurfhöhe auf der Abbauseite nach Formel (5.13) verglichen und die drei unterschiedlichen Kippenfläche S_k nach Formeln (5.14 bis 5.20) berechnet.

Erste Phase



Zweite Phase

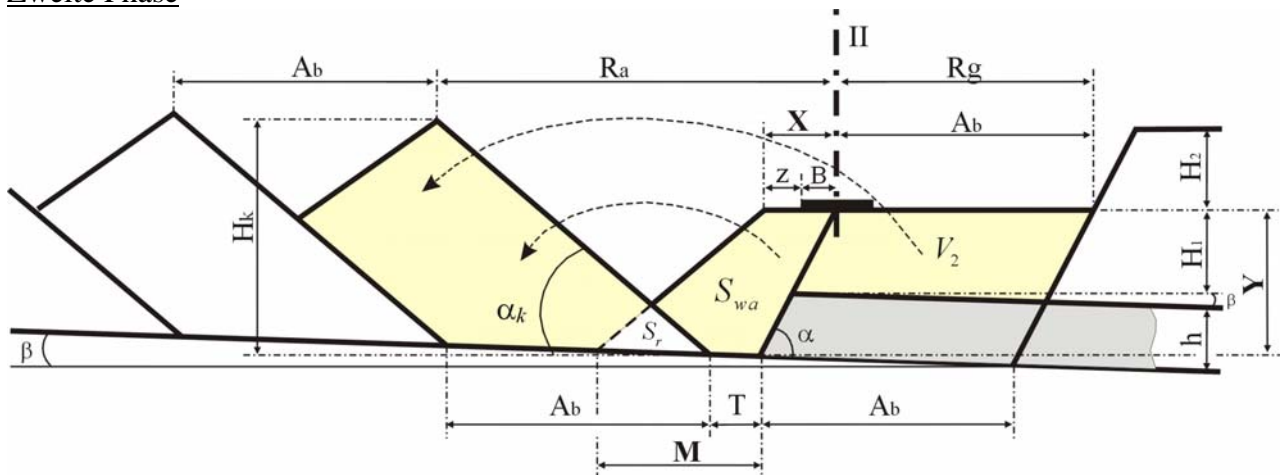


Abb. 5.12 Abbaureihenfolge in der Variante Achslage II

Danach wird die Abtragsmächtigkeit H nach folgender Formel berechnet:

$$H = \frac{S_k \cdot K_{wa}}{A_b \cdot K_a \cdot K_{ra}} + \frac{S_k \cdot (1 - K_{wa})}{A_b \cdot K_a} \quad [\text{m}] \quad (5.28)$$

- mit: K_{wa} Koeffizient doppelten Massenbewegung
 K_{ra} Restlicher Auflockerungskoeffizient des Gesteins
 K_a Auflockerungskoeffizient des Gesteins

Bei diesem Schema wird ein Teil der Massen doppelt bewegt. Deshalb wird der Anteil der doppelten Massenbewegung folgendes bestimmt:

$$K_{wa} = \frac{S_{wa}}{S_k} \quad (5.29)$$

- mit: S_{wa} Fläche, die doppelte bewegt werden $[\text{m}^2]$

Für die Bestimmung von S_{wa} (Massen die doppelt bewegt werden) ist die Berechnung des Abstands M (Abstand zwischen der unteren Kanten der Gewinnungsböschung und der zuerst gekippten Kippenböschung) notwendig:

$$M = [(H_1 + h) \cdot \cot \alpha_k + z + 0,5 \cdot B_{sch}] - (H_1 + h) \cdot \cot \alpha \quad [\text{m}] \quad (5.30)$$

Die Fläche der zuerst geschütteten Kippe S_{wa}^1 infolge Verbreiterung die Arbeitsebene wird bestimmt mit:

$$S_{wa}^1 = \frac{(M + z + 0,5 \cdot B_{sch})}{2} \cdot (H_1 + h) \quad [\text{m}^2] \quad (5.31)$$

- mit: M Abstand zwischen der unteren Kanten der Gewinnungsböschung und der zuerst gekippten Kippenböschung $[\text{m}]$

Diese Fläche ist unterschiedlich für die einzelnen modellierten Schemen, weil für jedes Schema Y und M unterschiedlich groß sind.

Danach wird die Fläche S_r der Massen, die nach der Erstanschüttung durch die Verbreiterung der Arbeitsebene in Endposition in die Kippe verkippt wurde, bestimmt:

$$S_r = \frac{(M - T)^2 \cdot \tan \alpha_k}{4} \quad [\text{m}^2] \quad (5.32)$$

Die Fläche der Massen, die doppelt bewegt werden S_{wa} (Abb.5.12) beträgt.

$$S_{wa} = S_{wa}^1 - S_r \quad [\text{m}^2] \quad (5.33)$$

In diesem Fall ist X konstant:

$$X = z + 0,5B_{sch} \quad [\text{m}] \quad (5.34)$$

Danach werden die Berechnungen nach Formeln 5.22 bis 5.23 durchgeführt und die Durchgangsbreite geprüft:

$$A_b \geq R_g \quad (5.35)$$

Wenn (5.35) erfüllt ist, wird die Kalkulation beendet. Anderenfalls wird die Durchgangsbreite A_b um 1,0 m vergrößert und die Kalkulation solange wiederholt, bis die Bedingung (5.35) erfüllt ist. Schließlich wird die Kalkulation beendet. Für diese Kalkulationen wurde ein Algorithmus entwickelt.

Der Ablaufplan für den Algorithmus zur Optimierung der Abtragsmächtigkeit und des Anteils der doppelten Massenbewegung in der Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten Böschung wird in Anlage 5.11 dargestellt.

Zu dem genannten Algorithmus wurde eine Beispielkalkulationen anhand der Bedingungen des Braunkohlenagebaus „Shivee-Ovoo“ (das Programm „Dragline“, Teil II „Way 2-4 Calculation“ Extended bench technological scheme) durchgeführt. Eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen Durchgangsbreite und Abtragshöhe ist in Anlage 5.12, zwischen Abtragshöhe und Anteil der doppelten Massenbewegung in Anlage 5.13 aufgeführt.

Optimierung der Abraumabtragsmächtigkeit und des Anteils der doppelten Massenbewegung in Variante Achslage III

Abb. 5.13 zeigt die Abbaureihenfolge der Variante Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Kippe zwischen Bagger- und Kippenseite. Die drei unterschiedlichen Kippenformen für dieses Schema sind in Anlage 5.14 zu sehen. Im Folgenden werden die analytischen Zusammenhänge zwischen der Abtragsmächtigkeit und des Anteils der doppelten Massenbewegung für diese Variante verdeutlicht.

Für die Variante Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Kippe zwischen Bagger- und Kippenseite wird die Kippenhöhe H_k folgendermaßen bestimmt:

$$H_k = [(R_a + 0,5B_{sch} + z + X) - (H_1 + h) \cdot \cot \alpha - T] \cdot \tan \alpha_k \quad [\text{m}] \quad (5.36)$$

Danach wird die Berechnung der Kippenvolumen wie bei den vorherigen Schemen nach Formeln 5.13 bis 5.20 und 5.28 bis 5.29 durchgeführt. Die Bestimmung der Fläche von Massen, die doppelt bewegt werden S_{wa} erfolgt anderes als beim vorigen Schema, weil der Abstand X (der Abstand zwischen der oberen Kanten der Gesinnungsböschung und der zeitweiligen Kippenböschung) andere Werte aufweist. Für X gibt es folgende Begrenzungen:

$$0 \leq X \leq R_a - A_b - 0,5B_{sch} - z \quad (5.37)$$

Der Abstand M wird unter Berücksichtigung von X mit folgender Formel berechnet:

$$M = [(H_1 + h) \cdot \cot \alpha_k + 2z + B_{sch} + X] - (H_1 + h) \cdot \cot \alpha \quad [\text{m}] \quad (5.38)$$

Die Fläche der zeitweiligen Kippe S_{wa1} und des leeren Volumens S_l werden folgendermaßen bestimmt (Abb. 5.13):

$$S_{wa}^1 + S_l = \frac{M + X + 2z + B_{sch}}{2} \cdot (H_1 + h) \quad [\text{m}^2] \quad (5.39)$$

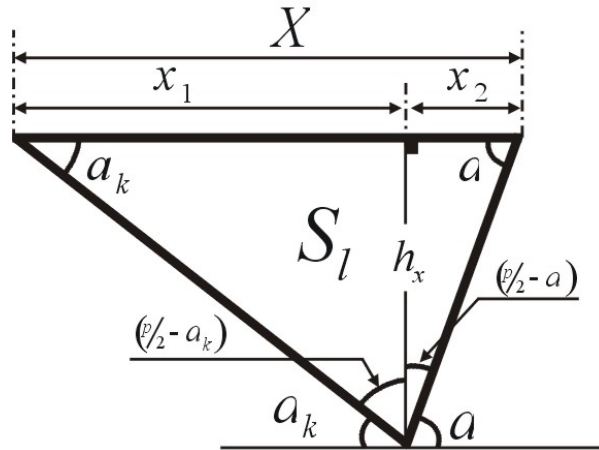


Abb. 5.14 Dreiecks-Form des leeren Volumens S_l , falls Bedingung (5.32) erfüllt ist

Zuerst wird der Abstand X geprüft:

$$X \leq (H_1 + h) \cdot \cot \alpha + (H_1 + h) \cdot \cot \alpha_k \quad (5.41)$$

Wenn Bedingung (5.41) erfüllt ist, wird S_l nach Gleichung (5.42) berechnet (Gleichungen 5.42.1 bis 5.42.9 zeigen die Herleitung der Formel):

$$S_l = \frac{X \cdot h_x}{2} \quad (5.42.1)$$

$$X = x_1 + x_2 \quad (5.42.2)$$

$$x_1 = h_x \cdot \tan(\pi/2 - \alpha) \Rightarrow h_x = \frac{x_1}{\tan(\pi/2 - \alpha)} \quad (5.42.3)$$

$$x_2 = h_x \cdot \tan(\pi/2 - \alpha_k) \Rightarrow h_x = \frac{x_2}{\tan(\pi/2 - \alpha_k)} \quad (5.42.4)$$

$$h_x = \frac{x_1}{\tan(\pi/2 - \alpha)} = \frac{x_2}{\tan(\pi/2 - \alpha_k)} \quad (5.42.5)$$

$$x_1 = \frac{x_2 \cdot \tan(\pi/2 - \alpha)}{\tan(\pi/2 - \alpha_k)} \quad (5.42.6)$$

$$X = \frac{x_2 \cdot \tan(\pi/2 - \alpha)}{\tan(\pi/2 - \alpha_k)} + x_2 \quad (5.42.7)$$

$$x_2 = \frac{X}{\left(\frac{\tan(\pi/2 - \alpha)}{\tan(\pi/2 - \alpha_k)} + 1 \right)} \quad (5.42.8)$$

Formel (5.42.8) in (5.42.5) einsetzen ergibt:

$$h_x = \frac{X}{\tan(\pi/2 - \alpha_k) \cdot \left(\frac{\tan(\pi/2 - \alpha)}{\tan(\pi/2 - \alpha_k)} + 1 \right)} \quad (5.42.9)$$

Formel (5.42.9) in (5.42.1) einsetzen ergibt:

$$S_l = \frac{X \cdot h_x}{2} = \frac{X^2}{2 \tan(\pi/2 - \alpha_k) \cdot \left(\frac{\tan(\pi/2 - \alpha)}{\tan(\pi/2 - \alpha_k)} + 1 \right)} \quad (5.42)$$

Wenn Bedingung (5.41) nicht erfüllt ist, dann wird die Bedingung (5.53) geprüft und S_l nach Formel (5.54) berechnet (Abb. 5.18).

Die Fläche der Massen S_{wa} , die doppelt bewegt werden, wird folgendermaßen berechnet (Abb. 5.13):

$$S_{wa} = S_{wa}^1 - S_r - S_l \text{ [m}^2\text{]} \quad (5.43)$$

Danach wird die Abtragsmächtigkeit für dieses Schema nach Formel (5.28) bestimmt. Dem folgt die Berechnung der Hochschnitthöhe H_2 nach Formel (5.22). Ist $H_2 \leq 0$, dann arbeitet der Schürfkübelbagger nur im Tiefschnitt.

Schließlich wird X geprüft:

$$X \geq R_a + A_b - z - 0,5B_{sch} \quad (5.44)$$

Ist Bedingung (5.44) nicht erfüllt, wird der Abstand X um 1,0 m vergrößert und die Berechnung wiederholt bis die Bedingung (5.44) erfüllt ist. Danach wird die Tiefschnitthöhe H_1 bzw. Y nach Formel (5.23) geprüft.

Wenn $H_1 \leq 0$ ist, wird die Kalkulation beendet. Wenn nicht wird die Abraumstrossenhöhe H_1 um 1,0 m verringert und die Kalkulation bis zu $H_1 \leq 0$ wiederholt. Danach dem wird die Durchgangsbreite geprüft.

$$A_b \geq R_g - 0,5B_{sch} - z \quad (5.45)$$

Wenn (5.45) erfüllt ist, wird die Kalkulation beendet. Anderenfalls wird die Durchgangsbreite A_b um 1,0 m vergrößert und die Kalkulation wiederholt bis die Bedingung erfüllt ist. Schließlich wird die gesamte Kalkulation beendet. Für diese Kalkulationen wurde ebenfalls ein Algorithmus entwickelt. Der Ablaufplan für den Algorithmus zur Optimierung der Abtragsmächtigkeit und des Anteils der doppelten Massenbewegung in der Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten Böschung wird in Anlage 5.15 dargestellt.

Zu dem genannten Algorithmus wurde eine Beispielkalkulationen anhand der Bedingungen des Braunkohlenagebaus „Shivee-Ovoo“ (das Programm „Dragline“, Teil II „Way 2-4 Calculation“ Inpit bench technological scheme) durchgeführt. Eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen Durchgangsbreite und Abtragshöhe ist in Anlage 5.16, zwischen Abtragshöhe und Anteil der doppelten Massenbewegung in Anlage 5.17 aufgeführt.

Für X gibt es folgende Begrenzungen:

$$0 \leq X \leq R_a - 1,5B_{sch} - 3z \quad (5.47)$$

Unter Berücksichtigung von X berechnet sich der Abstand M folgendermaßen:

$$M = [(H_1 + h) \cdot \cot \alpha_k + 2z + B_{sch} + X] - (H_1 + h) \cdot \cot \alpha \quad [m] \quad (5.48)$$

Für M gibt es folgende Begrenzungen:

$$(H_1 + h) \cdot \cot \alpha_k + z + B_{sch} - (H_1 + h) \cdot \cot \alpha \leq M \leq (H_1 + h) \cdot \cot \alpha_k + (R_a - z - 0,5B_{sch}) - (H_1 + h) \cdot \cot \alpha \quad (5.49)$$

Die Fläche der Massen S_{wa} , die doppelter Bewegung unterworfen sind, werden nach Formel (5.43) bestimmt (Abb. 5.15).

Um die Fläche S_r (von Massen, die nach der ersten Anschüttung bei der Bildung der zeitweiligen Kippe in ihre Endposition in der Kippe verbleiben) zu bestimmen, muss folgende Bedingung geprüft werden:

$$(H_1 + h) \cdot \cot \alpha_k + T + (H_1 + h) \cdot \cot \alpha \leq X + 2z + B_{sch} \quad (5.50)$$

Wenn Bedingung (5.50) erfüllt ist, wird S_r nach Formel (5.32) bestimmt. Wenn diese Bedingung nicht erfüllt ist, wird S_r mit folgenden Formeln bestimmt (Abb. 5.16):

$$S_l^1 = \frac{(X + 2z + B_{sch} - (H_1 + h) \cdot \cot \alpha_k - T - (H_1 + h) \cdot \cot \alpha)^2 \cdot \tan \alpha_k}{4} \quad [m^2] \quad (5.51)$$

$$S_r = \frac{(M - T)^2 \cdot \tan \alpha_k}{4} - S_l^1 \quad [m^2] \quad (5.52)$$

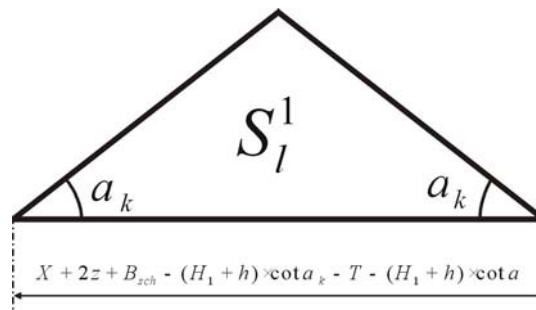


Abb. 5.16 Das leere Volumen S_l^1 , wenn Bedingung 5.41 erfüllt ist

Danach wird die Bedingung (5.41) geprüft. Wenn Bedingung (5.41) erfüllt ist, wird S_l nach Formel (5.42) berechnet. Andernfalls wird Bedingung (5.53) geprüft:

$$X \leq (H_1 + h) \cdot \cot \alpha + (H_1 + h) \cdot \tan \alpha_k + T \quad (5.53)$$

Wenn Bedingung (5.53) erfüllt ist, wird die in Abb. 5.17 dargestellte Form des leeren Volumens gebildet. S_l wird nach untenstehender Gleichung 5.54 und S_{wa} (Fläche der doppelt bewegten Massen) nach Gleichung 5.43 berechnet:

$$S_l = X + [X - (H_1 + h) \cdot \cot \alpha_k - (H_1 + h) \cdot \cot \alpha] \cdot (H_1 + h) \quad [m^2] \quad (5.54)$$

Andernfalls werden S_l und S_{wa} nicht berechnet, da diese Massen nicht vorkommen.

Je nachdem ob die Bedingung (5.53) erfüllt ist oder nicht, wird die Abtrasmächtigkeit H entweder nach Formel (5.28) oder nach Formel (5.21) berechnet.

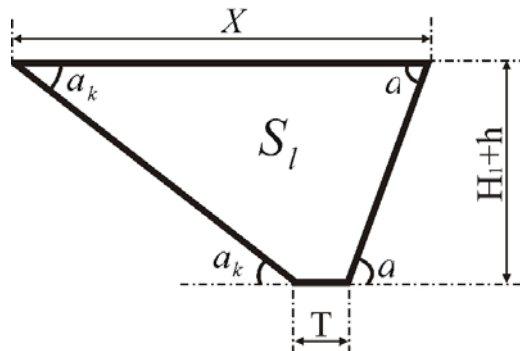


Abb. 5.17 Viereckiges leeres Volumen S_1 , während Bedingung 5.44 erfüllt ist

Danach wird die Hochschnitthöhe H_2 nach Formel (5.22) berechnet. Wenn $H_2 \leq 0$ ist, dann arbeitet der Schürfkübelbagger nur im Tiefschnitt und es wird der Abstand X geprüft:

$$X \geq R_a - 3z - 1,5B_{sch} \quad (5.55)$$

Wenn Bedingung (5.55) nicht erfüllt ist, wird der Abstand X um 1,0 Meter vergrößert und die Berechnung solange wiederholt, bis die Bedingung (5.55) erfüllt ist. Danach wird die Tiefschnitthöhe Y , die hier gleich der Abraumstrossenhöhe H_1 ist, nach Formel (5.23) geprüft. Wenn $H_1 \leq 0$ ist, wird die Kalkulation beendet. Anderenfalls wird die Abraumstrossenhöhe H_1 um 1,0 m verringert und die Kalkulation bis zu $H_1 \leq 0$ wiederholt.

Danach wird die Durchgangsbreite geprüft:

$$A_b \geq R_g + 0,5B_{sch} + z \quad (5.56)$$

Wenn (5.56) erfüllt sind, wird die Kalkulation beendet. Anderenfalls wird die Durchgangsbreite A_b um 1,0 m vergrößert und die Kalkulation solange wiederholt bis die Bedingung erfüllt ist. Schließlich wird die gesamte Kalkulation beendet.

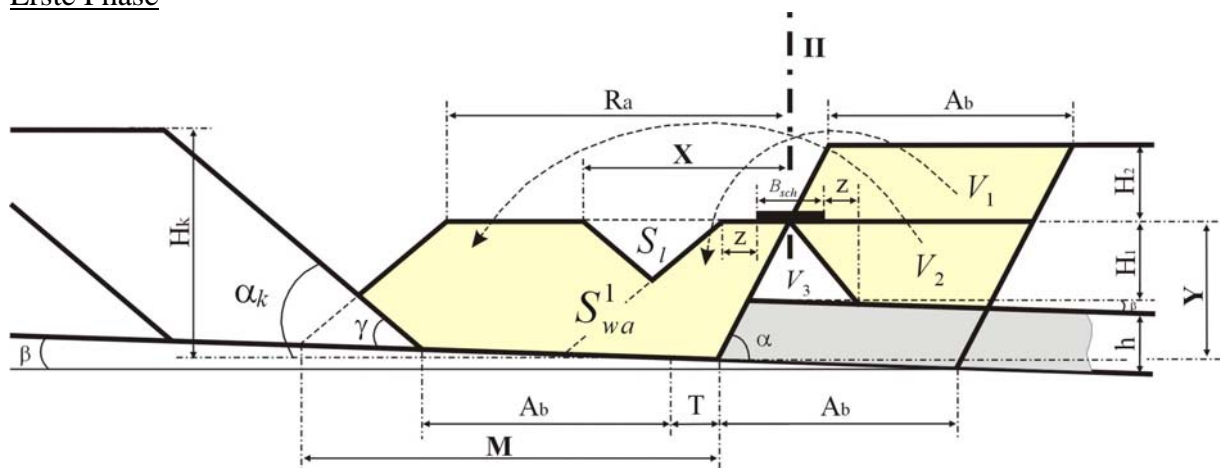
Der Ablaufplan für diesen Algorithmus zur Optimierung der Abtrasmächtigkeit und des Anteils der doppelten Massenbewegung in der Variante Achslagekombination auf der Bagger- und Kippenseite wird in Anlage 5.19 dargestellt.

Zu diesem Schema wurde eine Beispielkalkulationen anhand der Bedingungen des Braunkohlenagebaus „Shivee-Ovoo“ (das Programm „Dragline“, Teil II „Way 2-4 Calculation“ Combination advance bench and inpit bench technological scheme) durchgeführt. Eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen Durchgangsbreite und Abtragshöhe ist in Anlage 5.20, zwischen Abtragshöhe und Anteil der doppelten Massenbewegung in Anlage 5.21 aufgeführt.

Optimierung der Abtragsmächtigkeit und des Anteils der doppelten Massenbewegung in der Variante Achslagenkombination II und IV

Bei diesem Fall arbeitet der Schürfkübelbagger zuerst auf der Achslage II. Von dieser Position aus verstürzt er die Volumina V_1 und V_2 , danach wird auf die Achslage IV positioniert und von dieser Position aus das Volumen V_3 und das gekippte Volumen S_{wa} (Anteil der doppelten Massenbewegung) verstürzt. Die Abbaureihenfolge der Variante Achslagenkombination II und IV ist in Abb. 5.18 illustriert. In Anlage 5.22 sind die unterschiedlichen Kippenformen dieses Schemas dargestellt.

Erste Phase



Zweite Phase

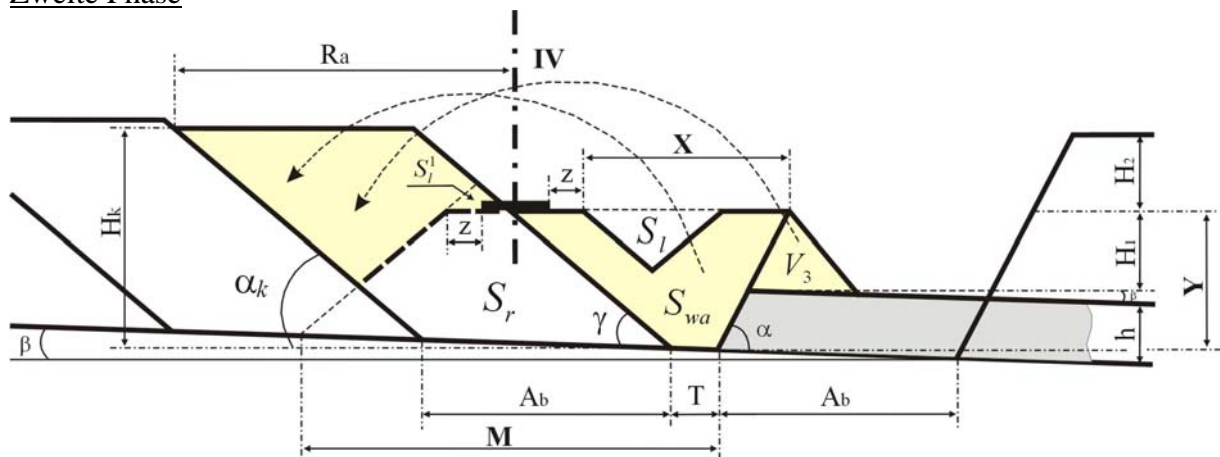


Abb. 5.18 Abbaureihenfolge bei der Variante Achslagenkombination II und IV

Für dieses technologische Schema wird die Kipphöhe folgendermaßen kalkuliert:

$$H_k = [(R_a + 0,5 \cdot B_{sch} + z + X) - (H_1 + h) \cdot \cot \alpha - T] \cdot \tan \alpha_k \quad [m] \quad (5.57)$$

Danach werden die gleichen Kalkulationen (Gleichungen 5.13 bis 5.20 und 5.28 bis 5.29) wie bei der Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene (Abschnitt 5.3.2 dieser Arbeit) durchgeführt.

Für X bestehen folgende Begrenzungen:

$$0,5B_{sch} + z \leq X \leq R_a - B_{sch} - 2z \quad (5.58)$$

Unter Berücksichtigung von X berechnet sich M folgendermaßen:

$$M = [(H_1 + h) \cdot \cot \alpha_k + X + 2z + B_{sch}] - (H_1 + h) \cdot \cot \alpha \quad (5.59)$$

Das leeren Volumen S_l wird für diese Schema folgendermaßen bestimmt (Abb. 5.19):

$$S_l = \frac{[X - z - 0,5B_{sch}]^2 \cdot \tan \alpha_k}{4} \quad (5.60)$$

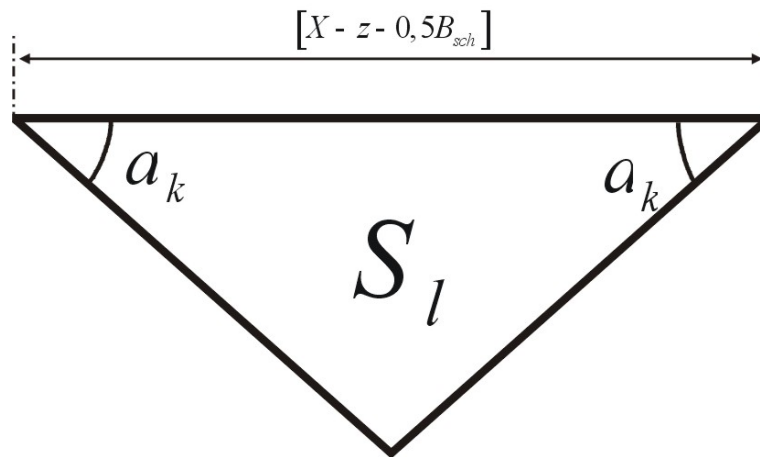


Abb. 5.19 Dreieckiges leeres Volumen S_{l3} in Variante Achslagekombination auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene und Kippenseite

Die Fläche der doppelt bewegten Massen S_{wa} wird nach Formel (5.43) bestimmt. Wenn Bedingung (5.53) erfüllt ist, wird die Abraumbaumtragfähigkeit nach Formel (5.28) bestimmt, anderenfalls nach Formel (5.21). Danach wird die Hochschnitthöhe H_2 nach Formel (5.22) kalkuliert. Wenn $H_2 \leq 0$ ist, dann arbeitet der Schürfkübelbagger nur im Tiefschnitt. Dann wird der Abstand X geprüft:

$$X \geq R_a - 2z - B_{sch} \quad (5.61)$$

Wenn Bedingung (5.61) nicht erfüllt ist, wird der Abstand X um 1,0 m vergrößert und die Kalkulation solange wiederholt, bis die Bedingung (5.61) erfüllt ist. Danach wird die Tiefschnitthöhe des Abraums nach Formel (5.23) geprüft. Wenn $H_1 \leq 0$ ist, wird die Kalkulation beendet. Anderenfalls wird die Abraumstrossenhöhe H_1 um 1,0 m verringert und die Kalkulation solange wiederholt, bis $H_1 \leq 0$ ist. Daraufhin wird die Durchgangsbreite geprüft:

$$A_b \geq R_a \quad (5.62)$$

Wenn (5.62) erfüllt ist, wird die Kalkulation beendet, anderenfalls wird die Durchgangsbreite A_b um 1,0 m vergrößert und die Kalkulation solange wiederholt, bis die Bedingung erfüllt ist. Schließlich wird die Kalkulation beendet.

Für diese Kalkulationen wurde ein Algorithmus entwickelt. Der Ablaufplan für den Algorithmus zur Optimierung der Abtragfähigkeit und des Anteils der doppelten Massenbewegung in der Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten Böschung wird in Anlage 5.23 dargestellt.

Zu dem genannten Algorithmus wurde eine Beispielkalkulationen anhand der Bedingungen des Braunkohlenagebaus „Shivee-Ovoo“ (das Programm „Dragline“, Teil II „Way 2-4 Calculation“ Combination extended bench and inpit bench technological scheme) durchgeführt. Eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen Durchgangsbreite und Abtragshöhe ist in Anlage 5.24, zwischen Abtragshöhe und Anteil der doppelten Massenbewegung in Anlage 5.25 aufgeführt.

5.4 Die Abhängigkeit der Produktivität von Schürfkübelbaggern von den Einsatzbedingungen der modellierten technologischen Schemen

Die Arbeitszykluszeit ist für die Bestimmung der Produktivität von Schürfkübelbaggern wichtig. Sie ist abhängig von den Eigenschaften des Gesteins, der Grabtiefe und dem Schwenkwinkel. Im Allgemeinen liegt der Schwenkwinkel zwischen 90-135°. Bei der Nutzung des Schürfkübelbaggers sind verschiedene technologische Schemen möglich. Diese unterscheiden sich in Bezug auf Schwenkwinkel, Durchgangsbreite und Abtragshöhe.

Berechnungsgrundlagen die Produktivität des Schürfkübelbaggers

Fördervolumen

Die mechanischen Eigenschaften des Gesteins, die Parameter der Böschung und die Organisation des Betriebsprozesses beeinflussen die Produktivität des Schürfkübelbaggers. Für die allgemeinen Fälle können das stündliche effektive Fördervolumen (Q_{eff}) und das jährliche Fördervolumen (Q_E) des Schürfkübelbaggers bestimmt werden:

$$Q_{eff} = 3600 \cdot E \cdot \frac{\eta_B}{t_z} \text{ [fest m}^3\text{/h]} \quad (5.63)$$

mit: E - Kübelvolumen [m^3]

η_B - Nutzfaktor des Baggers (geologische, technologische und meteorologische Faktoren sowie Qualifikation des Baggerfahrers)

t_z - Dauer eines Arbeitszykluses [s]

Die Arbeitszykluszeit eines Schürfkübelbaggers in unterschiedlichen Bedingungen (Teiltechnologien) wird im Abschnitt 5.4.2 näher beschrieben. Bei der mehrfachen Massenbewegung müssen η_B und t_z ggf. modifiziert werden, da sich die Materialeigenschaften bei der Massenumsetzung verändern können.

$$Q'_{eff} = 3600 \cdot E \cdot \frac{\eta'_B}{t'_z} \text{ [fest m}^3\text{/h]} \quad (5.64)$$

- mit: Q_{eff}' - Modifizierte stündliche effektive Fördervolumen für mehrfache Massenbewegung [m³/h]
 η_B' - Modifizierter Nutzfaktor des Schürfkübelbaggers für mehrfache Massenbewegung
 t_z' - Modifizierte Arbeitszyklusdauer für mehrfache Massenbewegung [s]

Die modifizierten Faktoren η_B' und t_z' werden durch Wichtung der jeweiligen Werte in den Teiltechnologien ermittelt:

$$\frac{\eta_B'}{t_z'} = \frac{\eta_{B1}}{t_{z1}} \cdot Kt_1 + \frac{\eta_{B2}}{t_{z2}} \cdot Kt_2 + \dots + \frac{\eta_{Bn}}{t_{zn}} \cdot Kt_n = \sum_{i=1}^n \frac{\eta_{Bi}}{t_{zi}} \cdot Kt_i \quad (5.65)$$

- mit: Kt_i - Zeitanteilsfaktor in Teiltechnologie

Für das effektive Fördervolumen der Teiltechnologie Q_{effi} gilt:

$$Q_{effi} = 3600 \cdot E \cdot \frac{\eta_{Bi}}{t_{zi}} \quad [\text{fest m}^3/\text{h}] \quad (5.66)$$

Das jährliche Fördervolumen eines Schürfkübelbaggers ergibt sich aus:

$$Q_E = Q_{eff} \cdot t_r \cdot (1 - K_{mt}) \quad [\text{fest m}^3/\text{a}] \quad (5.67)$$

- mit: t_r - Reine Betriebszeit des Schürfkübelbaggers im Jahr [h]
 K_{mt} - Faktor der mehrfachen Massenbewegung bezogen auf die reine Betriebszeit

Die reine Betriebszeit t_r umfasst die Zeit für den unmittelbaren Baggerprozess einschließlich zugehöriger Einstellzeiten und definiert sich wie folgt:

$$t_r = t_k \cdot \eta_t \quad [\text{h}] \quad (5.68)$$

- mit: t_k - Kalenderzeit, 8760 [h/a]
 η_t - zeitlicher Auslastungsgrad

$$\eta_t = \frac{t_k - t_{sp}}{t_k} \quad (5.69)$$

- mit: t_{sp} - geplante und ungeplante Stillstandszeiten des Schürfkübelbaggers

Der Faktor der mehrfachen Massenbewegung ergibt sich aus dem Verhältnis der einzelnen Zeitanteile, kann aber auch unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Q_{effi} über den Volumenanteil ausgedrückt werden.

$$K_{mti} = \frac{t_{ri}}{t_r} = K_{mvi} \cdot \frac{Q_{effi}}{Q_{eff}} \quad (5.70)$$

- mit: t_{ri} - reine Betriebszeit für mehrfache Massenbewegung [h]

K_{mvi} - Faktor der mehrfachen Massenbewegung bezogen auf den Volumenanteil der Teiltechnologie i

Daraus folgt:
$$Q_E = Q_{eff} \cdot t_r \cdot \left(1 - \sum_{i=1}^n K_{mv} \cdot \frac{Q_{effi}}{Q_{eff}} \right) \quad [\text{fest m}^3/\text{a}] \quad (5.71)$$

Arbeitszykluszeit

Die Arbeitszykluszeit t_z ist von folgenden Zeitanteilen abhängig:

$$t_z = t_f + 2t_s + t_e \quad [\text{s}] \quad (5.72)$$

mit: t_f - Zeit für das Füllen des Kübels [s]

t_s - Zeit für das Schwenken mit vollem/leerem Kübel [s]

t_e - Zeit für das Entladen des Kübels [s]

Die Arbeitszykluszeit t_z hängt von den technischen Kennziffern des Baggers, den technologischen Parametern und von den geomechanischen Eigenschaften des Bodens ab (Tab. 5.1 und 5.2).

Tab. 5.1 Grabeigenschaften des Gesteins [83]

Eigenschaften	Kategorie der Gesteine			
	I	II	III	IV
Grabwiderstand [kg/cm ²]	0,6	1,5	2,5	3,25
Dichte des Gesteins [t/m ³]	1,6	1,8	2,0	2,5
Auflockerungsfaktor des Gesteins	1,15	1,25	1,35	1,5

Tab. 5.2 Arbeitszykluszeit von verschiedenen Schürfkübelbaggern bei unterschiedlichen Grabeigenschaften des Gesteins [141]

Schürfkübelbagger	Arbeitszykluszeit [s]			
	Grabeigenschaften des Gesteins			
	I	II	III	IV
ESch-5/45	45,7	50,2	55,4	62,5
ESch-10/60	48,2	51,2	55,0	58,7
ESch-10/70	49,2	52,2	56,0	59,7
ESch-13/50	45,1	48,2	52,0	55,6
ESch-15/90	52,7	55,7	59,5	62,2
ESch-20/75	53,6	56,8	60,3	63,1
ESch-25/100	55,2	57,7	61,5	64,2
ESch-40/85	56,9	58,9	62,3	65,3
ESch-100/100	57,4	59,7	63,8	67,2

Die Arbeitszykluszeit des Schürfkübelbaggers wird auch durch den Typ des Schürfkübelbaggers beeinflusst. Beispielsweise nimmt die Arbeitszykluszeit für die ESch-5/45 um 4 Sekunden, und bei

anderen Schürfkübelbaggern um 2 Sekunden zu, wenn die Grabtiefe 25 m überschreitet [141]. Die theoretische Arbeitszykluszeit des Schürfkübelbaggers kann je nach Kübelvolumen und Schwenkwinkel bestimmt werden und hat nach Tab. 5.3 folgende Werte:

Tab. 5.3 Abhängigkeit der Arbeitszykluszeit des Schürfkübelbaggers vom Schwenkwinkel [140]

Kübelvolumen		Arbeitszykluszeit [s]			
		Schwenkwinkel [°]			
yd ³	m ³	90°	120°	150°	180°
bis 19	bis 15	55	62	69	77
20-34	16-26	56	63	70	78
35-59	27-44	57	64	71	79
60-74	45-57	59	65	72	80
75-120	58-92	60	66	73	81
121-200	93-150	62	69	76	84

Die Bestandteile der Arbeitszykluszeit können aber auch konkretisiert werden. Die Entladezeit hängt vom Kübelvolumen ab und beträgt bis zu 4 Sekunden. Die Schwenkzeit kann unter Berücksichtigung der Grabtiefe und des basis- und effektiven Schwenkwinkels, nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$t_s = \frac{t_{sb} \cdot \beta_{eff}}{\beta_b} \text{ [s]} \quad (5.73)$$

- mit: t_{sb} - Basisschwenkzeit [s]
 β_b - Basisschwenkwinkel [°]
 β_{eff} - effektiver Schwenkwinkel [°]

Die Basisschwenkzeit wird vom Hersteller auf Grundlage eines Basisschwenkwinkels vorgegeben. Der effektive Schwenkwinkel ist der gemäß Einsatzschema tatsächlich nötige Schwenkwinkel.

Die Schwenkzeiten für Schürfkübelbagger mit Kübelvolumen zwischen 20 und 34 m³ sind in Tab. 5.4 unter Berücksichtigung verschiedener effektiver Schwenkwinkel dargestellt [83].

Tab. 5.4 Abhängigkeit zwischen dem Schwenkwinkel und der Schwenkzeit des Schürfkübelbaggers

Schwenkwinkel β [°]	Schwenkzeit t_s [s]
72,5	16,0
90,0	18,0
120,0	21,0
150,0	25,0
180,0	27,0

Für die Bestimmung der Füllzeit des Kübels kann die folgende empirische Formel genutzt werden [141]:

$$t_f = \frac{450 \cdot d_m^2}{E} + \frac{E}{0,09 \cdot E + 0,6} \text{ [s]} \quad (5.74)$$

- mit: d_m - mittlere Stückigkeit des Gesteins [m]

Zusammenhang zwischen Position, Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Baggers

Der Schürfkübelbagger kann in verschiedenen technologischen Schemen eingesetzt werden, die und Kapitel 5.2 modelliert werden können. Diese technologischen Schemen berücksichtigen unter anderem unterschiedliche Durchgangsbreiten und Schwenkwinkel. Technologische Schemen mit unterschiedlichen Standorten (Achsenanordnung) für einen Schürfkübelbagger sind in den Abbildungen in Kapitel 5.2 dargestellt [142]. Für jede Variante der modellierten technologischen Schemen können Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers bestimmt werden.

Die auf den folgenden Seiten beschriebenen Zusammenhänge zwischen den Parametern Position, Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers Esch-25/90 sind für Durchgangsbreiten von 35 bis 95 m gültig. Bei anderen Schürfkübelbaggern treten ähnliche Zusammenhänge auf [143].

Variante Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene (Achslage I)

Die Schwenkwinkel für das technologische Schema Achslage I ist in Abb. 5.20 dargestellt. Der Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite und Schwenkwinkel ist in Abb. 5.21 dargestellt. Durch einen größer werdenden Schwenkwinkel nimmt die Arbeitszykluszeit zu (Abb. 5.22).

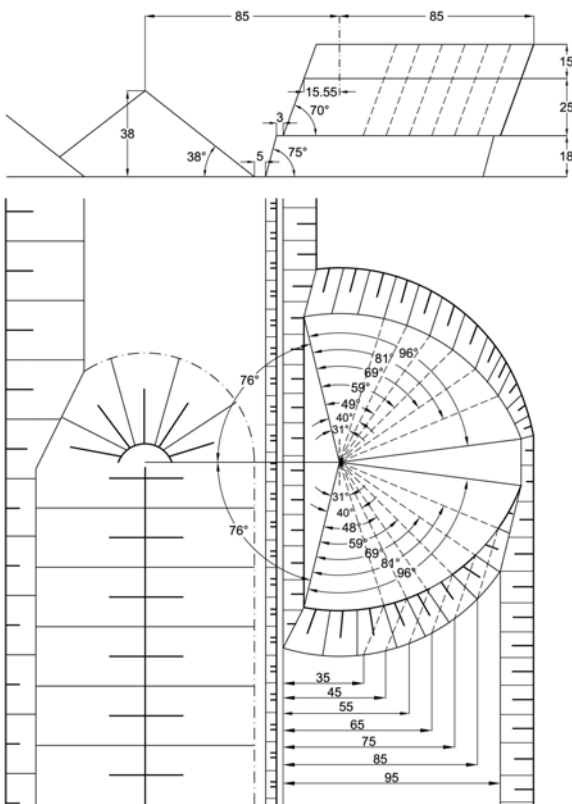


Abb. 5.20 Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 mit Achslage auf der gewachsenen Arbeitsebene

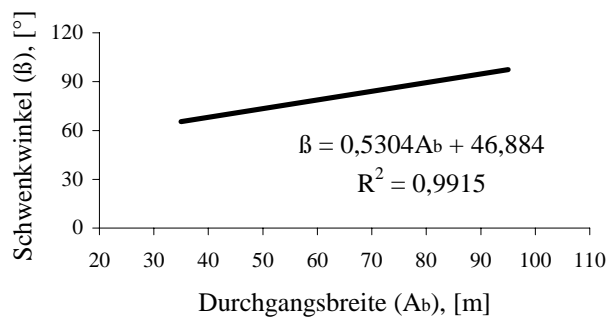


Abb. 5.21 Abhängigkeit des Schwenkwinkels von der Durchgangsbreite (Achslage I)

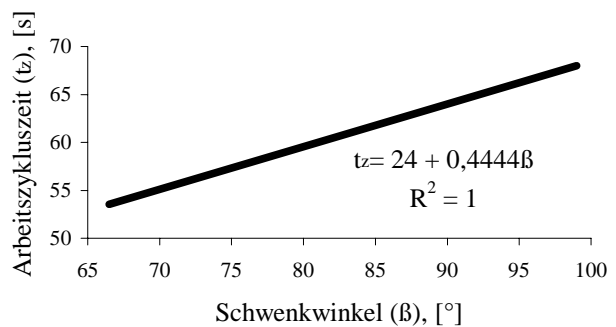


Abb. 5.22 Abhängigkeit der Arbeitszykluszeit vom Schwenkwinkel (Achslage I)

Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten Arbeitsebene (Achslage II)

In Abbildung 5.23 ist das technologische Schema für die Achslage II zu sehen. Bei diesem Schema wird ein Teil des Baggergutes doppelt umgesetzt. Besonderheit des Schemas ist, dass auf nur einer Achse der Abraum durch den Schürfkübelbagger direkt in die Innenkippe als Hoch- und Tiefschnitt verstrützt und der wieder aufzunehmende Abraum umgesetzt wird.

Während des Fortschritts des Baggers in Vertriebsrichtung wird die Achse nicht gewechselt, um die Achslagewechselzeit einzusparen und so die Produktivität des Baggers zu erhöhen.

Es bestehen zwei unterschiedliche Ziele in dieser Position. Je näher der Schürfkübelbagger an der Kippe ist, umso höher ist das Kippenvolumen. Je näher der Schürfkübelbagger dagegen an der gewachsenen Arbeitsebene ist, desto geringer der Schwenkwinkel und höher die Produktivität. In Abbildung 5.24 ist der Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite und Schwenkwinkel und in der Abb. 5.25 der Zusammenhang zwischen der Schenkwinkel und Arbeitszykluszeit dargestellt [142, 143].

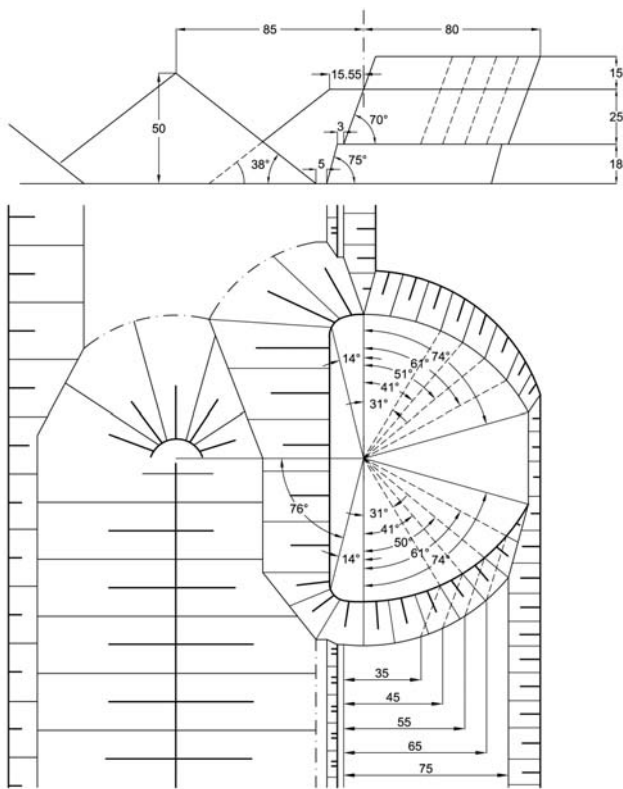


Abb. 5.23 Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 mit Achslage auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene

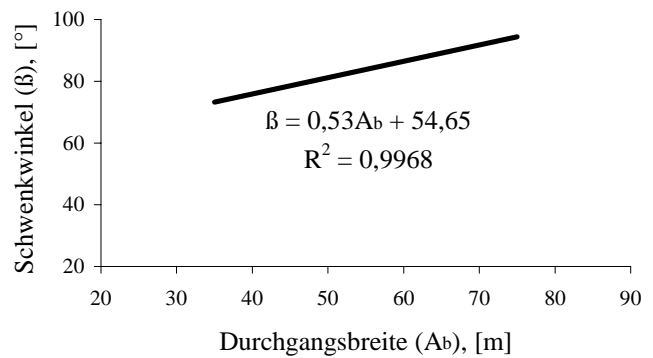


Abb. 5.24 Abhängigkeit des Schwenkwinkels von der Durchgangsbreite (Achslage II)

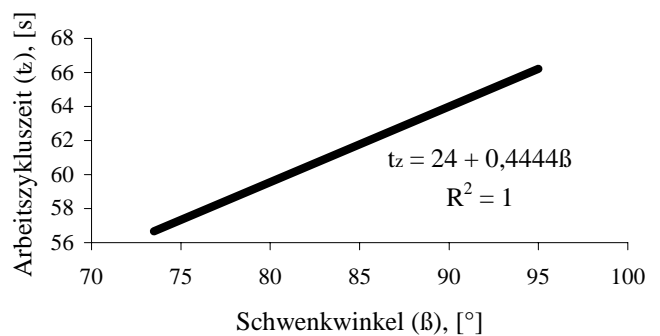


Abb. 5.25 Abhängigkeit der Arbeitszykluszeit vom Schwenkwinkel (Achslage II)

Variante Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Kippe zwischen Bagger- und Kippenseite (Achslage III)

Die Abbildung 5.26 zeigt das technologische Schema für die Achslage III. In dieser Variante führt der Schürfkübelbagger eine Zwischenschüttung durch. Diese Zwischenschüttung dient als wandernde Arbeitsebene zwischen der Gewinnungsseite und der Kippenseite.

Die Achslage III stellt die Bewegungsrichtung des Baggers auf der Zwischenschüttung dar. Bei dieser Variante ist es möglich, eine höhere Abtragsmächtigkeit in einem Durchgang zu realisieren als in den vorher genannten Varianten. Die technologischen Zusammenhänge sind in den Abbildungen 5.27 und 5.28 dargestellt. Die Schwenkwinkel in Abb. 5.28 beziehen sich auf den gewichteten Schwenkwinkel auf Bagger- und Kippenseite [142, 143].

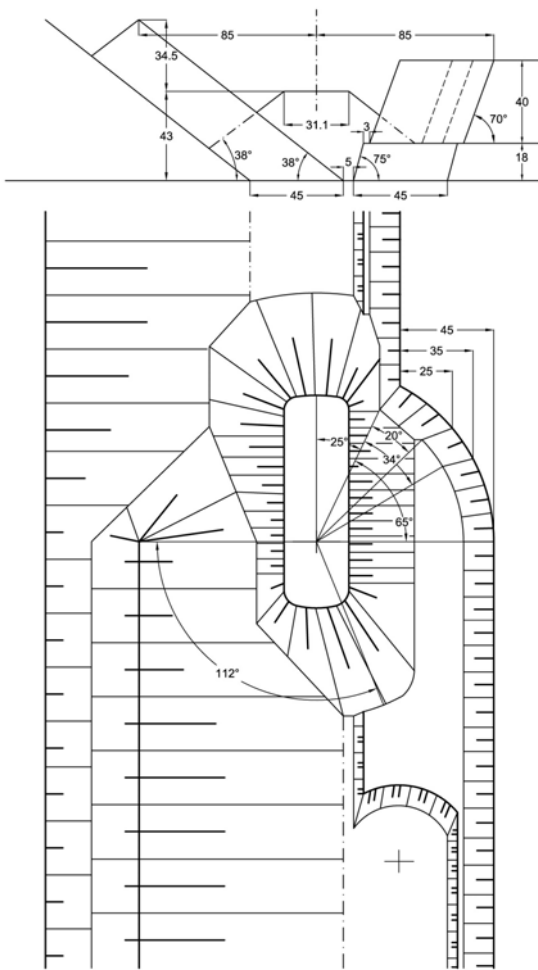


Abb. 5.26 Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 mit Achslage auf der zeitweiligen Kippe

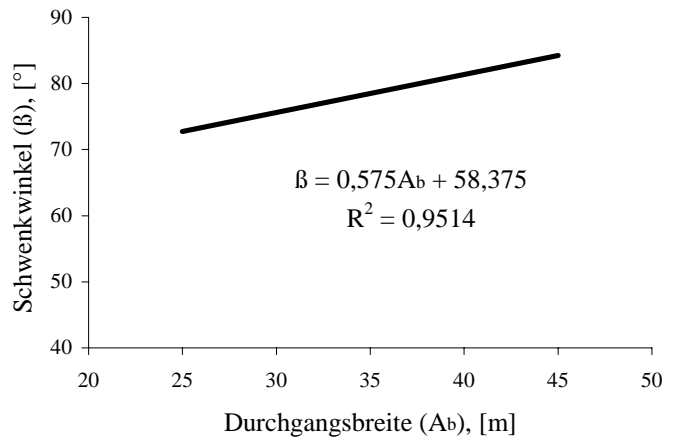


Abb. 5.27 Abhängigkeit des Schwenkwinkels von der Durchgangsbreite (Achslage III)

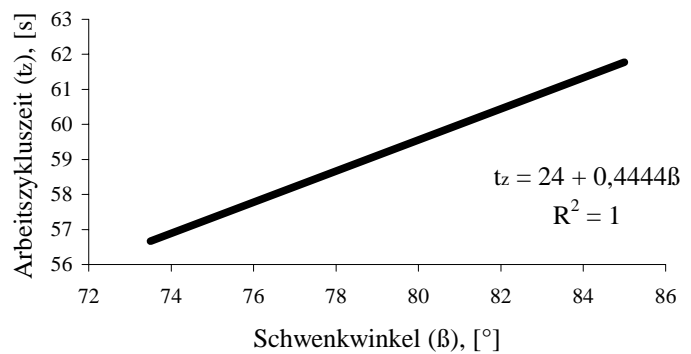


Abb. 5.28 Abhängigkeit der Arbeitszykluszeit vom Schwenkwinkel (Achslage III)

Variante Achslagenkombination auf der Bagger- und Kippenseite (Achslagen I und IV)

Bei diesem Fall verstürzt der Schürfkübelbagger den Abraum von zwei Achsen aus und jede hat ein anderes Ziel. Je näher der Schürfkübelbagger an der Böschungsseite ist (Achsenlage I), desto geringer ist der Schwenkwinkel und umso höher die Produktivität. Je näher der Schürfkübelbagger dagegen an der Kippe ist (Achslage IV), desto größeres Kippenvolumen ist möglich. Obwohl durch die Kombination der Achslagen I und IV der Schürfkübelbagger eine noch größere Durchgangsbreite und höhere Abtragsmächtigkeiten erreichen kann, erhöht sich dadurch der Anteil der doppelten Massenbewegung und vermindert das effektive Fördervolumen des Schürfkübelbaggers. Deswegen ist dieses Schema für Schürfkübelbagger mit größeren Kübelvolumen günstig. Abb. 5.29 zeigt diese Technologie. In Abb. 5.30 ist der Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite und Schwenkwinkel dargestellt und in Abb. 5.31 der Zusammenhang zwischen Schwenkwinkel und Arbeitszykluszeit. Die Schwenkwinkel in Abb. 5.31 beziehen sich auf den gewichteten Schwenkwinkel auf der Bagger- und Kippenseite [142, 143].

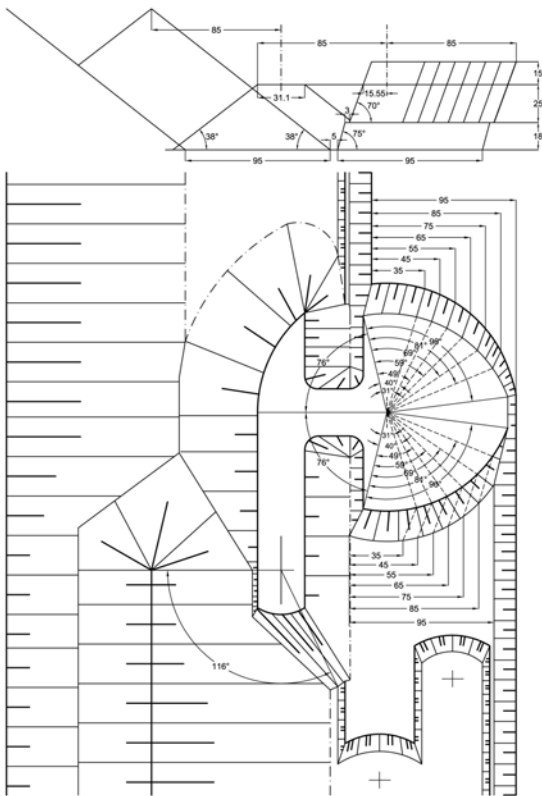


Abb. 5.29 Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 mit der Achslagenkombination auf Bagger- und Kippenseite

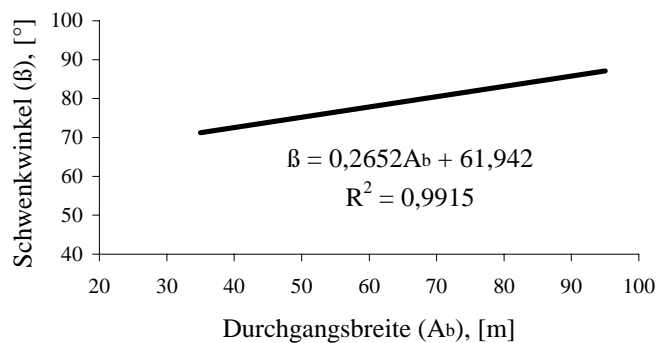


Abb. 5.30 Abhängigkeit des Schwenkwinkels von der Durchgangsbreite (Achslagen I-IV)

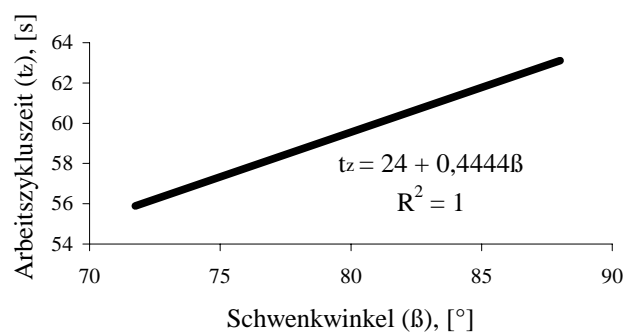


Abb. 5.31 Abhängigkeit der Arbeitszykluszeit vom Schwenkwinkel (Achslagen I-IV)

Variante Achslagenkombination auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene und Kippenseite (Achslagen II und IV)

Durch die Kombination der Achslagen II und IV ist eine weitere Verlagerung der Achslage in Richtung Kippenseite möglich (Abb. 5.32). Das gegebene Schema unterscheidet sich vom vorherigen dadurch, dass der Schürfkübelbagger zuerst auf die Achslage II und dann auf die IV positioniert wird.

Die Durchgangsbreite ist etwas geringer als bei der vorherigen Variante mit den Achslagen I/IV. Die Abhängigkeiten zwischen den Parametern sind in den Abbildungen 5.33 und 5.34 dargestellt. Das effektive Fördervolumen wird durch die mehrfache Massenbewegung und die Wechselzeit zwischen den Standorten vermindert. Die Schwenkwinkel in Abb. 5.34 beziehen sich auf den gewichteten Schwenkwinkel auf Böschungs- und Kippenseite [142, 143].

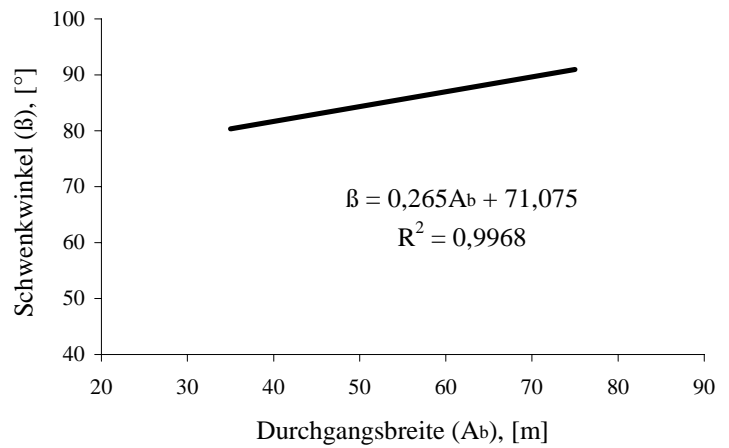
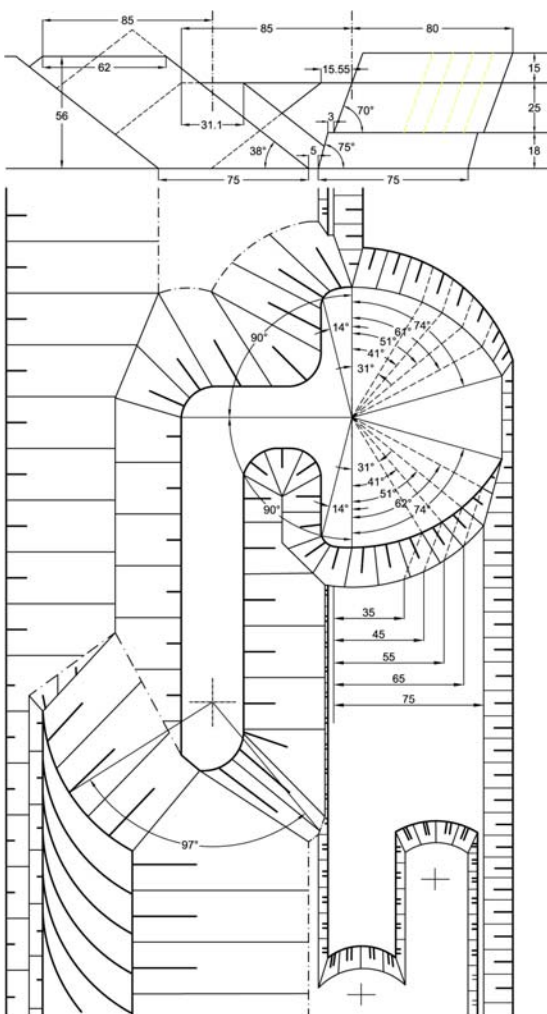


Abb. 5.33 Abhängigkeit des Schwenkwinkels von der Durchgangsbreite (Achslagen II-IV)

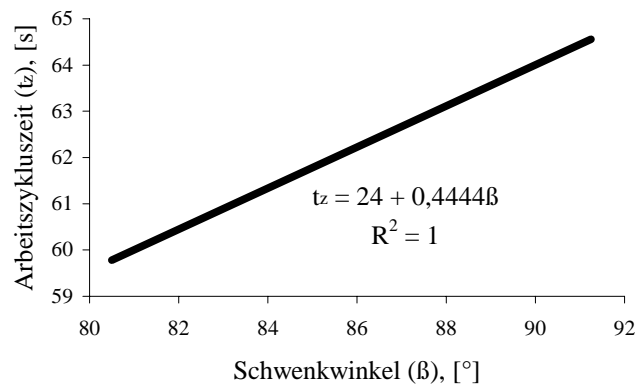


Abb. 5.32 Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 mit Achslagenkombination II/IV

Abb. 5.34 Abhängigkeit der Arbeitszykluszeit vom Schwenkwinkel (Achslagen II-IV)

Einfluss der Technologie und der Einsatzschemen auf das Fördervolumen bei Schürfkübelbaggern

Das Fördervolumen des Schürfkübelbaggers kann unter Annahme der Durchgangsbreite, Schwenkwinkel und der Arbeitszykluszeit für verschiedene Schemen der Direktversturztechnologie bestimmt werden. Die Ergebnisse exemplarischer Berechnungen zu den einzelnen Technologien sind in den folgenden Diagrammen dargestellt [142, 143].

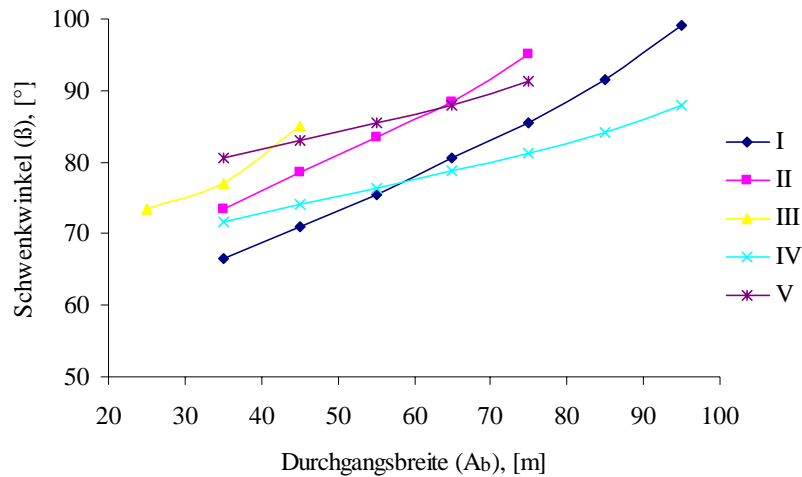


Abb. 5.35 Abhängigkeit zwischen Durchgangsbreite und Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 für alle Schemen.

Abb. 5.35 zeigt die Zunahme des effektiven Schwenkwinkels des Schürfkübelbaggers mit Vergrößerung der Durchgangsbreiten. Diese Korrelation ist bei den einzelnen technologischen Schemen unterschiedlich stark ausgeprägt. Der Vergleich der technologischen Schemen untereinander ergibt, dass sich – bei ähnlich großen Schwenkwinkeln – mit dem technologischen Schema IV größere Durchgangsbreiten realisieren lassen.

Beim technologischen Schema IV sind für größere Durchgangsbreiten, im Vergleich zu den anderen technologischen Schemen, die niedrigsten Schwenkwinkel erforderlich.

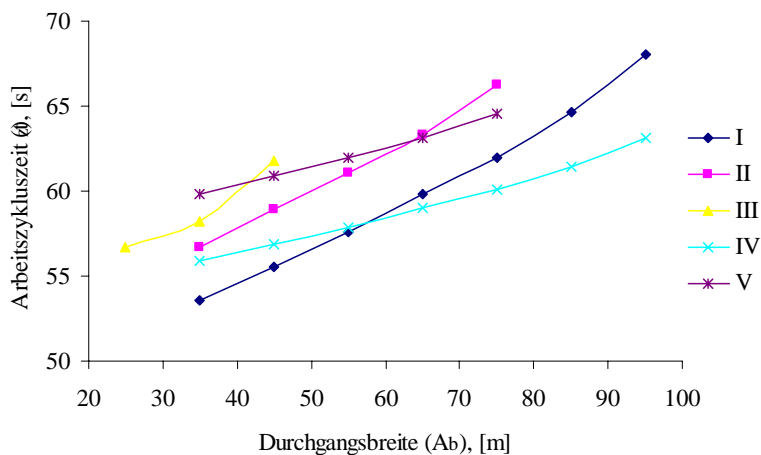


Abb. 5.36 Abhängigkeit zwischen Durchgangsbreite und Arbeitszykluszeit des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 für alle Schemen.

In Abb. 5.36 ist die Abhängigkeit der Arbeitszykluszeit des Schürfkübelbaggers von der Vergrößerung der Durchgangsbreite bzw. den Schwenkwinkel dargestellt. Auch hier lassen sich mit dem technologischen Schema IV größere Durchgangsbreiten mit im Vergleich zu den anderen Schemen niedrigsten Arbeitszykluszeiten realisieren.

Beim Schema III ist generell nur eine Durchgangsbreite von maximal 45 m möglich. Zwischen den Schwenkwinkeln und der Arbeitszykluszeit des Schürfkübelbaggers einerseits und der Durchgangsbreite andererseits besteht ein direkter Zusammenhang.

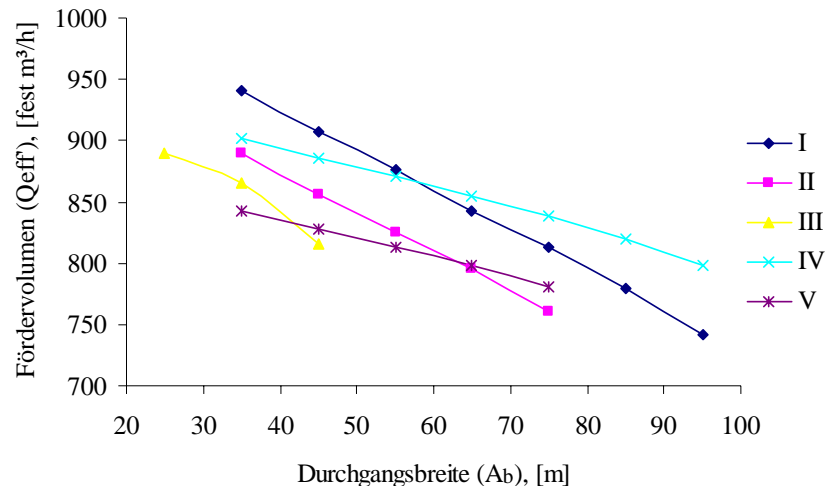


Abb. 5.37 Abhängigkeit zwischen Durchgangsbreite und Fördervolumen des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 für alle Schemen. I - V – Baggertechnologie (siehe Abb. 5.38)

Aus der Abb. 5.37 ist ersichtlich, dass zwischen dem effektiven Fördervolumen und der Durchgangsbreite des Schürfkübelbaggers ein indirekter Zusammenhang besteht.

Aus den zuvor genannten Diagrammen (Abb. 5.35 bis 5.37) lassen sich folgende Aussagen gewinnen: So beträgt z.B. beim technologischen Schema II, bei einer Durchgangsbreite von $A_b = 35$ m, der Schwenkwinkel $\beta = 73,5^\circ$ und die Arbeitszykluszeit $t_z = 52,7$ s. Wenn die Durchgangsbreite auf $A_b = 65$ m vergrößert wird, erhöht sich der Schwenkwinkel auf $\beta = 88,5^\circ$ und die Arbeitszykluszeit auf $t_z = 63,8$ s. Das führt dazu, dass sich das effektive Fördervolumen des Schürfkübelbaggers durch die Vergrößerung der Durchgangsbreiten bzw. die Zunahme der Arbeitszykluszeit vermindert (Abb. 5.37). Bei der genannten Vergrößerung der Durchgangsbreite (von $A_b = 35$ m auf $A_b = 65$ m) bedeutet das eine Absenkung des effektiven Fördervolumens von $Q_{eff} = 900$ m³/h auf $Q_{eff} = 795$ m³/h.

Weiterhin wirken sich die Schreitzeit zum Wechseln des Standortes und die mehrfache Massenbewegung auf das jährliche effektive Fördervolumen aus.

Zusammenfassend sind in Abb. 5.38 alle Parameter in einem Nomogramm dargestellt. Aus diesem lassen sich alle erforderlichen technologischen Daten für einen bestimmten Bagger ablesen [143].

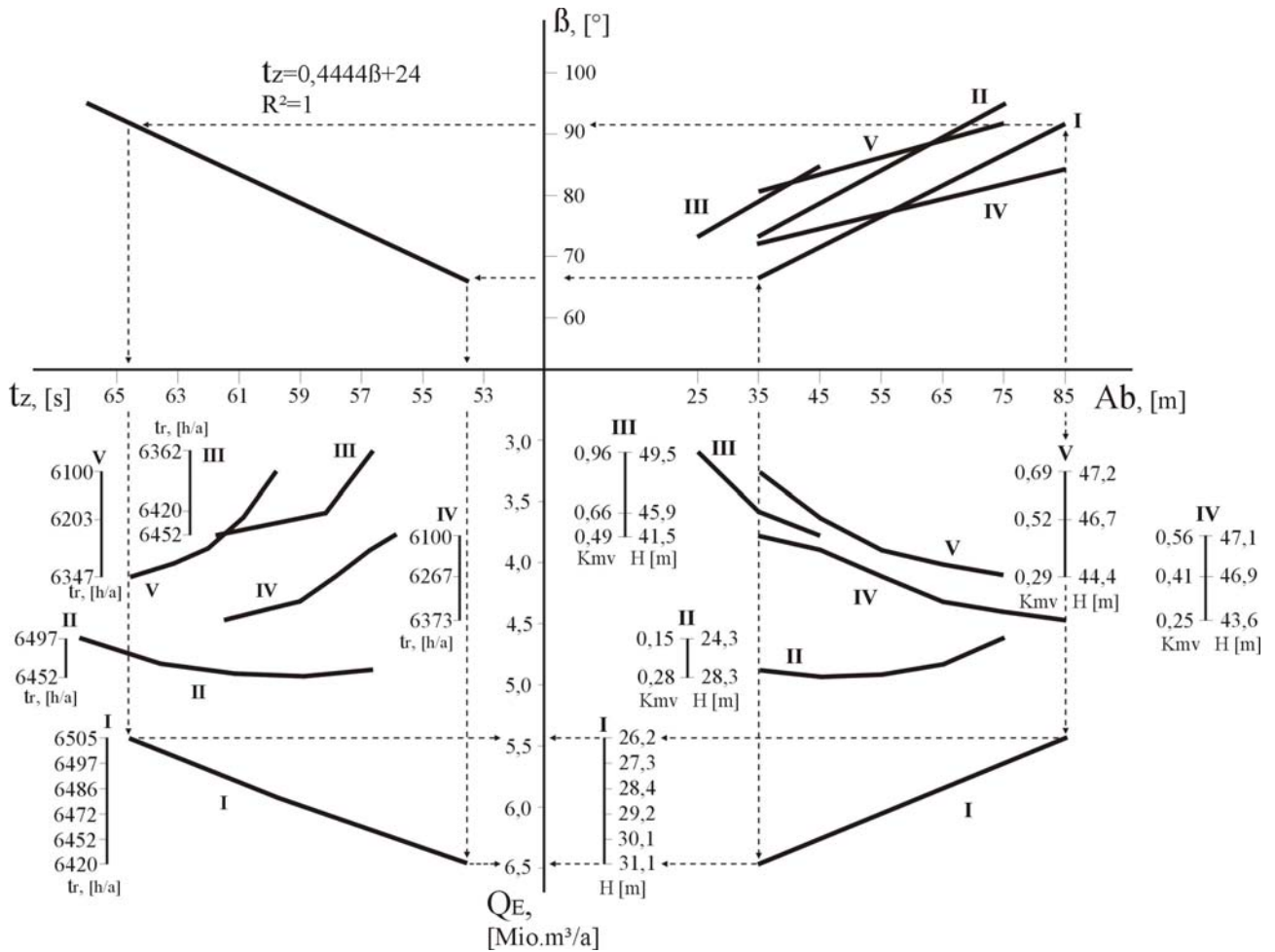


Abb. 5.38 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen Durchgangsbreite A_b , Schwenkwinkel β , Arbeitszykluszeit t_z , reiner Betriebszeit t_r , Faktor der mehrfachen Massenbewegung K_{mv} , Abtragshöhe H und Fördervolumen Q_E des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 für verschiedene Direktversturztechnologien. I-V Baggertechnologie

- I- Schema auf der gewachsenen Arbeitsebene (Achslage I),
- II- Schema auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene (Achslage II),
- III - Schema auf der zeitweiligen Kippe zwischen Bagger- und Kippenseite (Achslage III),
- IV - Schema Kombination von Bagger- und Kippenseite (Achslagen I und IV),
- V- Schema Kombination von verbreiteter gewachsener Arbeitsebene und Kippenseite (Achslagen II und IV)

Die Anwendung des Nomogramms soll an folgenden Beispielen demonstriert werden:

- a) Ermittlung des jährlichen Fördervolumens und der Abtragshöhe bei unterschiedlichen Blockbreiten:
 Im Einsatzfall des Schürfkübelbaggers Esch-25/90 im technologischen Schema I, bei dem die Durchgangsbreite $A_b = 35$ m, der mittlere Schwenkwinkel $\beta = 66,5^\circ$ und die Arbeitszykluszeit $t_z = 53,5$ s beträgt, kann ein jährliches Fördervolumen des Schürfkübelbaggers von $Q_E = 6,47$ Mio. m³/a und eine Abtragsmächtigkeit von $H = 31,1$ m erreicht werden. Bei der Durchgangsbreite $A_b = 85$ m und dem entsprechenden Schwenkwinkel $\beta = 91,5^\circ$ beträgt die

Arbeitszykluszeit $t_z = 64,5$ s und es ergibt sich ein Fördervolumen von $Q_E = 5,43$ Mio. m³/a und eine Abtragsmächtigkeit von max. 26,2 m.

b) Einfluss der Abtragshöhe auf das jährliche Fördervolumen

Wird die Abtragshöhe bei Schema I von 26,2 m auf 31,1 m gesteigert, erhöht sich das Fördervolumen im Jahr von 5,43 Mio. m³/a auf 6,47 Mio. m³/a, was einer Steigerung von ca. 16,1 % entspricht.

c) Ermittlung der reinen Betriebszeit für ein bestimmtes jährliches Fördervolumen

Wenn der Tagebau mit einer Gewinnungsleistung von 2,0 Mio. t/a arbeitet und die Durchgangsbreite von $A_b = 85$ m auf $A_b = 35$ m reduziert wird, verringert sich die notwendige reine Betriebszeit von 6.505 auf 6.420 Stunden.

5.5 Räumliche und zeitliche Begrenzungen für die Einsatzschemen der Direktversturztechnologie

Gegenstand von Abschnitt 5.3 war die Optimierung der Abtragsmächtigkeit und des Anteils der doppelten Massenbewegung entsprechend der technologischen Schemen und von Abschnitt 5.4 die Bestimmung der Produktivität der Schürfkübelbagger.

Diese so ermittelten Parameter werden nun im Zusammenhang mit den räumlichen und zeitlichen Begrenzungen gesetzt, die sich aus den konkreten Gegebenheiten des Tagebaubetriebs ergeben.

Ziel der Untersuchungen diesen Abschnitt ist es, den Einsatzrahmen der technologischen Schemen zu verdeutlichen.

Räumliche Begrenzung

Die Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger kann bestimmte Höhen des Abraums abtragen. Wenn die Direktversturztechnologie in einer Lagerstätte mit Einfallen zum Einsatz kommt, wird der Tagebau zwei verschiedene technologische Zonen haben (Abb. 5.39). Dies sind die Transportzone (H_{a2}) bzw. die Kombination von Seilbagger-SKW und die Direktversturzzone (H_{a1}) mit Schürfkübelbagger [144]. Die Gesamtabraummächtigkeit (H_a) nimmt im Lauf des Abbaus (Abbaufortschritt in Richtung Einfallen) aufgrund des Einfallens der Lagerstätte kontinuierlich zu. Von dieser Zunahme ist nur die Transportzone (H_{a2}) betroffen, aber nicht die Direktversturzzone (H_{a1}), deren Mächtigkeit konstant bleibt.

Damit erfährt die Direktversturztechnologie mit Schürfkübelbagger eine räumliche Begrenzung.

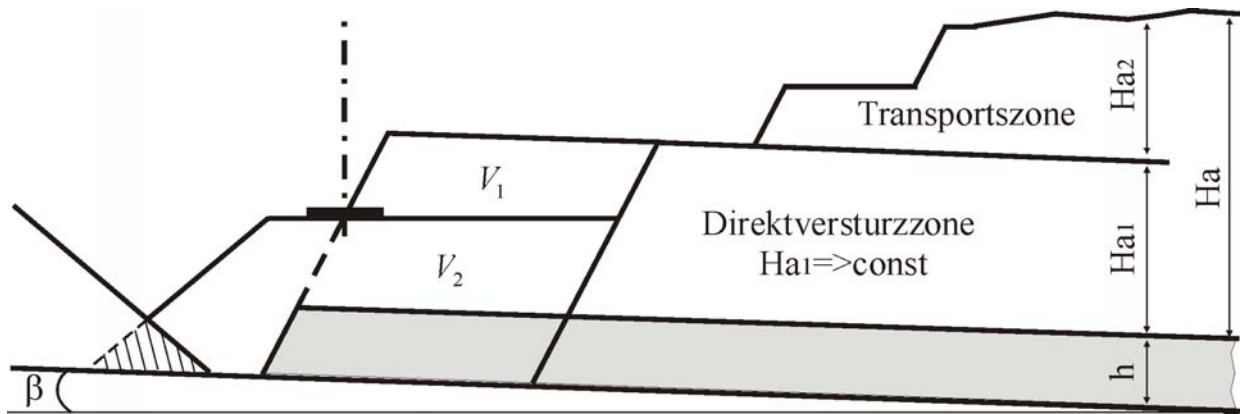


Abb. 5.39 Technologische Zonen der Abraumbearbeitung des Tagebaus

Daneben besteht eine Reihe weiterer äußerer Faktoren, die die räumliche Begrenzung beeinflussen:

- Kippenvolumen, Neigungswinkel und Höhe der Kippe,
- Geomechanische Eigenschaften des Gesteins,
- Parameter des Schürfkübelbaggers (Auslegerlänge, Grabtiefe, Abwurfhöhe),
- Varianten der technologischer Schemen bzw. Abbauparameter und seine Elemente, Arbeitsebene des Schürfkübelbaggers (X, Y) usw.

Oben genannten Faktoren wurden als Eingabedaten der Modellierung der technologischen Schemen und der Optimierung der Abtragsmächtigkeiten der modellierten Schemen herangezogen, so dass sich die technisch möglichen Einsatzrahmen des Schürfkübelbaggers bestimmen ließen. Aus der optimierten Abtragungshöhe ergibt sich die mögliche Mächtigkeit der Direktversturzzone (H_{a1}) beim Einsatz eines bestimmten technologischen Schemas. Abbildung 5.40 zeigt die räumlichen Begrenzungen je nach technologischem Schema [139].

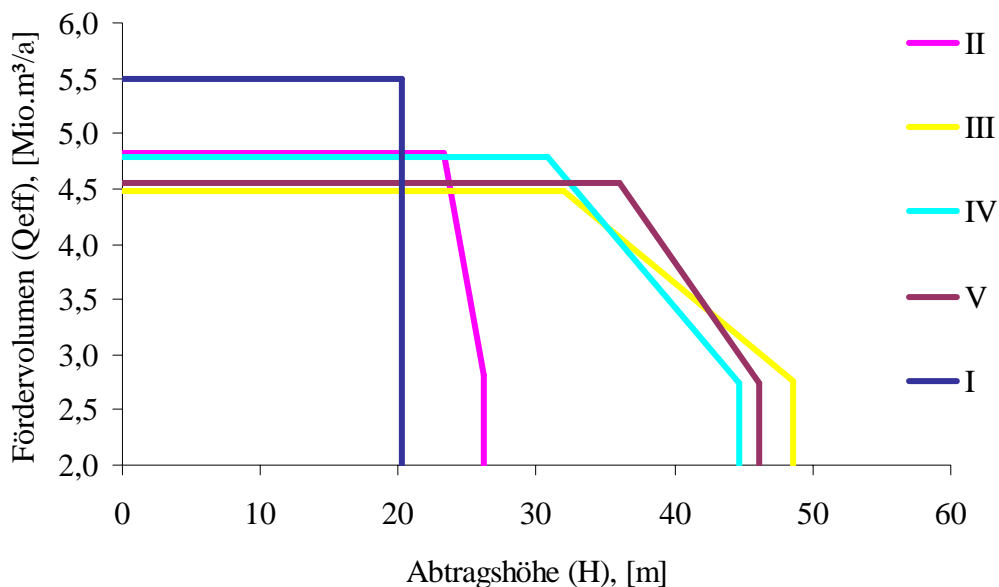


Abb. 5.40 Räumliche Begrenzungen der Direktversturzttechnologischen Schemen

Zeitliche Begrenzungen (siehe folgender Abschnitt) grenzen diesen Rahmen weiter ein.

Zeitliche Begrenzung

Die Leistung des Schürfkübelbaggers und die Kohlegewinnungskapazität des Tagebaus stellen zeitliche Begrenzungen des jeweiligen Einsatzrahmens der technologischen Schemen dar.

Die Kohlegewinnungskapazität des Tagebaus hängt auch vom Absatzmarkt, der Finanzierung und technischen Leistungen ab. Aufgrund der Kohlegewinnungskapazität wird das Volumen der Abraumgewinnung geplant. Dem steht jedoch die Leistung des Schürfkübelbaggers (bzw. der anderen Geräte) gegenüber. Mit der Leistung des Schürfkübelbaggers kann ein bestimmter Teil des Abraumvolumens abgetragen werden, das restliche Volumen des Abraums muss von der Transporttechnologie bewältigt werden. Deshalb wird die Abtragsmächtigkeit der Direktversturzzone durch die Leistung des Schürfkübelbaggers begrenzt.

Im Tagebau mit nur einem Schürfkübelbagger bestehen folgende Einflüsse auf die Abtragsmächtigkeit:

Wenn die Kohlegewinnungskapazität des Tagebaus zunimmt, wird die Abraumabtragsmächtigkeit der Direktversturzzone vermindert, weil die Leistung des Schürfkübelbaggers begrenzt ist und umgekehrt [144]. Die Abraumabtragsmächtigkeit der Direktversturzzone hängt weiterhin vom konkreten Baggermodelle und dem zum Einsatz kommenden technologischen Schema ab. Dies bedarf eines einheitlichen Modells für die Bestimmung der Abraumabtragsmächtigkeit der Direktversturzzone. Im Folgenden werden die analytischen Lösungen des einheitlichen Modells vorgestellt.

Das Volumen der Abraumgewinnung (V_A) des Tagebaus errechnet sich mit:

$$V_A = A_{gk} \cdot K_{ar} \text{ m}^3/\text{a} \quad (5.75)$$

mit: A_{gk} - Kohlegewinnungskapazität [t/a]

K_{ar} - Verhältnis Abraum / Rohstoff [m³/t]

Das Volumen der Abraumgewinnung V_a besteht aus folgenden Teilen für den Tagebau mit kombinierter Technologie:

$$V_A = V_D + V_T \quad (5.76)$$

mit: V_D - Abraumvolumen der Direktversturzzone mit Schürfkübelbagger [m³/a]

V_T - Abraumvolumen der Transportzone z.B. mit Kombination
Seilbagger-SKW [m³/a]

In Tagebauen mit nur einem Schürfkübelbagger werden, um die Leistung des Schürfkübelbaggers voll zu nutzen, erweiterte technologische Schemen eingesetzt. Für diesen Fall errechnet sich die Leistung des Schürfkübelbaggers Q folgendermaßen:

$$Q = V_D = V_D' + V_D'' \text{ m}^3/\text{a} \quad (5.77)$$

mit: V_D' - das Volumen der ersten Massenbewegung [m³/a]

V_D'' - das Volumen der doppelten Massenbewegung [m³/a]

Das Volumen der doppelten Bewegung kann folgendermaßen bestimmt werden:

$$V_D'' = \frac{V_D' \cdot K_{wa}}{K_a} \quad (5.78)$$

mit: K_{wa} - Faktor der doppelten Massenbewegung

K_a - Auflockerungsfaktor des Gesteins

Formel (5.78) eingesetzt in Formel (5.77) ergibt:

$$Q \geq V_D + \frac{V_D' \cdot K_{wa}}{K_a}$$

$$\text{daraus} \quad Q \geq V_D \cdot (1 + K_{wa} / K_a) \quad (5.79)$$

Auf der anderen Seite ist das Abraumvolumen der Direktversturzzone mit Schürfkübelbagger von der Kohlegewinnungskapazität abhängig. Es gilt:

$$V_D = A_{gk} \cdot K_{vd} \quad (5.80)$$

mit: K_{vd} - Verhältnis Abraum zu Kohle für die Direktversturzzone mit Schürfkübelbagger [m³/t]

Formel (5.80) eingesetzt in Formel (5.79) ergibt:

$$Q \geq K_{vd} \cdot A_{gk} \cdot \left(1 + \frac{K_{wa}}{K_a}\right) \quad (5.81)$$

Daraus ergibt sich das Verhältnis Abraum zu Kohle der Direktversturzzone (K_{vd}) mit:

$$K_{vd} \leq \frac{Q}{A_{gk} \cdot (1 + K_{wa} / K_a)} \quad (5.82)$$

Im allgemeinen Fall kann die Mächtigkeit der Direktversturzzone (H) unter Berücksichtigung der Abbaugeometrie mit folgender Gleichung bestimmt werden:

$$H = K_{vd} \cdot h \cdot \gamma_r \quad [m] \quad (5.83)$$

mit: h - Mächtigkeit der Kohlenflöz [m]

γ_r - Dichte der Kohle [t/m³]

Daraus ergibt sich für das Verhältnis von Abraum zu Kohle der Direktversturzzone (K_{vd}):

$$K_{vd} = \frac{H}{h \cdot \gamma_r} \quad (5.84)$$

Die Mächtigkeit der Direktversturzzone (H) unter Berücksichtigung der Abbaugeometrie und der Mächtigkeit der Direktversturzzone (H_{a1}) unter zeitlicher Begrenzungen werden nun gleich gesetzt.

$$H = H_{a1} \quad [m] \quad (5.85)$$

Durch die Zusammenfassung der Formeln (5.82) und (5.84) kann die zeitliche begrenzte Abraumabtragsmächtigkeit der Direktversturzzone wie folgt berechnet werden:

$$H_{a1} \leq \frac{Q \cdot h \cdot \gamma_r}{A_{gk} \cdot (1 + K_{wa} / K_a)} \quad [m] \quad (5.86)$$

Die Bedingungen des Braunkohlentagebaus „Shivee-Ovoo“ wurden für die Beispielkalkulationen herangezogen. Die Eingabedaten sind in Tabelle 5.5 aufgeführt.

Tab. 5.5 Daten des Tagebaus Shivee-Ovoo für Berechnung Abtragshöhe

Nr.	Daten	Kennung	Einheit
1.	Varianten der Kohlegewinnungskapazität [Mio. t/a]	A_{gk}	2,0*; 3,0*; 4,0*
2.	Dichte der Kohle [t/m ³]	γ_r	1,21
3.	Mächtigkeit der Kohleflöz [m]	h	18,0
4.	Auflockerungskoeffizient des Gesteins	K_a	1,25
5.	Leistung des Schürfkübelbagger [Mio. m ³ /a]	Q	5,5

* In die Kalkulationen sind die zeitlichen Begrenzungen für die drei unterschiedlichen Varianten der Kohlegewinnungskapazität einbezogen werden.

Anlage 5.26 zeigt die zeitlichen Begrenzungen der Abraumabtragsmächtigkeiten in Abhängigkeit von den Kohlegewinnungskapazitäten. Durch die Zusammenfassung der Ergebnisse dieser Beispielkalkulationen und den Ergebnissen der Optimierung der doppelten Massenbewegung (Kapitel 5.3) ließen sich die zeitlichen Begrenzungen bestimmen. Das Ergebnis dieser Zusammenfassung ist in Abb. 5.40 wiedergegeben.

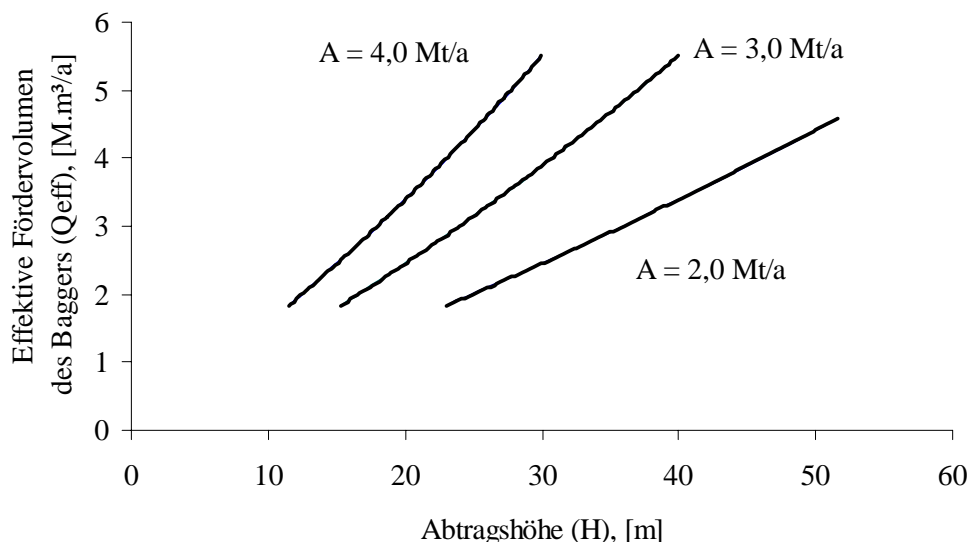


Abb. 5.41 Zeitliche Begrenzungen der Abtragshöhe und der effektiven Fördervolumen des Schürfkübelbaggers (ESch-25/90) für unterschiedliche Gewinnungskapazitäten; Fallbeispiel Tagebau „Shivee-Ovoo“

Aus der Abb. 5.41 ist ersichtlich, dass die zeitlichen Begrenzungen das effektive Fördervolumen des Schürfkübelbaggers beeinflussen und die Abraumabtragsmächtigkeit der Direktversturzzone dadurch vermindert wird. Zwischen der Abtragsmächtigkeit und dem effektiven Fördervolumen des

Schürfkübelbaggers gibt es einen direkten Zusammenhang. Damit wird bestätigt, dass sich bei Zunahme der Kohlegewinnungskapazität des Tagebaus die Abraumabtragsmächtigkeit der Direktversturzzone aufgrund der begrenzten Leistung des Schürfkübelbaggers vermindert. Zwischen der Abraumabtragsmächtigkeit und dem Faktor der doppelten Massenbewegung besteht ein indirekter Zusammenhang (Anlage 5.27). In Anlage 5.28 ist der Zusammenhang zwischen dem Faktor der doppelten Massenbewegung und dem effektiven Fördervolumen des Schürfkübelbaggers dargestellt.

Einsatzrahmen der Direktversturztechnologie mit einem Schürfkübelbagger

Durch die Zusammenfassung die Ergebnisse der zeitlichen und räumlichen Begrenzungen können die Einsatzrahmen der technologischen Schemen verdeutlicht werden. Abb. 5.42 stellt die Ergebnisse für das Beispiel des Tagebaus „Shivee-Ovoo“ graphisch dar [139].

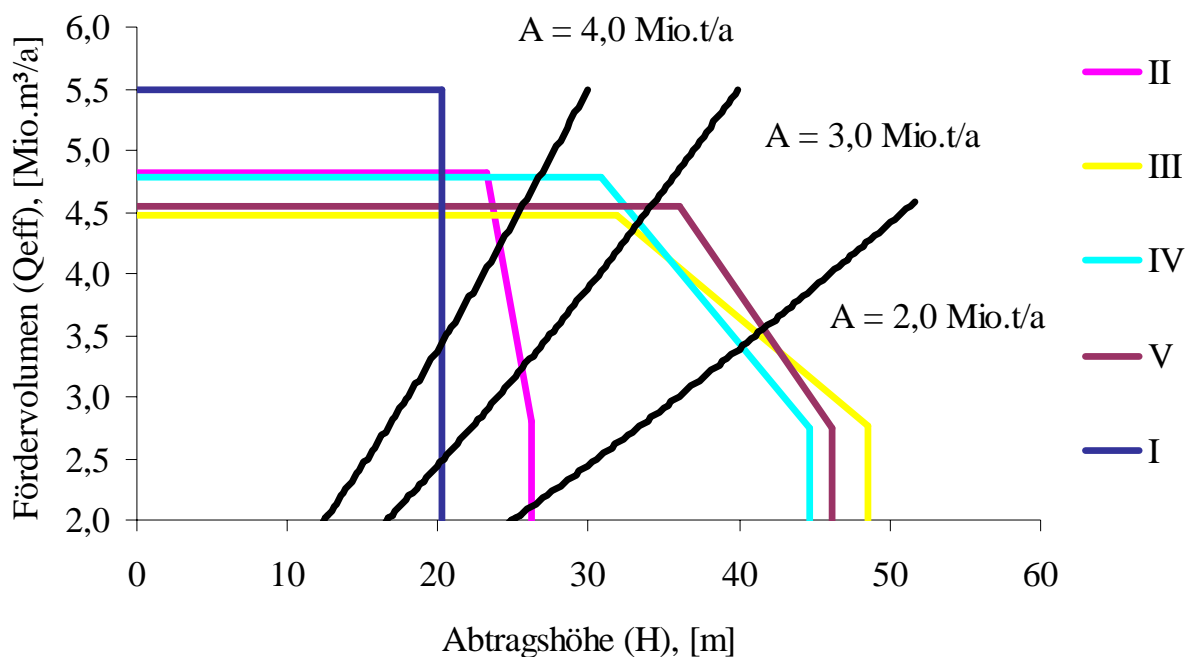


Abb. 5.42 Einsatzrahmen der Direktversturztechnologie mit dem Schürfkübelbagger (ESch-25/90) im Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo (I, II, III, IV, V- modellierte technologische Schemen)

Aus dem in Abb. 5.42 illustrierten Rahmen des technologischen Schemas der Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Kippe zwischen Bagger- und Kippenseite (Achslage III; gelbfarbene Linie) lassen sich beispielsweise folgende Aussagen gewinnen. Bei einer Kohlegewinnungskapazität von 2,0 Mio. t/a beträgt die Abraumabtragsmächtigkeit bis zu 42,3 m und das Fördervolumen bis zu 3,5 Mio. m³/a. Bei einer Kohlegewinnungskapazität von 3,0 Mio. t/a beträgt die Abraumabtragsmächtigkeit bis zu 33,5 m und das Fördervolumen bis zu 4,3 Mio. m³/a. Bei einer Kohlegewinnungskapazität von 4,0 Mio. t/a beträgt die Abraumabtragsmächtigkeit bis zu 28,1 m und das Fördervolumen bis zu 4,5 Mio. m³/a.

6 Programmierung und wirtschaftliche Bewertung der technologischen Varianten

Dieses Kapitel beinhaltet drei Schwerpunkte:

- Vorstellung eines selbst entwickelten Computerprogramms für die Auswahl der Technik und des Einsatzschemas
- Der Einsatz dieses Programms in der Praxis (Fallbeispiel Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo) und die Bearbeitung der Ergebnisse
- Kriterien zur Auswahl der optimalen Variante der Einsatztechnologie und ihre wirtschaftliche Effektivität

6.1 Programmentwicklung

Es existieren bereits mehrere Computerprogramme, die den Einsatz von Schürfkübelbaggern im Tagebau zum Inhalt haben. Die Programme „CadSim“, „ComDrag“, „DragSim“, „3D-Dig 2000“ werden dabei am häufigsten genutzt. Die einzelnen Programme sind dabei auf unterschiedliche Schwerpunkte des Schürfkübelbagger-Einsatz ausgerichtet. Zum Beispiel:

- CadSim (computerised dragline simulation model) nutzt Erzkörpermodelle (die aus einer geologischen Datenbank stammen) für die Simulation. Somit können optimalen Strategien für einen Schürfkübelbaggerbetrieb ausgewählt werden [145].
- ComDrag dient der Auswahl optimaler Parameter für das jeweilige technologische Schema des Schürfkübelbaggerbetriebes. Es werden Form und Volumen der Kippe sowie Schwenkwinkel und Reichweite des Schürfkübelbaggers ausgegeben [146].
- DragSim dient der kurz- bis langfristigen Planung des Schürfkübelbaggerbetriebes. Aus den Basisparametern eines bestimmten Schürfkübelbaggers werden die Produktivität, die Kosten und der Umfang des Schürfkübelbaggerbetriebes berechnet [147].
- 3d-Dig 2000 von Earth Technologies führt anhand von Topographie und Kohlendaten eines Tagebaus die 3D-Simulation der Aspekte Graben und Verkippung des Schürfkübelbaggerbetriebes aus. Mit einem Zusatzmodul ist auch die Simulation mehrerer Kippengeometrien möglich [149]. Dieses Programm wird v.a. von Tagebauunternehmen in Australien, Nordamerika und Südafrika verwendet.

Neben diesen Programmen existieren mehrere Virtual-Reality-Simulatoren für das Schürfkübelbagger-Training (z.B.: „Dragline Training Simulator“ von der Firma „Fifth Dimension Technology“ (5DT) [150], „Dragline-DL35 Conversion KitTM“ von der Firma „Inversive Technology“ [151].

Das Untersuchungsziel der vorliegenden Arbeit bestand erstens in der Auswahl des Schürfkübelbaggers mit geeigneten Parametern (Auslegerlänge und Kübelvolumen) und zweitens im Finden des optimalen technologischen Schemas für die vorgegebenen geologischen- und technischen Bedingungen. Die technologischen Schemen berücksichtigen unter anderem unterschiedliche Durchgangsbreiten und

Schwenkwinkel sowie unterschiedliche Standorte (Achsenanordnung) des Schürfkübelbaggers. Dafür waren insgesamt gut 300.000 modellierte Varianten von fünf unterschiedlichen technologischen Schemen zu kalkulieren und optimieren. Die Optimierung von mehreren Varianten der Baggerstandorte hatte das Ziel, eine technologisch optimale Variante zu identifizieren. Optimale Varianten zeichnen sich durch die höchste Produktivität, größte Abtragsmächtigkeit und geringste Mahrfachbewegung von Massen aus. Diese Ziele waren aufgrund der Rechenintensität nur mit Computerunterstützung zu erreichen, wofür ein spezifisches Programm benötigt wurde. Jedoch ließ sich keines der genannten, am Markt verfügbaren Programme für diesen Zweck verwenden. Daher wurde im Rahmen dieser Arbeit speziell für diese Zielstellung das Programm „Dragline“ entwickelt [152]. Dieses Programm „Dragline“ wurde in der Programmiersprache „Microsoft Visual Studio 2005“ geschrieben. Eine Übersicht der Programmodule ist in Anlage 6.1 dargestellt. Abb. 6.1 zeigt die Struktur des Programms und Abb. 6.2 gibt den Lösungsalgorithmus für ein Schema der technologischen Varianten wieder.

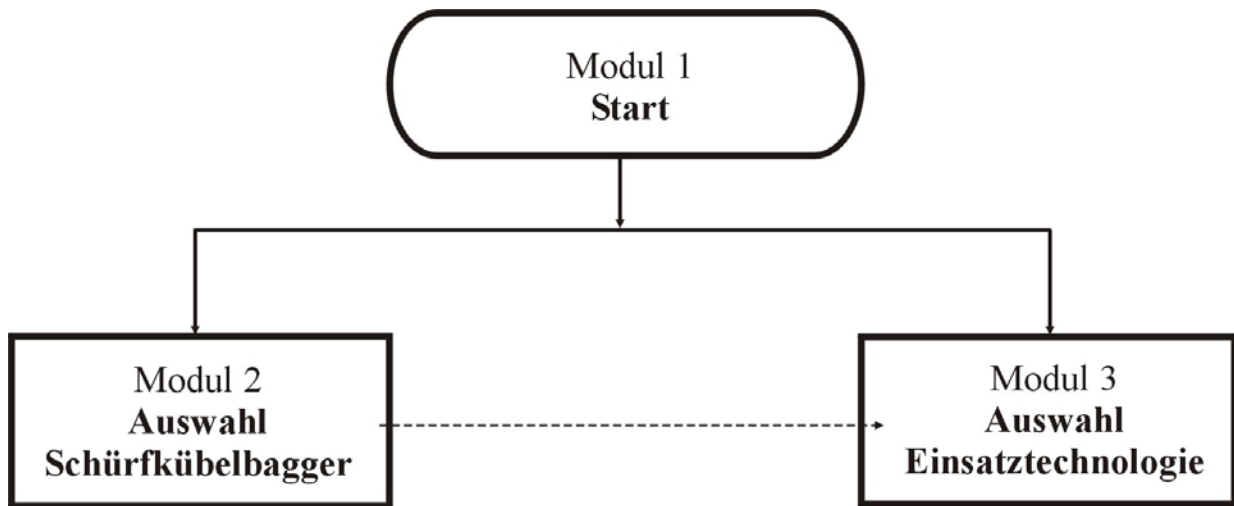


Abb. 6.1 Übersicht über die Module des Programms „Dragline“ [152]

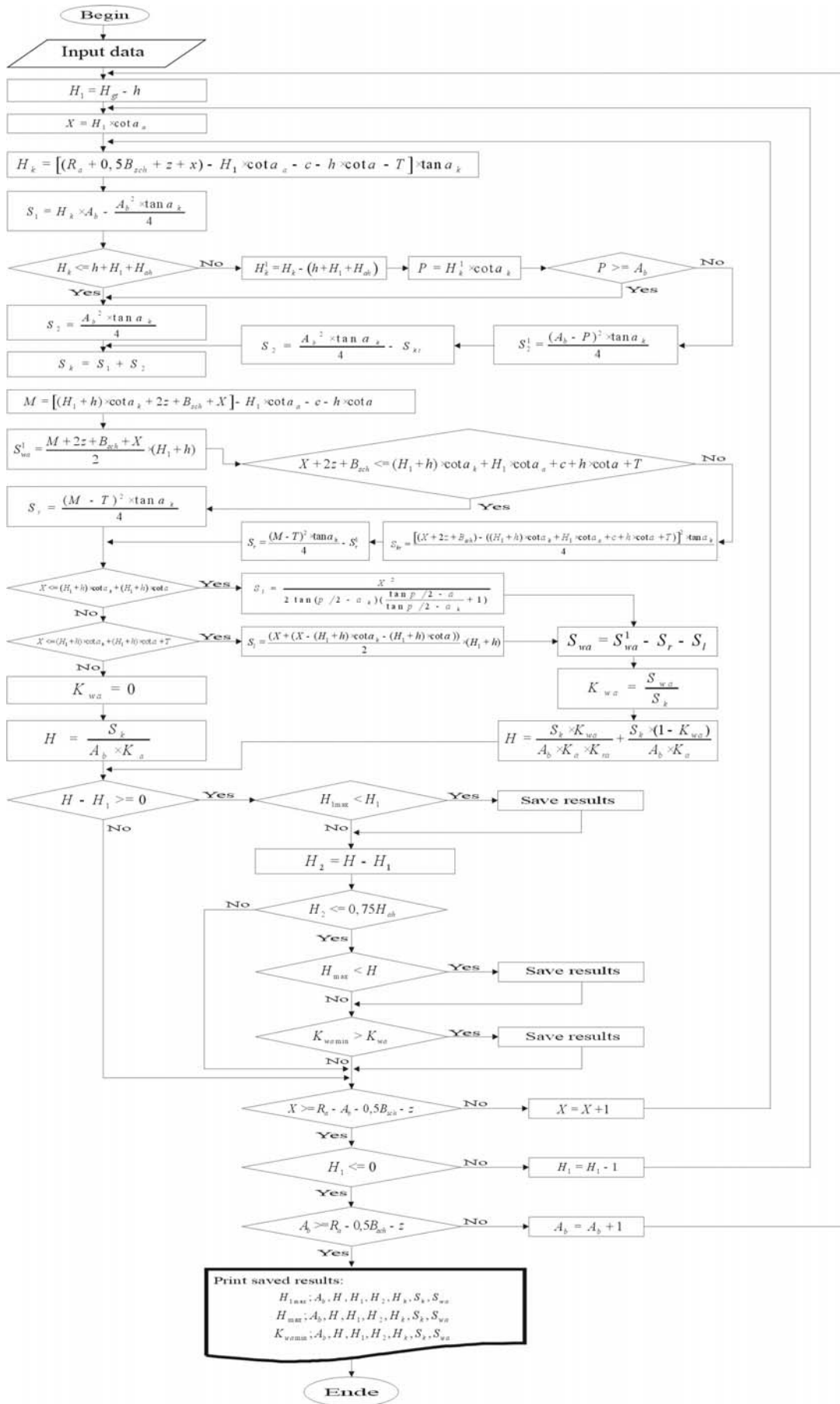


Abb. 6.2 Programmablaufplan für ein exemplarisches Schema der technologischen Varianten

Die aktuelle Version des Programms „Dragline“ ist die Version 01, Weiterentwicklungen sind geplant. Im Folgenden wird das Programm kurz vorgestellt.

Die Software wird über das Startmodul 1 geöffnet (Abb. 6.3). Das Startmodul besteht aus zwei Fenstern (Anlage 6.2).

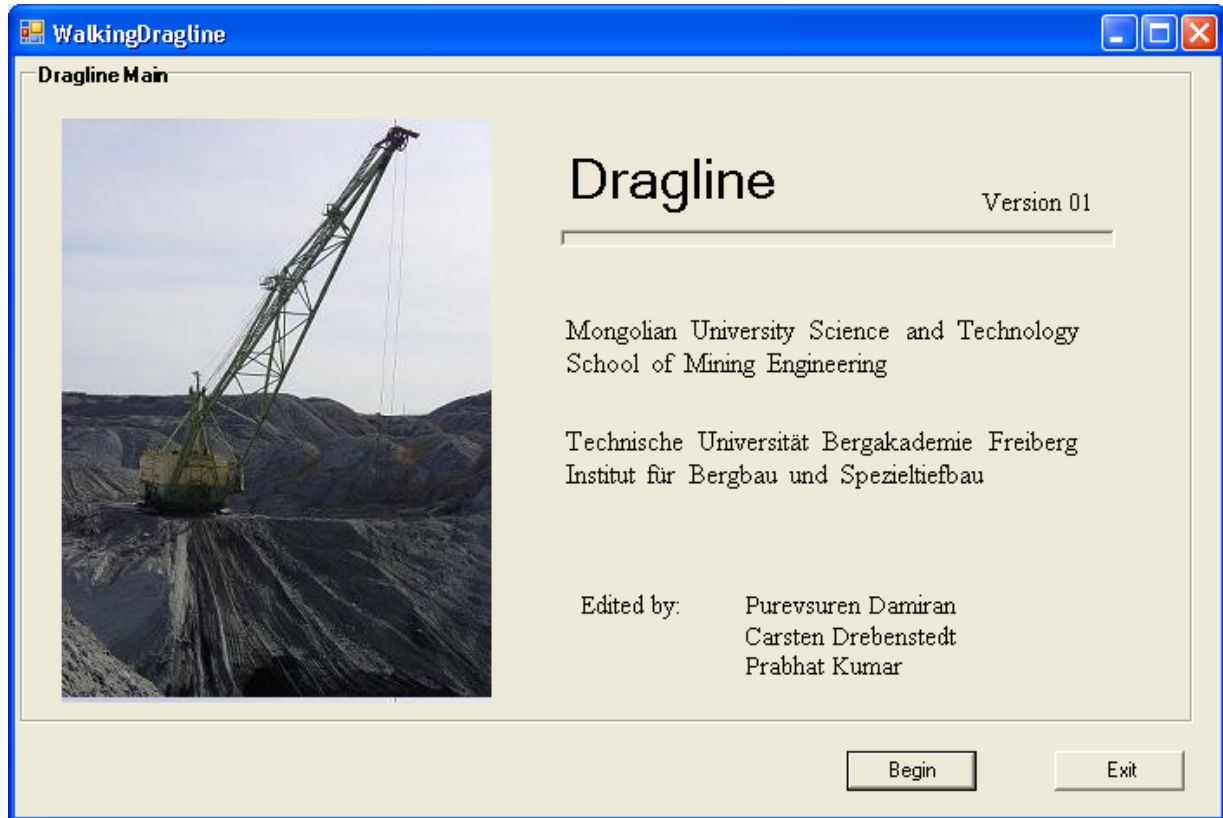


Abb. 6.3 Startfenster des Programms (Modul 1)

Drücken auf Schaltfläche „Begin“ öffnet das folgende Fenster (Abb. 6.4):

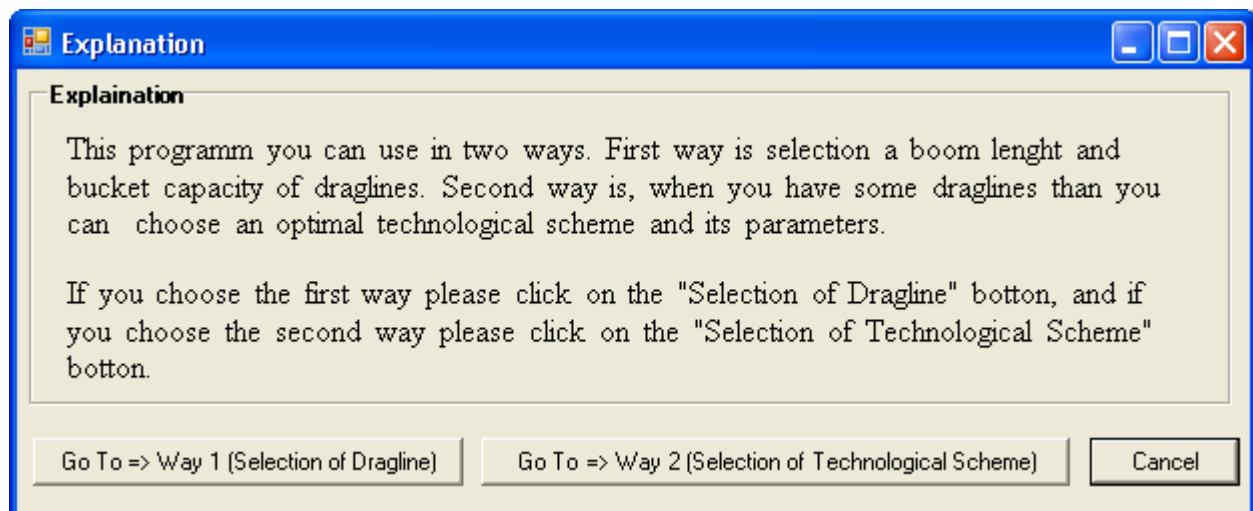


Abb. 6.4 Fenster mit einführender Erläuterung zum Einsatz des Programms (Modul 1)

Hier erfolgt eine kurze Erläuterung über die Einsatzmöglichkeiten des Programms. Dabei kann eine der folgenden zwei Möglichkeiten (Programmteile) ausgewählt werden:

Der erste Teil des Programms beinhaltet die Auswahl eines Schürfkübelbaggers nach vorgegebenen Abbauparametern (Modul 2, Anlage 6.3), der zweite Teil die Auswahl der optimalen Einsatztechnologie eines vorhandenen Schürfkübelbaggers für unterschiedliche technologische Varianten (Modul 3, Anlage 6.4).

Für die Auswahl des ersten Programmteils wird die Schaltfläche „Way 1 Selection Dragline“ betätigt. Daraufhin wird das folgende Fenster „Data_Way1“ geöffnet (Abb. 6.5):

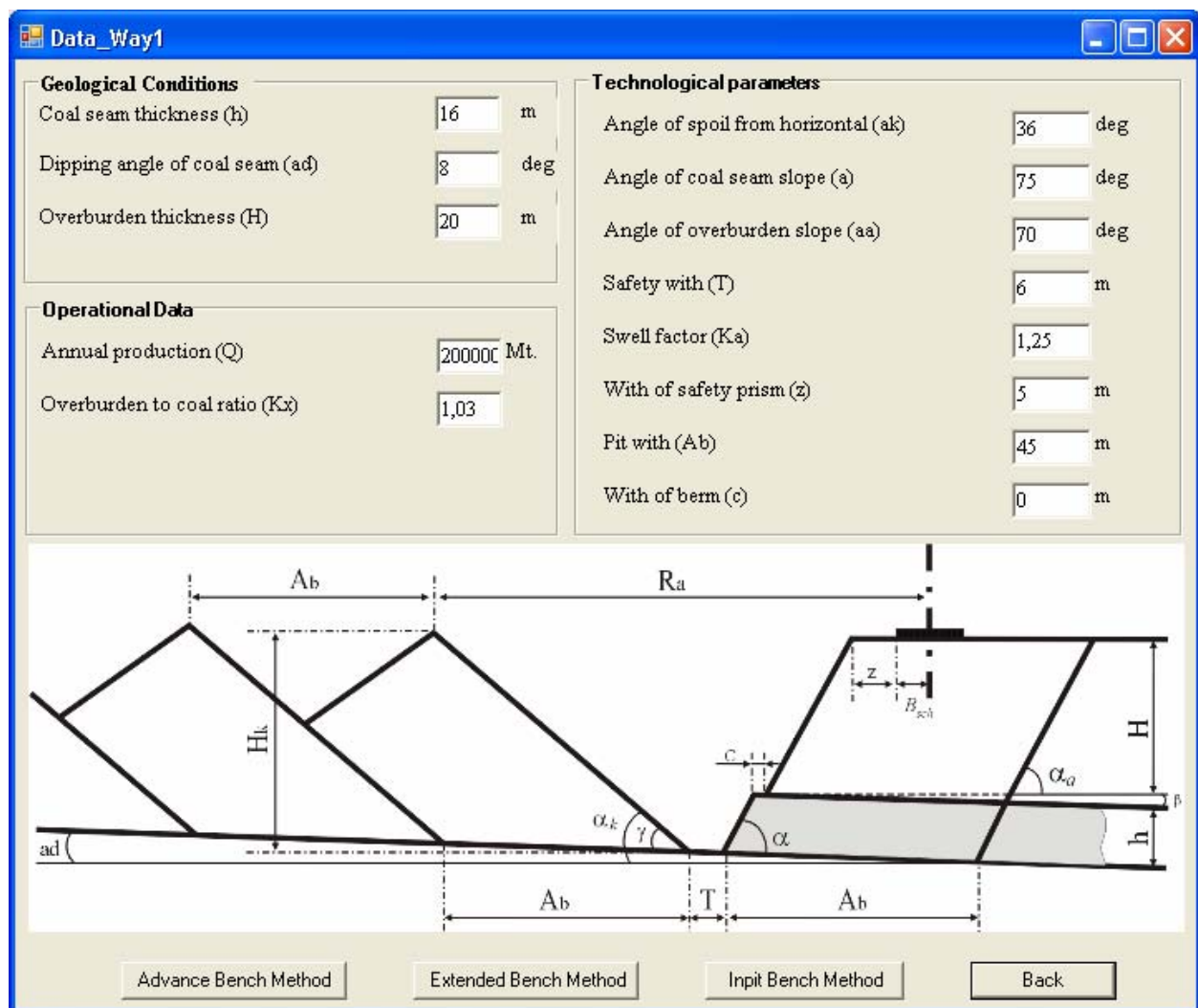


Abb. 6.5 Das Fenster zur Abfrage der Eingabedaten, Advance Bench Method–Achslage I, Extended Bench Method–Achslage II, Inpit Bench Method–Achslage III

Hier werden folgende Eingabedaten abgefragt, die sich in drei Gruppen zusammenfassen lassen:

1. Daten über die geologische Bedingungen der Lagerstätte: Mächtigkeit und Einfallswinkel des Kohlenflözes und Mächtigkeit des Abraums
2. Abbaudaten: Gewinnungskapazität und Abraum:Rohstoff-Verhältnis

3. Technologische Parameter: Neigungswinkel von Kippe und gewachsener Böschung, Durchgangsbreite, Sicherheitsabstand von der Böschungskante, Auflockerungsfaktor des Gesteins usw.

Nachdem diese Daten eingegeben sind, besteht die Möglichkeit, die Auslegerlänge des Schürfkübelbaggers für drei Grundschemas auszuwählen (untere Schaltflächen in Abb. 6.5, die je nach technologischen Schemen benannt worden sind).

Als Beispiel wird das technologische Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene ausgewählt, hierzu wird die Schaltfläche „Advance Bench Method“ gedrückt. Das Programm führt nun einige Kalkulation durch und es öffnet sich das folgende Fenster „Way1_1_Reach_AdvanceBenchMethod“ (Abb. 6.6):

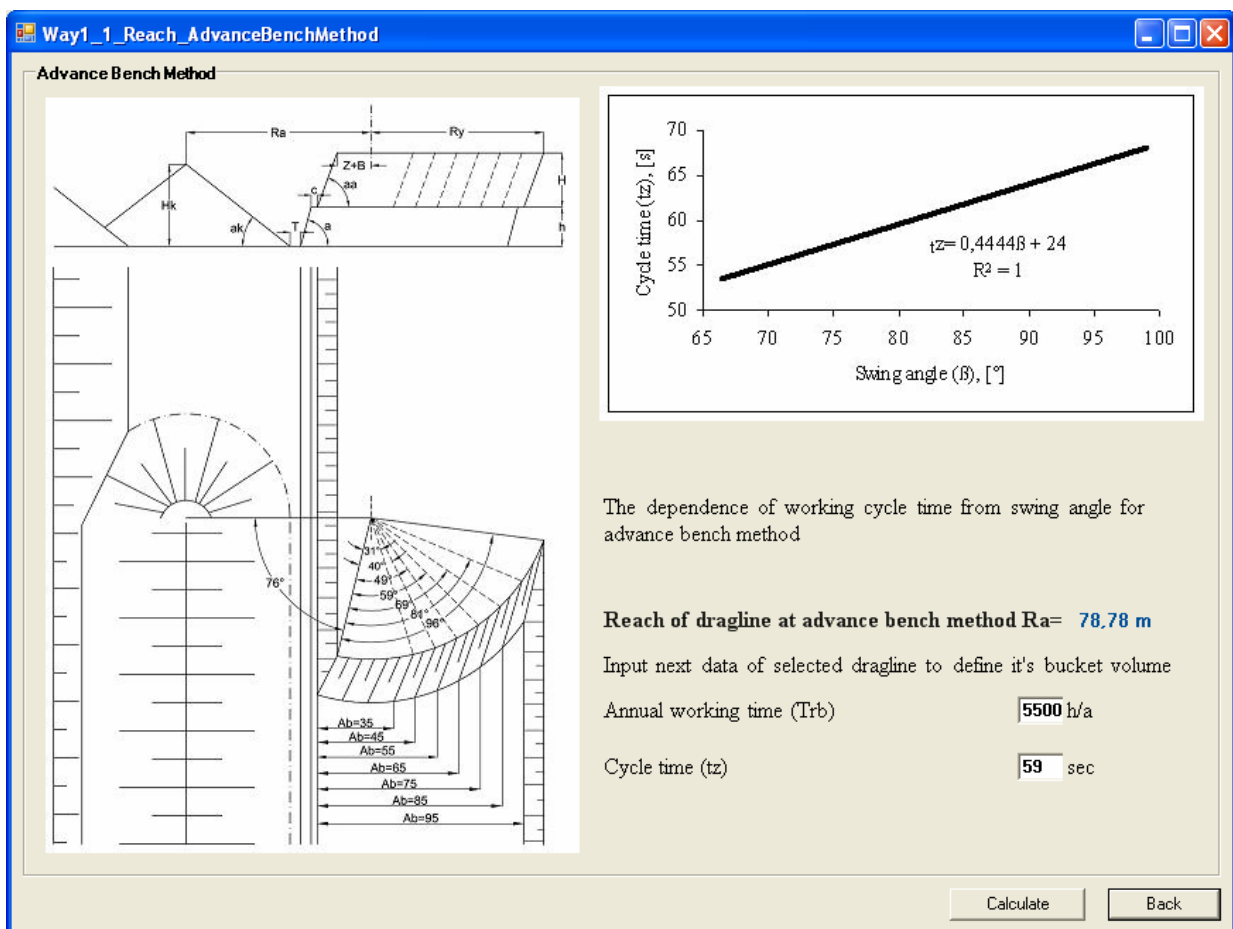


Abb. 6.6 Fenster zur Berechnung der Auslegerlänge des Schürfkübelbaggers für ein Schema

In diesem Fenster werden das ausgewählte technologische Schema, die berechnete Auslegerlänge und der Zusammenhang zwischen Schwenkwinkel und Arbeitszykluszeit des Schürfkübelbaggers für das Schema gezeigt. Bei diesem Fenster müssen weitere Daten eingegeben werden, um das Kübelvolumen des Schürfkübelbaggers zu bestimmen. Dies sind die reine Betriebszeit und die Arbeitszykluszeit. Mit den beiden im Programmfenster dargestellten Grafiken wird die Arbeitszykluszeit des Schürfkübelbaggers für dieses Schema verdeutlicht. Dabei gibt die rechte Grafik den Zusammenhang zwischen Schwenkwinkel

und Arbeitszykluszeit des Schürfkübelbaggers wieder. Hier kann ein geeigneter Wert in Abhängigkeit vom Schwenkwinkels abgelesen und in das obere der beiden Eingabefelder (rechts unten im Fenster) eingetragen werden. Zur Bestimmung des Schwenkwinkels anhand einer gegebenen Durchgangsbreite dient die linke Grafik.

Nachdem sämtliche Daten eingegeben sind, wird die Schaltfläche „Calculate“ gedrückt, worauf sich das folgende Fenster „Way1_2_Result_AdvanceBenchMethod“ öffnet (Abb. 6.7):

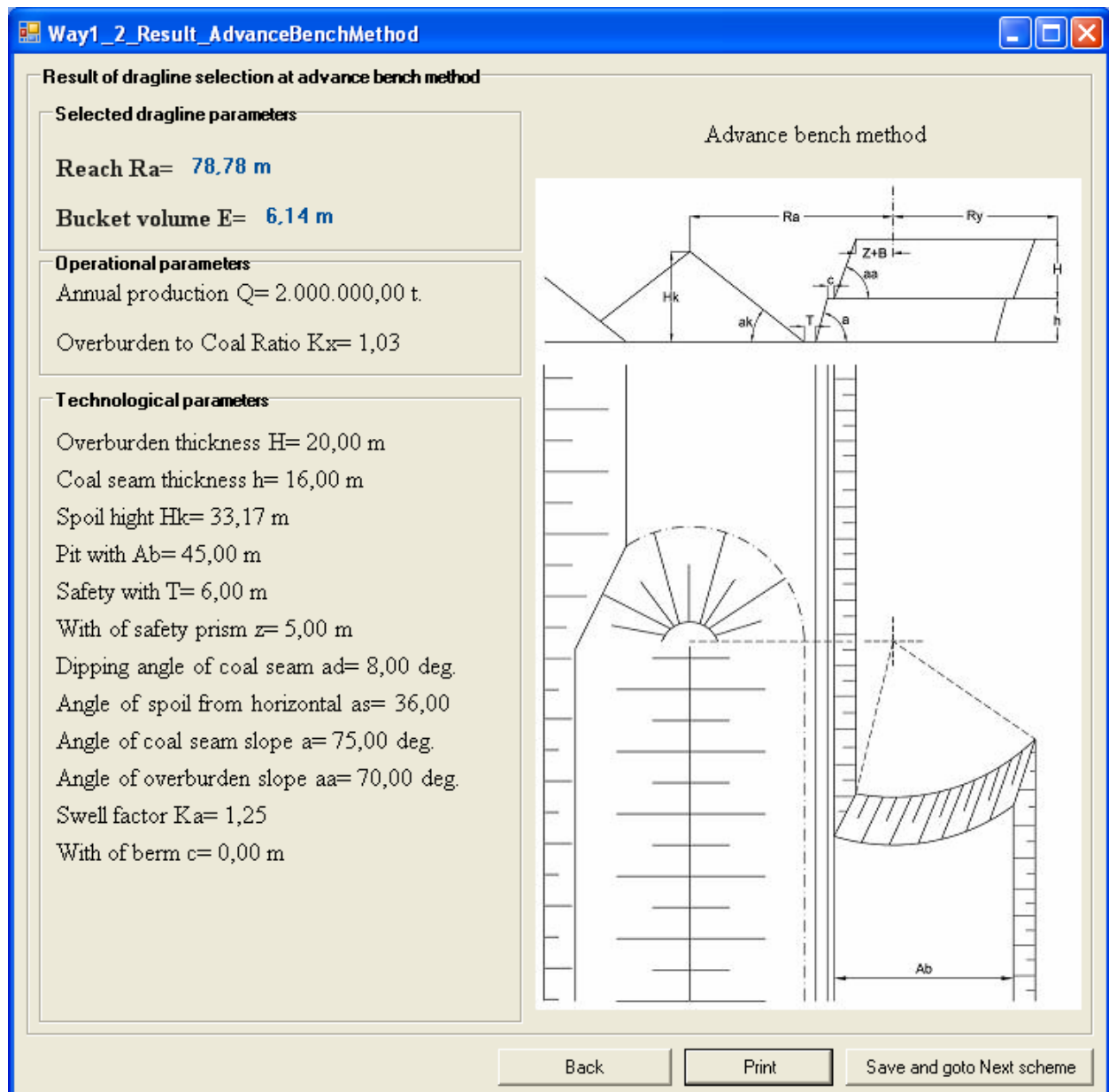


Abb. 6.7 Ergebnisse für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene

Hier werden die Ergebnisse für das technologische Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene gezeigt. Dies sind die ausgewählte Auslegerlänge und das Kübelvolumen des Schürfkübelbaggers, Abbau- und technologische Parameter sowie das Schema. Die Ergebnisse lassen sich mit Hilfe der Schaltfläche „Print“ ausdrucken. Mit Hilfe der Schaltfläche „Save and go to next scheme“

wird die Kalkulation gespeichert und die gleiche Prozedur kann nun für die übrigen Schemen durchgeführt werden. Zuletzt werden (im Fenster „Way1_7_ToalResult“) Endergebnisse bzw. ausgewählten Auslegerlängen und Kübelvolumen des Schürfkübelbaggers für die drei Grundschema ausgegeben (Abb. 6.8).

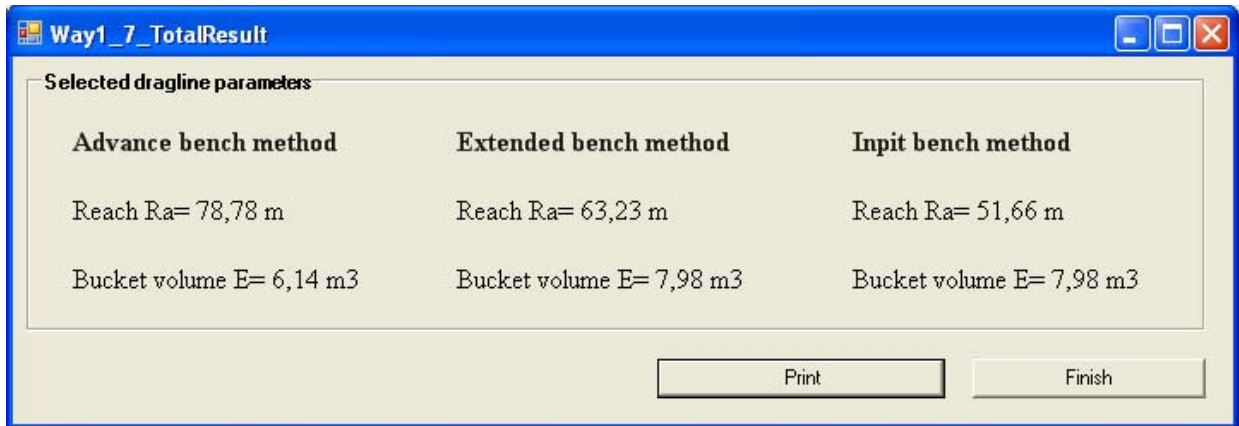


Abb. 6.8 Endergebnisse des ersten Programmteils

Somit lassen sich die drei Grundschema hinsichtlich der Endergebnisse miteinander vergleichen. Das Ziel des zweiten Programmteils ist die Wahl der optimalen Variante des technologischen Schemas und seiner Parameter unter bestimmten Lagerstätten- und Baggerbedingungen. Für die Nutzung dieses Teils muß der Schürfkübelbagger bereits ausgewählt sein. Zum Start dieses Programmteils wird im Fenster „Explanation“ (Abb. 6.4) die Schaltfläche „Way 2 Selection of Technological Scheme“ betätigt. Es öffnet sich das folgende Fenster „Data_Way2“ (Abb. 6.9):

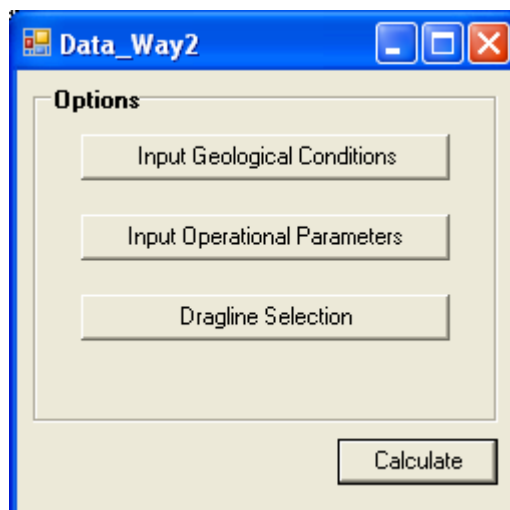


Abb. 6.9 Fenster zur Abfrage der Eingabedaten der zweiten Teil des Programms

Von hier aus lassen sich für drei Gruppen von Daten (geologische Bedingungen der Lagerstätte, Abbauparameter sowie technische Daten des Schürfkübelbaggers) im jeweiligen Fenster mit den entsprechenden Eingabefeldern öffnen. Wird der zweite Teil des Programms als Fortsetzung der ersten Teil des Programms genutzt, ist es nicht nötig, die oben genannten Daten einzugeben. In dem Fall sind diese Daten bereits bei der Nutzung des ersten Teils eingegeben und gespeichert worden und können nun

weiter verwendet werden. Wird der zweite Teil des Programms jedoch zur Behandlung von neuen Bedingungen der Lagerstätte und des Schürfkübelbaggers genutzt, ist die Dateneingabe im zweiten Programmteil erforderlich. Zur Eingabe der geologischen Bedingungen der Lagerstätte (Einfallswinkel und Mächtigkeit des Kohlenflözes) wird zunächst die Schaltfläche „Input Geological Conditions“ betätigt (Abb. 6.9), worauf sich das Fenster mit den entsprechenden Eingabefeldern öffnet (Abb. 6.10):

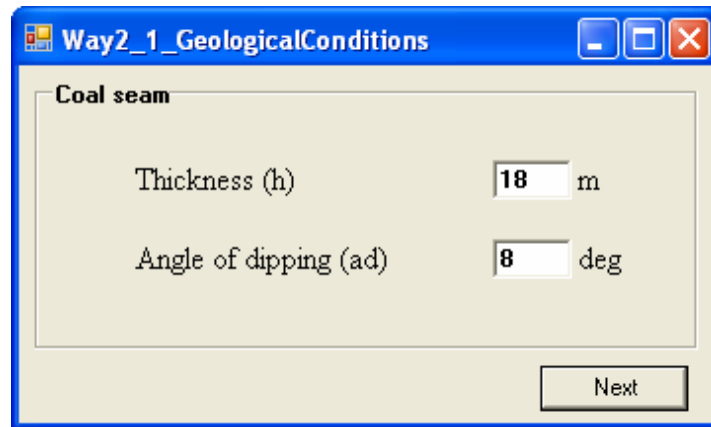


Abb. 6.10 Fenster zur Eingabe der geologischen Daten

Nach Eingabe der entsprechenden Daten erfolgt nach Drücken auf die „Next“-Schaltfläche die Rückkehr zum vorherigen Fenster „Data_Way2“ (Abb. 6.9). Zur Eingabe der Abbauparameter (Neigungswinkel von Kippe und gewachsener Böschungen von Abraum und Rohstoffe, Durchgangsbreite, Sicherheitsabstand von der Böschungskante, Auflockerungsfaktor des Gesteins usw.) wird die mittlere Schaltfläche „Input Operational Parameters“ betätigt (Abb. 6.9), worauf sich das Fenster mit den hierfür erforderlichen Eingabefeldern öffnet (Abb. 6.11):

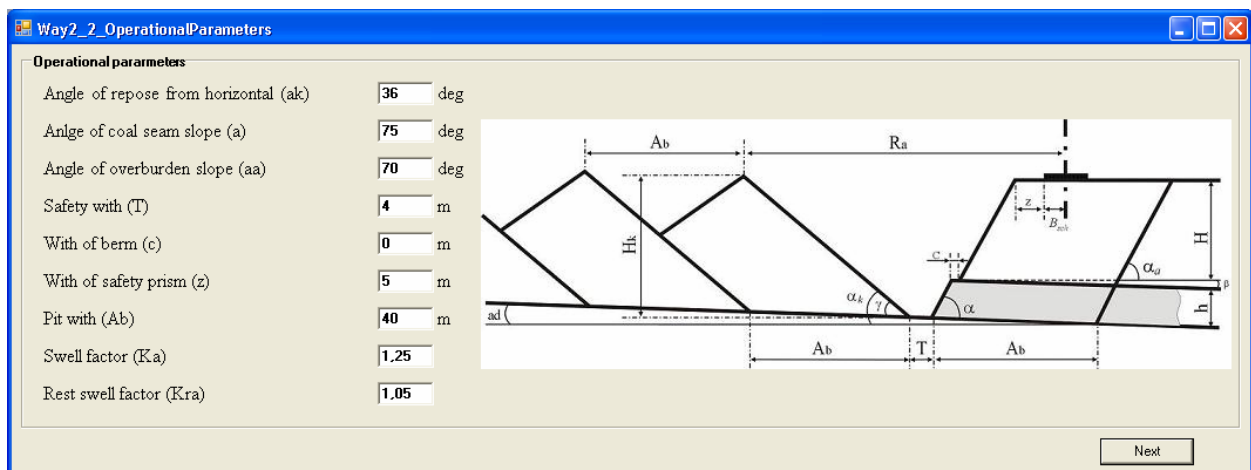


Abb. 6.11 Fenster zur Eingabe der Abbauparameter

Die Grafik neben den Eingabefeldern veranschaulicht die einzelnen Abbauparameter. Nach Eingabe der entsprechenden Daten erfolgt nach Drücken auf die „Next“-Schaltfläche die Rückkehr zum vorherigen Fenster „Data_Way2“ (Abb. 6.9). Zur Eingabe der technischen Bedingungen bzw. der technischen Parameter des ausgewählten Schürfkübelbaggers wird die Schaltfläche „Dragline Selection“ betätigt

(Abb. 6.9), worauf sich das Fenster mit den hierfür erforderlichen Eingabemöglichkeiten öffnet (Abb. 6.12):

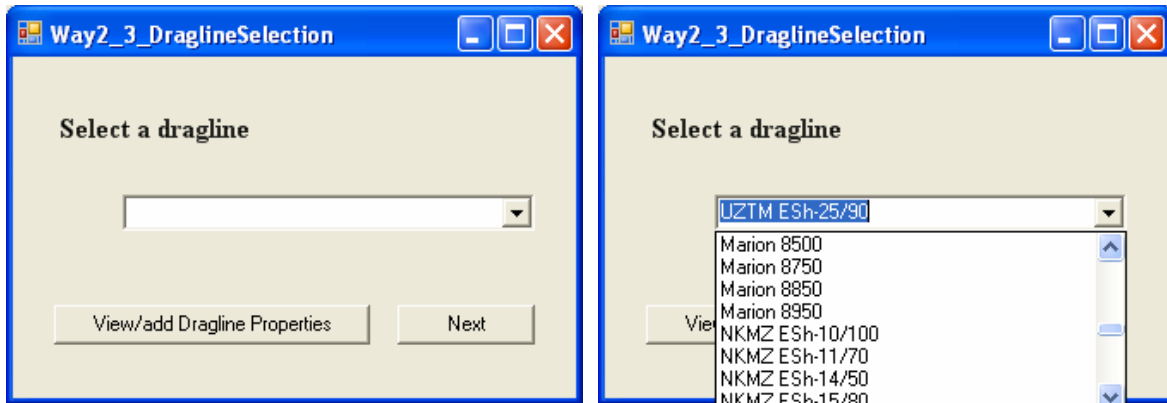


Abb. 6.12 Fenster zur Auswahl des Schürfkübelbaggers

Hier kann mit Hilfe eines Kombinationsfeldes ein Schürfkübelbagger-Modell ausgewählt werden. Das Programm enthält eine Datenbank mit den für die Kalkulation erforderlichen (und weiteren) Daten zu den gegenwärtig am Markt vorhandenen Schürfkübelbaggern. Mit Auswahl eines Modells werden die Parameter dieses Modells für die aktuelle Kalkulation übernommen. Zur Einsichtnahme der Parameter des ausgewählten Schürfkübelbaggers steht die Schaltfläche „View/add Dragline Properties“ zur Verfügung, mit dessen Hilfe sich ein entsprechendes Fenster (Abb. 6.13) öffnet. Eine Grafik veranschaulicht die Bedeutung der einzelnen Parameter. Des Weiteren besteht für den Benutzer die Möglichkeit, diese Schürfkübelbagger-Datenbank zu erweitern. Hierzu werden die in dem Fenster in Editierfeldern angezeigten Modellname und -parameter entsprechend abgeändert und der Datenbank mit Hilfe der „Add“-Schaltfläche das neue, benutzerdefinierte Modell hinzugefügt.

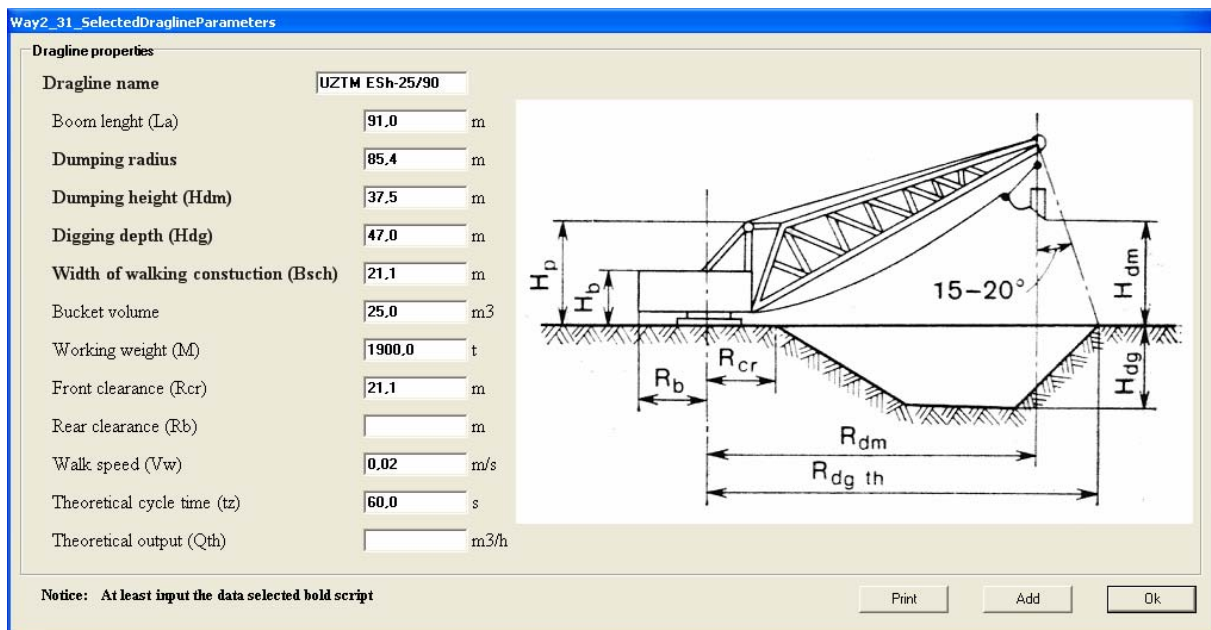


Abb. 6.13 Fenster der Erweiterung der Datenbank des Schürfkübelbaggers

Zu beachten ist, dass einige Eingabefelder obligatorische Parameter widerspiegeln und nicht leer sein dürfen. Mit Betätigung der „OK“- Schaltfläche erfolgt eine Rückkehr zum Fenster „Data_Way2“ (Abb. 6.9).

Nachdem die Daten eingegeben sind, wird die Schaltfläche „Calculate“ gedrückt, worauf sich das folgende Fenster „Way2_4_Calculation“ für die Kalkulation öffnet (Abb. 6.14):

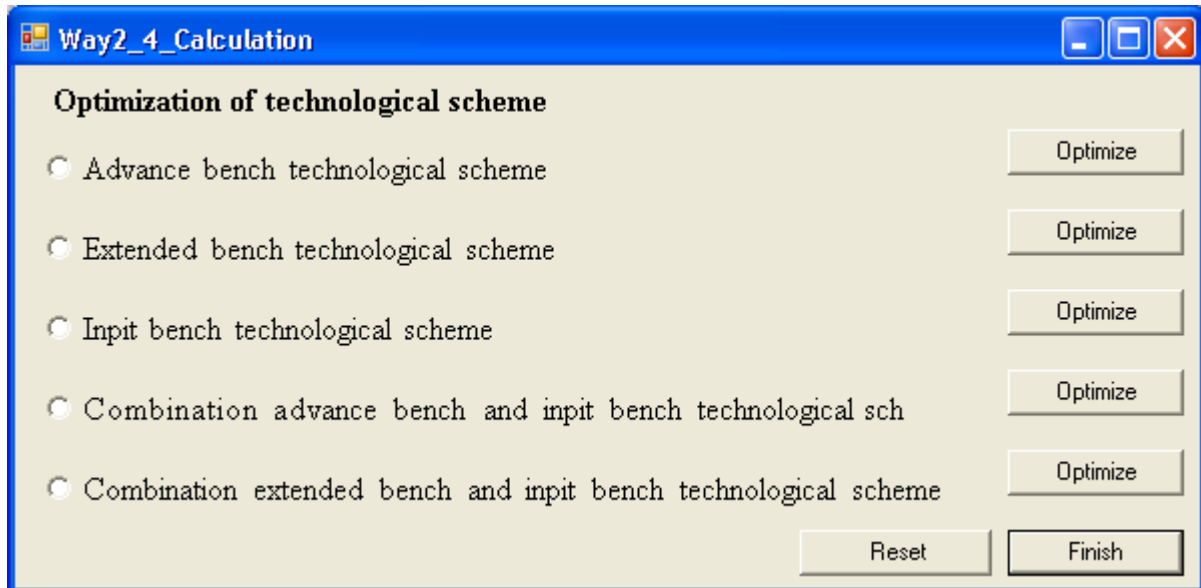


Abb. 6.14 Fenster der Kalkulation der technologischen Varianten

Hier werden die Abtragshöhe und der Anteil der doppelten Massenbewegungen für unterschiedliche Varianten der modellierten technologischen Schemen kalkuliert und optimiert. Die Modellierung der technologischen Varianten sowie die analytischen Kalkulationen und grafischen Darstellungen der Optimierung der Abtragshöhe und des Anteils der doppelten Massenbewegungen wurden im Kapitel 5 je nach Schemata durchgeführt. Im Fenster sind die einzelnen technologischen Schemen, in Form von auswählbaren Radio-Buttons, aufgelistet:

- Advance bench technological scheme - Variante Schürfkübelbagger auf der Böschung (Achsenlage I)
- Extended bench technological scheme - Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten Böschung (Achsenlage II)
- Inpit bench technological scheme - Variante Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Kippe zwischen Böschungs- und Kippenseite (Achsenlage III)
- Combination advance bench and inpit bench technological scheme - Variante Achsenlagekombination I und IV
- Combination extended bench and inpit bench technological scheme - Variante Achsenlagekombination II und IV

Mit Betätigung einer der jeweils rechts von Radio-Buttons angeordneten „Optimize“-Schaltflächen öffnet sich ein Fenster zur Anzeige der Ergebnisse der Optimierung hinsichtlich des damit ausgewählten

technologischen Schemas. Beispiele für die einzelnen Fenster („Way2_41“ bis „Way2_45“) sind in Anlage 6.3 aufgeführt.

Wird zum Beispiel die Variante für das technologische Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene ausgewählt und die zugehörige „Optimize“-Schaltfläche gedrückt, wird vom Programm zunächst die Optimierung aller kalkulierten Varianten des Schemas durchgeführt und daraufhin das Fenster „Way2_42“ geöffnet (Abb. 6.15):

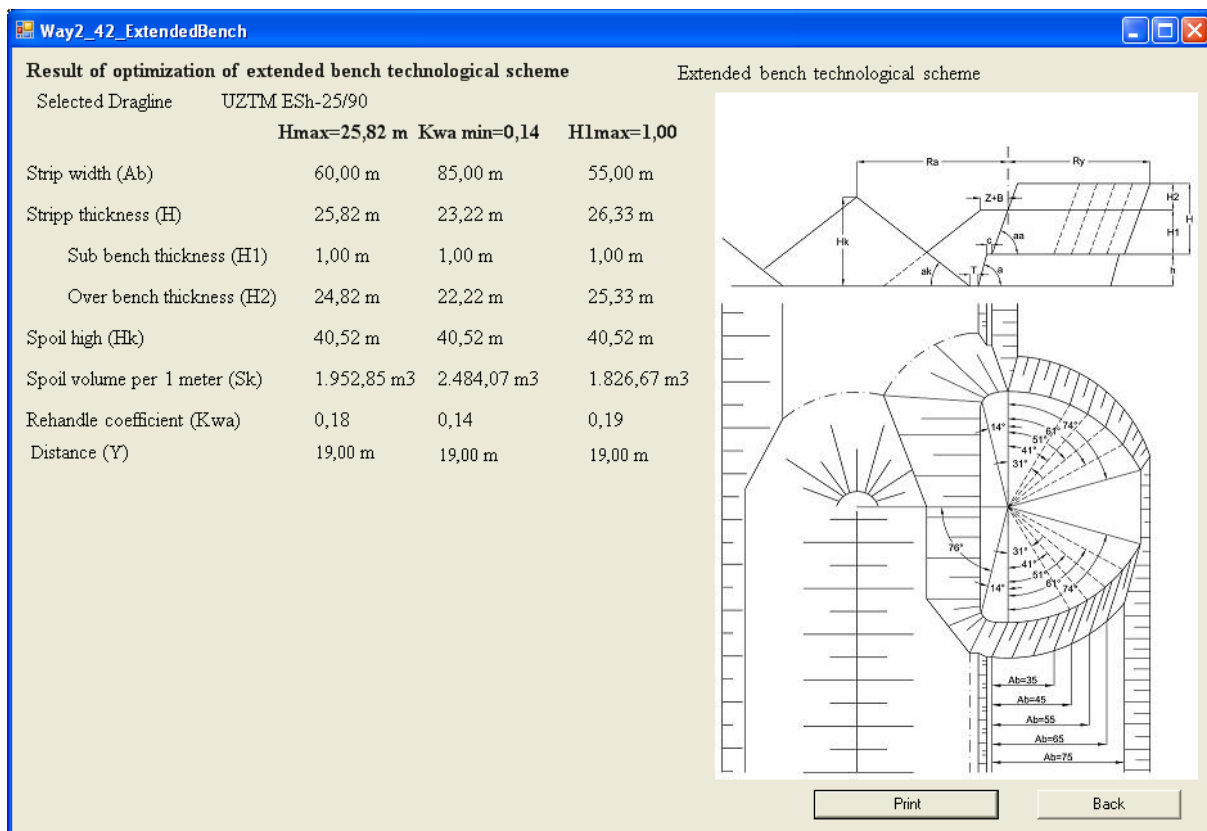


Abb. 6.15 Ergebnisse der Optimierung für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene

In diesem Fenster werden die optimalen Ergebnisse entsprechend den eingegebenen geologischen und technischen Bedingungen für das soeben ausgewählte Schema angezeigt. Die optimale Variante drückt sich durch die höchste Abtragshöhe (H_{max}) und die geringste doppelte Massenbewegung (K_{wa}) bzw. höchste Produktivität aus. Gleichfalls wird die Position (X, Y) des Schürfkübelbaggers auf der Arbeitsebene angezeigt.

Der Einsatz des Programms erfolgte am Fallbeispiel des Braunkohlentagebaus Shivee-Ovoo/Mongolei. Im folgenden Kapitel 6.2 werden hierzu die Details beschrieben und die Ergebnisse dargestellt.

6.2 Der Einsatz des Programms „Dragline“- Fallbeispiel Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo/Mongolei

In diesem Kapitel erfolgt die Beschreibung des Einsatzes des Programms unter den Bedingungen des Braunkohlentagebaus Shivee-Ovoo in der Mongolei [152]. Der Einsatz des Programms dient insbesondere der Lösung der folgenden zwei Problemstellungen:

- Die Auswahl eines Schürfkübelbaggers (bzw. die Auslegerlänge und der Kübelvolumen des Schürfkübelbaggers) nach vorgegebenen Abbauparametern,
- Die Auswahl der Einsatztechnologie für einen vorhandenen Schürfkübelbagger und die Lagerstättenbedingungen.

Auswahl des Schürfkübelbaggers

Wichtige Parameter beim Einsatz der Schürfkübelbagger sind die Auslegerlänge und das Kübelvolumen. Von Erstem hängt die Reichweite des Schürfkübelbaggers und vom zweiten die Förderleistung ab. Beide Parameter stellen somit wichtige Auswahlkriterien für das geeignete Schürfkübelbaggers-Modell dar. Die optimale Größe der beiden Parameter hängt von den bergbau-geologischen sowie Abbaubedingungen, der Lagerstätte ab. Insbesondere sind hierbei die Abraumbaumächtigkeit der Lagerstätte und die unterschiedlichen technologischen Schemen der Direktversturztechnologie zu berücksichtigen.

Der erste Teil des Programms:

- Gegeben:
- Abraummächtigkeit $H = 20$ [m]
 - Durchgangsbreite $A_b = 45$ [m]
 - Jährliches Fördervolumen des Abraums $Q_a = 2,0$ [Mio. t/a]

- Gesucht:
- Auslegerlänge L_a und Kübelvolumen E des Schürfkübelbaggers für das unterschiedlichem technologischem Schemen

Im Folgenden werden die analytischen Kalkulationen und grafischen Darstellungen des ersten Teils des Programms für die drei Grundschema durchgeführt und die Ergebnisse in einem Nomogramm dargestellt.

Bestimmung der Auslegerlänge und des Kübelvolumens für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite

Die Reichweite des technologischen Schemas Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite wird in Anlage 6.5 gezeigt. Bei diesem Schema arbeitet der Schürfkübelbagger nur im Tiefschnitt. Es wird eine analytische Kalkulationen über die Auswahl der Reichweite und den Kübelvolumen durchgeführt (Anlage 6.6).

Zunächst werden die Berechnungen zur Bestimmung der Reichweite R_a des Schürfkübelbaggers durchgeführt. Für allgemeine Fälle kann das Kippvolumen S_k nach der Formel (6.1) bestimmt werden:

$$S_k = H \cdot A_b \cdot K_a \text{ [m}^2\text{]} \quad (6.1)$$

Danach wird die Kipphöhe H_k nach der folgenden Formel (6.2) berechnet:

$$H_k = \frac{(H \cdot A_b \cdot K_a) + \frac{A_b^2 \cdot \text{tg} \alpha_k}{4}}{A_b} \text{ [m]} \quad (6.2)$$

Die Reichweite des Schürfkübelbaggers R_a lässt sich nach Formel (6.3) bestimmen. Der Zusammenhang zwischen der Auslegerlänge und der Abraumabtragsmächtigkeit in Abhängigkeit von der Durchgangsbreite ist in Anlage 6.7 dargestellt.

$$R_a = H_k \cdot \text{ctg} \alpha_k + T + h \cdot \text{ctg} \alpha + H \cdot \text{ctg} \alpha_a + z + 0,5 \cdot B_{sch} \text{ [m]} \quad (6.3)$$

Die erforderliche Auslegerlänge L_a des Schürfkübelbaggers hängt vom Auslegerinstallationswinkel ab und kann nach Formel (6.4) berechnet werden. Die Abhängigkeit der Auslegerlänge von der Reichweite je nach Installationswinkel ist in Anlage 6.8 gezeigt.

$$L_a = \frac{R_a - k}{\cos \alpha_b} \quad (6.4)$$

mit: α_b - Installationswinkel des Auslegers des Schürfkübelbaggers [°]

Einflußgrößen zur Bestimmung des Kübelvolumens des Schürfkübelbaggers sind die Gewinnungskapazität, der Koeffizient des Abraum:Rohstoff-Verhältnis, die reine Betriebszeit sowie die Dauer des Zykluses. Für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite kann das Kübelvolumen E nach der Formel (6.5) berechnet werden:

$$E = \frac{Q_a \cdot K_{ar}}{t_{rbz} \cdot N_z} = \frac{Q_r \cdot H \cdot t_z}{3600 \cdot h \cdot \gamma \cdot t_{rbt}} \text{ [m}^3\text{]} \quad (6.5)$$

Das Abraum:Rohstoff-Verhältnis K_{ar} wird folgendermaßen berechnet:

$$K_{ar} = \frac{H}{h \cdot \gamma} \text{ [m}^3\text{/t]} \quad (6.6)$$

Die Arbeitszykluszahl pro Stunde N_z wird nach folgender Formel (6.7) berechnet:

$$N_z = \frac{3600}{t_z} \quad (6.7)$$

Die Anlage 6.9 (bzw. Anlagen 6.7 bis 6.9) zeigen die Zusammenhänge zwischen dem Kübelvolumen und der Abraumabtragsmächtigkeit je nach Förderleistungen auf. Die Ergebnisse der oben durchgeführten Berechnungen werden zusammengefaßt und lassen sich durch ein Nomogramm darstellen (Abb. 6.16):

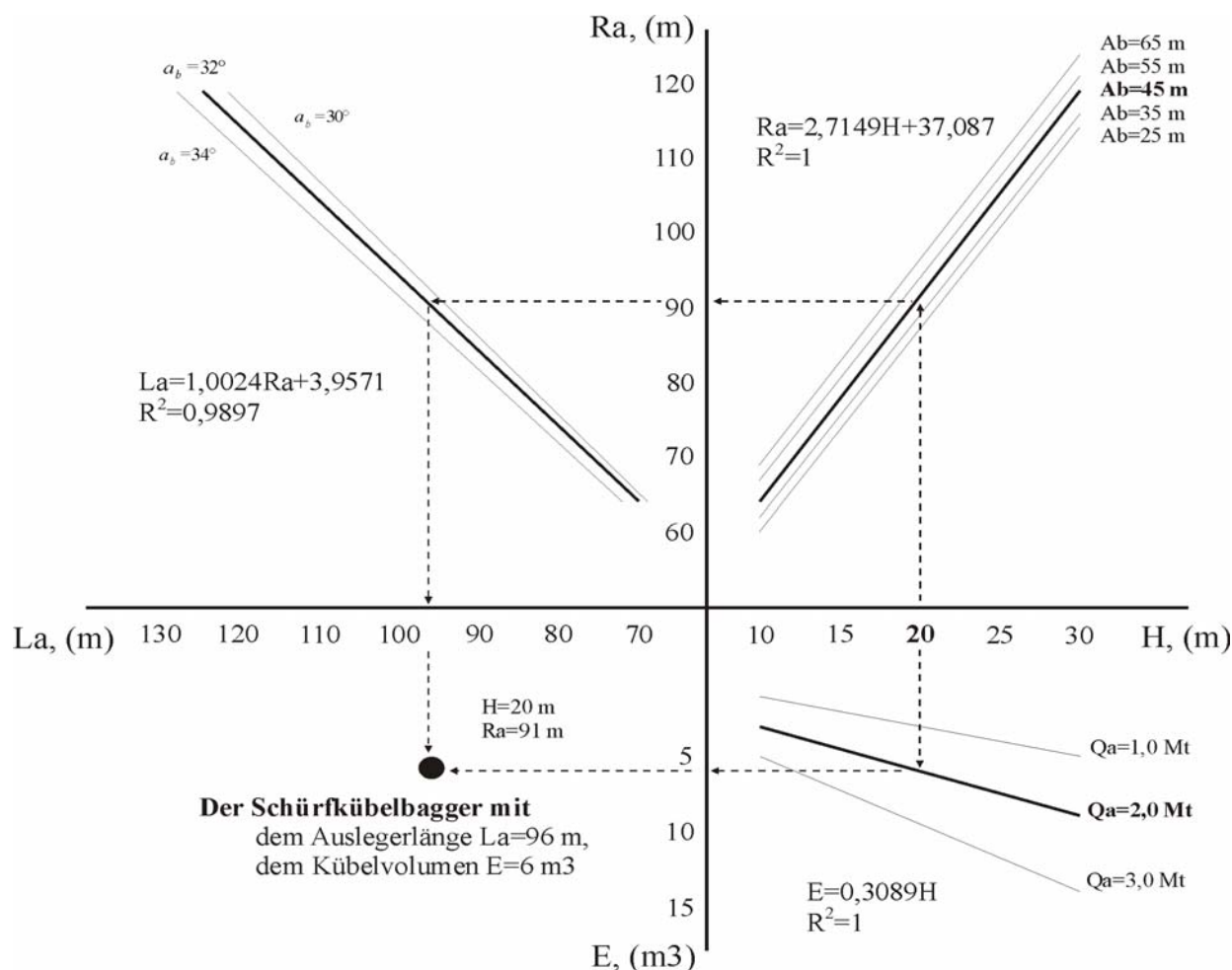


Abb. 6.16 Nomogramm zur Auswahl des geeigneten Schürfkübelbaggers für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite

Auf der Basis der Abraumabtragsmächtigkeit H , der Förderleistungen Q_a , der Durchgangsbreite A_b und des Installationswinkels des Auslegers lassen sich die optimale Auslegerlänge und das Kübelvolumen des Schürfkübelbaggers aus dem Nomogramm (Abb. 6.16) ablesen. Unter den Bedingungen des Braunkohlentagebaus Shivee-Ovoo (Abraumabtragsmächtigkeit 20 m, Durchgangsbreite 45 m, Förderleistungen 2,0 Mio. t, Installationswinkel des Auslegers 32°) sollten Schürfkübelbagger mit 96 m Auslegerlänge und 6 m³ Kübelvolumen für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite ausgewählt werden.

Bestimmung der Auslegerlänge und des Kübelvolumen für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene

In Anlage 6.10 wird die Reichweite des Schürfkübelbagger für das technologische Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene gezeigt. Die Ergebnisse der analytischen Berechnung der auszuwählenden Reichweite und Kübelvolumen sind in Anlage 6.11 dargestellt.

Für dieses technologische Schema wird die Reichweite des Schürfkübelbaggers R_a nach der Formel (6.8) berechnet, da die Achsposition des Schürfkübelbaggers anders als beim vorherigen Schema ist:

$$R_a = H_k \cdot ctg\alpha_k + T + h \cdot ctg\alpha + c + H \cdot ctg\alpha_a \quad [m] \quad (6.8)$$

Anlagen 6.12 und 6.13 geben den Zusammenhang zwischen der Auslegerlänge und Abraumbaumächtigkeit je nach Durchgangsbreite wieder bzw. die Abhängigkeit der Auslegerlänge von der Reichweite je nach Installationswinkel.

Die Kübelvolumen E werden nach Formel (6.9) berechnet, da im Falle des Schemas Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene ein Teil des Abraums wieder aufzunehmen ist:

$$E = \frac{Q_a \cdot K_{a,r} \cdot K_{wa}}{t_{rbz} \cdot N_z} = \frac{t_z \cdot Q_a \cdot H(1 + K_{wa})}{3600 \cdot h \cdot \gamma \cdot t_{rbl}} \quad [m^3] \quad (6.9)$$

Der Zusammenhang zwischen den Kübelvolumen und Abraumbaumächtigkeit je nach Förderleistung ist in Anlage 6.14 dargestellt.

Das folgende Nomogramm (Abb. 6.17) wurde auf Grundlage der Zusammenfassung der Ergebnisse oben durchgeführter Berechnungen bzw. der Anlagen 6.12 bis 6.14 entwickelt:

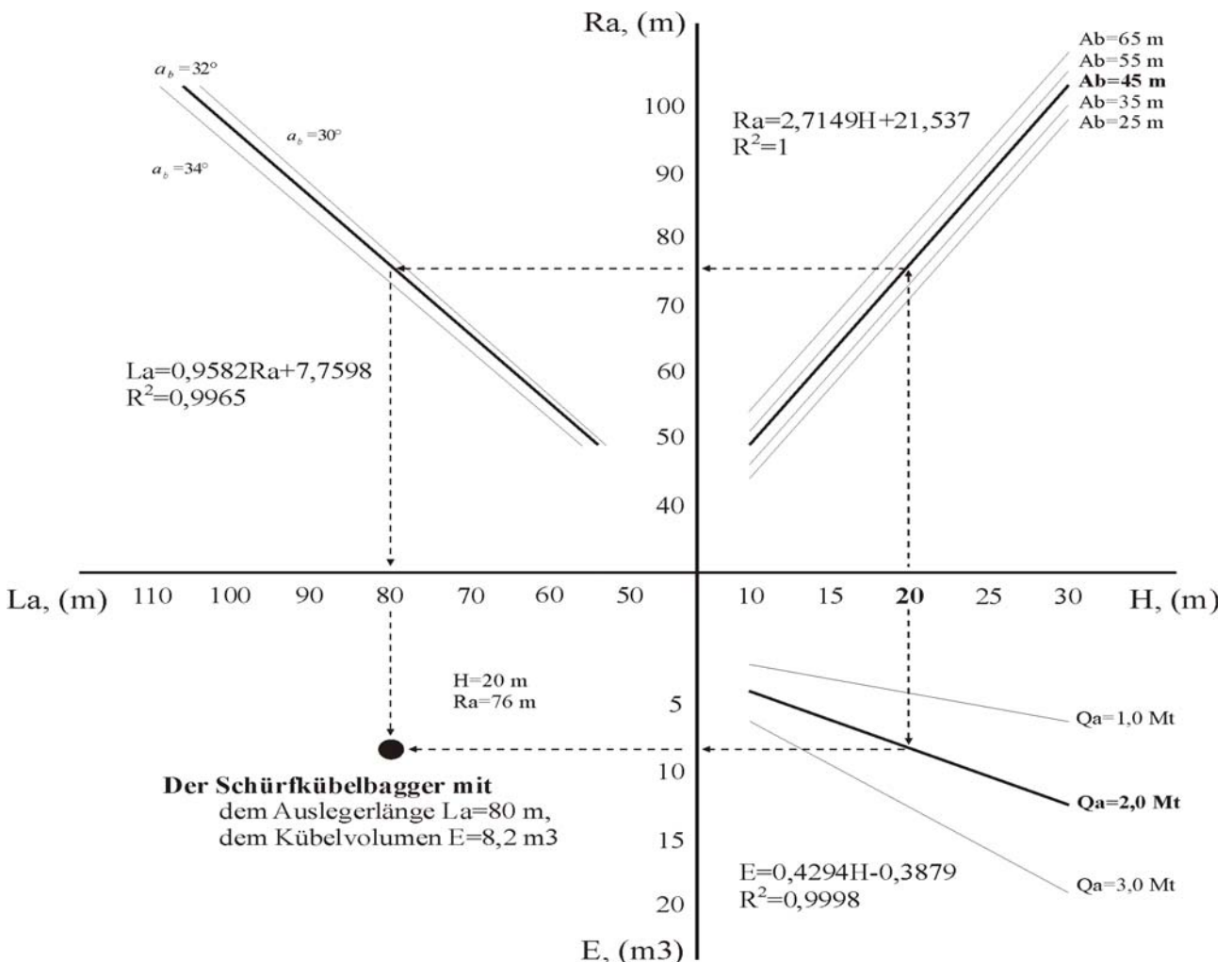


Abb. 6.17 Nomogramm zur Auswahl des geeigneten Schürfkübelbaggers für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene

Aus diesem Nomogramm kann abgelesen werden, dass – unter den Bedingungen des Braunkohlentagebaus Shivee-Ovoo (Abraumabtragsmächtigkeit 20 m, Durchgangsbreite 45 m, Förderleistung 2,0 Mio. t, Installationswinkel des Auslegers 32°) – Schürfkübelbagger mit 80 m Auslegerlänge (Reichweite 76 m) und ca. 8 m³ Kübelvolumen optimal für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene sind.

Bestimmung der Auslegerlänge und des Kübelvolumen für das Schema Schürfkübelbagger auf einer zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite

Die Reichweite des Schürfkübelbagger im Falle des technologischen Schemas Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite ist in Anlage 6.15 dargestellt. Bei diesem Schema arbeitet der Schürfkübelbagger im Hoch- und Tiefschnitt. Dem schließt sich eine kurze analytische Kalkulation über die Auswahl der Reichweite und des Kübelvolumens an (Anlage 6.16).

Für die Reichweite des Schürfkübelbaggers R_a gilt unten stehende Formel (6.10), da die Achslagenposition des Schürfkübelbaggers sich von den vorherigen Schemen unterscheidet:

$$R_a = H_k \cdot ctg\alpha_k + T \quad [m] \quad (6.10)$$

Die Ergebnisse der Formel (6.10) werden mit folgenden Parametern verglichen:

$$R_a \leq A_b + H \cdot ctg\alpha_a + c + h \cdot ctg\alpha \quad (6.11)$$

Wenn diese Ungleichheitsbedingung erfüllt ist, dann wird die gesuchte Reichweite des Schürfkübelbaggers nach der Formel (6.12) berechnet:

$$R_a = A_b + H \cdot ctg\alpha_a + c + h \cdot ctg\alpha \quad [m] \quad (6.12)$$

In den Anlagen 6.17 und 6.18 sind der Zusammenhang zwischen der Auslegerlänge und Abraumabtragsmächtigkeit je nach Durchgangsbreite sowie die Abhängigkeit der Auslegerlänge von der Reichweite je nach Installationswinkel dargestellt.

Die Kübelvolumen E werden nach der Formel (6.9) berechnet. Der Zusammenhang zwischen Kübelvolumen und Abraumabtragsmächtigkeit je nach Förderleistung ist in Anlage 6.19 wiedergegeben.

Das folgende Nomogramm (Abb. 6.18) wurde auf Grundlage der Zusammenfassung der Ergebnisse oben durchgeführter Berechnungen bzw. der Anlagen 6.17 bis 6.19 entwickelt.

Aus dem Nomogramm kann abgelesen werden, dass – unter gleichen Lagestättenbedingungen wie bei den vorherigen Schemen – Schürfkübelbagger mit 70 m Auslegerlänge und 9 m³ Kübelvolumen optimal für das Schema Schürfkübelbagger auf einer zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite sind.

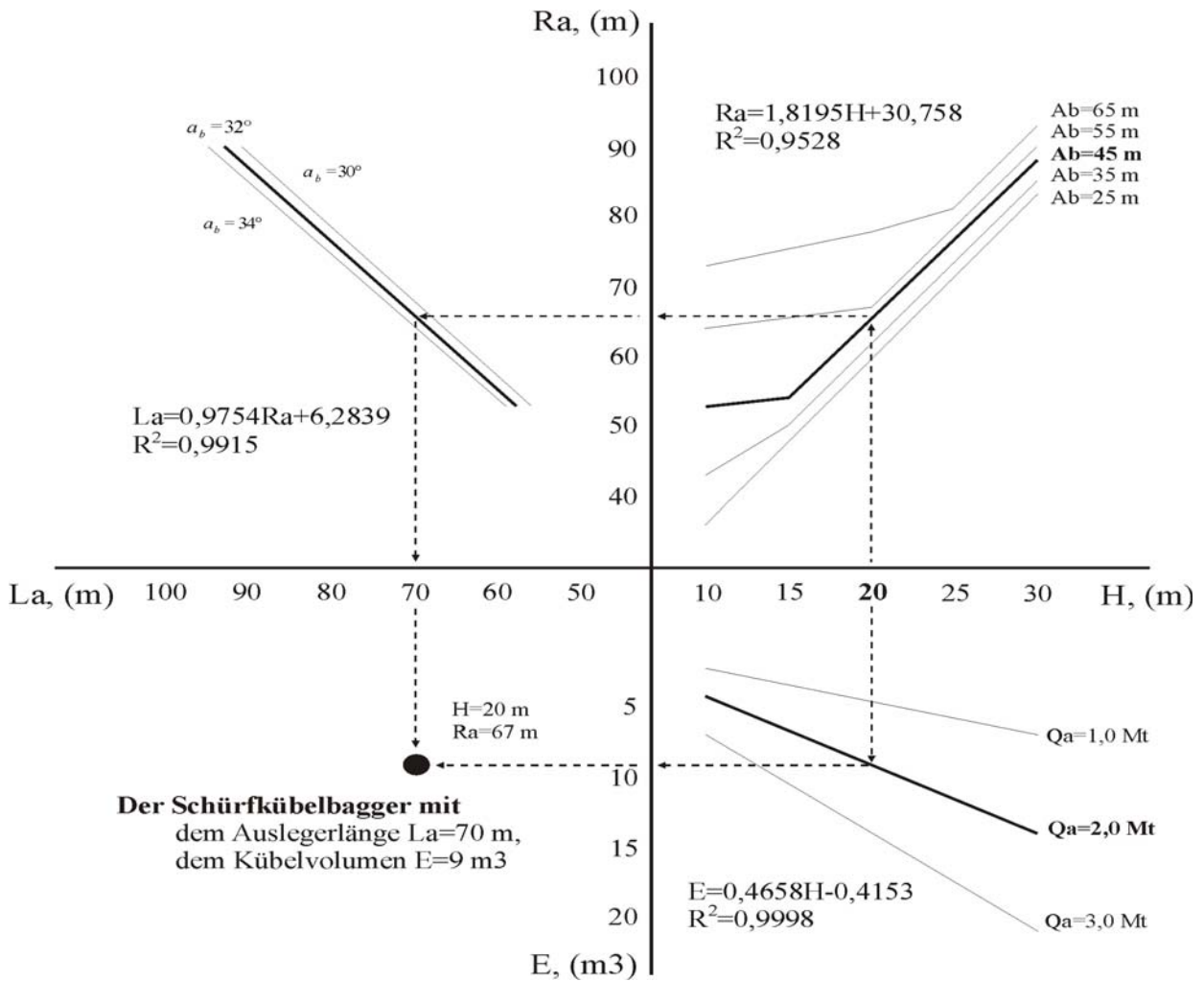


Abb. 6.18 Nomogramm zur Auswahl des Schürfkübelbaggers für das Schema Schürfkübelbagger auf einer zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite

Der Vergleich der drei Nomogramme aus den Abb. 6.16 bis 6.18 zeigt unterschiedliche Auslegerlängen L_a und Kübelvolumen E für die drei Grundschema unter den Bedingungen des Braunkohlentagebaus Shivee-Ovoo (Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite: $L_a = 96$ m, $E = 6$ m³; Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene: $L_a = 80$ m, $E = 8,2$ m³; Schema Schürfkübelbagger auf einer zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite: $L_a = 70$ m, $E = 9$ m³). Das bedeutet, dass je näher die Achslageposition (X , Y) des Schürfkübelbaggers auf der Kippenseite ist, diese eine umso kürzere Auslegerlänge haben brauchen. Dagegen vergrößert sich das erforderliche Kübelvolumen aufgrund des höheren Anteils der doppelten Massenbewegung.

Auswahl der Einsatztechnologie

Die Modellierung und Optimierung der technologischen Varianten und deren analytische Kalkulationen sowie grafische Darstellungen erfolgten im Kapitel 5. Das Ziel der Einsatz des zweiten Teil des Programms bestand darin, die technologisch optimale Variante aus über 300.000 Möglichkeiten des Baggerstandortes zu identifizieren [152].

Der zweite Teil des Programms:

- Gegeben: - Schürfkübelbagger Esch-25/90
- Geologische Bedingungen und Abbauparameter des Tagebaus Shivee-Ovoo
- Gesucht: - Optimale Varianten und deren Parameter der Einsatztechnologie

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse des zweiten Programmteils für die einzelnen technologischen Schemen dargestellt. Für jedes dieser Schemen wurden die Ergebnisse zunächst in tabellarischer Form notiert und bildeten Grundlage für das der jeweiligen Tabelle folgende Nomogramm. Die Nomogramme verdeutlichen die Zusammenhänge zwischen den technologischen Parametern des zuvor ausgewählten Schürfkübelbaggers „Esch-25/90“. Abhängigkeiten zwischen folgenden Parametern werden hiermit dargestellt:

- Durchgangsbreite (A_b)
- Schwenkwinkel (β)
- Arbeitszykluszeit (t_z)
- reine Betriebszeit (t_r)
- Strossenlänge (L_f)
- Faktor der doppelten Massenbewegung (K_{mv})
- Abtragshöhe (H)
- Fördervolumen (Q)

Variante Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite

Tab. 6.1 Optimale Parameter für das Schema Achslage I

Kennung	Durchgangsbreite (Ab), [m]					
	35	45	55	65	75	85
Abtragshöhe (H), [m]	19,3	18,39	17,48	16,57	15,66	14,75
Tiefschnitthöhe (H ₁), [m]	19	18	17	16	15	14
Hochschnitthöhe (H ₂), [m]	0,3	0,39	0,48	0,57	0,66	0,75
Kipphöhe (Hk), [m]	28,77	28,97	29,16	29,35	29,55	29,74
Kippvolumen pro Meter (Sk), [m ²]	844,17	1034,3	1201,6	1346,3	1468,2	1567,4
Vertikalfläche der Achslage (Y), [m]	37	36	35	34	33	32
Schwenkwinkel (β), [°]	66,5	71	75,5	80,5	85,5	91,5
Zyklusdauer (tz), [s]	53,56	55,56	57,56	59,78	62,00	64,67
Reinbetriebszeit (trb), [h/a]	1484	1467	1445	1422	1394	1370
Strossenlänge (Lf), [m]	1920	1493	1222	1034	896	790
Effektives Fördervolumen (Q _{eff}), [Mm ³ /a]	1,29	1,23	1,17	1,11	1,05	0,99

Anlage 6.20 zeigt den Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Durchgangsbreite. Auf Grundlage der in Tabelle 6.1 dargestellten Ergebnisse für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite wurde unten stehendes Nomogramm (Abb. 6.19) entwickelt.

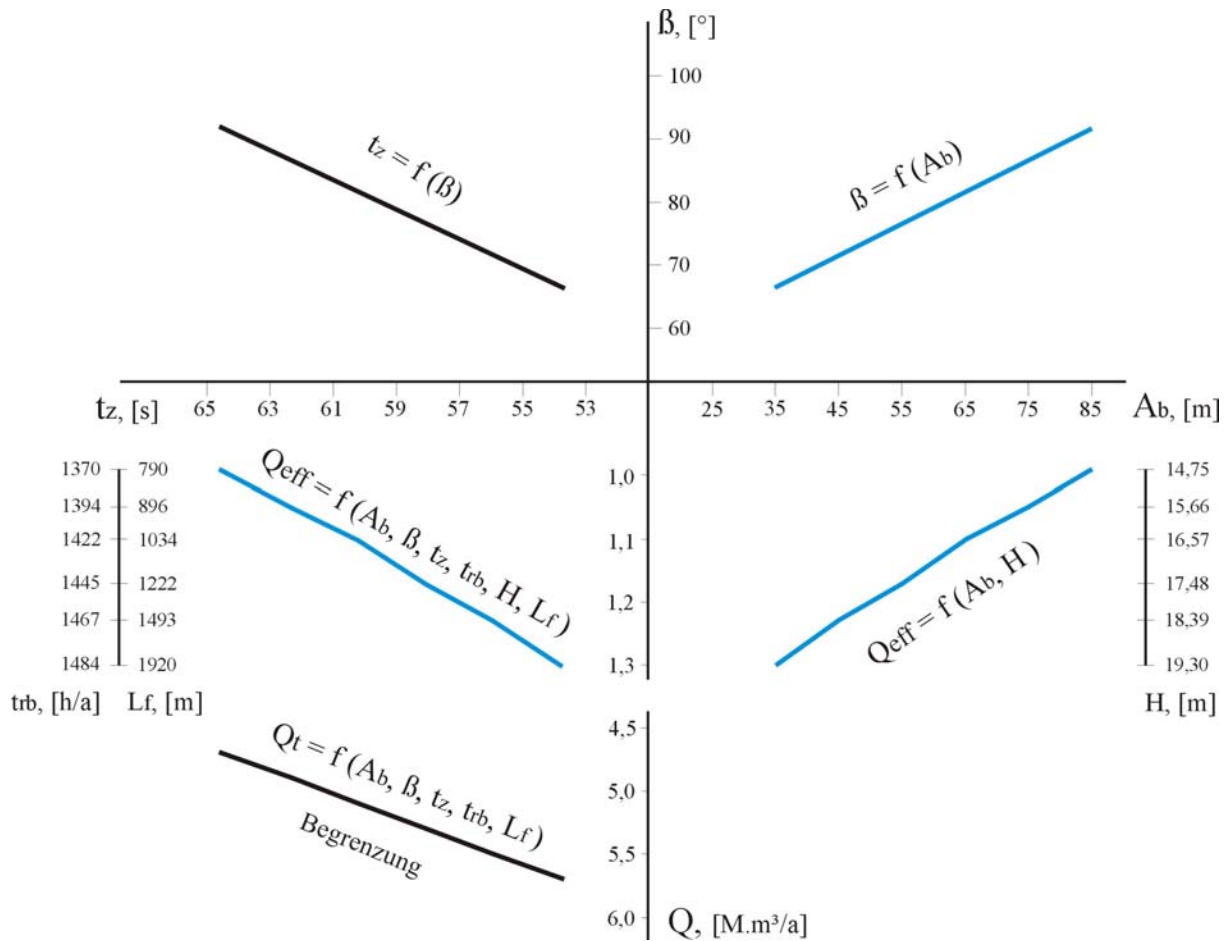


Abb. 6.19 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen den technologischen Parametern des Schemas Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite

Variante Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene

Tab. 6.2 Optimale Parameter für das Schema Achslage II

Kennung	Durchgangsbreite (Ab), [m]						
	25	35	45	55	65	75	85
Abtragshöhe (H), [m]	26,17	24,28	23,28	22,56	21,79	20,99	20,16
Tiefschnitthöhe (H ₁), [m]	16	22	23	22	21	20	19
Hochschnitthöhe (H ₂), [m]	10,17	2,28	0,28	0,56	0,79	0,99	1,16
Kipphöhe (H _k), [m]	37,62	36,46	36,27	36,46	36,65	36,85	37,04
Kippvolumen pro Meter (Sk), [m ²]	857,43	1113,2	1362,7	1603,1	1820,8	2015,7	2187,9
Faktor doppelte Massenbewegung (K _{wa})	0,97	0,9	0,82	0,68	0,58	0,5	0,44
Horizontalfläche der Achslage (X), [m]	9,11	10,71	10,98	10,71	10,45	10,18	9,91
Vertikalfläche der Achslage (Y), [m]	34	40	41	40	39	38	37
Schwenkwinkel (β), [°]	68,5	73,5	78,5	83,5	88,5	95	100
Zyklusdauer (tz), [s]	54,44	56,67	58,89	61,11	63,33	66,22	68,45
Reinbetriebszeit (trb), [h/a]	4031	3754	3583	3326	3131	2994	2854
Strossenlänge (Lf), [m]	2688	1920	1493	1222	1034	896	790
Effektives Fördervolumen (Q _{eff}), [Mm ³ /a]	1,75	1,63	1,56	1,51	1,46	1,41	1,35
Effektives Fördervolumen (Q _E), zzgl. des Anteils der doppelten Massenbewegung, [Mm ³ /a]	3,46	3,1	2,84	2,54	2,31	2,11	1,95

Anlage 6.21 zeigt den Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite, Abtragshöhe, Faktor der doppelten Massenbewegung und Fördervolumen. Auf Grundlage der in Tabelle 6.2 dargestellten Ergebnisse für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene wurde unten stehendes Nomogramm (Abb. 6.20) entwickelt.

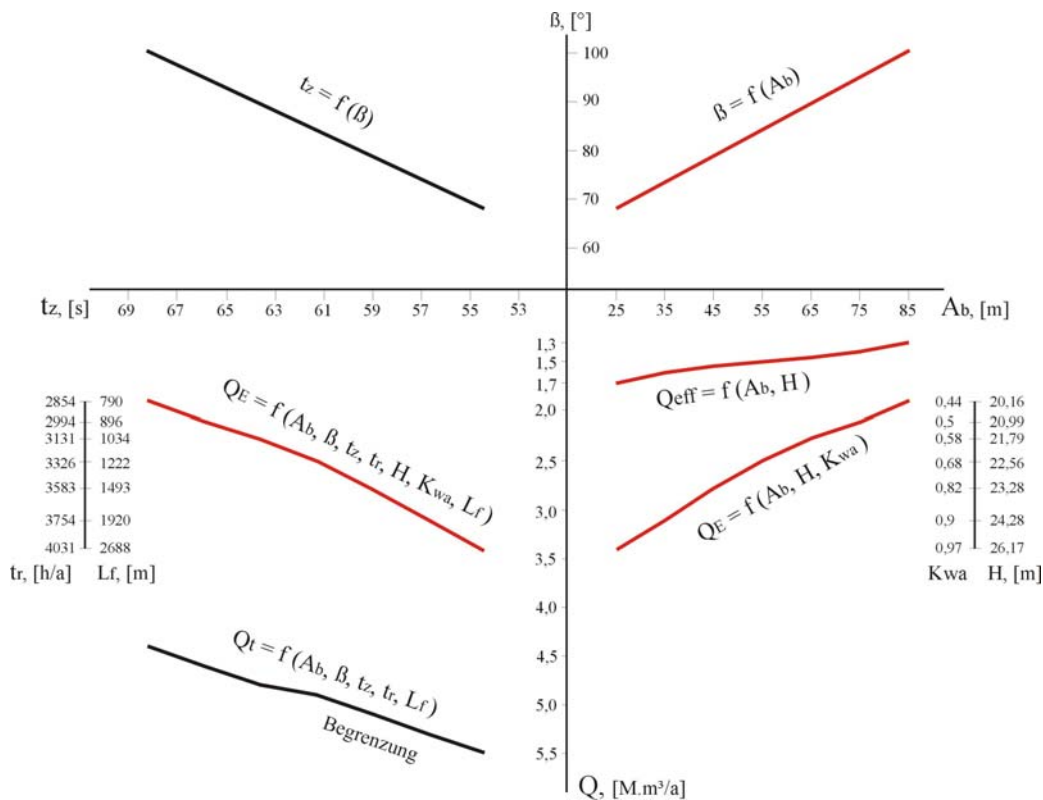


Abb. 6.20 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen den technologischen Parametern des Schemas Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene

Variante Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite

Tab. 6.3 Optimale Parameter für das Schema Achslage III

Kennung	Durchgangsbreite (Ab), [m]				
	45	50	55	60	65
Abtragshöhe (H), [m]	34,79	32,36	31,96	31,62	31,60
Tiefschnitthöhe (H ₁), [m]	29	29	29	27	13
Hochschnitthöhe (H ₂), [m]	5,79	3,36	2,96	4,62	18,67
Kipphöhe (Hk), [m]	48,98	48,98	48,98	48,95	48,98
Kippvolumen pro Meter (Sk), [m ²]	2054,77	2116,92	2292,06	2460,55	2622,39
Faktor doppelte Massenbewegung (K _{wa})	1	0,94	0,87	0,76	0,4
Horizontalfläche der Achslage (X), [m]	15,56	10,56	10,56	9,83	4,73
Vertikalfläche der Achslage (Y), [m]	47	47	47	45	31
Schwenkwinkel (β), [°]	85	88	91	93	96
Zyklusdauer (tz), [s]	61,78	63	64,44	65,5	66,67
Reinbetriebszeit (trb), [h/a]	6174	5680	5532	5235	4245
Strossenlänge (Lf), [m]	1493	1344	1222	1120	1034
Effektives Fördervolumen (Q _{eff}), [Mm ³ /a]	2,33	2,17	2,14	2,12	2,10
Effektives Fördervolumen(Q _E) zzgl. des Anteils der doppelten Massenbewegung, [Mm ³ /a]	4,67	4,22	4,01	3,74	2,98

Anlage 6.22 zeigt den Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite, Abtragshöhe, Anteil der doppelten Massenbewegung und Fördervolumen. Auf Grundlage der in Tabelle 6.3 dargestellten Ergebnisse für das Schema Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite wurde unten stehendes Nomogramm (Abb. 6.21) entwickelt.

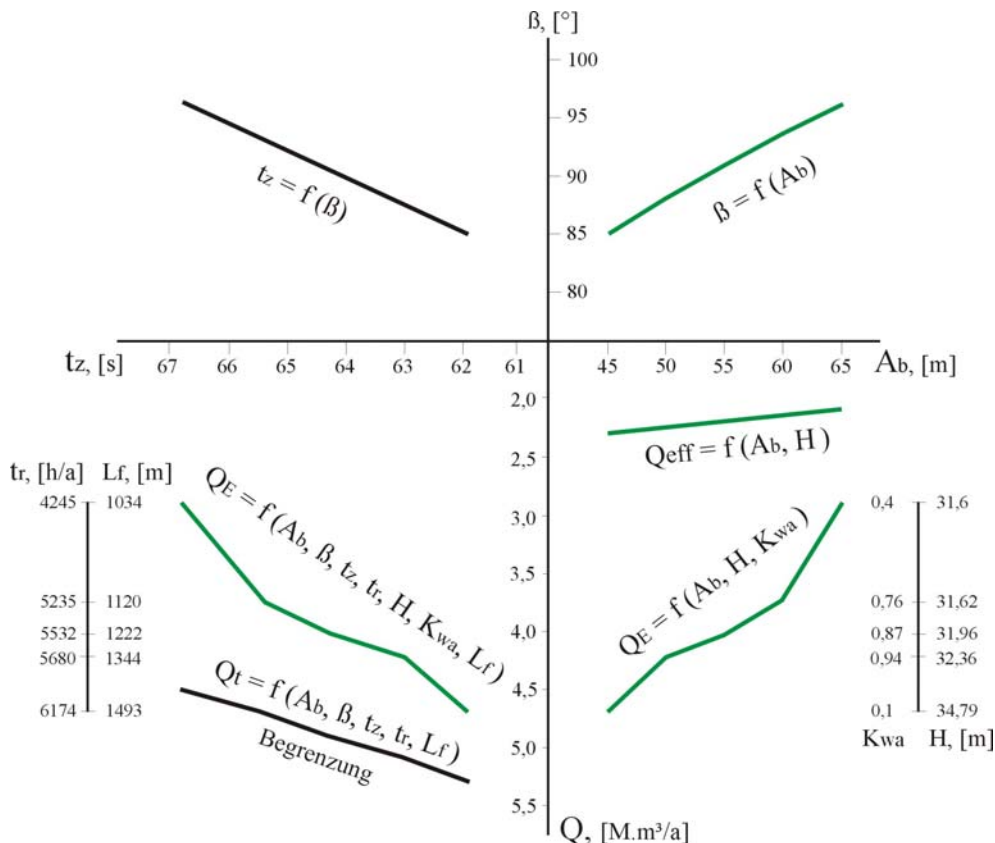


Abb. 6.21 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen den technologischen Parametern des Schemas Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite

Variante Achslagenkombination auf der Bagger- und Kippenseite

Tab. 6.4 Optimale Parameter für das Schema Achslagenkombination I und IV

Kennung	Durchgangsbreite (Ab), [m]					
	35	45	55	65	75	85
Abtragshöhe (H), [m]	44,65	34,72	33,96	33,11	32,21	31,26
Tiefschnitthöhe (H ₁), [m]	28	29	29	29	29	29
Hochschnitthöhe (H ₂), [m]	16,65	5,72	4,96	4,11	3,21	2,26
Kipphöhe (Hk), [m]	63,25	51,55	51,55	51,55	51,55	51,55
Kippvolumen pro Meter (Sk), [m ²]	2050,8	2050,54	2433,1	2789,08	3118,48	3421,28
Faktor doppelte Massenbewegung (Kwa)	1	1	0,85	0,74	0,67	0,61
Horizontalfläche der Achslage (X), [m]	37,01	15,38	15,38	15,38	15,38	15,38
Vertikalfläche der Achslage (Y), [m]	46	47	47	47	47	47
Schwenkwinkel (β), [°]	72	74	76,25	78,75	81,25	84,25
Zyklusdauer (tz), [s]	56	56,89	57,89	59	61,11	61,44
Reinbetriebszeit (trb), [h/a]	7183	5674	5223	4882	4644	4441
Strossenlänge (Lf), [m]	1920	1493	1222	1034	896	790
Effektives Fördervolumen (Q _{eff}), [Mm ³ /a]	3,0	2,33	2,28	2,22	2,16	2,1
Effektives Fördervolumen (Q _E) zzgl. des Anteils der doppelten Massenbewegung, [Mm ³ /a]	6,0	4,66	4,22	3,87	3,61	3,38

Anlage 6.23 zeigt den Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite, Abtragshöhe, Anteil der doppelten Massenbewegung und Fördervolumen. Auf Grundlage der in Tabelle 6.4 dargestellten Ergebnisse für das Schema Achslagenkombination auf der Bagger- und Kippenseite wurde unten stehendes Nomogramm (Abb. 6.22) entwickelt.

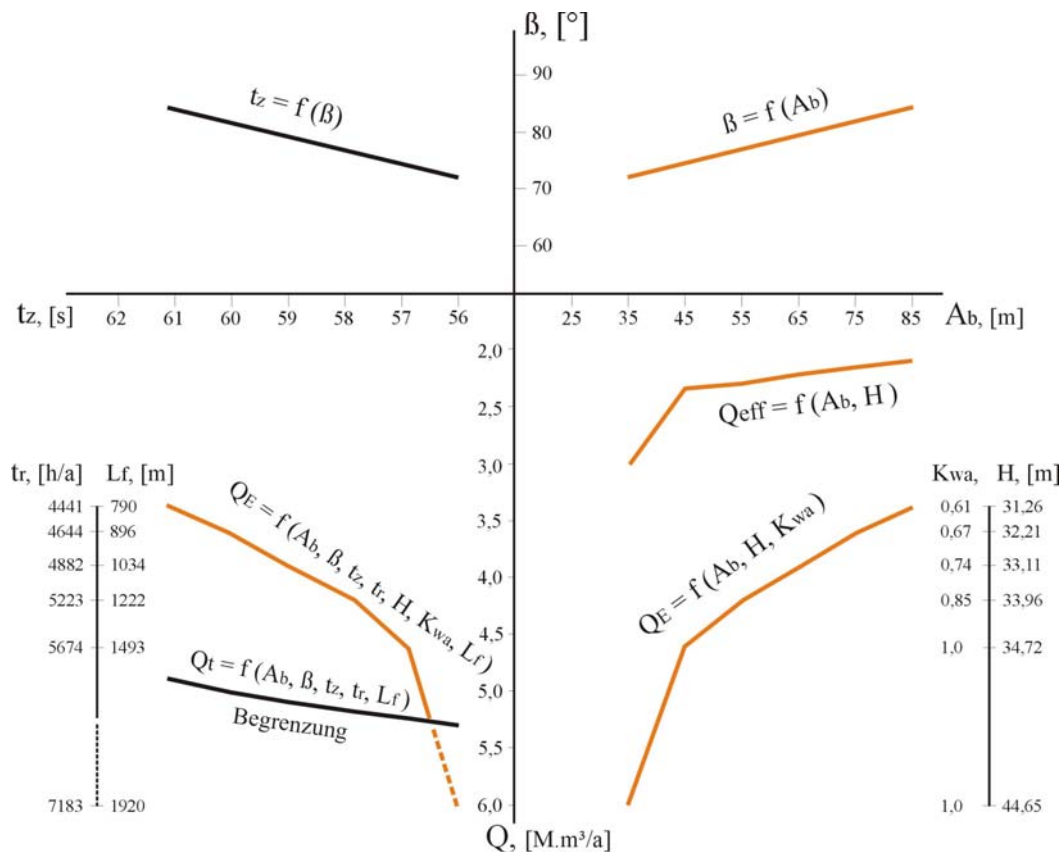


Abb. 6.22 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen den technologischen Parametern des Schemas der Achslagenkombination auf der Bagger- und Kippenseite

Variante Achslagenkombination auf der verbreiterten Arbeitsebene und Kippenseite

Tab. 6.5 Optimale Parameter für das Schema Achslagenkombination II und IV

Kennung	Durchgangsbreite (Ab), [m]					
	35	45	55	65	75	85
Abtragshöhe (H), [m]	45,94	34,79	34,03	33,18	32,28	31,34
Tiefschnitthöhe (H ₁), [m]	29	29	29	29	29	29
Hochschnitthöhe (H ₂), [m]	16,94	5,79	5,03	4,18	3,28	2,34
Kipphöhe (Hk), [m]	64,93	51,64	51,64	51,64	51,64	51,64
Kippvolumen pro Meter (Sk), [m ²]	2109,83	2054,65	2438,13	2795,02	3125,33	3429,05
Faktor doppelte Massenbewegung (K _{wa})	1	1	0,85	0,74	0,67	0,61
Horizontalfläche der Achslage (X), [m]	40,55	15,55	15,55	15,55	15,55	15,55
Vertikalfläche der Achslage (Y), [m]	47	47	47	47	47	47
Schwenkwinkel (β), [°]	81	83	85,5	88	91,25	93,5
Zyklusdauer (tz), [s]	60	60,89	62,2	63,5	64,56	65,8
Reinbetriebszeit (trb), [h/a]	7918	6085	5624	5265	4998	4768
Strossenlänge (Lf), [m]	1920	1493	1222	1034	896	790
Effektives Fördervolumen (Q _{eff}), [Mm ³ /a]	3,08	2,33	2,28	2,23	2,16	2,1
Effektives Fördervolumen (Q _E) zzgl. des Anteils der doppelten Massenbewegung, [Mm ³ /a]	6,17	4,67	4,23	3,88	3,62	3,39

Anlage 6.24 zeigt den Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite, Abtragshöhe, Anteil der doppelten Massenbewegung und Fördervolumen. Auf Grundlage der in Tabelle 6.5 dargestellten Ergebnisse für das Schema Achslagenkombination auf der Bagger- und Kippenseite wurde unten stehendes Nomogramm (Abb. 6.23) entwickelt.

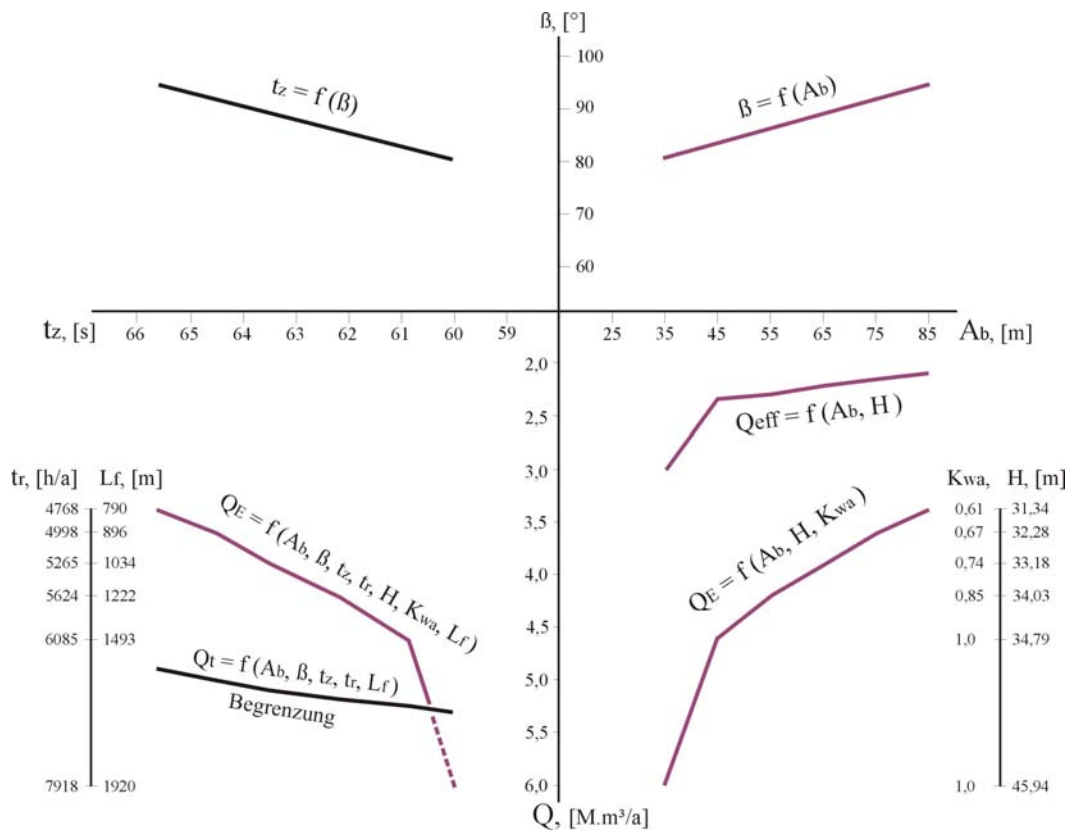


Abb. 6.23 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen den technologischen Parametern des Schemas der Achslagenkombination auf der verbreiterten Arbeitsebene und Kippenseite

6.3 Auswahlkriterien und die wirtschaftliche Effektivität der Einsatztechnologie im Fallbeispiel Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo

Aufgrund des Einfallens der Kohlenflöze des Tagebaus Shivee-Ovoo nimmt die Abraummächtigkeit Jahr für Jahr zu. Mit dem Schürfkübelbagger kann jedoch nur eine konstante Mächtigkeit abtragen werden. Deswegen muss für den restlichen, stets zunehmenden Teil des Abraums die Transporttechnologie eingesetzt werden. Diese ist jedoch aufwendiger und teurer als die durch Schürfkübelbagger betriebene Direktversturztechnologie. Bei Einsatz der kombinierten Technologie wird als technologisches und ökonomisches Hauptziel des Tagebaus somit die maximale Nutzung der Vorteile der Direktversturztechnologie angestrebt.

Das jährliche Abraumabtragsvolumen des Tagebaus mit kombinierter Technologie kann durch die Gleichung (5.75 und 5.76) ausgedrückt werden.

Das ökonomische Ziel des Tagebaus mit kombinierter Technologie besteht darin, die Abraumabtragskosten je Kubikmeter billig zu halten (6.13):

$$C_A = C_D \cdot V_D + C_T \cdot V_T \Rightarrow \textit{Minimum} \quad (6.13)$$

mit: C_A - 1 m³ Abraumabtragskosten des Tagebaus [€/m³]

C_D - 1 m³ Abraumabtragskosten mit Direktversturztechnologie [€/m³]

C_T - 1 m³ Abraumabtragskosten mit Transporttechnologie [€/m³]

In Tagebauen mit kombinierter Technologie werden z.B. mit der SKW-Förderung in der Regel größere Abraumvolumen abgetragen, als mit der Direktversturztechnologie. Hier besteht das technologische Ziel in der anteiligen Steigerung des Abraumabtragsvolumens mit Direktversturztechnologie. Hierfür sind die Abraumabtragsmächtigkeit der Einsatztechnologie und volle Nutzung die Leistung des Schürfkübelbaggers von Bedeutung. Hauptkriterium für das Erreichen oben genannter Ziele stellt die Auswahl der optimalen Einsatztechnologie dar. Die wirtschaftliche Effektivität der technologischen Variante drückt sich durch die höchste Produktivität des Schürfkübelbaggers und die niedrigste Abraumabtragskosten je Kubikmeter für den gesamten Tagebau aus.

Um eine wirtschaftlich effektive und optimale Variante zu identifizieren, müssen die Ergebnisse des zweiten Teils des Programms wirtschaftlich bewertet und verglichen werden. Es werden alle möglichen Varianten der Einsatztechnologie, die sich aus dem zweiten Teil des Programms ergeben haben, in einem Nomogramm zusammengefasst (Abb. 6.24):

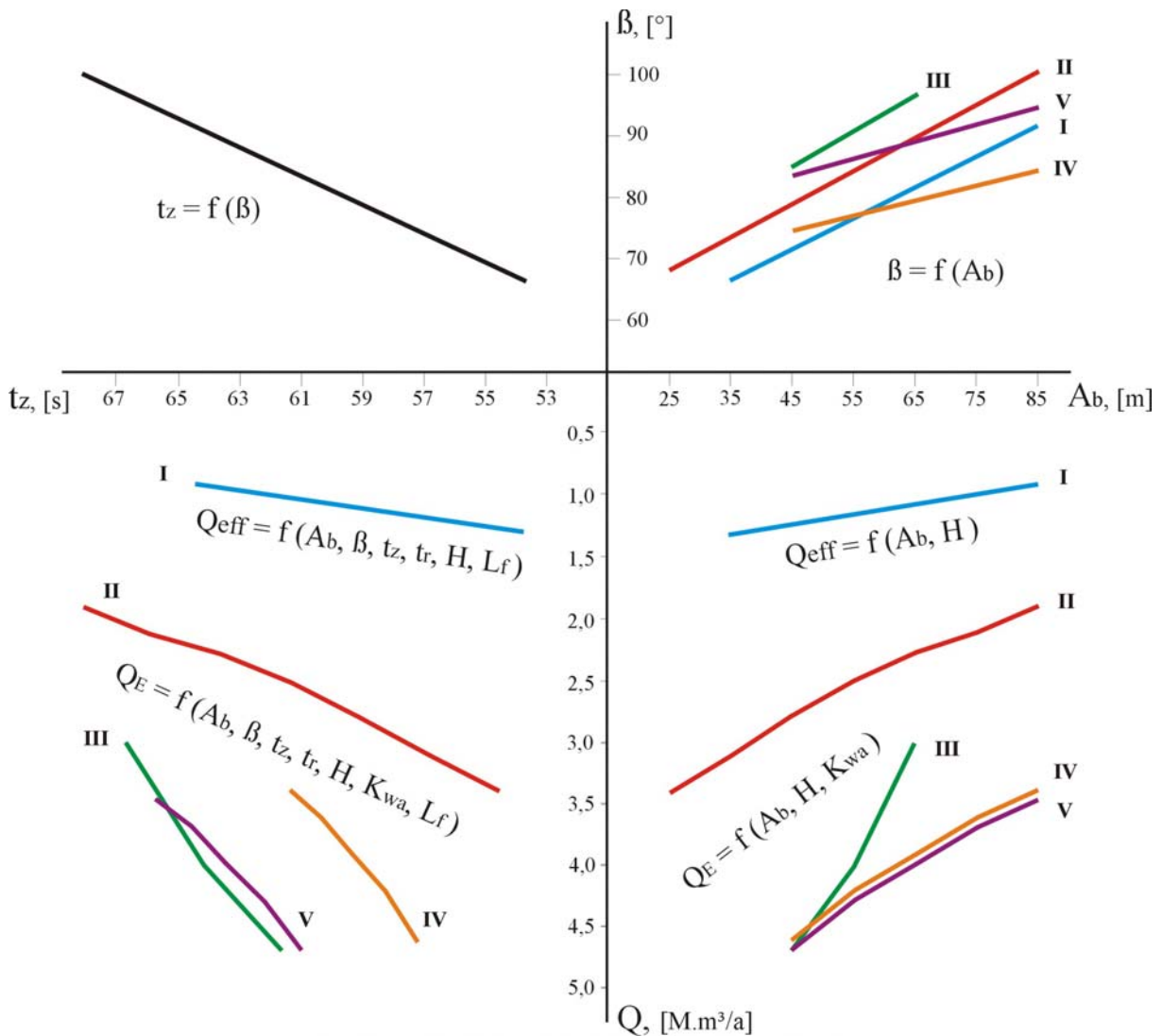


Abb. 6.24 Nomogramm der Abhängigkeiten zwischen Durchgangsbreite (A_b), Schwenkwinkel (β), Arbeitszykluszeit (t_z) und Fördervolumen (Q_E) des Schürfkübelbaggers ESch-25/90 für die möglichen Varianten der Einsatztechnologien

Die Ziffern I-V geben die Schemen des Standortes des Schürfkübelbaggers wieder:

- I - auf der gewachsenen Arbeitsebene (Achslage I),
- II - auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene (Achslage II),
- III - auf der zeitweiligen Kippe zwischen Bagger- und Kippenseite (Achslage III),
- IV - Kombination von Bagger- und Kippenseite (Achslagen I und IV),
- V - Kombination von verbreiteter gewachsener Arbeitsebene und Kippenseite (Achslagen II und IV)

Anhand des oben dargestellten Nomogramms ist der Unterschied der effektiven Produktivität des Schürfkübelbaggers zwischen den einzelnen Einsatztechnologien ersichtlich. Mit Hilfe der Tabelle 6.6 lassen sich die ökonomischen Kennziffern der Varianten der Einsatztechnologie miteinander vergleichen. Die Abraumgewinnungskosten betragen 550 ₺/m³ für den Direktversturz und 1.800 ₺/m³ für die SKW-Förderung in den Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo (stand Mai 2007). Die Gewinnungsleistung ist 1,0 Mio. t/a und des Abraum Kohle Verhältnis ist 3,6 m³/t.

Tab. 6.6 Vergleich ökonomischer Parameter zwischen den Varianten der Einsatztechnologie

Die Durchgangsbreite (Ab), [m] je nach Variante der Achslagen des Schürfkübelbaggers	Abtragsmächtigkeit des Direktversturzes [m]	Strossenlänge [m]	Faktor der doppelten Massenbewegung (Kwa)	Fördervolumen durch Direktversturz (mit doppelten Massenbewegung) [Mio. m ³ /a]	Gewachsene Fördervolumen durch Direktversturz [Mio. m ³ /a]	Fördervolumen mit SKW-Transport [Mio. m ³ /a]	Abraumabtragskosten mit Direktversturstechnologie [Mio. ₺/a]	Abraumabtragskosten mit Transporttechnologie [Mio. ₺/a]	Mittlere Abraumabtragskosten des Tagebaus [₺/m ³]	
Achslage I	35	19,30	1921	0,00	1,30	1,30	2,30	713,56	4144,70	1349,52
	45	18,39	1494	0,00	1,24	1,24	2,36	679,92	4254,81	1370,76
	55	17,48	1222	0,00	1,18	1,18	2,42	646,27	4364,92	1392,00
	65	16,57	1034	0,00	1,11	1,11	2,49	612,63	4475,03	1413,24
	75	15,66	896	0,00	1,05	1,05	2,55	578,99	4585,14	1434,48
	85	14,75	791	0,00	0,99	0,99	2,61	545,34	4695,25	1455,72
Achslage II	25	26,17	2689	0,97	3,47	1,76	1,84	1906,10	3313,43	1449,87
	35	24,28	1921	0,90	3,10	1,63	1,97	1705,60	3542,12	1457,70
	45	23,28	1494	0,82	2,85	1,56	2,04	1566,50	3663,12	1452,67
	55	22,56	1222	0,68	2,55	1,52	2,08	1401,28	3750,24	1430,98
	65	21,79	1034	0,58	2,31	1,46	2,14	1272,89	3843,41	1421,19
	75	20,99	896	0,50	2,12	1,41	2,19	1164,07	3940,21	1417,86
Achslage III	85	20,16	791	0,44	1,95	1,36	2,24	1073,32	4040,64	1420,54
	45	34,79	1494	1	4,68	2,34	1,26	2572,53	2270,41	1345,26
	55	31,96	1222	0,87	4,02	2,15	1,45	2209,65	2612,84	1339,58
Achslagen I-IV	65	31,67	1034	0,4	2,98	2,13	1,47	1639,27	2647,93	1190,89
	45	34,72	1494	1	4,67	2,33	1,27	2567,35	2278,88	1346,18
	55	33,96	1222	0,85	4,22	2,28	1,32	2322,82	2370,84	1303,79
	65	33,11	1034	0,74	3,87	2,23	1,37	2130,02	2473,69	1278,81
	75	32,21	896	0,67	3,62	2,17	1,43	1988,76	2582,59	1269,82
	85	31,26	791	0,61	3,38	2,10	1,50	1860,76	2697,54	1266,19
Achslagen II-IV	45	34,79	1494	1	4,68	2,34	1,26	2572,53	2270,41	1345,26
	55	34,03	1222	0,85	4,23	2,29	1,31	2327,60	2362,37	1302,77
	65	33,18	1034	0,74	3,88	2,23	1,37	2134,52	2465,22	1277,71
	75	32,28	896	0,67	3,62	2,17	1,43	1993,08	2574,12	1268,67
	85	31,34	791	0,61	3,39	2,11	1,49	1865,52	2687,86	1264,83

Durch Vergleich der Werte in Tabelle 6.6 kann die optimale Variante mit den niedrigsten Abraumabtragskosten ausgewählt werden: die Variante Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite (Achslage III) mit 65 m Durchgangsbreite und 31,67 m Abraumabtragshöhe. Gegenwärtig ist das Schürfkübelbagger-Modell „Esch-25/90“ im Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo im Einsatz. In Tabelle 6.7 werden die aktuellen Parameter der Abraumabtragstechnologie des Tagebaues mit denen der im Ergebnis der vorliegenden Arbeit ausgewählten optimalen Variante miteinander verglichen. Der Vergleich verdeutlicht die größere wirtschaftliche Effektivität der in dieser Arbeit ausgewählten optimalen Variante.

Tab. 6.7 Vergleich wichtiger Kennziffer zwischen den aktuellen Parameter der Abraumabtrags-technologie des Braunkohlentagebaues Shivee-Ovoo und der ausgewählten optimalen Variante

Kennung	Einheit	Aktuell	Ergebnis der Untersuchung
Gewinnungskapazität der Kohle	Mio. t/a	1,0	1,0
Verhältnis Abraum zu Kohle		3,6	3,6
Gesamte Abraumabtragung	Mio. m ³ /a	3,6	3,6
Davon Abraumabtragung durch SKW Transport	Mio. m ³ /a	2,1	1,47
Abraumabtragung durch Direktversturz	Mio. m ³ /a	1,5	2,13
Strossenlänge	M	1.680	1.034
Durchgangsbreite	M	40	65
Eingesetzte Schema des Direktversturztechnologie	-	Achsenlage II	Achsenlage III
Abtragsmächtigkeit durch die Direktversturz	M	22,5	31,67
Effektive Abraumabtragung durch Direktversturz	Mio. m ³ /a	1,5	2,13
Faktor der doppelten Massenbewegung	-	0,4	0,4
Real Abraumabtragung durch Direktversturz	Mio. m ³ /a	2,1	2,98
Abraumabtragskosten durch Direktversturz	₹/m ³	550	550
Abraumabtragskosten durch SKW Transport	₹/m ³	1.800	1.800
Gesamte Abraumabtragskosten durch Direktversturz	Mio. ₹	1.155	1.639
Gesamte Abraumabtragskosten durch SKW Transport	Mio. ₹	3.780	2.646
Total Abraumabtragskosten in Shivee-Ovoo	Mio. ₹	4.935	4.285
Mittelwert Abraumabtragskosten per m ³ Abraum	₹/m ³	1.371	1.191
Mittelwert Abraumabtragskosten per t Kohle	₹./t	4.935	4.285
Preis der Kohle	₹./t	12.000	12.000
Anteil Abraumabtragskosten per t Kohle	%	41,1	35,7 (-5,4)
Unterschied	%		-5,4
Kostensparnis für Kohle	₹/m ³		-180
Kostensparnis für die Abraumabtragung	%		-13,13
Minderausgabe	₹		0,65 Mio. US \$

Das Ergebnis der Untersuchungsarbeit zeigt, dass wenn die hier ausgewählte optimale Einsatztechnologie in dem Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo eingesetzt wird, sich die gesamten Abraumabtragskosten um 13% verringern würden, was einen zusätzlichen Profit von gut einer halben Millionen Euro pro Jahr ausmacht.

7 Zusammenfassung

Der Schwerpunkt dieser Untersuchungsarbeit lag in der Bearbeitung von diskontinuierlichen direktversturztechnologischen Schemen mit einem Schürfkübelbagger und deren effektivem Einsatz in den Braunkohlentagebauen der Mongolei. Im Rahmen dieser Arbeit wurden folgende Aspekte untersucht:

Erstens wurden die Einsatzmöglichkeiten die diskontinuierliche Direktversturztechnologie für die mongolischen Kohlenlagerstätten untersucht. Im Rahmen dieser Untersuchung wurden die Kohlenlagerstätten nach Lagerungsbedingungen der Kohlenflöze sowie ihren technologischen und bergbaugeologischen Bedingungen in 4 Typen klassifiziert. Bei dieser Klassifizierung wurde auch aufgezeigt, dass der Einsatz der Direktversturztechnologie nur für typischen Mulde-Lagerstätten möglich ist. Diese Lagerstättentypen enthalten gut 65% der mongolischen Braunkohlevorräte, das entspricht über 6,5 Mrd. t an abbauwürdiger Braunkohle in den Kategorien A+B+C₁. Somit besteht eine große Möglichkeit für den breiten Einsatz der Direktversturztechnologie für die mongolischen Kohlenlagerstätten. Der optimale und effektive Einsatz der Direktversturztechnologie ist fast 3fach günstiger, als die Technologie mit SKW-Transportsystem, welche heutzutage häufig in den mongolischen Tagebauen eingesetzt wird. Als Fallbeispiel für die Bearbeitung des Einsatzes der Direktversturztechnologie wurde die Braunkohlenlagerstätte „Shivee-Ovoo“, gleichfalls eine Mulde-Lagerstätte, ausgewählt. Schließlich wurde der Einfluss der bergbau-geologischen Lagerstättenbedingungen und der geomechanischen Eigenschaften des Abraums auf die Auswahl der Technik und der Einsatztechnologie des Direktversturzes verdeutlicht. Hierfür konnte eine schematische Darstellung entwickelt werden.

Zweitens wurde die Technik der diskontinuierliche Direktversturztechnologie bzw. des Schürfkübelbaggers untersucht. Dies beinhaltete die Beschreibung von Funktionssystem, Arbeitsbedingungen und Praxisanwendung der einzelnen Schürfkübelbagger-Modelle verschiedener Hersteller. Es gibt weltweit 7 Firmen, die Schürfkübelbagger herstellen. Bisher sind insgesamt über 5.000 Schürfkübelbagger mit Schreitwerk hergestellt worden, die sich 94 Typen zuordnen lassen. Davon wurden etwa 2.000 in den USA und etwa 2.500 in der Ukraine und Russland (bzw. der ehemaligen Sowjetunion) hergestellt. Gegenwärtig sind in der Mongolei insgesamt 15 Schürfkübelbagger russischer Fabrikation, eingesetzt. Davon sind 8 im Kohlentagebau und 7 in Seifengoldlagerstätten im Einsatz. Die weltweit größten Anwender von Schürfkübelbaggern sind Australien, Russland und USA. Dort werden die Schürfkübelbagger meistens für den Abbau von oberflächennahen, flachliegenden, 6 bis 10 m mächtigen Flözen eingesetzt. Die mongolischen Kohlenlagerstätten, in denen Schürfkübelbagger im Einsatz sind, zeichnen sich dagegen dadurch aus, daß die Flöze einen Einfallswinkel von 8 bis 16° und eine Mächtigkeit von 15 bis 20 m haben. Für den schnellen Überblick sind in verschiedenen Tabellen und Anlagen der vorliegenden Arbeit die Kennzahlen, Praxis der Anwendung sowie weitere nützliche Informationen zum Schürfkübelbagger bzw. dessen Einsatz zusammengefasst worden.

Drittens wurde die Direktversturztechnologie mit einem Schürfkübelbagger untersucht und bearbeitet, um für die technologischen Besonderheiten der mongolischen Tagebaue optimale technologische Schemata zu entwickeln und sie in andere Betriebsprozesse einzubinden.

Aus der Bearbeitung und Untersuchungen der Technologie ergaben sich folgende Ergebnisse.

- Die diskontinuierliche Direktversturztechnologie wurde nach eingesetzter Technik, Abbauebene, Lage der Arbeitsebene, Baggerzahl und Abbauverfahren klassifiziert. Anhand dieser Klassifizierung wurden für die technologische Bearbeitung nur die technologischen Schemen mit einem Schürfkübelbagger herangezogen. Dies trägt dem Umstand Rechnung, dass – wegen der begrenzten Gewinnungskapazität sowie abhängig vom Absatzmarkt und den Finanzierungsbedingungen – in mongolischen Tagebauen meistens ein einziger Schürfkübelbagger im Einsatz ist.
- Es wurden die ausgewählten Schemen für unterschiedliche Standorte (X, Y) der Achslage des Schürfkübelbaggers auf der Arbeitsebene modelliert. Dabei sind insgesamt über 300.000 Varianten der Baggerstandorte für die fünf unterschiedlichen Schemen mit einem Schürfkübelbagger möglich. Das Ziel der Modellierung von mehreren Baggerstandorten bestand darin, eine technologisch optimale Variante zu identifizieren. Diese Variante drückt sich durch die höchste Produktivität und größte Abtragshöhe sowie durch die geringste doppelte Massenbewegung und durch niedrigste Kosten der Abraumbewegung aus.
- Es erfolgte die Optimierung der Abtragshöhe und des Anteils der doppelten Massenbewegung für die fünf unterschiedlichen Schemen. Dafür wurde eine analytische Lösung der Optimierung erarbeitet sowie die Algorithmen für die Programmierung entwickelt.
- Die Zusammenhänge zwischen der Produktivität des Schürfkübelbaggers und technologischer Parameters der Einsatzschemen wurden untersucht. Diese Untersuchungen haben verdeutlicht, dass durch die Verringerung der Durchgangsbreite die effektive Produktivität des Schürfkübelbaggers erhöht wird. So zeigte sich z.B. für das technologische Schema der Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite (Achslage I), dass wenn die Durchgangsbreite von 85 m auf 35 verringert wird, die Zeit für die Umsetzung des Schürfkübelbaggers auf 85 h/a ansteigt und somit die reine Betriebszeit des Schürfkübelbaggers von 6.505 h/a auf 6.420 h/a absinkt. Jedoch bringt diese Verringerung der Durchgangsbreite auch mit sich, dass sich die Schwenkwinkel des Schürfkübelbaggers von 91,5° auf 66,5° verringern. Damit geht eine Verringerung der Arbeitszykluszeit des Schürfkübelbaggers um mehr als 11 Sekunden (von 64,5 s auf 53,5 s) einher, was einen Anstieg der Arbeitszykluszahl pro Stunde bedeutet. Das bringt etwa 16% Steigerung der effektiven Produktivität des Schürfkübelbaggers mit sich, gleichfalls steigt auch die Abraumbewegungsmächtigkeit des Schürfkübelbaggers von 26,2 m auf 31,1 m. Bei anderen Schemen treten ähnliche Zusammenhänge auf.
- Die Einsatzrahmen der technologischen Schemen wurde verdeutlicht. Diese hängen von den räumlichen und zeitlichen Begrenzungen ab. Die räumlichen Begrenzungen sind durch die Abtragshöhe des Abbaus bzw. die geometrischen Maße des Tagebaus und der Geräte bedingt. Die

zeitlichen Begrenzungen ergeben sich aus dem Fördervolumen des Schürfkübelbaggers bzw. dem Faktor der doppelten Massenbewegung sowie der Gewinnungskapazität des Tagebaues. Aufgrund der Untersuchungen konnten die Einsatzrahmen der unterschiedlichen technologischen Schemen folgende Werte berechnet werden:

- Abraumabtragshöhe bis 21 m und Fördervolumen 5,5 Mio. m³/a für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite (Achslage I)
- Abraumabtragshöhe bis 26,2 m und Fördervolumen 4,9 Mio. m³/a für das Schema Schürfkübelbagger auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene (Achslage II)
- Abraumabtragshöhe bis 48 m und Fördervolumen 4,5 Mio. m³/a für das Schema Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite (Achslage III)
- Abraumabtragshöhe bis 44 m und Fördervolumen 4,8 Mio. m³/a für das Schema Kombination der Lagen auf der Bagger- und Kippenseiten (Achslagen I und IV)
- Abraumabtragshöhe bis 46 m und Fördervolumen 4,6 Mio. m³/a für das Schema Kombination von verbreiteter gewachsener Arbeitsebene und Kippenseite (Achslagen II und IV).

Viertens wurde das Programm „Dragline“ für diese Berechnungen der Modellierung und Optimierung der Untersuchungsarbeit entwickelt, um die optimale Einsatztechnologie für die modellierten Varianten und Geräte unter den gegebenen Bedingungen auszuwählen. Das Programm „Dragline“ basiert auf „MS Visual Basic 2005“ und besteht aus zwei Teilen. Der erste Programmteil dient der Auswahl des Schürfkübelbaggers nach vorgegebenen Abbauparametern, der zweite Teil der Auswahl der optimalen Einsatztechnologie für einen vorhandenen Schürfkübelbagger hinsichtlich unterschiedlicher technologischer Varianten. Das Programm wurde für die Verarbeitung der Bedingungen des Braunkohlentagebaus Shivee-Ovoo/Mongolei eingesetzt. Die hierbei gelieferten Ergebnisse wurden ausgewertet:

- Auf Basis der Ergebnisse des ersten Programmteils wurden Nomogramme für die Auswahl des Schürfkübelbaggers entwickelt. Diese zeigen die unterschiedlichen Auslegerlängen L_a und Kübelvolumen E für die drei Grundschemas unter den Bedingungen des Braunkohlentagebaus Shivee-Ovoo an. Für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite beträgt $L_a = 96$ m und $E = 6$ m³, für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene beträgt $L_a = 80$ m und $E = 8,2$ m³, für das Schema Schürfkübelbagger auf einer zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite beträgt $L_a = 70$ m und $E = 9$ m³. Das bedeutet, dass je näher die Achslageposition (X, Y) des Schürfkübelbaggers auf der Kippenseite ist, sich zwar die Auslegerlänge verringert, jedoch vergrößert sich dabei das Kübelvolumen, da sich der Anteil der doppelten Massenbewegung vergrößert.

- Mit Hilfe des zweiten Programmteils wurde für jedes Schema die technologisch optimale Variante aus über 300.000 Möglichkeiten der Baggerstandorte identifiziert. Von diesen optimalen Varianten der einzelnen Schemen wurde, anhand von Kriterien der wirtschaftlichen Effektivität, eine Variante für die Lagerstätte Shivee-Ovoo ausgewählt: Dies ist das technologische Schema Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger -und Kippenseite mit der Achslageposition auf der Arbeitsebene ($X = 4,73$ m, $Y = 31$ m). Hier betragen die Durchgangsbreite $A_b = 65$ m, die Abtraghöhe $H = 31,6$ m, die Tiefschnitthöhe $H_1 = 13$ m, die Hochschnitthöhe $H_2 = 18,6$ m, die Kippenhöhe $H_k = 48,9$ m, das Kippvolumen pro Meter $S_k = 2.622,4$ m³, der Faktor der doppelten Massenbewegung $K_{wa} = 0,4$ und das effektive Fördervolumen des Schürfkübelbaggers $Q_{eff} = 2,98$ Mio. m³/a (Fördervolumen zzgl. der doppelten Massenbewegung $Q_E = 4,2$ Mio. m³/a). Diese ausgewählte Variante hat die niedrigsten Kosten pro Kubikmeter Abraumabtragung (1990 ₣/m³).
- Schließlich wurde die ausgewählte optimale Variante mit den aktuellen Daten des Braunkohlentagebaus Shivee-Ovoo verglichen. Es zeigte sich, dass sich bei Einsatz der ausgewählten optimalen Einsatztechnologie die gesamten Abraumabtragskosten um 13% verringern würden, was gut 825 Millionen Tögrög (ca. 0,5 Mio. Euro) Minderausgabe pro Jahr ausmachen würde.

Damit konnte das Hauptziel der Untersuchungen erreicht werden.

Literatur

- [1] Rohstoffwirtschaftliche Länderstudien. XII Mongolei. (1997): BGR, Berlin/Hannover.
- [2] Barthel H. (1971): Land zwischen Taiga und Wüste.
- [3] Mineral Resources and Petroleum Authority of Mongolia (2005): Annual Report. Ulaanbaatar 2006.
- [4] Sundui R. (1999): Entwicklungsstrategie des Kohlensektors. Kolloquium Bodenschatz Gewinnung des XXI Jahrhundert. Institut für Bergbau. S. 14-17.
- [5] The Minerals Law (2006): The Law of Mongolia. Amended July 08. 2006. Ulaanbaatar. BitPress CoLtd.
- [6] Ochirbat P. (1999): Neue Jahrhundertsstrategie im Brennstoff- und energetischen Sektor; Kolloquium Bodenschatz Gewinnung des XXI Jahrhundert. Institut für Bergbau, Ulaanbaatar. S. 8-13.
- [7] Study on comprehensive coal development and utilization in Mongolia (1994): The Institute of Energy Economics, Japan (IEEJ). December 1994.
- [8] Ministerium für Brennstoff und Energie der Mongolei (2005): Kohlebehörde. Jahresbericht des Kohlensektors. Ulaanbaatar 2006.
- [9] Gombosuren Ya. (1997): Beständige Entwicklung mongolische Kohlenindustrie. Die Fragen des mongolischen Bergbaus. Ulaanbaatar. S. 25-30.
- [10] Tsendorj S. (2000): Optimierung der Parameter der Bergbauarbeit für die mongolische Kohletagebaue. Ulaanbaatar. S. 76.
- [11] IEA Key World Energy Statistics. 2003.
- [12] Sundui R., Chimeddorj G. (1999): Entwicklungstendenz des Kohlensektors. Kolloquium Bodenschatz und Wissenschaft- Technologie. Ulaanbaatar. S. 30-37.
- [13] Document of the World Bank. (1991): Mongolia-Country Economies Memorandum Towards a Market Economy. Report Nr. 10108 MON, Dec.2.
- [14] Batjargal D., Jargalsaihan H. (1999): Kohlenversorgung des Landes Tagebaue. Ulaanbaatar. S. 225.
- [15] Badamkhatan G. (2001): Technologischer Untersuchung produziert das Brikett aus der Braunkohle. PHD Dissertation. Ulaanbaatar. S. 150.
- [16] Ochirbat P. (2002): Entwicklungsstrategie und Ökologie der mongolische Kohlenindustrie. Ulaanbaatar. S. 378.
- [17] Purev L., Tsendorj S. (1999): Untersuchung der Kohlenverlust des Baganuur Braunkohlentagebaus. Zeitschrift des Bergbaus. S. 22-24.
- [18] Dondov D. (2002): Untersuchung die Kohlenverlust und Verschmutzung. PHD Dissertation. Ulaanbaatar. S. 134.

- [19] Jargalsaichan D., Kazmer M., Baras Z., Sanjaadorj D. (1996): Guide to the Geology and Mineral Resources of Mongolia. –Geological Exploration Consulting and Services (GGS) Co.Ltd. Ulaanbaatar. S. 221.
- [20] Kampe A., Kraft M. (1991): Geologische Auslandsaktivitäten der DDR 1956 bis 1990. BGR-Archiv Berlin/Hannover.
- [21] Kampe A. (1994): Kohlen der Mongolei. Bericht der BGR.
- [22] Geology and Mineral resources of Mongolia (1999): Atlas of Mineral Resources Of The Escap Region. Volume 14. United Nations Publication 1999.
- [23] Galsandorj D. (1996): Mongolia's Mineral Potential and Mining Opportunities. Ulaanbaatar.
- [24] The Institute of Energy Economics, Japan (IEEJ) (1994): Study on comprehensive coal development and utilization in Mongolia. Interim Report. Part I renovation Study. Summary. December 1994.
- [25] Tsendorj S., Purevsuren D. u.a. (2001): Ordnung und Planung des Braunkohlen-tagebaus Shivee-Ovoo, Forschungsprojekt. Ulaabaatar.
- [26] United Nations International Framework Classification For Reserves/Resources (1996): Solid Fuels and Mineral Commodities. Geneva, 4-6 November 1996.
- [27] Statistik der Kohlenwirtschaft e.V. www.kohlenstatistik.de
- [28] Purevsuren D., Drebenstedt C. (2006): The situation and development trends in the Mongolian coal industry and the use of draglines for direct casting. World of Mining-Surface & Underground (58) Nr.2. German, GDMB Medienverlag.
- [29] Peurifoy R.L. (1956): Construction Planning, Equipment and Methods, McGraw-Hill Book Company. Inc. S. 134-154.
- [30] Power Cranes-Schovels-Draglines (1953): Technical Bulletin Nr.4, Power Crane and Shovel Association. S. 13-20, 39-53.
- [31] Purevsuren D., Drebenstedt C. & Tsendorj S. (2006): The Mongolian coal industry at the begin of 21st century and its development trends. Proceedings of the Symposium on Mine Technology, Economy and Ecology, Ulaanbaatar, Mongolia, 20-22 May 2006 (Edited by: Tsendorj S.). Soyombo Printing, Ulaanbaatar. S. 87-106.
- [32] Trubetzkoi K.N., Seinow N.P., Kiselew N.A., Sidorenko I.A. (1999): Kranlainy- tehnika otkrytych gornich rabot XXI weka. Ugol. Nr.11, S. 46-49.
- [33] Nowye technych rasrabotki ekskawator-draglain-8.50 (1997): Ugol, Oktober, S. 5.
- [34] Ruban A.D. (2001): Naprawleniya sowerschenstwowaniya technologitscheskoi basy ugolnoi promischlennosti. Ugol Nr. 2, S. 35-37.
- [35] Mike Woof (2002): A slow walk back. Reports on the increasing activity in the dragline sector. World Mining Equipment, September S. 15-17.
- [36] Rai P., Kishore N., Nath R. (2001): Increasing dragline output. Cut with analysis in a tandem dragline operation. World Mining Equipment, April. S. 48-52.

- [37] Nowyi schagayuschii ekskawator obedinennich maschinostroitelnych zawodow (2003): Ugol. Juni. S. 48-49.
- [38] Kalaschnikow O.Yu., Melenez W.I., Dsershinski B.A. (2003): Ekskawatorostroeniye AO „NKMZ“-55 let. Gornye mashiny i awtomatika, Nr. 8. S. 10-13.
- [39] Schadow M.I., Winitzkii K.E., Gridnew W.A. (1997): Raswitie bestransportnykh technologii i oborudowaniya dlya rasschireniya sfery wnutrennego otwalobrasawaniya. Ugol, September. S. 26-30.
- [40] Kris Palmer (2001): Extreme Mining Machines Stripping Shovels and Walking Draglines. MBI Publishind Company, Keith haddock collection.
- [41] James W., Martin P.E., Thomas J. und andere (1982): Surface Mining Equipment. Martin consultants, INC.
- [42] Strzodka K., Saykiewicz J. und Dunikowski A. (1980): Tagebau Technik. Band II. S. 247, 301.
- [43] Melnikow N.W. (1967): Die wissenschaftlichen Grundlagen des Tagebaues in der UdSSR. Bergbautechnik 17, 10, S. 513-519
- [44] Melnikow N.W. (1985): Otkritaya rasrabotka mestoroshdeniy. Moskwa. Nedra.
- [45] Seinov N.P., Schenderov A.I., Jarikov I.F., Nuridjany G.Z. (2002): Perspektivnie napravleniy povischeniy effektivnosti otkritoi ugledobichi za schet soverschenstvovaniy technik i technologii gornih rabot. Ugol Nr.10. S. 36-40.
- [46] Morduhovich I.L. (1984): Issledovanie parametrov rabochege prozessa shagayshih draglainov. - M.. Nauka. S. 143.
- [47] Rjewskii V.V. (1985): Otkrytye gornye raboty. Tschast I und II. Moskva. Nedra.
- [48] Rjewskii V.V. (1985): Opencast mining unit operations. MIR Publishers. Moskwa.
- [49] Tomakov P.I., Naoumov I.K. (1992): Open-pit mining technology, mechanization and management. Moskow mining institute publishing house.
- [50] Melnikow N.N. (1967): Otwalobrosowanie schagayuschimi draglainami na karerach. Intensifikaziya otwalnich rabot. Moskau.: Nedra. S. 112.
- [51] Melnikow N.N. (1968): Teoriya i prinziipy mechanisazii otwalobrosowaniya na karerach. –M: Nauka, S. 108.
- [52] Baskow G.M. (1957): Usloshnennaya bestransportnaya sistema rasrabotki s ustanowkoi draglaina ESch-14/75 na bremennom otwale. Ugol, Dezember. S. 25-30.
- [53] Baskow G.M. (1956): O nekotorych elementach prostoi bestransportnoi sistemy rasrabotki draglainamu ESch-14/75. Ugol, Oktober. S. 30-33.
- [54] Morduchowitsch I.L., Owtschinnikow B.A. (1959): Wnedrenie nowoi schemy na wskryshnykh rabotach Kimowskogo ugolnogo rasresa. Ugol, Mart. S. 10-12.
- [55] Yastrebow A.I., Winizkii K.E. (1961): Razionalnye parametry nowykh moschnykh odnokowschowych ekskawatorow. Ugol, Dezember, S. 32-35.

- [56] Melnikow N.N. (1967): Nowyi schagayuschii draglain ESch-10/70A, ego modifikaziya I ispolzovanie na otkrytych gornych rabotach. Ugol. April. S. 42-48.
- [57] Don M.A. (1976): Primenenie ekskawatorow ESch-10/60 i ESch-15/90 na uchastkach c wosrastayustschei mostschnostyu wskryshi i neblagopriyatnymi gorno-geologitscheskimi uslowiyami. Ugol. Juni. S. 37-39.
- [58] Koslow Yu.S., Fisenko G.I. (1993): Technologitscheskaya schema otrabotki gorizontalnykh i pologich ugolnykh plastow odnim draglainom. Ugol. Sep. S. 38-41.
- [59] Schadow I.M. (1995): Wibor mostschnogo wskryshnogo oborudowaniya na rasrezach. Ugol. August. S. 25-28.
- [60] Kozlow Yu.S., Petrow A.E. (1995): Nowaya technologitscheskaya schema otrabotki plasta 18 na rasrese "Tugnuiskii". Ugol. Januar, S. 41-43.
- [61] Rai P. (2001): Use that dragline. Consideration for design and planning of dragline pits. November. World Mining Equipment.
- [62] Gridnew A.P. (1973) Powischie effektivnosti bestransportnoi sistemy rasrabotki na rasresach. M.: Zniei Ugol, 1973. S. 58.
- [63] Saitow B.I. (1975): Issledovanie osobennostei rabotschego prozessa draglaina pri werchnem tsherpanii i wliyanie ich na ego osnovnye parametry: Awtorefetar dissertaziy kand. tech. nauk. Sewerdlowsk: Sewerd. Gorn. Inst.. S. 24.
- [64] Boyarskii B.A. (1975): Raswitie otkrytoi dobitschi rudi. Moskwa. Nauka. S. 298.
- [65] Fidelew A.S. (1960): Osnovnye rastschety pri otkrytoi rasrabotke ugolnykh mestorosdenii. M.: Gosgortechisdat. S. 178.
- [66] Egin B.A., Yamow Yu.W. (1977): Obosnowanie rasstoyanie operesheniya meshdu wskrischnymi ekskawatorami metodam statitscheskgo modelirovaniya. Gornyi shurnal. Nr.7, S. 9-12.
- [67] Winizkii K.E., Reentowitsch E.I. (1965): Matematitscheskoe modelierowanie parametrow system otkrytych gornych mestorosdenii. M.: Nauka, S. 88.
- [68] Resnitschenko S.S. (1981): Matematitscheskoe modelirowanie w gornoj promyshlennosti. Moskwa. Nedra. S. 218.
- [69] Gratschew F.G., Penetych W.K. (1981). Wyemka rasnostrukturnich wskrischnich porod pri bestransportnoi system e rasrabotki. Gorni Shurnal. Nr.10, S.16-18.
- [70] Burluzkii B.D., Zewetow Yu. P. (1982): Optimisatziya koeffizient sbrosa pri bestransportnoi sistem rasrabotki. Ugol. Nr.8, S. 24-26.
- [71] Panischew S.W. (1999): Obosnowanie razionalnich parametrow bestransportnoi sistemy rasrabotki mnogoletnemerslych wskryshnykh porod. Yakutsk.
- [72] Liberzew O.H. (1984): Uwelitschenie obemow peremeschenie porod wskrischi energiei wsrywa pri bestransportnoi sisteme rasrabotki. Leningrad.

- [73] Naumow W.M. (1986): Opredelenie welitschina koeffizienta sbrosa porodi pri wsrywnych rabot. Ugol, Nr.7, S. 29-30.
- [74] Wnizkii L.S., Gratschew A.A., Trestschenko A.P. (1979): Perspektivnyye schemy wskryshnykh rabot na rasresach. M.: Zniei. Ugol, S. 32.
- [75] Pronosa W.G. (1998): Intensifikaziy prozessa mnogokratnoi perewalki nawalow draglainami. Ugol.Mai. S. 31-33.
- [76] Pronosa W.G. (1997). Powischenie effektivnosti prozessa perewalki navalow draglainami. Ugol, Nr.1, S. 29-31.
- [77] Gridnew A.P. (1971): K woprosu opredeleniya optimalnogo sootnoscheniya parametrov rabotshego oborudowaniya dralaina i sistemy rasrabotki. Ugol. Juni. S. 39-42.
- [78] Sawtschenko P.K. (1952): Opredelenie graniz otkrytykh rabot dlya mestoroshdenii, rasrabatywaemykh kombinirowannym sistemami. Ugol. November. S. 8-10.
- [79] Fidelew A.C., Tschernyschenko O.A. (1956): Opredelenie graniz otktytykh rabot pri kombinirowannoi sisteme rasrabotki. Ugol. Januar. S. 16-18.
- [80] Gridnew A.P. (1973): Opredelenie razionalnoi granizy bestransportnoi sistemy rasrabotki. Ugol. September. S. 32-34.
- [81] Wasilkow Yu.M., Dawankow A.Yu. (1980): Rastschjot i wibor schem rekultiwazii pri bestransportnoi sisteme rasraborki. Ugol. Dezember. S. 22-25.
- [82] Lugowskoi W.W. (1959): O gornotechnitscxheskich wosmoshnostyach ekonomitscheskoi effektivnosti primeneniya bestransportnoi sistemy pri razrabotke krutych plastow otkryтым sposobom b Kusbasse. Ugol. Februar. S. 34-37.
- [83] George Boulter (1968): Cyclical Method – Draglines and Clamshells, Surface Mining. Chapter 8.2. S. 445. The American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers, Inc. New York.
- [84] James W. Martin (1982): Surface Mining Equipment.
- [85] Unterlagen der Firma Bucyrus Internatiol Inc. www.bucyrus.com
- [86] Historical Construction Equipment Association. Marion mining & dredging machines. 2002.
- [87] Heith Haddock (2001): Extreme mining machines. Stripping shovels & walking Dragline.
- [88] Unterlagen der Firma P&H Mining Equipment. www.phmining.com
- [89] OMZ Mining Equipment and Engineering. www.mineq.com
- [90] Autoren Kollege (1994): Otkritie Gornie Raboti. Moskow. Gornoe buro.
- [91] Unterlagen der Firma KZTM. www.kztm.ru
- [92] Unterlagen der Firma Novokramatorsky mashinostroitelny zavod. www.nkmz.com
- [93] Learmont, T. (1967): Design and manufacture of a 220 cu.yd.-dragline. Mining Congress Journal, June, S. 26.
- [94] Purevsuren D., Drebenstedt C. und Tsedendorj S. (2005): Herstellung und Einsatz des Schürfkübelbaggers. Zeitschrift des Bergbaus. Nr.4. (29). Khaan Printing S. 3-8.

- [95] Joachim Simon (1983): Zum Einsatz von Schürfkübelbaggern zur Abraumgewinnung in besonderen Lagerungsverhältnissen.
- [96] Linden, G. (1968): Ein Dragline (Schürfkübelbagger mit Schreitwerk) im rheinischen Braunkohlen-Revier. Braunkohle, Januar, S. 1-16.
- [97] Chironis N.P. (1979): Aluminium boom ups dragline output. Coal Age, May, S. 118.
- [98] Moyon, H. (1967): Wirtschaftlicher Einsatz von Hochlöfflabbaggern. Baupraxis 19. Nr.3, S. 41-45.
- [99] Burns, S. S. (1977): The Larger Electric Mining Shovel of the Future, Today. CIM Bulletin, April, S. 117-124.
- [100] Atkinson, T. (1972). Thyristor control of electric shovel. Mining Magazine, 122. Nr.2, S. 97.
- [101] Kegel, K.E. (1970): Geräteausrüstung in Strip Mining Tagebauen der USA. Braunkohle, Juli, S. 234
- [102] Drebenstedt C., Vorlesungsskript Tagebau I-III und Introduction to Mining. Einteilung der Böden nach DIN 18300.
- [103] Konstantin K., Kusnetsov (1973): Die Stein- und Braunkohlentagebau de Sowjetunion.
- [104] Egurnow G.P., Ctachewitsch E.B. (1950): K woprosu razionalnoi rasrabotki „Bogoslowskogo“ burougolnogo mestorojdeniya. Ugol, Dezember, S. 1-5.
- [105] Rshewskii W.W., Simkin B.A. (1952): Ob ispolsovaniy moschnykh ekskawatorow na karerach tresta „Bachruschewugol“. Ugol. Desember. S. 16-19.
- [106] Konowalow N.N. (1965): Opyt raboty ekskawatorow ESch-6/45 c primeneniem burowbsrywnykh rabot na karere Kara-Su tresta „Kirgisugol“. Ugol. Februar. S. 28-29.
- [107] Schadow M.I. (1969): Sowerschenstwowanie techniki i technologii wskryshnykh rabot na karerach kombinata „Bostsibugol“. Ugol. März. S. 35-41.
- [108] Bagorowskii W.S. (1971): Sowerschenstwowanie bestransportnoi sistemy rasrabotki na „Krasnogorskom“ rasrese. Ugol. Dezember. S. 40-44.
- [109] Wasilkow Yu.M., Fedyaew L.K., Schaufler A.N. (1974): Selektiwnaya rasrabotka i ukladka wskryshnykh porod w otwal na rasrese „Aseiskii“. Ugol. März. S. 44-45.
- [110] Tkatsch M.P., Chartschenko A.D. (1975). Brigada ekskawatora ESch-10/70 rasresa „Noworaitshichinskii“. Ugol. Dezember. S. 30-33.
- [111] Gridnew W.A. (1978): Primenenie bestransportnoi sistemi rasrabotki na „Neryungrinskom“ mestorosdenii. Ugol. Juli. S. 42-46.
- [112] Eremin G.A., Naumow W.M., Schadow I.M. (1988): Besttransportnay selektiwnaya rasrabotka wskryshnykh porod rasresa Wostotschnyi. Ugol. Oktober. S. 29-31.
- [113] Kapustin W.P., Pawlowitsch G.I., Iwanow L.W. (1989): Opyt primeneniya bestransportnogo bedeniya wskryshnykh rabot w uslowiyakh rasresa “Beserowskii-1”. Ugol. Juli, S. 27-29.
- [114] Tomakow P.I., Stepanow W.N., Omarow T.Sch. (1989): O zelesoobrasnosti primeneniya draglainow na wskryshnykh rabotach rasresa “Neryungrinskii”. Ugol. Januar. S. 27-30.

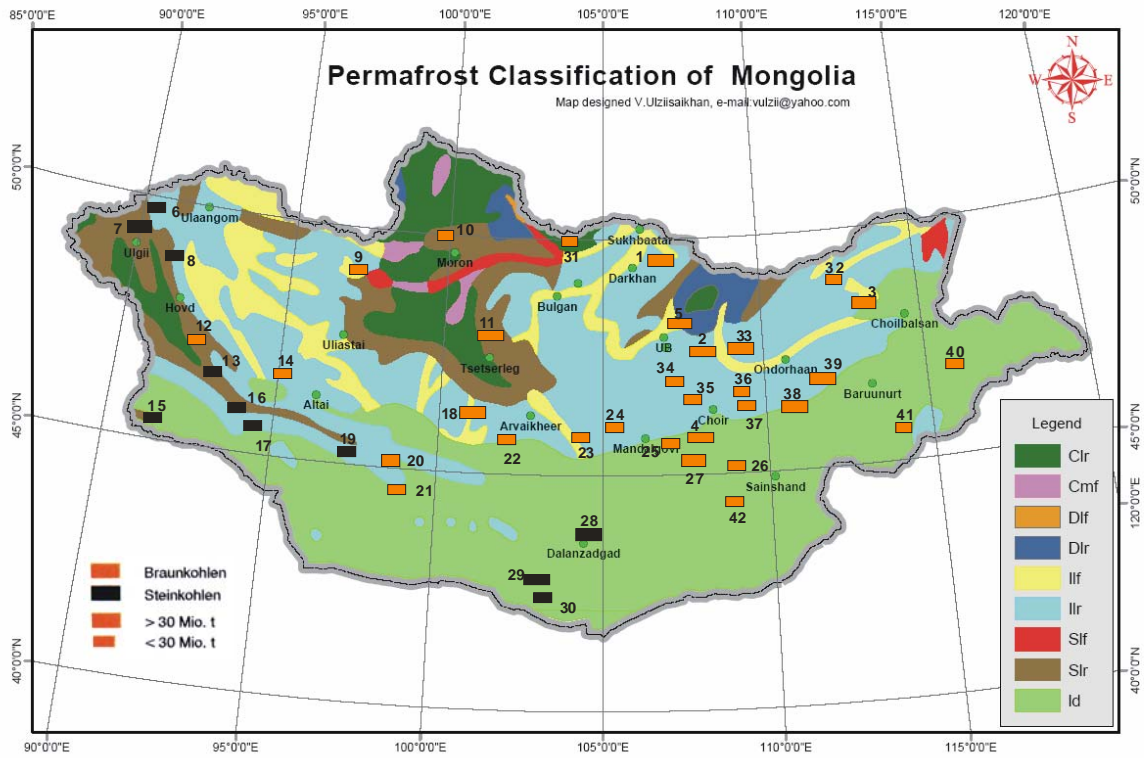
- [115] Nenaschew A.S., Ermolaew W.A., Goichman E.E. (1990): O rasrabotke trudnodostupnych dlya transporta gorizontow rasresow "Kusbassa". Ugol. Jan. S. 20-24.
- [116] Gallery of Mines worldwide (1996): P&H Mining Equipment. A Harnischfeger Industries Company.
- [117] Mike Woof (2002): A slow walk back. September. World Mining Equipment.
- [118] Brown coal mining USA. www.mining-technology.com
- [119] Aspinall T.O. und andere (1993): Strip Mining, Chapter 13, Australasian Coal Mining Practice. S. 203-224.
- [120] The Strip Mining Method of Bengalla mine. www.nswmin.com.au
- [121] Ruban A.D. (2001): Technologitscheskoe basiy ugolnoi promischlennosti. Ugol, Februar, S. 35:
- [122] Binizkiy K.E. und andere (1997): Raswitie bestransportnich technologiy i oborudowanija dlja rasschirenija sferiy bnutrennego otwaloobrasowanija. Ugol, September, S. 26.
- [123] Eremin G.A. u.a. (1988): Bestransportnaja selektivnaja rasrabotka wskrischnich porod rasresa „Wostotschniy“. Ugol, Oktober, S. 29.
- [124] Baskow G.M. (1957): Usloshnennaja bestransportnay sistema rasrabotki s ustnowkoi draglaina ESch-14/75 na wremennom otwale. Ugol, Dezember, S. 25.
- [125] Koslow Ju. K., Petrow A. E. (1995): Nowaja technologitscheskaja schema otrabotki plasta 18 na rasrese „Tugunskiy“. Ugol, Januar, S. 41.
- [126] Bart J. Hyita, William B. u.a. (1999): State of dragline-technology in surface hard coal mining. „Mining for tomorrow's world“. Düsseldorf, Deutschland, Juni, S. 207.
- [127] Mark L. Bricker (1992): Monolithic overburden, horizontal coal seams: Bridger mine. Mining Engineering Handbook, Vol. 2, S. 1407.
- [128] Gene Rand (1992): Lignite, Big brown Mine. Howars L. Hartman, Senior Editor, Mining Engineering Handbook, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Littleton, Colorado. Vol. 2, S. 1431.
- [129] David B. McDonald (1992): Variable interburden, horizontal multiple coal seams: Colowyo coal company. Mining Engineering Handbook, Vol. 2, p. 1415.
- [130] P Rai, N Kishore und R Nath (2001): Cut width analysis in a tandem dragline operation. World Mining Equipment. April, S. 48.
- [131] Wayne N. McKee (1992): Athabasca oilsand: Syncrude mine. Howars L. Hartman, Senior Editor, Mining Engineering Handbook, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Littleton, Colorado. Vol. 2, S. 1435.
- [132] M.K. McCarter und Harold M. Smolnikar (1992): Auger Mining. Howars L. Hartman, Senior Editor, Mining Engineering Handbook, Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Littleton, Colorado. Vol. 2, S. 1447.

- [133] Ellie Pratt (2004): Big production levels call for trusty machines. *World Mining Equipment*. April, S. 40.
- [134] Moltschanow P.W. (1971): K woprosu metodiki opredelenija godowoi moschnosti rasresow pri bestransportnoi sisteme rasrabotki. *Ugol*, Januar, S. 36.
- [135] Schapow Ju. S. (1990): Effektivniy sposob otkritoi rasrabotki plastowich mestoroshdeniy gorizontalnogo i pologogo saleganiya. *Ugol*, Januar, S. 17
- [136] Unterlagen der Firma Hendrix. www.creightonrock.com.
- [137] K.N. Trubetskoj, G.L. Krasnjansky, V.V. Hronin (2001): Die Projektierung des Tagebaus „Проектирование карьеров“. Moskau. Den Verlag der Akademie der Bergwissenschaften. Band II.
- [138] Drebenstedt C. (1989): Erarbeitung von technologischen Komplexen für die Abraumbewegung mit Direktversturzkombinationen für die Bedingungen der Braunkohlelagerstätten der DDR. Diss. Moskau.
- [139] Purevsuren D., Drebenstedt C. & Tsedendorj S. (2006): Modelling of dragline excavation schemes. *Proceedings of the 15th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection*, Turin, Italy, 20-22 September 2006 (Edited by: Cardu M., Ciccu R., Lovera E. & Michelotti E.). FIORDO S.r.l.-Galliate Publishers, Italy. Page 192-201.
- [140] Raymond L. Lowrie (2002): *SME Mining Reference Handbook*. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc. Theoretical cycle times for draglines.
- [141] Tsedendorj S. (2005): Tagebau Prozess „Ил уурхайн процесс“. Soyombo Printing. Ulaanbaatar
- [142] Purevsuren D., Drebenstedt C. und Tsedendorj S. (2006): Modellierung der technologischen Schemata und Optimierung der Abtragsmächtigkeit des Abraums für die Direktversturztechnologie mit einem Schürfkübelbagger. *Forschungsheft der Mongolischen Universität für Wissenschaft und Technologie*. Nr.7. Ulaanbaatar.
- [143] Purevsuren D., Drebenstedt C. & Tsedendorj S. (2006): Die Zusammenhänge zwischen der Produktivität des Schürfkübelbaggers und den technologischen Parametern. *5th International Conference on Applied Science. Proceeding of the conference Science and New Technologies in Prospecting, Exploration and Mining Development of Mineral Deposits*. 4-6 April. Moscow. S. 197-208.
- [144] Purevsuren D. & Tsedendorj S. (2002): Modellierung und Optimierung von Planung der Bergbauarbeiten in Tagebauen mit kombinierter Technologie. *Zeitschrift des Bergbaus*, Nr.2, April/May/June. Khaan Printing. Ulaanbaatar.
- [145] Mirabediny H., Baafi, E. Y and Whitchurch, K. (1997): Computer Simulation of Complex Dragline Operations, *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*, Vol. 11, S. 7-13.
- [146] Baafi E.Y & Kerr, H. (2005): ComDrag – A Dragline Simulator for Strip Mines. In & (Eds.), *Proceedings of the 14th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection &*

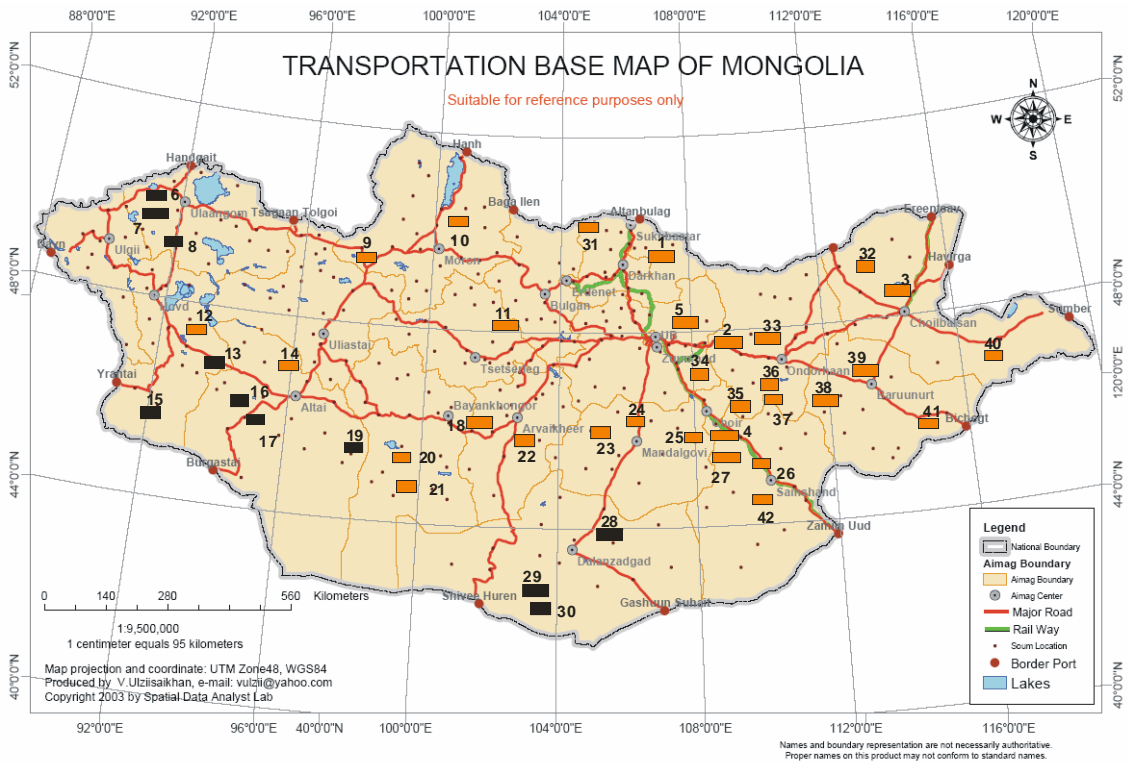
- the 5th International Conference on Computer Applications in the Minerals Industries. USA: The Reading Matrix Inc. S. 46-63.
- [147] DragSim der Firma Runge (2006): www.runge.com/dragsim/
- [148] 3d-Dig 2000 der Firma Earth Technology. www.earthtechnology.net/d2000
- [149] Purevsuren D. & Tsedendorj S. (2002): Programming of direct dumping technological scheme of Cherehov. Proceedings of the International Symposium on Technological Incubation and Development of Business. Mongolia. November. Forschungsheft der Mongolischen Universität für Wissenschaft und Technologie.
- [150] Fifth Dimension Technology (5DT). www.mining.5dt.net
- [151] Dragline Simulator der Firma Inversive Technology. www.immersivetechologies.com
- [152] Purevsuren D., Drebenstedt C. & Tsedendorj (2007): Computergestütztes Planungssystem für die Auswahl von Schürfkübelbaggern und deren Einsatztechnologie. Modellierung, Simulation und Visualisierung von Prozessen in Bergbau und Bauwesen. Freiburger Forschungsforum 58. Berg- und Hüttenmännischer Tag 2007, 13-15 Juni. Herausgeber: C.Drebenstedt, W.Kudla, H.Konietzky, B.Jung.

Anlagen

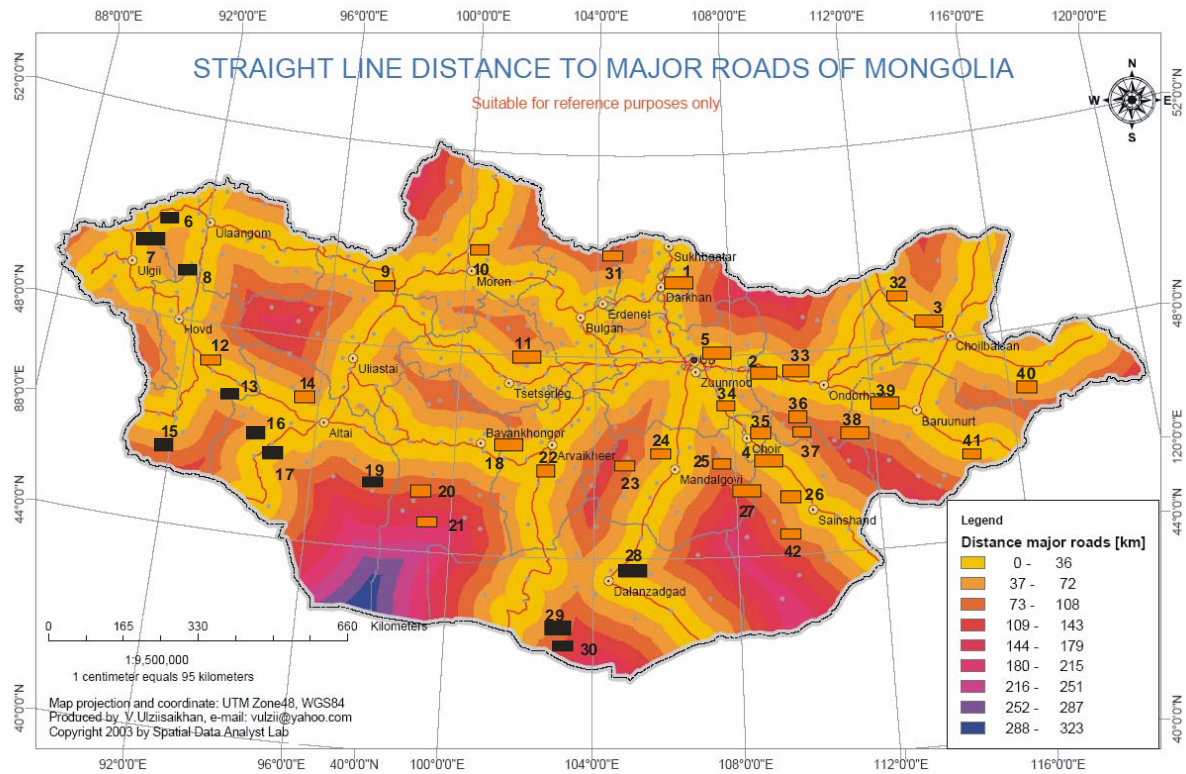
Anlage 2.1 Dauerfrostböden Klassifikation der Mongolei



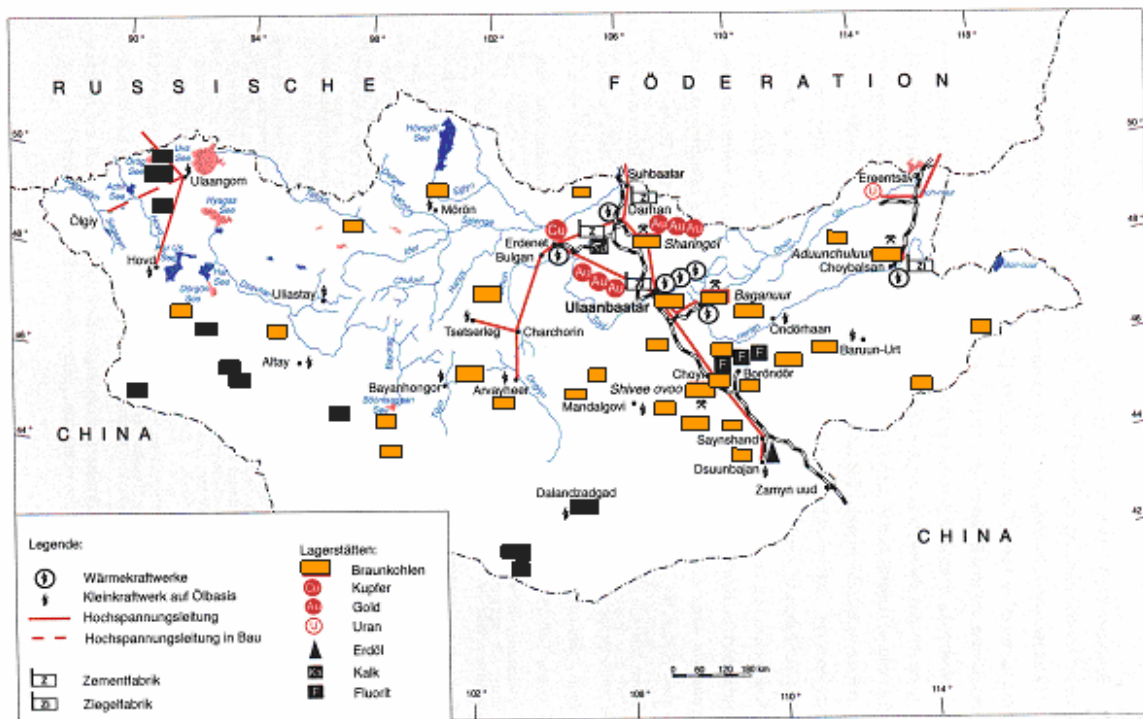
Anlage 2.2 Eisenbahn und Straßennetz der Mongolei



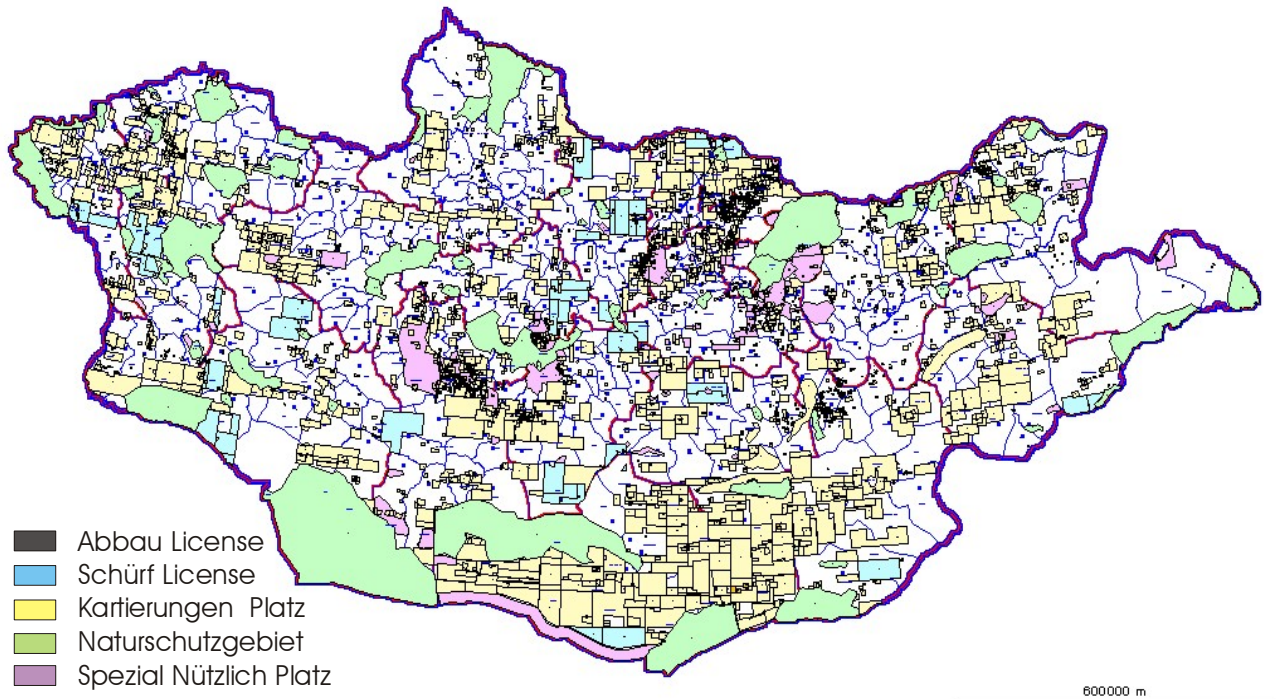
Anlage 2.3 Entfernung der Tagebaue vom Straßennetz



Anlage 2.4 Abdeckung der Hochspannungsnetze und dazu angeschlossene Industrien



Anlage 2.5 Karte der Bergbaulizenzen in der Mongolei [3]



Anlage 2.6 Kohleproduzenten und deren Hauptanwender [8]

	Anwender der Kohle	Ausführung 2000 (Taus. t.)	Plan 2001 (Taus. t.)	Aus welchem Kohlengrube				
				Sharyngol, (Taus. t.)	Baganuur, (Taus. t.)	Shivee-Ovoo, (Taus. t.)	Eldev, (Taus. t.)	Nalaikh, (Taus. t.)
1	Ulaanbaatar	3399,1	3921,0	45,0	3120,0	690,0	50,0	16,0
	Elektrizitätswerk-2	161,6	200,0	20,0	180,0	-	-	-
	Elektrizitätswerk-3	889,2	1035,0	25,0	1010,0	-	-	-
	Elektrizitätswerk-4	2147,6	2350,0	-	1750,0	600,0	-	-
	UB Eisenbahn	106,9	134,0	-	64,0	40,0	30,0	-
	Anderere	93,8	202,0	-	116,0	50,0	20,0	16,0
2	Darkhan-Uul aimak	364,1	305,0	305,0	0,0	0,0	0,0	-
	Elektrizitätswerk	289,7	260,0	260,0	-	-	-	-
	Zement	26,8	20,0	20,0	-	-	-	-
	-Sovinvest	9,8	5,0	5,0	-	-	-	-
	-silikat	-	5,0	5,0	-	-	-	-
Anderere	37,8	15,0	15,0	-	-	-	-	
3	Orkhon aimak	220,4	410,0	205,0	100,0	35,0	70,0	-
	Elektrizitätswerk	198,3	200,0	200,0	-	-	-	-
	GOK	22,1	200,0	5,0	100,0	35,0	60,0	-
	Anderere	-	10,0	-	-	-	10,0	-
4	Selenge aimak	61,3	60,0	15,0	-	45,0	-	-
	Elektrizitätswerk	29,9	30,0	-	-	30,0	-	-
	Selenge GmbH	21,6	15,0	15,0	-	-	-	-
	Hötöl Zement	9,8	15,0	-	-	15,0	-	-
5	Govisumber aimak	28,8	35,0	-	-	35,0	-	-
6	Dundgovi aimak	22,7	25,0	-	-	25,0	-	-
7	Anderere	108,7	110,0	30,0	80,0	-	-	-
8	Summe	4205,1	4866,0	600,0	3300,0	830,0	120,0	16,0

Anlage 2.7 Entwicklung der Kohlegewinnung in der Mongolei von 1922-2002 [9]

Jahre	Kohlegewinnung [t]		Jahre	Kohlegewinnung [t]		Jahre	Kohlegewinnung [t]
Anfangszeit (1922-1960)							
1922	900		1935	57.300		1948	277.500
1923	900		1936	70.000		1949	235.800
1924	2.300		1937	101.000		1950	267.200
1925	3.200		1938	112.800		1951	263.000
1926	7.900		1939	129.000		1952	238.700
1927	9.200		1940	151.100		1953	291.800
1928	10.900		1941	192.800		1954	319.000
1929	12.600		1942	180.200		1955	328.700
1930	10.400		1943	200.000		1956	340.400
1931	14.800		1944	208.100		1957	405.700
1932	20.000		1945	258.600		1958	466.100
1933	28.500		1946	244.600		1959	539.000
1934	40.500		1947	246.500		1960	619.000
Summe 1922 bis 1960							6.906.000
Entwicklungszeit (1961-1990)							
1961	742.900		1971	2.085.000		1981	3.300.000
1962	860.200		1972	2.179.500		1982	3.300.000
1963	846.500		1973	2.323.600		1983	3.400.000
1964	622.600		1974	2.473.200		1984	4.300.000
1965	989.500		1975	2.719.500		1985	3.900.000
1966	1.160.600		1976	2.921.700		1986	3.700.000
1967	1.244.800		1977	3.314.000		1987	4.100.000
1968	1.444.400		1978	3.789.000		1988	8.606.000
1969	1.641.700		1979	4.105.000		1989	8.040.000
1970	1.999.300		1980	4.376.000		1990	7.156.000
Summe 1961 bis 1990							91.641.600
Weitere Entwicklungszeit (seit 1990)							
1991	7.037.600		1995	4.810.600		1999	4.953.500
1992	6.243.700		1996	4.923.700		2000	5.067.300
1993	5.466.100		1997	4.922.600		2001	5.362.700
1994	5.048.100		1998	5.007.400		2002	5.650.000
Summe 1991 bis 2002							64.493.300
Gesamt Summe 1922 bis 2002							163.040.300

Anlage 2.8 Gewinnungstechnik in den mongolischen Kohlentagebauen [8]

Nr.	Eingesetzte Technik	Kohlentagebaue			
		Baganuur	Sharyngol	Shivee-Ovoo	Aduunchuluun
Schürfkübelbagger					
1.	ESch-25/90			1*	
2.	ESch -20/90	1			
3.	ESch -15/90A	1			
4.	ESch -13/50	2			
5.	ESch -10/70	2	2		
6.	ESch -6/45		1		
Seillöffelbagger					
7.	EKG-10I	1			
8.	EKG-8I	4	5		
9.	EKG-5A	4	6	3+1*	3
10.	EKG-4.6A	2			1
11.	EKG-4U	2	4		
Hydraulikbagger					
12.	EO-4224	1	2		
13.	CAT 320	2			
14.	Komatsu PC220-6			1*	
15.	Komatsu PC400			1*	
Radlader					
16.	CAT 988F	1*	1*		
17.	WA 700	1*			
18.	WA 600			1*	
Lastkraftwagen (LKW)					
19.	BelAZ-540				3
20.	BelAZ-548	26	11	14	5
21.	Komatsu HD405-6	10*		16*	
22.	CAT 777D (85 t)	20*			
23.	CAT 769D (36 t)		4*		
24.	Terex 3307 / 3305	2	6 / 5		
Bohrmaschine					
26.	2SBSH-200-60	1	1		
27.	SBR-160	8	2	1	1
28.	SBV-2M	1	1		
29.	3SBSH-200	1	1		
30.	DM-45E			1*	
31.	D-5KS	2*			
Planierdraupe					
32.	Komatsu D 375A	6*			
33.	Komatsu D155A-2	7*	4*		
34.	CAT D 8N			2*	
35.	DET-250	3		1	
36.	T-170		5		3
37.	D-155			2*	
Raddozer					
38.	CAT 824C	1*	2*		
39.	CAT 824G	4*			
40.	WD-600			1*	

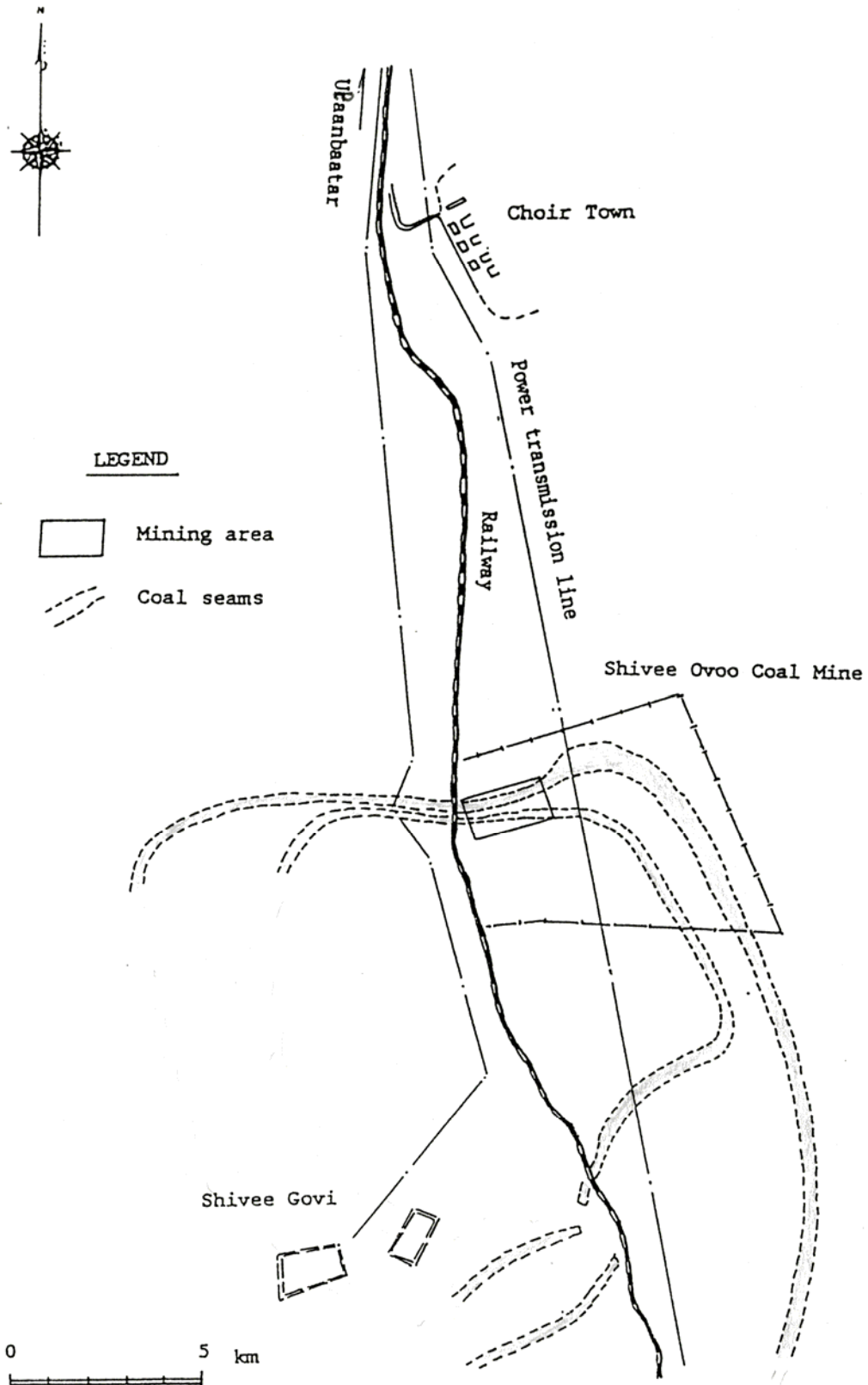
* neu angeschaffte Technik seit 1996 (Projekte: „Mongolei Kohl“, „MONP4“, „MONP5“)

Anlage 2.9 Die in kleinen Kohletagebauen eingesetzte Technik [8]

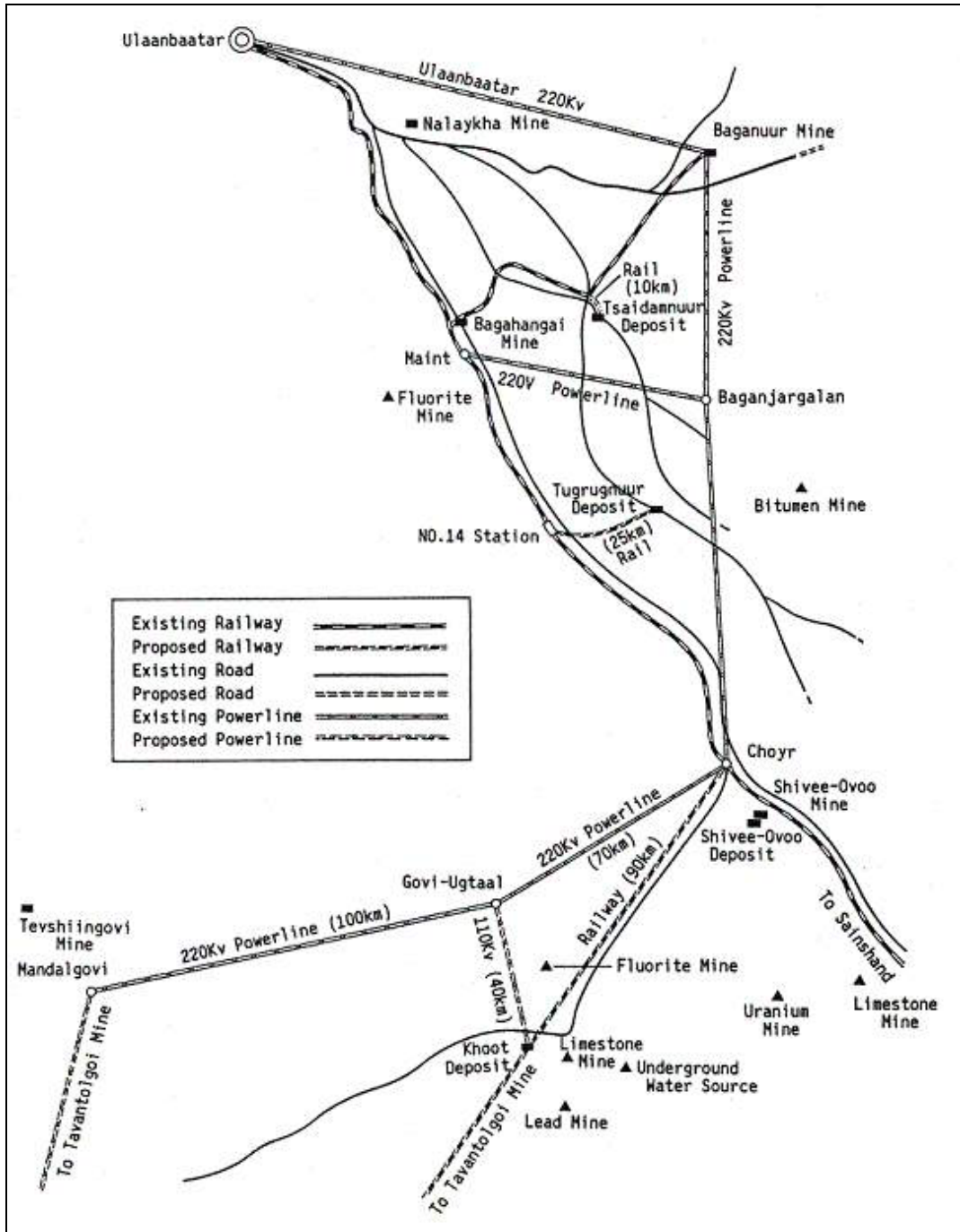
Nr.	Technik und Model	Tagebaue									
		Bayanteeg	Mogoingol	Tevshingovi	Khartarvagatai	Khöshööt	Zeegt	Talbulag	Tavantolgoi	Chandgantal	Nuursthotgor
Seillöffelbagger											
1.	EKG-5A		1								
2.	EKG-4.6A	1								1	
Hydraulikbagger											
3.	E-2503A	1						1			
4.	EO-5111	3	2	2	4	1	2	2	3	4	4
5.	EO-4224							1		1	
6.	EO-4112	1									
7.	EO-2621/6123	1									
8.	EO-3322								1		
9.	CAT 320		1*	1*	1*		1*	1*		1*	
10.	Komatsu PC220-6	1*							1*		1*
11.	Universal YMZ-6			1		1		1		1	
Lastkraftwagen (LKW)											
12.	BelAZ-540	6	5	3							
13.	Komatsu 23 Tonne		2*	2*				2*	2*		
14.	Terex 3307	2*									
15.	KrAZ-256	2	6	4	3	2	2	3	4	4	8
Bohrmaschine											
16.	SBR-160		1								
17.	SBV-2M	2	2	1				1	1	1	
18.	SBU-100			1		1					3
19.	BTS-150						1				
Planierraupe											
20.	Komatsu D 65E	1*							1*		1*
21.	CAT D 6R				1*		1*	1*			
22.	T-170						1	1	1		1
23.	T-130		3	1	2	2				1	1
24.	DZ-110	2						1		1	

*- neue Technik seit 1996-2003 Jahre auf Kredit von der Welt Bank, Asiatische Entwicklung Bank und Japanische Regierung und andere Finanzierung die Anordnung der Projekte „Mongolei Kohle“, „MONP4“, „MONP5“, „Technisch- technologisches Erneuerungsprojekt des Landes 10 Kohlentagebau“ gekauft.

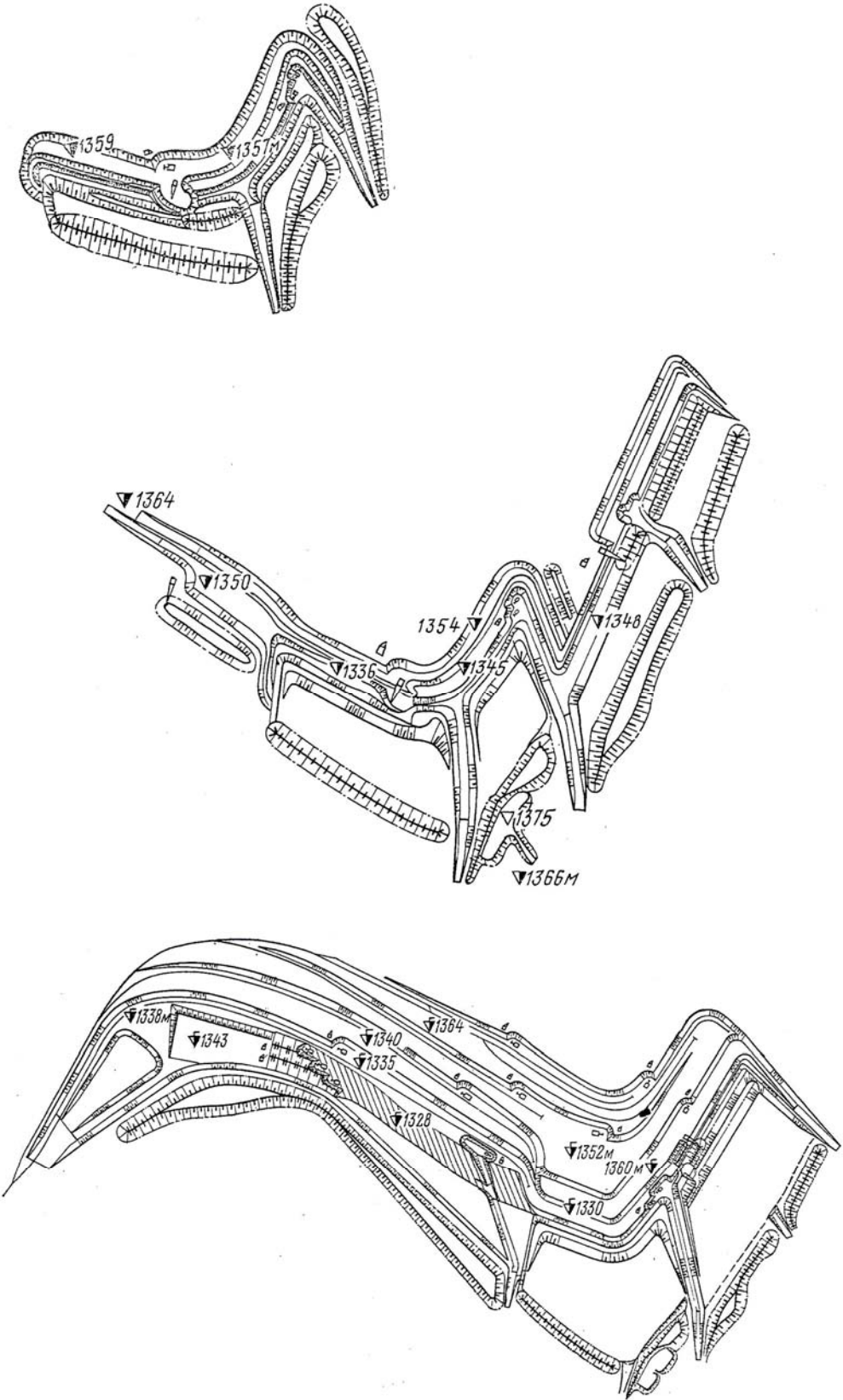
Anlage 2.10 Region Braunkohlentagebau Shivee-Ovoo



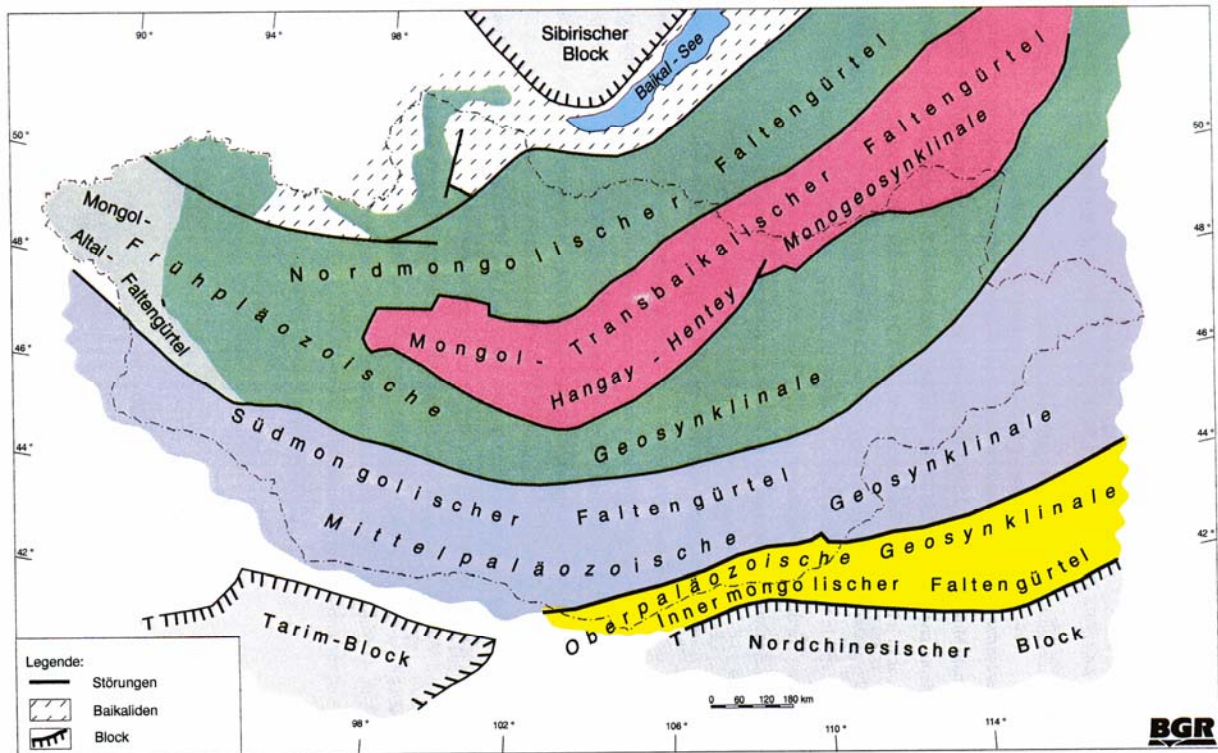
Anlage 2.11 Die wichtigsten Tagebaue und die Infrastruktur der zentralen Zone [7]



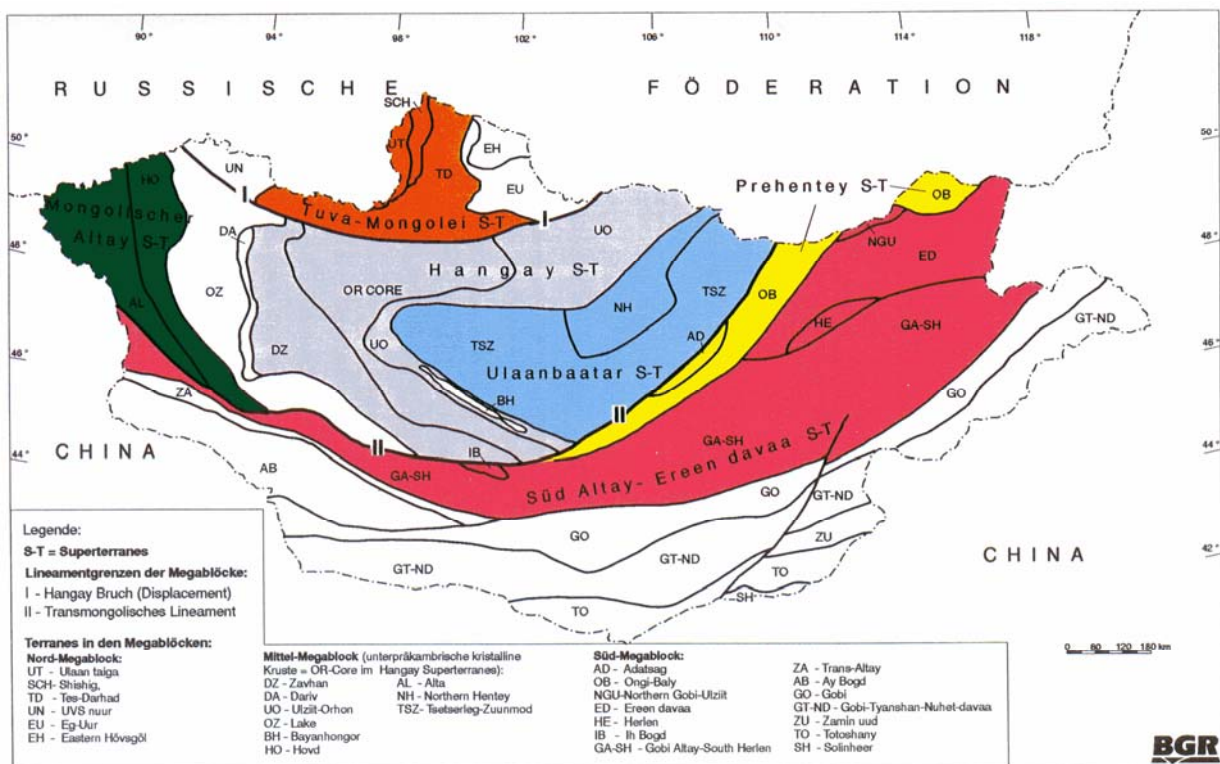
Anlage 2.12 Projektpläne des Braunkohlentagebaus Baganuur (Institut Giproschacht/Sowjetunion)



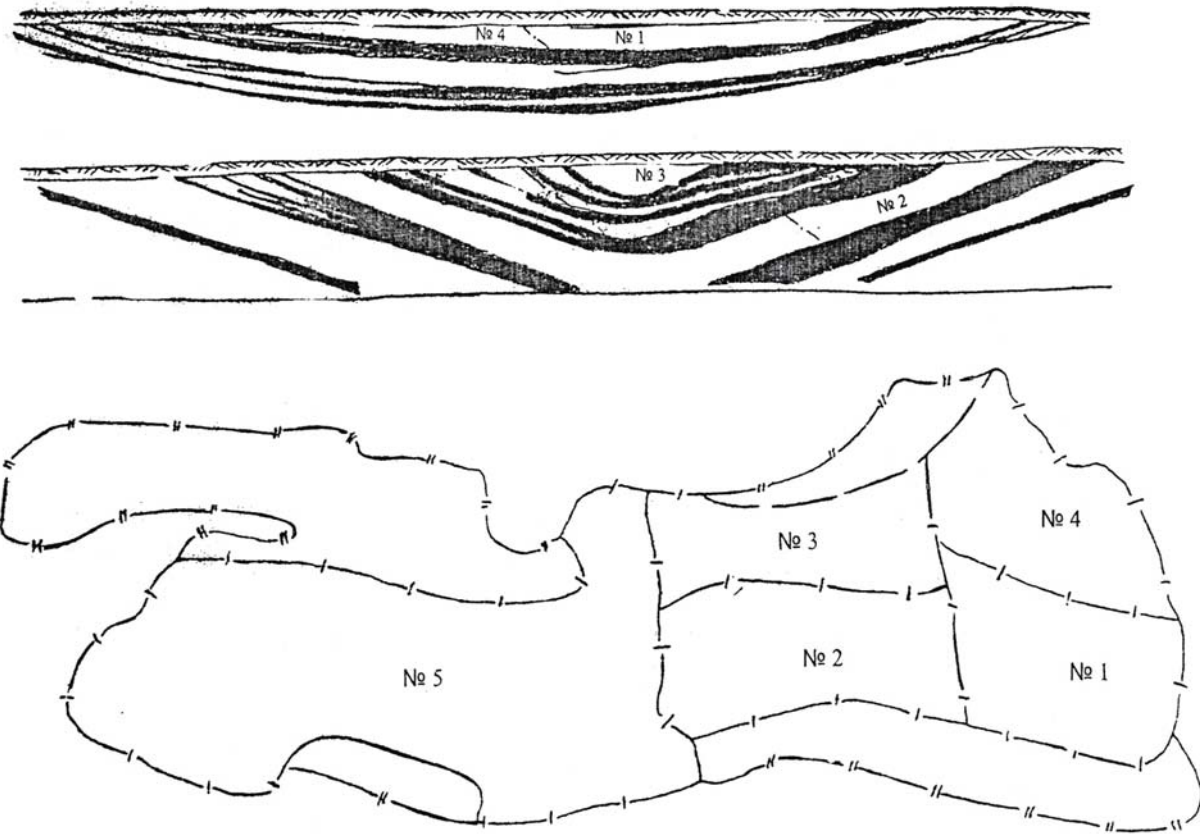
Anlage 3.1 Geologisches Entwicklungsschema der Mongolei (nach Kampe, 1995) [1]



Anlage 3.2 Regionalgeologische Einheiten (nach Tömörtogoo, 1996) [1]



Anlage 3.3 Tagebaufelder des Braunkohlentagebaus Baganuur [9]

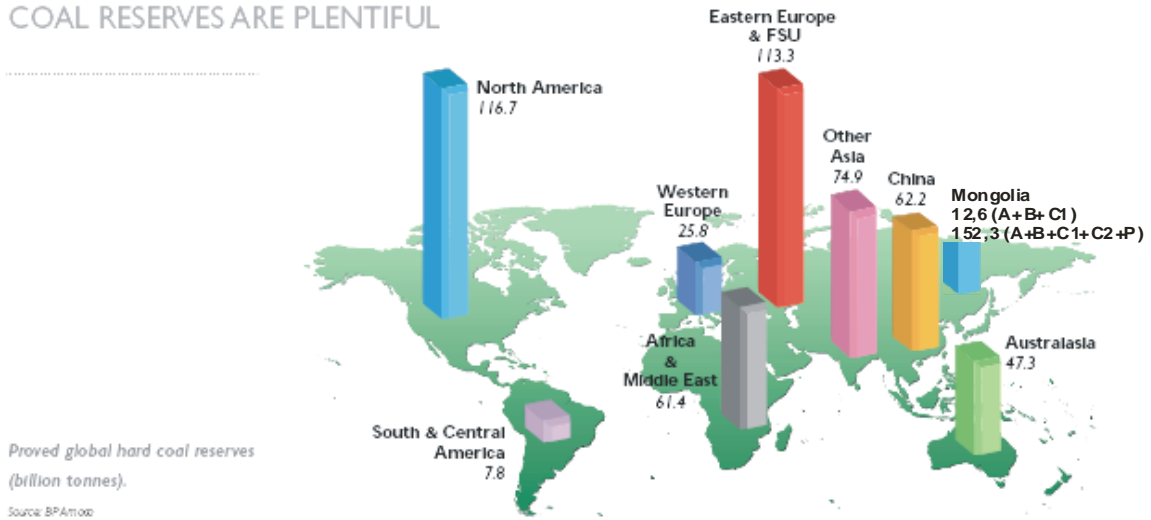


Anlage 3.4 Die Untersuchung der Kohlenvorräte im 20. Jahrhundert

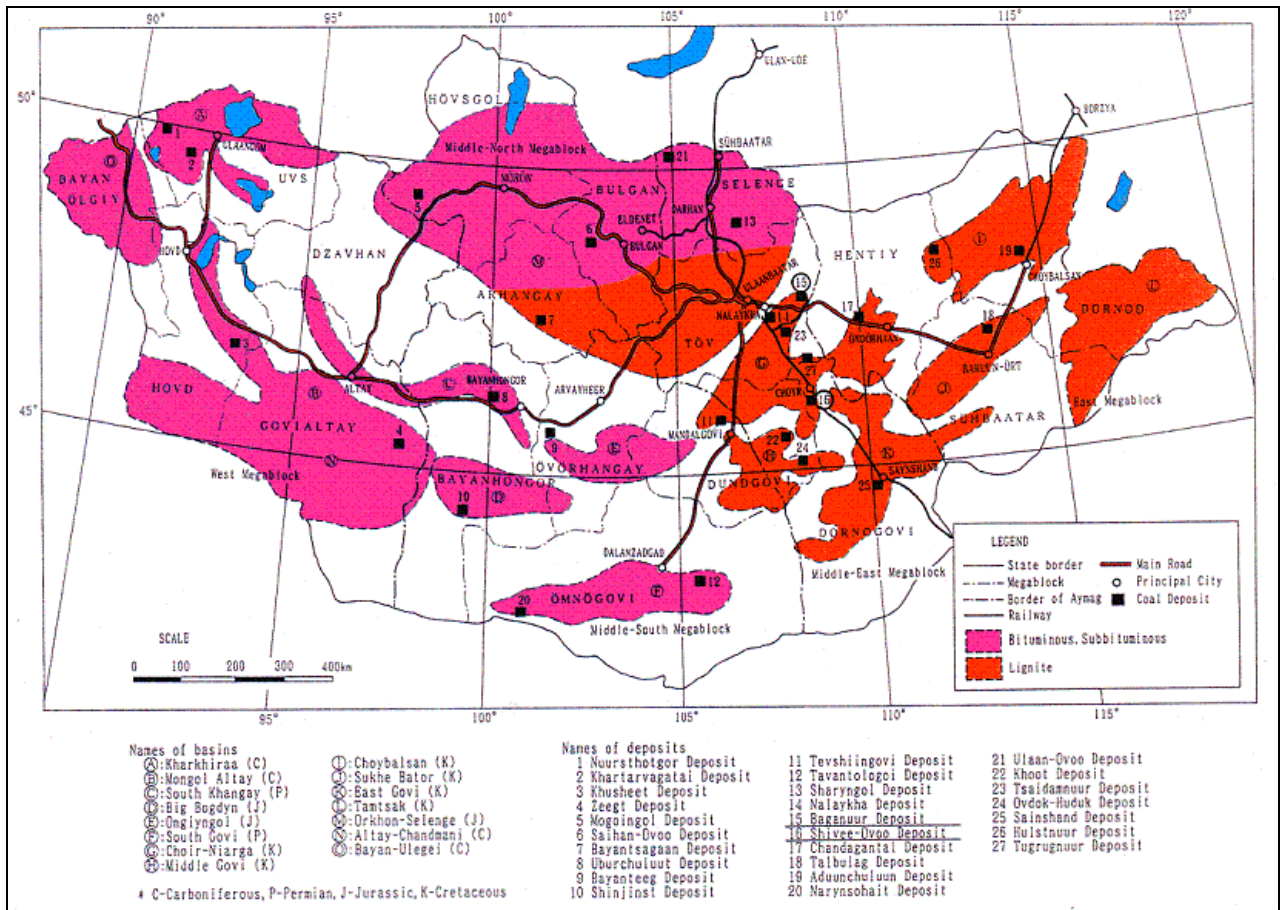
	Coal deposit	Topography	Size of deposit extent, km	Area, km ²	Exploration first record	Prospecting
<i>Biggest</i>						
1.	Nalaikh	Gentle hills Grassland	NS: 3,5 EW: 10.0	35.0	1912	1925-1926, 1930
2.	Sharyn gol	Hills Forest	NW: 1.5 NE: 3.0	4.5	1957	1957-1960
3.	Baganuur	Plain Grassland	NNE: 12.0 WNW: 3.5	42.0	1925	1964
4.	Aduunchuluun	Plain-hills Grassland	NW: 6.0 NE: 7.0	40.0	1951-1953	1962
5.	Shivee-Ovoo	Rolling plain Grassland	NW: 25.0 NE: 17.0	425.0	1957	1986-1988
<i>Middle</i>						
6.	Nuurshotgor	Plain grassland	NS: 15.0 EW: 30.0	450.0	1927	1941-1942 1990- 1991
7.	Khartarvagatai	Mountain grassland	SWNE: 6.0 NWSE: 2.5	30.0	1941	1941
8.	Khoshoot	Gentle hills	NS: 3.5 EW: 2.0	7.0	1926	1967
9.	Zeegt	Plain	NW: 2.5 NE: 1.0	2.5	(ancient)	1969
10.	Mogoin gol	Hills forest	NS: 1.0 EW: 0.4-0.6	0.5	1955	1967-1970
11.	Bayanteeg	Plain grassland	NW: 1.0-2.0 EW: 7.0	10.0	1961	1961 1973
12.	Tevshiin govi	Gentle basin grassland	NS: 6.0 EW: 12.0	72.0	-	1940-1960
13.	Tavantolgoi	Plain grassland	NS: 6.0-15.0 EW: 60.0	600.0	1890	1978-1981 1984-1987
14.	Chandgantal	Plain grassland	NS: 1.5 EW: 2.0	3.0	1941	1941
15.	Talbulag	Plain grassland	NW: 5.0-6.0 NE: 12.0	70.0	1939	1967
<i>Small</i>						
16.	Saihan ovoo	Hills forest	NS: 5.0 EW: 3.5	17.5	1960	1988-1989
17.	Bayantsagaan	Hills grassland	SWNE: 2.5 NWSE: 0.5	0.6	1977	1986
18.	Uvorchuluut	Hills grassland	NS: 0.5 EW: 0.8	0.4	1971	1978
19.	Shinejinst	Plain grassland	NS: 1.0 EW: 9.0	9.0	1977	1977
20.	Nariinsukhait	Plain desert	NS: 1.0 EW: 11.0	30.0	1971	1971
21.	Ulaan-Ovoo	Mountain forest	NS: 2.0 EW: 3.0	6.0	1974	1979
22.	Khoot	Plain grassland	NS: 5.0 EW: 5.0	25.0	1964	1964
23.	Tsaidamnuur	Plain grassland	NE: 46.0 NW: 10.0-15.0	500.0	1940	1980
24.	Ovdogkhudag	Plain grassland	NE: 16.0 NW: 3.0	48.0	1964	1964-1965
25.	Sainshand	Plain desert	NS: 2.5 EW: 4.0	10.0	1930	1939-1940

Anlage 3.5 Vergleich der Kohlenvorräte zwischen der Mongolei und anderen Länder [11]

COAL RESERVES ARE PLENTIFUL



Anlage 3.6 Stein- und Braunkohlenreserven und Kohlenreviere der Mongolei [16]



Anlage 3.7 Kohlengesamtreserven der Mongolei [16]

No.	Coal basin (Index on the map)	Kohlenreserven, Mio. t		
		Explored	Forecasted	Total
1.	Harkhira Basin (A)	172,5	4592,7	4765,2
2.	Mongol Altai Basin (B)	49,0	10040,6	10089,6
3.	Altain Chandakh' region (N)	2,1	3821,4	3823,5
4.	Bayan-Olgii region (O)	-	-	-
5.	Omnod Hangai Basin (C)	4,2	1221,9	1226,1
6.	Omnogobi Basin (F)	2960,0	10070,0	13030,0
7.	Ikh Bogd Basin (D)	5,2	1950,0	1955,2
8.	Ongiyn Gol Basin (E)	42,6	1471,1	1513,7
9.	Orhon-Selenge region (M)	408,8	7295,3	7704,1
10.	Choir-Nyalga Basin (G)	5932,0	14401,1	20333,1
11.	Dudngobi Basin (H)	104,1	13117,2	13221,3
12.	Dornogobi (K)	-	23534,0	23534,0
13.	Choibalsan Basin (I)	213,2	14699,7	14912,9
14.	Sukhbaatar Basin (J)	68,0	4190,2	4258,2
15.	Tamsag Basin (L)	190,0	31803,0	31993,0
Total		10151,7	142208,2	152359,9

Anlage 3.8 Lage der bedeutende Kohlelagerstätten der Mongolei

	Coal deposit	Coal area, basin	Province (aimag)	Sotuation		Access
				latitude	longitude	
<i>Biggest</i>						
1.	Nalaikh	Central	Tov	47°40'00''	107°18'00''	37 km SE of Ulaanbaatar
2.	Shariin gol	Central	Selenge	49°12'00''	106°27'00''	50 km SE of Darkhan
3.	Baganuur	East	Tov	47°45'00''	108°23'00''	120 km ESE of Ulaanbaatar
4.	Aduunchuluun	East	Dornod	48°05'00''	114°28'00''	6.5 km N of Choibalsan
5.	Shivee-Ovoo	East	Govisumber	46°10'00''	108°33'00''	20 km SE of Choir
<i>Middle</i>						
6.	Nuursthotgor	West	Uvs	49°40'00''	90°33'00''	110 km WNW of Ulaangom
7.	Khartarvagatai	West	Uvs	49°35'00''	91°40'00''	50 km SW of Ulaangom
8.	Khoshoot	West	Hovd	46°40'00''	93°25'00''	20 km NE of Tsetseg
9.	Zeegt	West	Govi-Altai	45°20'00''	97°50'00''	250 km of Altai
10.	Mogoin gol	Central	Hovsgol	49°20'00''	97°55'00''	165 km WSW of Moron
11.	Bayanteeg	Central	Ovorhangai	45°40'00''	101°35'00''	134 km SW of Arvaiheer
12.	Tevshiin gobi	East	Dundgovi	46°00'00''	106°07'00''	30 km N of Mandalgovi
13.	Tavantolgoi	Central	Omnogovi	43°35'00''	106°30'00''	96 km of Dalanzadgad
14.	Chandgantai	East	Khentiy	47°25'00''	110°05'00''	40 km W of Ondorkhaan
15.	Talbulag	East	Sukhbaatar	46°55'00''	112°58'00''	35 km NW of Sukhbaatar
<i>Small</i>						
16.	Saihan ovoo	Central	Bulgan	48°48'00''	102°30'00''	80 km W of Bulgan
17.	Bayantsagaan	Central	Arkhangai	47°40'00''	101°18'00''	25 km NNW of Tsetserleg
18.	Uvorchuluut	Central	Bayanhongor	46°20'00''	101°05'00''	60 km WNW of Bayanhongor
19.	Shinejinst	South	Bayanhongor	44°35'00''	100°13'00''	250 km of Bayanhongor
20.	Nariinsukhait	South	Omnogovi	42°50'00''	101°40'00''	300 km of Dalanzadgad
21.	Ulaan-Ovoo	Central	Selenge	50°20'00''	105°00'00''	85 km W of Sukhbaatar
22.	Khootiin hotgor	East	Dundgovi	45°41'00''	107°41'00''	90 km SW of Choir
23.	Tsaidamnuur	East	Tov	47°22'0''	108°00'00''	100 km SE of Ulaanbaatar
24.	Ovdogkhudag	East	Dundgovi	45°32'00''	108°00'00''	140 km ESE of Mandalgovi
25.	Sainshand	East	Dornogovi	44°50'00''	110°08'00''	18 km SW of Sainshand

Anlage 3.9 Vorräte der bedeutenden Kohlelagerstätten der Mongolei

	Coal deposit	Detailed Exploration	Coal reserves, million tons			
			Area, km	Depth, m	Mineable (A+B+C1)	Geological (A+B+C1+C2+P)
<i>Biggest</i>						
1.	Nalaikh	1931 1954-1978	Whole area	350	59.0	76.0
2.	Shariin gol	1976-1978	Stripping ratio: 10 m ³ /t	250	37.0	Open cast 37.0 Underground 45.0
3.	Baganuur	1974 1975	Whole area	200 350	515.8 -	- 713.1
4.	Aduunchuluun	1988-1989 (partially)	South block whole area	60 60	230.0 -	- 400.0
5.	Shivee-Ovoo	1986-1988 (partially)	Sineus Whole area	350	564.1 -	- 2700
<i>Middle</i>						
6.	Nuurshotgor	1960 (partially)	Whole area	100	142.3	166.6
7.	Khartarvagatai	1961 (partially)	NNE: 0.85 WSW: 0.4	60-100	19.7	25.7
8.	Khoshoot	1972, 1978 (partially)	NS: 0.8 EW: 0.7	70-140	14.7	24.3
9.	Zeegt	1979	1.6 x 0.5 whole area	50	2.57 4.58	- 6.87
10.	Mogoin gol	1976	NS: 1.0	80-90	4.0	15.0
11.	Bayanteeg	1977	EW: 7.0	100-110	2.4	4.1
12.	Tevshiin govi	1981-1982	Whole area	300-350	587.7	960.0
13.	Tavantolgoi	1981 1990	Main area	300 500	3500.0 -	- 6500.0
14.	Chandgantal	1962-1963 (partially)	1.2 x 0.8	100	122.9	213.0
15.	Talbulag	1980 (partially)	Block II whole area	100 300	48.6 -	51.9 421.3
<i>Small</i>						
16.	Saihan ovoo	1961 West 1977 East 1993 North	Over 1.5 m thick of coal seam	250	23.95	34.66
17.	Bayantsagaan	1989	Whole area	100	1.2	5.5
18.	Uvorchuluut	1981	0.5 x 0.8	60-70	3.7	3.7
19.	Shinejinst	1977-1978 (partially)	North block	100-110	2.4	4.1
20.	Nariinsukhait	1991 (partially)	2 blocks	100 200	40.0-50.0	200.0-250.0
21.	Ulaan-Ovoo	1979-1993	NS: 0.45 EW: 1.5	150-160	23.6	42.1
22.	Khoot	1964, 1992-1994	1.0 x 3.0 3.0 x 5.0	100 100	82.3 -	- 190.9
23.	Tsaidamnuur	-	Whole area	300	-	1700
24.	Ovdogkhudag	1968-1972 (partially)	Middle block WS block	100 100	159.5 -	- 168.2
25.	Sainshand	-	2.3 km ² 7.7 km ²	120 300	0.6 -	- 1053.0

Anlage 3.10 Internationale Vorratsklassifikation der Vereinten Nationen [26]

Länder	Präfeasibility Studie, Feasibility Studie und / oder Abbaubericht		Geologische Studie	
	bauwürdig	Potentiell bauwürdig	Detail- u. Übersichts- exploration	Prospektion und Reconnaissance
International	(111) (121) (122)	(211) (221) (222)	(331) (332)	(333) (334)
Mongolei	A+B	C1	C2+P1	P2+P3

Anlage 3.11 Vergleichung der Kohlenklassifikation –und Brennwert [24]

Nr.	Coal deposit	Classification of coal			Calorific value	
		Mongolia (Russia)	ASTM (U.S.A.)	JIS (Japan)	(are) kcal/kg	(daf) kcal/kg
1.	Nalaikh	B3	SB(B)	F	3900	6620
2.	Nuurshotgor	D-G	SB(B)-HV(C)	E-C	4100-5000	7560-8430
3.	Khartarvagatai	D-G	SB(B)-HV(C)	E	5500	7450
4.	Khoshoot	D-G	SB(B)-HV(C)	E-B1	5400-6300	8590
5.	Zeegt	J	HV(A)	E-C	4880	8200
6.	Mogoin gol	J	SB(B)-HV(C)	E-C	5300-5600	7350
7.	Bayanteeg	B3-D	SB(B)-SB(A)	F-E	4680	7230
8.	Tevshiin gobi	B2	SB(C)	F	3370	6450
9.	Chandgantal	B2	SB(C)	F	3000-3400	6580
10.	Talbulag	B1	L(A)	F	2850	6000
11.	Saihan ovoo	K, KJ-A	MV-A	C-A1	6100	7290-8700
12.	Bayantsagaan	B3	SB(B)	F-E	5600	7500
13.	Uvorchuluut	B2	SB(B)-HV(C)	F	3500	7000
14.	Shinejinst	GJ	HV(B)	C	4500	8310
15.	Nariinsukhait	GJ-A	HV(C)-A	E-A	-	7500
16.	Ulaan-Ovoo	B3-D	SB(B)-SB(A)	F-E	4270	7370
17.	Khoot	B3-D	SB(B)-SB(A)	F-E	4100	7030
18.	Tsaidamnuur	B2	SB(C)	F	3600-3800	6800-7100
19.	Ovdogkhudag	B1-B2	SB(C)	F	3070	6300
20.	Sainshand	G-GJ	HV(B)	E-C	5050-6730	-
21.	Hulstnuur	B2	SB(C)	F	4430	6470
22.	Togrognuur	B2	SB(C)	F	-	6240

Anlage 3.12 Eigenschaften der Kohle [7]

	Coal deposit	Moisture		Ash content (d) %	Volatile matter (daf) %	Sulfur content (d) %
		(are) %	(ad) %			
1.	Nalaikh	21,0	5,0	16,5	45,0	0,7
2.	Nuursthotgor	1,4-2,1	0,7-0,8	19,0-36,0	31,0-44,0	0,3-0,5
3.	Khartarvagatai	16,0	3,0-5,0	15,0-25,0	40,0-45,0	0,5
4.	Khoshoot	7,0	3,0-4,0	12,0-13,0	20,0-27,0	0,5
5.	Zeegt	10,0	0,2-13,3	18,4	30,0-34,0	0,4
6.	Mogoin gol	6,5	5,0-6,0	18,0	34,6	0,9
7.	Bayanteeg	5,2	2,2	22,6	51,9	1,0
8.	Tevshiin govi	30,5	11,0	20,9	45,5	0,7
9.	Chandgantal	30,6	12,3	11,7	46,5	0,9
10.	Talbulag	30,0	9,5	14,0	47,0	0,8
11.	Saihan owoo	4,5-7,0	0,1-12,0	21,7	10,0-46,0	0,6
12.	Bayantsagaan	7,3	2,6	25,5	39,8	0,6
13.	Uvorchuluut	30,0-40,0	10,0	6,0-25,0	43,0	<1,0
14.	Shinejinst	6,1	1,0	13,1	33,8	0,6
15.	Nariinsukhait	5,0	1,0-2,8	5,0-30,0	28,0-40,0	0,4
16.	Ulaan-Ovoo	13,4	7,3	11,2	46,0	0,3
17.	Khoot	13,8	7,5	14,5	43,0	0,7
18.	Tsaidamnuur	30,0-34,0	9,0-11,0	12,0-18,0	42,0-45,0	0,4-0,7
19.	Ovdogkhudag	36,0	7,0-9,0	13,9	45,0	2,8
20.	Sainshand	2,1-7,2	-	6,1-25,7	16,3-29,7	-
21.	Hulstnuur	30,1	10,2	12,7	47,5	0,7
22.	Togrognuur	-	7,3	14,9	50,6	0,8

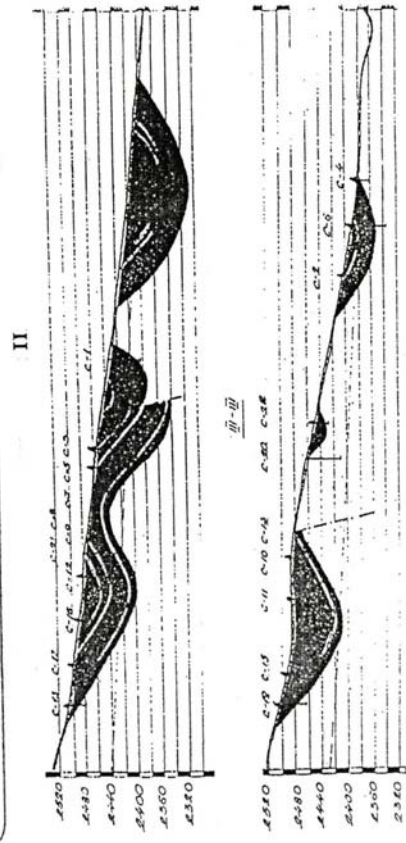
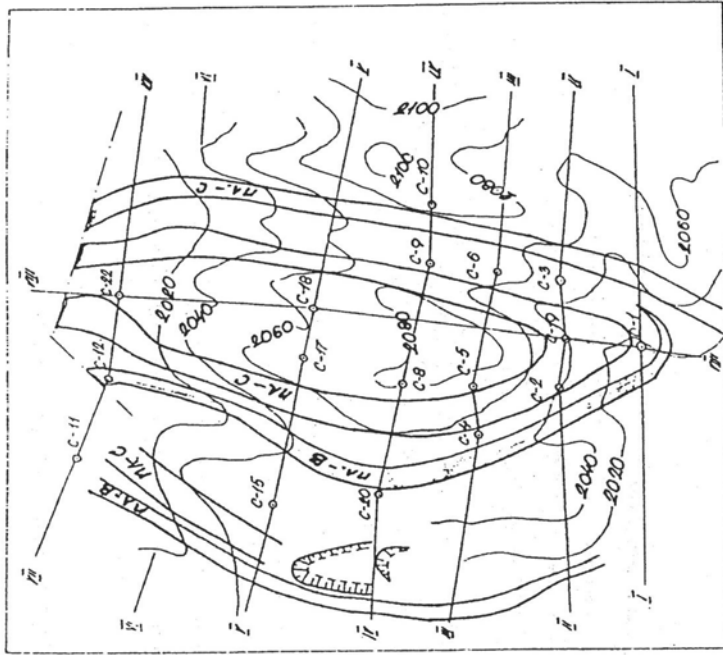
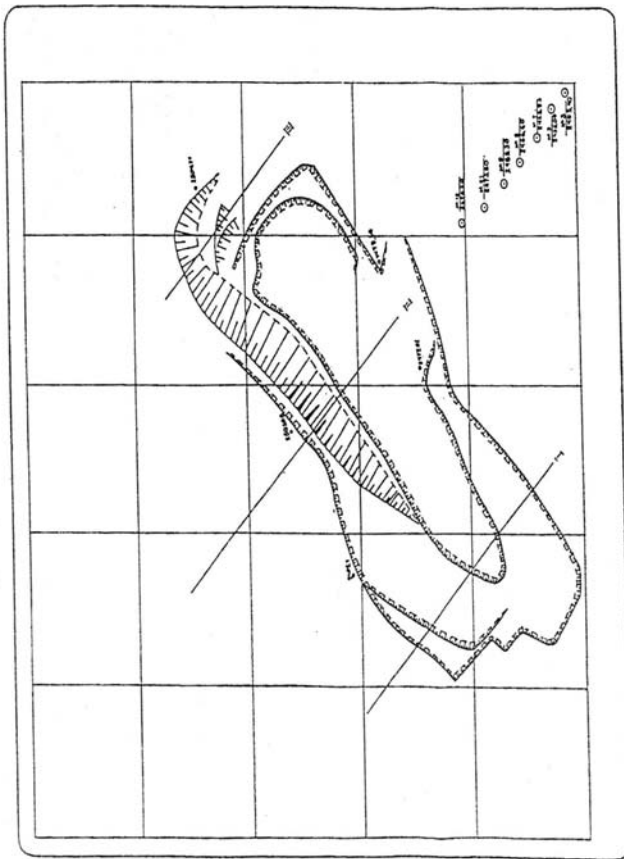
Anlage 3.13 Internationale Klassifizierung der Abgrenzung der Kohlearten [27]

Kohlearten			Wassergehalt (%)	Energiegehalt af* (kJ/kg)	flüchtige Anteile waf** (%)	
UN-ECE	USA (ASTM)	Deutschland (DIN)				
Peat	Peat	Torf				
Ortho-Lignite	Lignite	WEICHBRAUNKOHLE		75	6,700	
Meta-Lignite		Sub-bituminous Coal	Mattbraunkohle	35	16,500	
Subbitum. Coal	Glanzbraunkohle		25	19,000		
Bituminous Coal	High Volatile Bituminous Coal	Flammkohle	Steinkohle	HARTKOHLE	Kokskohle 36,000	45
		Gasflammkohle				40
		Gaskohle				35
	Medium Vol. Bitumin. Coal	Fettkohle				28
	Low Vol. Bitumin. Coal	Eßkohle				19
Anthracite	Semi-Anthracite	Magerkohle	Anthrazit	3	36,000	14
	Anthracite	Anthrazit				10

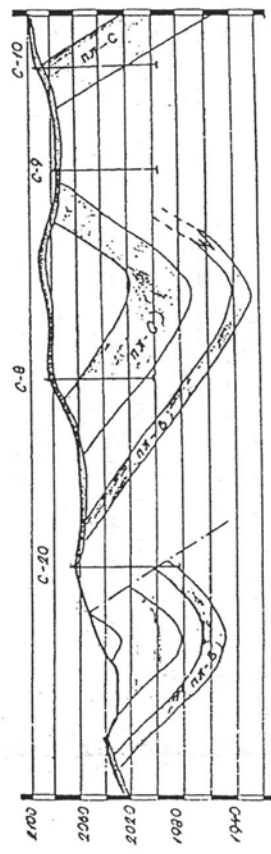
af* = aschefrei waf** = wasser- und aschefreie Substanz.

Quelle: BGE

Anlage 3.15 Synklinale Lagerstättentypen



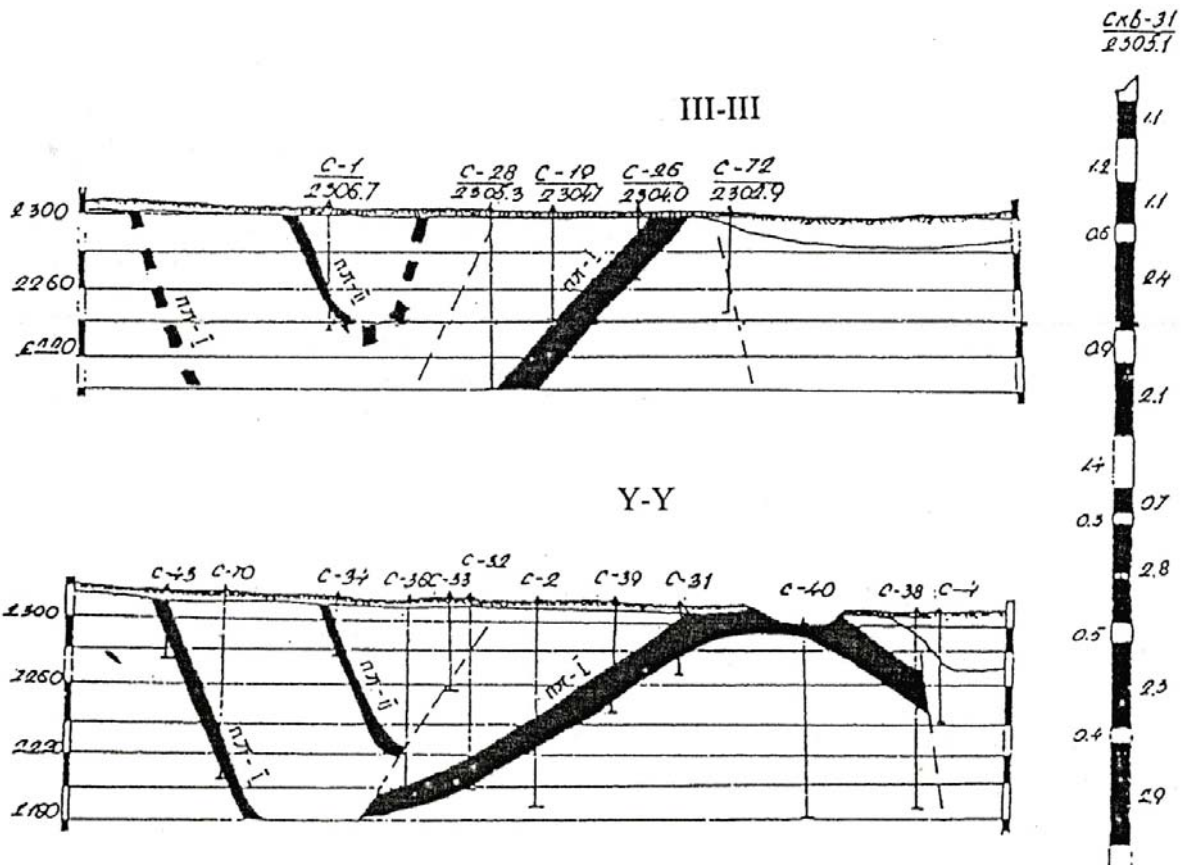
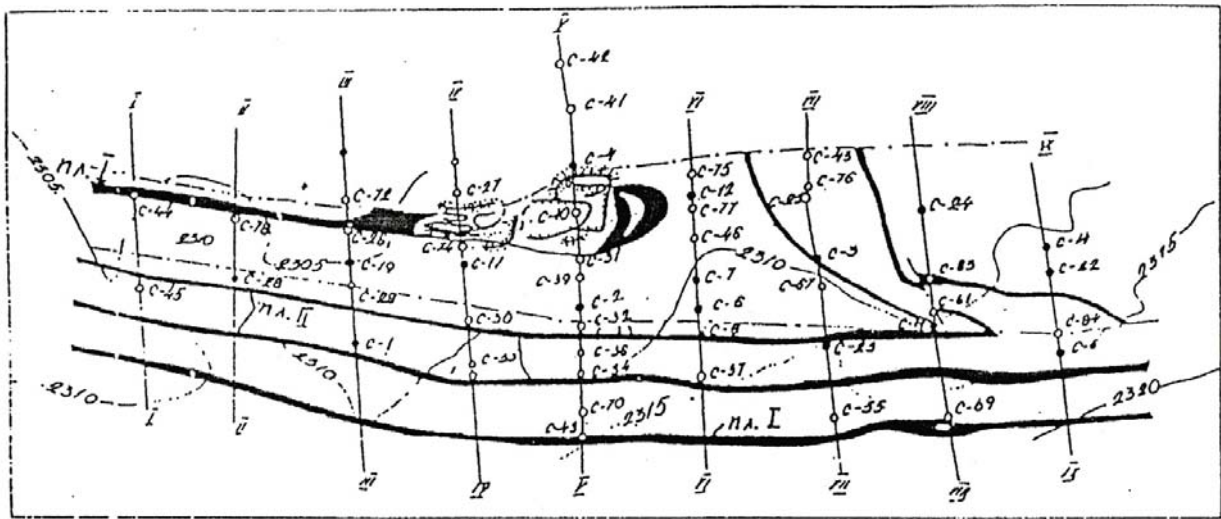
II-IV



Steinkohlentagebau Hartarvagatai

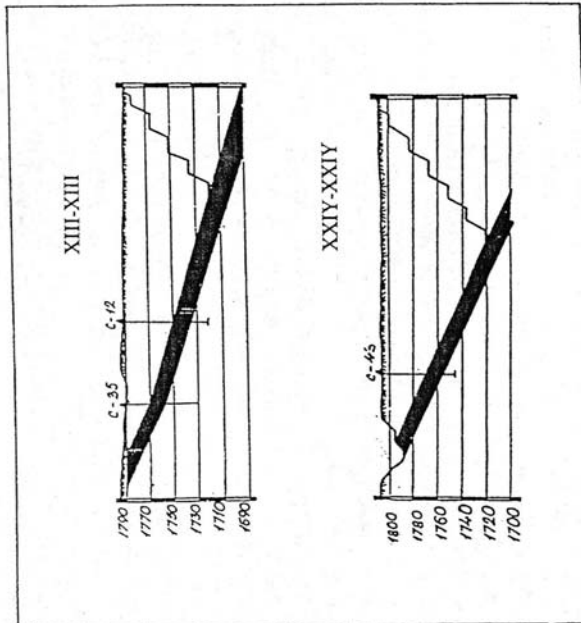
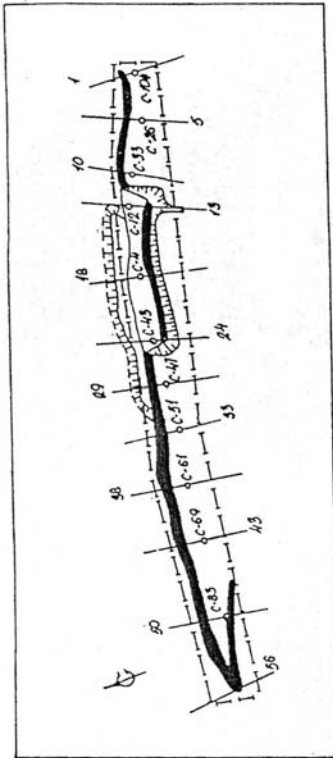
Steinkohlentagebau Khöschööt

Anlage 3.16 Antiklinale Lagerstättentypen

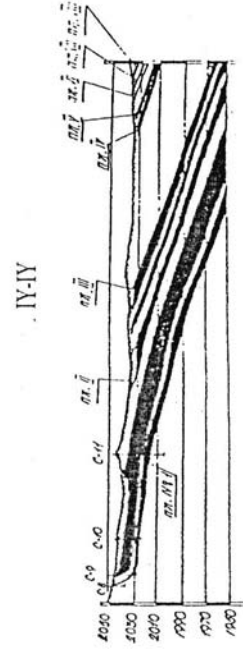
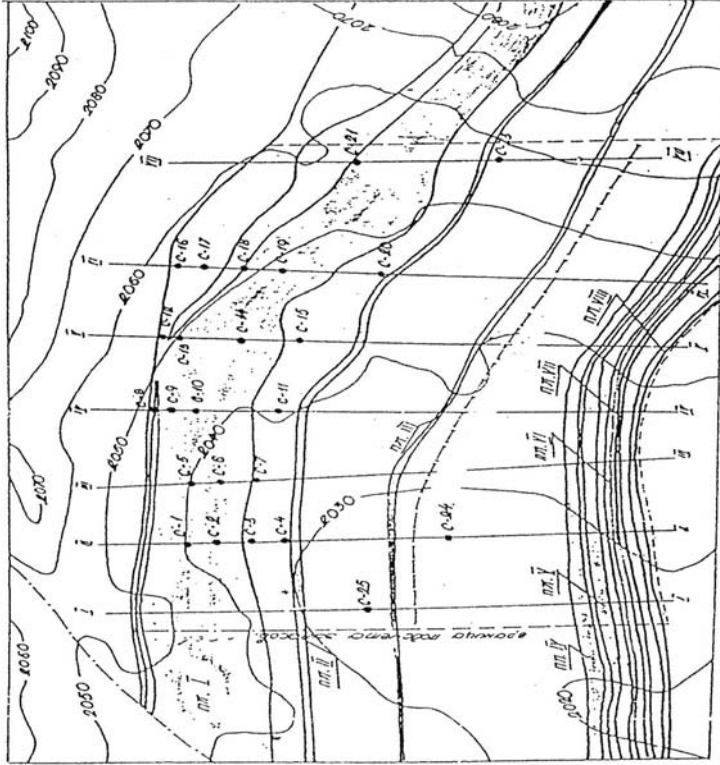


Steinkohlentagebau Zeegst

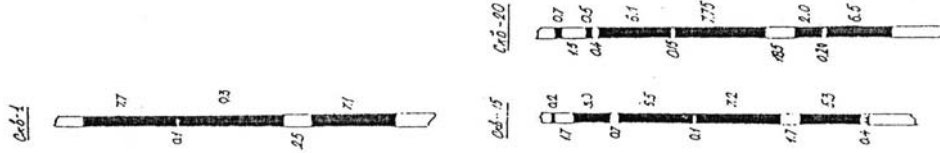
Anlage 3.17 Gleichmäßig einfallende Lagerstättentypen



Braunkohlentagebau Bayanteeg



Steinkohlentagebau Nuursthotor



Anlage 3.18 Detaillierte Information über die Kohlenflöze

	Kohlentagebau	Gesamtmächtigkeit der Kohlenflöze [m]	Anzahl der Kohlenflöze (davon abbauwürdige Kohlenflöze)	Mächtigkeit der abbauwürdige Kohlenflöze [m]	Mittlere Mächtigkeit der Abbauflöze [m]	Mächtigkeit Zwischenabraum [m]	Einfallwinkel der Kohlenflöze [°]
1.	Shariin gol	32,0	2, (1)	3,7-49,6	27,8	1,9-29,0	8-12
2.	Baganuur	77,0	3, (2)	6,95-80	35,0	5,9-120	8-20
3.	Aduunchuluun	75,0	1, (1)	0-75,0	17,7	-	10-20
4.	Shivee-Ovoo	40,7	8, (2)	6-15,5	14,0	0,6-10,9	6-8
5.	Nuurshotgor	30,1	8, (1)	17,5-25,1	21,4	0,15-50	14-18
6.	Khartarvagatai	85,0	1, (1)	80-85,0	80,0	-	30-60
7.	Khoshoot	60,7	5, (1)	0,87-34,9	15,15	0,5-130	10-45
8.	Zeegt	18,2	2, (1)	9-16,0	14,0	42-60,0	25-40
9.	Mogoin gol	20,2	1, (1)	3,1-20,2	7,8	-	8-10
10.	Bayanteeg	36,0	1, (1)	14-36,0	25,0	-	18-85
11.	Tevshiin govi	150,0	5, (1)	55-64,0	44,0	3,5-66,0	3-8
12.	Tavantolgoi	153,0	14, (1)	0,8-600	10,0	15-110	10-40
13.	Chandgantal	50,0	1, (1)	50,0	40,2	-	4-6
14.	Talbulag	39,0	2, (1)	4-49,5	30,5	5-37,0	5-8

Anlage 4.1 Hersteller von Schürfkübelbagger weltweit [85, 88, 89, 91, 92]

Firma	Modelle: Kübelinhalt, m³ Auslegerlänge, m	Adresse
Bucyrus-Erie International Inc.	Crawler: bis zu 17 cu. yd. 50 bis 190 ft. Walking: 9-220 cu. yd. 140-400 ft.	1100 Milwaukee Avenue, P.O. Box 500 South Milwaukee, Wisconsin 53172-0500 U.S.A. Phone: 414.768.4000 Fax: 414.768.4474 Web: http://www.bucyrus.com/
P&H Mining Equipment	Walking: 11-70 cu. yd. 175-350 ft.	4400 West National Avenue, Milwaukee, WI 53214 Phone: 414-671-4400 Fax: 414-671-7717 Web: http://www.minepro.com/
Ransomes & Rapier Ltd.	Walking: 10-70 cu. yd. 140-350 ft.	Box No. 1 Waterside Works Ipswich 1 P2 8HL England
UZTM (Уральский завод тяжелого машиностроения)	Crawler: 3,2-8,0 m ³ 25-55 m Walking: 11-100 m ³ , 75-130 m	Индекс: 620012, Екатеринбург, Первой пятилетки Тел.: (343) 337-32-91 Факс: (343) 336- 60-40 Web: http://www.uralmash.ru/
NKMZ (Новоκραматорский Машиностроительный Завод)	Walking: 6,5-20 m ³ 45-100m	Индекс: 84305, Украина, Донецкая, Краматорск Телефоны: +38 (06264) 3-70-80 Факс: +38 (06264) 7-22-49 Web: http://www.nkmz.com
KZTM (Красноярский завод тяжелого машиностроения)	Walking: 6,5-40 m ³ 45-80 m	Индекс: 660119, Красноярск а/я 21380 Телефон: (3912) 25-41-12,(3912) 25-41-51 Телефакс: (3912) 25-83-16 Web: http://www.kztm.ru

Anlage 4.2 Schürfkübelbagger-Modelle weltweit [94]

	Bucyrus Erie	Marion	Page	Ransomes & Rapier	UZTM	KZTM	NKMZ
1	5W	7200M	Page 728	W700	ESch 14.65	Esch 40/85	ESch-1
2	7W	7400M	Page 732	W1350	ESch 10.75	Esch 6,5/45	ESch-4/40
3	9W	7450M	Page 736	W1800	ESch 14.75	Esch 11/70	ESch-5/45
4	200W	7500M	Page 738	W2000	ESch 20.65	Esch 14/50	ESch-6/45
5	380W	7620M	Page 740		ESch 25.100		ESch-6/45M
6	450W	7800M	Page 747		ESch 15.90		ESch-6/60
7	480W	7820M	Page 752		ESch 15.90 A		ESch-8/60
8	500W	7900M	Page 757		ESch 15.90 B		ESch-10/60
9	600W	7920M	Page 852		ESch 20.75 B		ESch-10/70
10	800W	8000M			ESch 100.100		ESch-10/70A
11	950B	8050M	P&H		ESch 40.85		ESch-13/50
12	1050B	8200M	P&H 2155		ESch 20.90 II		ESch-11/70
13	1150B	8400M	P&H 2355		ESch 20.90		ESch-14/50
14	1250B	8700M	P&H 9020		ESch 40.85 C		ESch-15/80
15	1260W	8750M			ESch 65.100		ESch-20/65
16	1300W	8800M					
17	1350W	8900M					
18	1360W	8950M					
19	1370W						
20	1500W						
21	1550W						
22	1570W						
23	2000W						
24	2550W						
25	2560W						
26	2570W						
27	2570WS						
28	3270W						
29	4250W						
30	7820W						
31	8050W						
32	8200W						
33	8750W						

Anlage 4.3 Die Spezifikationen von Schürfkübelbaggern der Firma Bucyrus International Inc [85]



2570WS

Kübelinhalt: 83 bis 138 m³ (108 bis 180 yd³)
Auslegerlänge: 110 bis 128 m (361 bis 420 ft)
Max. Dienstgewicht: 7,271,000 kg (16,030,000 lbs)



8750

Kübelinhalt: 84 bis 126 m³ (110 bis 165 yd³)
Auslegerlänge: 102 bis 131 m (335 bis 430 ft)
Max. Dienstgewicht: 6,580,000 kg (14,500,000 lbs)



8200

Kübelinhalt: 51 bis 88 m³ (67 bis 115 yd³)
Auslegerlänge: 84 bis 122 m (275 bis 400 ft)
Max. Dienstgewicht: 4,492,000 kg (9,900,000 lbs)



8050

Kübelinhalt: 43 bis 71 m³ (56 bis 93 yd³)
Auslegerlänge: 84 bis 108 m (275 bis 354 ft)
Max. Dienstgewicht: 3,629,000 kg (8,000,000 lbs)



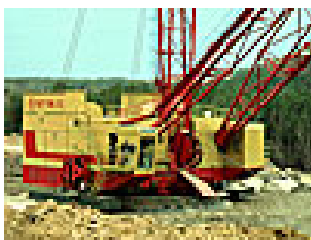
7820

Kübelinhalt: 21 bis 42 m³ (27 bis 55 yd³)
Auslegerlänge: 69 bis 99 m (225 bis 325 ft)
Max. Dienstgewicht: 1,996,000 kg (4,400,000 lbs)



W2000

Kübelinhalt: 24 bis 34 m³ (31 bis 44 yd³)
Auslegerlänge: 75 bis 101 m (246 bis 331 ft)
Max. Dienstgewicht: 1,780,000 kg (3,916,000 lbs)



680W

Kübelinhalt: 12 bis 24 m³ (16 bis 31 yd³)
Auslegerlänge: 58 bis 90 m (190 bis 295 ft)
Max. Dienstgewicht: 1,043,000 kg (2,300,000 lbs)

Anlage 4.4 Schürfkübelbaggerherstellung der Firma Bucyrus-Erie [87, 94]

Nr.	Model	Kübelinhalt [cu.yd.]	Herstellung		Zahl
			erste	letzte	
Raston-Bucyrus1					
1.	3-W	2.5-3	1941	1955	15
2.	5-W	3-5	1939	1971	62
3.	380-W	10-12	1979	1985	6
4.	480-W	15-18	1965	1978	10
5.	1260-W	30-40	1976	1982	6
Total					99
Bucyrus-Erie					
6.	180-W	4.5-6	1954	1965	16
7.	200-W	4.5-6	1945	1956	55
8.	380-W	10-16	1978	1985	18
9.	450-W	9-12	1948	1954	11
10.	480-W	13-18	1955	1979	35
11.	500-W	12-14	1946	1959	9
12.	650-B	15-17	1946	1954	13
13.	680-W	34-40	1982	1988	5
14.	770-B	19-21	1954	1965	9
15.	800-W	28	1966	1970	2
16.	950-B	12	1935	1935	1
17.	1150-B	20-25	1944	1950	17
18.	1250-B	25-38	1915	1958	8
19.	1250-W	35	1959	1963	6
20.	1260-W	30-40	1965	1990	27
21.	1300-W	33-47	1971	1985	12
22.	1350-W	45-60	1967	1977	10
23.	1360-W	50	1975	1976	2
24.	1370-W	58-65	1970	1984	38
25.	1450-W	60	1963	1968	7
26.	1500-W	70	1970	1971	2
27.	1550-W	65	1968	1968	2
28.	1570-W	58-80	1973	1991	46
29.	2550-W	75	1964	1966	4
30.	2560-W	85-90	1969	1969	2
31.	2570-W	100-115	1971	1983	27
32.	2570-WS	140-160	1990	2000	2
33.	3270-W	176	1977	1977	2
34.	4250-W	220	1968	1968	1
Total					389
Insgesamt					488

Anlage 4.5 Schürfkübelbaggerherstellung der Firma Marion [87, 94]

Nr.	Model	Kübelinhalt [cu.yd.]	Herstellung		Zahl
			erste	letzte	
1.	7200	5-8	1939	1958	57
2.	7250	13	1983	1983	1
3.	7400	9-14	1940	1974	93
4.	7450	10-14	1979	1985	7
5.	7500	13-20	1970	1981	16
6.	7620	30	1974	1974	1
7.	7700	30	1969	1969	1
8.	7800	20-35	1942	1964	19
9.	7820	32-44	1970	1993	13
10.	7900	40-49	1962	1971	6
11.	7920	40-60	1970	1970	2
12.	8000	55-62	1970	1971	2
13.	8050	51-64	1972	1986	35
14.	8200	65-94	1973	1996	34
15.	8400	60-80	1969	1971	3
16.	8700	70-85	1963	1965	2
17.	8750	80-135	1971	1997	49
18.	8800	85-100	1963	1963	1
19.	8900	130-155	1966	1967	2
20.	8950	150	1972	1972	1
Total					345

Anlage 4.6 Die Spezifikationen von Schürfkübelbaggern der Firma Marion Power Shovel [85]



2570W

Kübelinhalt: 69 bis 89 m³ (90 bis 117 yd³)
Auslegerlänge: 104 bis 122 (340 bis 400 ft)
Max. Dienstgewicht: 6,000,000 kg (13,220,000 lbs)



1570W

Kübelinhalt: 48 bis 61 m³ (63 bis 80 yd³)
Auslegerlänge: 94 bis 105 m (310 bis 345 ft)
Max. Dienstgewicht: 3,630,000 kg (8,000,000 lbs)



1370W

Kübelinhalt: 44 bis 48 m³ (57 bis 62 yd³)
Auslegerlänge: 87 bis 99 m (285 bis 325 ft)
Max. Dienstgewicht: 2,989,000 kg (6,590,000 lbs)



1300W

Kübelinhalt: 22 bis 36 m³ (29 bis 47 yd³)
Auslegerlänge: 79 bis 99 m (260 bis 325 ft)
Max. Dienstgewicht: 2,132,000 kg (4,700,000 lbs)



1260W

Kübelinhalt: 18 bis 31 m³ (24 bis 40 yd³)
Auslegerlänge: 59 bis 92 m (227 bis 302 ft)
Max. Dienstgewicht: 1,678,000 kg (3,700,000 lbs)

Anlage 4.7 Schürfkübelbaggerherstellung der Firma P&H [87, 94]

Nr.	Model	Kübelinhalt [cu.yd.]	Herstellung		Zahl
			erste	letzte	
P&H					
1.	752	28	1990	1990	2
2.	757	65-75	1990	1991	2
3.	9020	75-115	1994	1999	5
Total					9
Page					
4.	411W	1.5	1923	1931	14
5.	430	8	1930	1930	1
6.	615	3-4	1936	1940	4
7.	618	4-5	1941	1957	19
8.	620	5	1936	1938	8
9.	621	5-7	1939	1953	49
10.	625	8-10	1940	1953	26
11.	627	12	1946	1946	1
12.	630	8	1937	1937	1
13.	631	8	1946	1946	1
14.	634	10	1940	1940	1
15.	721	6-7	1954	1970	21
16.	723	8-10	1955	1956	2
17.	725	10-12	1955	1967	10
18.	726	11-13	1954	1955	4
19.	728	10-13	1956	1966	18
20.	732	16-20	1959	1979	13
21.	734	15	1959	1960	2
22.	735	20	1960	1960	1
23.	736	17-30	1969	1984	9
24.	738	22-26	1962	1963	2
25.	740	30-33	1965	1980	6
26.	747	40	1963	1963	1
27.	752	30-45	1965	1986	27
28.	757	52-75	1977	1983	7
29.	762	54	1969	1969	1
30.	852	45-48	1980	1981	2
Total					251

Anlage 4.8 Schürfkübelbaggerherstellung der Firma Rapier [87, 94]

Nr.	Model	Kübelinhalt [cu.yd]	Herstellung		Zahl
			erste	letzte	
Rapier					
1.	W80	2-2.5	1939	1939	2
2.	W90	1.5-2.5	1943	1954	13
3.	W150	3-6	1944	1962	23
4.	W170	4	1939	1939	1
5.	W300	7	1957	1963	4
6.	W600	10-11	1953	1960	4
7.	W700	12-14	1981	1983	5
8.	W1350	33	1960	1961	2
9.	W1400	20-23	1949	1958	3
10.	W1800	25-43	1960	1962	4
11.	W2000	31-44	1977	2001	21
12.	W2100	40	1988	1988	1
Total					83

Anlage 4.9 Die Parameter der Schürfkübelbagger der Firma UZTM [89, 90, 94]

Parameters	Modelle											
	ESch 11.75	ESch 20.90	ESch 15.100	ESch 25.90	ESch 20.100	ESch 15.110	ESch 40.100	ESch 30.110	ESch 25.120	ESch 65.100	ESch 40.130	ESch 100.125
Kübelinhalt, m ³	11	20	15	25	20	15	40	30	25	65	40	100
Auslegerlänge, m	75	90	100	91	100	110	100	110	120	100	130	125
Auslegerwinkel, grad.	30	32	32	34	34	34	32	32	32	32	32	35
Auslegerbelastung, tc	33	63	47	77	63	47	125	95	90	205	125	300
Zyklus (I Kat.), sec	54	60	60	60	62	64	60	64	66	60	62	60
Abwurfhöhe, m	30,2	38,5	45	39	45	52	40	46,2	52,4	38,5	56	56
Grabtiefe, m	38	42,5	42,5	42,5	46	50	47	53	57	46	60	52
Abwurfradius, m	71,4	83	91,5	83,5	91	99	94,8	103,3	117,7	97,6	123	118
Grundplattendiameter, m	10,8	14,5	14,5	15,3	15,3	15,3	18	18	18	23,5	23,5	27
Schuhedimensions, m	11,6x1,9	13x2,5	13x2,5	14x2,9	14x2,9	14x2,9	7,2x3,96	17,2x3,96	17,2x3,96	18x3,9	18x3,9	2,5x4,74
Dienstgewicht, t	840	1740	1725	1900	1900	1900	3320	3320	3320	5460	5460	10000
Hebmechanismus, kW	2x500	2x1120	2x1120	2x1120	2x1120	2x1120	4x1120	4x1120	4x1120	8x1120	8x1120	4x2500
Drehmechanismus, kW	2x260	4x250	4x250	4x250	4x250	4x250	4x600	4x600	4x600	6x600	6x600	8x1000
Zugmechanismus, kW	2x500	2x1120	2x1120	2x1120	2x1120	2x1120	4x1120	4x1120	4x1120	6x1120	6x1120	4x2500
Schreitmechanismus, kW	2x500	2x800	2x800	2x800	2x800	2x800	2x1000	2x1000	2x1000	4x630	4x630	4x800

Anlage 4.10 Modifikationen von Schürfkübelbaggern der Firma UZTM [90]

Nr.	Stützpunktmodell	Modifizierung
1.	ESch -10/70	ESch -13/80, ESch -15/100
2.	ESch -25/90	ESch -20/100, ESch -15/110
3.	ESch -40/85	ESch -30/110
4.	ESch -40/100	ESch -30/100, ESch -25/120
5.	ESch -65/100	ESch -40/130

Anlage 4.11 Schürfkübelbaggerherstellung und deren Auslieferung der Firma UZTM [89, 94]

Nr.	Model	Kübelinhalt, m ³	Auslegerlänge, m	Das Jahr der Herstellung	Zahl und Lieferung nach			
					Russland	Korea	Indian	Mongolei
1	ESch 14. 65	14	65	1949	1			
2	ESch 14.65	14	65	1950	1			
3	ESch 10. 75	10	75	1950	1			
4	ESch 10. 75	10	75	1951	2			
5	ESch 14. 75	14	75	1951	1			
6	ESch 14. 75	14	75	1952	3			
7	ESch 14. 75	14	75	1953	2			
8	ESch 14. 75	14	75	1954	3			
9	ESch 14. 75	14	75	1955	2			
10	ESch 14. 75	14	75	1956	2			
11	ESch 14. 75	14	75	1957	4			
12	ESch 14. 75	14	75	1958	2			
13	ESch 14. 75	14	75	1959	2			
14	ESch 20.65	20	65	1953	1			
15	ESch 25. 100	25	100	1958	1			
16	ESch 15. 90	15	90	1959	2			
17	ESch 15. 90	15	90	1960	4			
18	ESch 15. 90	15	90	1961	4			
19	ESch 15. 90	15	90	1962	4			
20	ESch 15. 90	15	90	1963	4			
21	ESch 15. 90	15	90	1964	4			
22	ESch 15. 90	15	90	1965	3			
23	ESch 15. 90 A	15	90	1965	3			
24	ESch 15. 90 A	15	90	1966	8			
25	ESch 15. 90 A	15	90	1967	9			
26	ESch 15. 90 A	15	90	1968	9			
27	ESch 25. 100	25	100	1967	1			
28	ESch 15. 90 B	15	90	1968	1			
29	ESch 15. 90 A	115	90	1969	9			
30	ESch 20. 75 B	20	75	1969	1			
31	ESch 20. 75 B	20	75	1970	1			
32	ESch 15. 90 A	15	90	1970	9			
33	ESch 15. 90 A	15	90	1971	6	1		
34	ESch 20. 75 B	20	75	1971	1			
35	ESch 25. 100	25	100	1971	1			
36	ESch 15. 90 A	15	90	1972	9	1		
37	ESch 15. 90 A	15	90	1973	7			
38	ESch 15. 90 A	15	90	1974	4		2	
39	ESch 15. 90 A	15	90	1975	6			
40	ESch 15. 90 A	15	90	1976	4			
41	ESch 100. 100	100	100	1976	1			
42	ESch 15. 90 A	15	90	1976	3			
43	ESch 15. 90 A	15	90	1977	6			
44	ESch 15. 90 A	15	90	1978	7			
45	ESch 15. 90 A	15	90	1979	6			1
46	ESch 15. 90 A	15	90	1980	5			
47	ESch 40. 85	40	85	1977	1			
48	ESch 40. 85	40	85	1978	1			
49	ESch 20. 90 II	20	90	1980	1			
50	ESch 20. 90	20	90	1981	3			
51	ESch 20. 90	20	90	1982	3			1
52	ESch 40. 85 C	40	85	1982	1			
53	ESch 20. 90	20	90	1983	5			
54	ESch 20. 90	20	90	1984	6			
55	ESch 40. 85 C	40	85	1984	1			
56	ESch 20. 90	20	90	1985	5		1	
57	ESch 20. 90	20	90	1986	7		1	
58	ESch 20. 90	20	90	1987	6		1	
59	ESch 20. 90	20	90	1988	4		1	
60	ESch 20. 90	20	90	1989	2		1	
61	ESch 20. 90	20	90	1990	2		2	
62	ESch 20. 90	20	90	1991	3			
63	ESch 65. 100	65	100	1991	1			
64	ESch 20. 90	20	90	1992	4			
65	ESch 20. 90	20	90	1993	1			
66	ESch 20. 90	20	90	1994	1			
67	ESch 20. 90	20	90	1997	1			
Insgesamt					229	2	9	2

Anlage 4.12 Schürfkübelbaggerherstellung und ihre Auslieferung der Firma NKMZ [92, 94]

Nr.	Model	Herstellung		Lieferung nach
		Jahr	Zahl	
1.	ESch-1 - bucket capacity - 3.4 m ³ - boom length - 37 m	1948-1951	105	Ukraine-24; Russia-81
2.	ESch-4/40 - bucket capacity - 4 m ³ - boom length - 40 m	1950-1962	314	Ukraine-57; Russia-246; Poland-3; Bulgaria-6; Finland-1; China-1
3.	ESch-5/45 - bucket capacity - 5 m ³ - boom length - 45 m	1961-1971	103	Ukraine-20; Russia-61; Germany-8; Yugoslavia-7; Bosnia-1; Macedonia-1; India-1; Bulgaria-3; Poland-1
4.	ESch-6/45 - bucket capacity - 6 m ³ - boom length - 45 m	1970-1988	313	Ukraine-57; Russia-148; Kazakhstan-6; Estonia-3; Germany-1; Romania-8; Yugoslavia-21; Bosnia-15; Macedonia-4; India-2; Mongolia-4 ; Uzbekistan-6; Moldova-2; Byelorussia-9; Iraq-8; Cuba-12; Georgia-3; Azerbaijan-4
5.	ESch-6/45M - bucket capacity - 6.5 m ³ - boom length - 45 m	1989-1999	78	Ukraine-17; Russia-39; Kazakhstan-8; Estonia-1; Romania-1; Yugoslavia-1; Byelorussia-5; Cuba-4; Moldova-2
6.	ESch-6/60 - bucket capacity - 6 m ³ - boom length - 60 m	1958-1961	48	Ukraine-14; Russia-34
7.	ESch-8/60 - bucket capacity - 8 m ³ - boom length - 60 m	1960	1	Ukraine-1
8.	ESch-10/60 - bucket capacity - 10 m ³ - boom length - 60 m	1961-1971	220	Ukraine-82; Russia-137; India-1
9.	ESch-10/70 - bucket capacity - 10 m ³ - boom length - 70 m	1964-1967	3	Russia-3
10.	ESch-10/70A - bucket capacity - 10 m ³ - boom length - 70 m	1971-1991	511	Ukraine-67; Russia-356; Kazakhstan-20; Estonia-8; Germany-14; Romania-10; Yugoslavia-5; Bosnia-4; Macedonia-2; India-10; Mongolia-7 ; Latvia-1; Lithuania-1; Uzbekistan-11
11.	ESch-13/50 - bucket capacity - 13 m ³ - boom length - 50 m	1971-1991	65	Ukraine-2; Russia-39; Kazakhstan-17; Mongolia-3 ; Tajikistan-1; Moldova-1; Byelorussia-1; China-1
12.	ESch-11/70 - bucket capacity - 11 m ³ - boom length - 70 m	1989-1999	89	Ukraine-10; Russia-75; Kazakhstan-3; Byelorussia-1
13.	ESch-14/50 - bucket capacity - 14 m ³ - boom length - 50 m	1989-1999	10	Ukraine-4; Russia-6
14.	ESch-15/80 - bucket capacity - 15 m ³ - boom length - 80 m	1991	1	Russia-1
Insgesamt			1861	Davon nach Mongolei 14

Anlage 4.13 Die Parameter der Schürfkübelbagger der Firma NKMZ [90, 92, 94]

Nr.	Parameter	ESch 6,5/45M	ESch 11/70	ESch 14/50	ESch 15/80M	ESch 20/65	ESch 10/100	ESch 15/90
1.	Kübelinhalt, m ³	6.5	11	14	15	20	10	15
2.	Auslegerlänge, m	45	70	50	80	65	100	90
3.	Grabradius, m	43.5	66.5	46.5	76.5	61	93.5	83
4.	Grabtiefe, m	22	35	21	40	32	50	43
5.	Abwurfhöhe, m	19.5	27.5	20.5	32	27	42	39
6.	Fahrgeschwindigkeit, km/h.	0.133	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
7.	Theo. Produktivität, m ³ /h	557	756	1320	931	1385	600	900
8.	Dienstgewicht, t	278	695	630	1160	1070	1200	1253

Anlage 4.14 Bucyrus-Erie 4250-W „Big-Muskie“ mit Hydraulik Schreitwerk [84]



Anlage 4.15 Unterschiedliche Ausleger-Konstruktion von Schürfkübelbaggern [87, 89, 92]



Esh-25/90 in Shivee-Ovoo, Mongolei, September 2003



Esh-10/70 in Zaamar Mongolei



Esh-20/90 in Baganuur, Mongolei 1996



Bucyrus-Erie 2570-W in Hawthorne Mine, in Indiana



Bucyrus 2570-WS in Ursa Major



Rapier W300 in London Brick Company



Bucyrus-Erie 800-W in Indian Head Mine,
North Dakota



Marion 7820 in C&K Coal Company,
Pennsylvania

Anlage 4.16 Schürfkübel mit Bügel der Firma Hendrix [136]

Type LS (Lightweight)



[LS DRAGLINE BUCKETS]

A lighter weight, yet rugged bucket designed for levee and drainage work. Comes standard with a cast alloy steel lip with integrated bases.

Type TS (General Purpose)



[TS DRAGLINE BUCKETS]

Perfect for those "in-between" jobs, the TS Bucket is recommended for digging loose formations of clay or gravel and other general purpose work. Standard equipment includes bottom runners, stub runners, and corner wear plates.

Type HS (Heavy Duty)



[HS DRAGLINE BUCKETS]

Designed and constructed for the most exacting requirements of heavy-duty operations, the HS Bucket has heavier construction throughout and is armored for maximum strength and resistance to abrasion.

Sand & Gravel Basket



[SAND & GRAVEL BASKET]

All Hendrix Contractor Buckets can be configured to use an optional Sand & Gravel Basket which is designed specifically to produce greater loads in underwater sand and gravel operations. The Sand & Gravel Basket features greater capacity built in the rear of the basket where material is more easily loaded and retained in underwater sand and gravel operations. Perforations are available as small as one inch in diameter. Total bucket weights and rated capabilities are the same as standard types.

Anlage 4.17 Umfassende Aufstellung der Schürfkübelbagger weltweit nach Kübelinhalt

Lfd. Nummer	Hersteller	Modell	Land	Dienstgewicht [t]	Bewegungssystem	Antriebsart	Auslegerlänge [m]	Auslegerwinkel, [Grad]	Auslegerbelastung [t]	Abwurfradius [m]	Abwurfhöhe [m]	Grabtiefe [m]	Kübelinhalt [m ³]
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	Demag	410	BRD	42	Rp	d	15,0-24,0	35-45	5,0	13,3-22	5,1-9,4	11,7	1,5
2.	Manitowoc	4000	USA	143	Rp	d	21,4-30,5	33-50	8,4-9,1	16,8-29,0	8,5-21,0	-	2,7
3.	Northwest	95WT	USA	70	Rp	d	30,5	-	8,8	-	-	-	2,8
4.	B+E	61-B	USA	-	Rp	d	33,6	-	9,4	-	-	-	3,1
5.	ESch	1	SU	-	Kf	d+e	37,0	-	-	-	-	-	3,4
6.	B+E	71-B	USA	-	Rp	d	36,6	-	11,0	-	-	-	3,6
7.	Weserhütte	320	BRD	115	Rp	d+h	22	-	-	-	-	-	3,8
8.	ESch	4/40	SU	-	Kf	e	40,0	-	-	-	-	-	4,0
9.	ESch	4,45	SU	210	Kf	d+e	45	-	-	46	19,5	26	4
10.	Northwest	190-D	USA	123	Rp	d	18,3-42,7	-	12,9	15,3-33,6	12,2-27,5	9,2-21,4	4,2
11.	B+E	88-B	USA	-	Rp	d	42,7	-	12,9	-	-	-	4,2
12.	Manitowoc	4600	USA	220	Rp	d	27,5-42,7	30-40	-	23,5-39,6	10,1-23,8	16,8-37,2	4,8
13.	ESch	5,45	SU	197	Kf	d+e	45	-	-	45	13	32	5
14.	Weserhütte	530	BRD	178	Rp	d+h	36	-	-	-	-	-	5,4
15.	ESch	6,45	SU	295	Kf	e	45	25+35	-	38,3+42,2	12,3+19,2	17,0+19,3	6
16.	ESch	6/60	SU	-	Kf	e	60	-	-	-	-	-	6,0
17.	Weserhütte	760	BRD	240	Rp	d+h	45	-	-	-	-	-	7,6
18.	Marion	184-M	USA	358	Rp	d+e	36,6-45,7	34-41	18-27	32,0-41,1	16,5-22,3	14,0-28,0	7,7
19.	ESch	8/60	SU	540	Kf	e	60	-	-	57	21	35	8
20.	ESch	10/60	SU	-	Kf	e	60	-	-	-	-	-	10
21.	Marion	195-M	USA	514	Rp	e	39,6-51,8	32-43	19-34	32,6-47,5	15,5-30,5	25,3-40,0	10
22.	ESch	10,7	SU	540	Kf	e	70	30	-	66,5	27	35	10
23.	ESch	10/100	UK	-	Kf	e	100	-	-	93,5	42,0	50,0	10
24.	Marion	7450	USA	-	Kf	e	49,0-73,0	-	-	-	-	-	10
25.	B+E	300-D	USA	369	Rp	d	39,6-67,1	34-39	13-27	33,5-55,8	20,7-35,7	30,5-44,2	10,7
26.	ESch	11/70	RU	-	Kf	e	70,0	-	-	66,5	27,5	35,0	11,0
27.	ESch	11/75	RU	840	Kf	e	75,0	30	33,0	71,4	30,2	38,0	11,0
28.	Manitowoc	6400	USA	503	Rp	d	48,8-61,0	30	-	44,2-54,9	21,3-27,4	29,0-35,0	11,5
29.	Page	732	USA	680	Kf	e	53,3-71,6	30	24-40	53,3-69,5	18,3-30,5	30,5-36,6	12
30.	Rapier	W 800	GB	812	Kf	e	54,9-82,3	30-35	29-45	50,0-76,2	21,3-41,1	33,5-48,8	12,3
31.	ESch	13/80	RU	-	Kf	e	80,0	-	-	-	-	-	13,0
32.	Marion	7500	USA	816	Kf	e	55,0-61,0	30-37	30-40	53,3-58,5	16,8-26,4	27,4-42,7	13,5
33.	B+E	380-W	USA	453	Kf	d/e	42,7-61,0	30-40	20-36	35,1-54,6	17,1-35,1	22,9-38,1	13,8
34.	B+E	480-W	USA	755	Kf	d/e	53,4-65,6	30-40	28-37	47,0-62,8	14,3-32,6	20,4-35,1	13,8
35.	ESch	14/50	RU	-	Kf	e	50,0	-	-	46,5	20,5	21,0	14,0
36.	ESch	15/80	RU	-	Kf	e	80,0	-	-	76,5	32,0	40,0	15,0
37.	ESch	15/90	SU	1620	Kf	e	90	30	47,0	83,2	37,3	42,5	15,0
38.	ESch	15/100	RU	1725	Kf	e	100,0	32	47,0	91,5	45,0	42,5	15,0
39.	ESch	15/110	RU	1900	Kf	e	110,0	34	47,0	99,0	52,0	50,0	15,0
40.	Page	736	USA	1060	Kf	e	67,1-76,2	31	41-51	65,5-73,2	25,9-30,8	42,7-45,7	15,3
41.	ESch	20/65	UK	-	Kf	e	65,0	-	-	61,0	27,0	32,0	20,0
42.	ESch	20/90	RU	1740	Kf	e	90,0	32	63,0	83,0	38,5	42,5	20,0
43.	ESch	20/100	RU	1900	Kf	e	100,0	34	63,0	91,0	45,0	46,0	20,0
44.	Page	740	USA	1306	Kf	e	65,6-79,3	30	44-68	65,9-77,8	21,4-30,5	36,6-48,8	20,2
45.	B+E	800-W	USA	1125	Kf	e	59,5-80,8	30+35	40-59	54,6-75,6	18,3-35,7	36,6-45,8	20,6
46.	Marion	7620	USA	1429	Kf	e	71,6-83,8	30,5-32	49-68	68,6-83,8	27,1-38,4	39,6-46,9	21
47.	Rapier	W1300	GB	1315	Kf	e	61,3-91,4	30+35	52-79	55,5-84,4	23,2-44,8	38,1-53,3	21
48.	P&H	736	USA	-	Kf	e	53,3-79,2	-	-	-	-	-	22,2
49.	BE	680W	USA	1043	Kf	e	58-90	-	-	-	-	-	12-24
50.	ESch	25/90	RU	1900	Kf	e	91,0	34	77,0	83,5	39,0	42,5	25,0
51.	ESch	25/100	SU	2700	Kf	e	100	-	-	96	41	47	25,0
52.	ESch	25/120	RU	3320	Kf	e	120,0	32	90,0	117,7	52,4	57,0	25,0
53.	Marion	7820	USA	1790	Kf	e	71,6-91,4	32-38	72-95	67,1-84,7	25,9-40,8	36,6-53,3	27,5
54.	Rapier	W2000	GB	1776	Kf	e	74,6-95,6	30+38	77-102	64,0-88,0	29,3-50,9	44,2-53,3	28,8
55.	Page	752	USA	1646	Kf	e	65,6-74,5	30	76-101	67,4-75,3	22,9-29,0	41,1-45,7	29,9
56.	ESch	30/110	RU	3320	Kf	e	110	32	95,0	103,3	46,2	53,0	30,0
57.	B+E	1260-W	USA	1649	Kf	e	68,6-92,1	30-38	52-90	65,5-86,0	21,0-46,6	32,0-50,3	30,6
58.	B+E	1300-W	USA	1939	Kf	e	71,6-99,1	30-38	65-102	65,6-92,0	22,6-51,5	32,0-57,9	33,6
59.	BE	W2000	USA	1780	Kf	e	75-101	-	-	-	-	-	24-34

Fortsetzung Anlage 4.17

Lfd. Nummer	Hersteller	Modell	Land	Dienstgewicht [t]	Bewegungssystem	Antriebsart	Auslegerlänge [m]	Auslegerwinkel, [Grad]	Auslegerbelastung [t]	Abwurfradius [m]	Abwurfhöhe [m]	Grabtiefe [m]	Kübelinhalt [m ³]
60.	P&H	752	USA		Kf	e	73,2-97,5						35,0
61.	B+E	1350-W	USA	2697	Kf	e	86,9-99,1	30+38	83-102	77,7-94,9	28,1-48,8	45,7-51,8	36,7
62.	Marion	8020	USA	-	Kf	e	69,0-99,0	-	-	-	-	-	38,5
63.	Page	757	USA	2950	Kf	e	29,0-103,6	30-38	93-154	88,4-103,6	33,5-51,8	54,9-70,1	39,4
64.	ESch	40/85	RU		Kf	e	85,0						40,0
65.	ESch	40/100	RU	3320	Kf	e	100,0	32	125,0	94,8	40,0	47,0	40,0
66.	ESch	40/130	RU	5460	Kf	e	130,0	32	125,0	123,0	56,0	60,0	40,0
67.	BE	7820	USA	1996	Kf	e	69-99						21-42
68.	Marion	8050	USA	2903	Kf	e	76,2-99,1	30-40	115-145	73,8-93,0	25,0-48,8	48,8-53,3	44
69.	B+E	1370-W	USA	2961	Kf	e	82,3-97,5	30+38	115-145	74,1-93,6	24,1-43,3	29,0-50,3	45,9
70.	Rapier	W3000	GB	3166	Kf	e	90,5-105,5	30+38	127-158	80,5-100,9	35,0-54,9	47,2-56,4	48,7
71.	Marion	8200	USA	3992	Kf	e	99,1-106,7	33-38	136-165	82,3-97,5	39,6-45,1	36,6-48,8	53,5
72.	B+E	1500W	USA	-	Kf	e	86,9-105,2	30+38	112-149	79,2-100,6	-	-	53,5
73.	P&H	757	USA		Kf	e	83,8-106,7						57,3
74.	Marion	8500	USA	4128	Kf	e	99,1-109,7	30-37	124-172	90,2-102,7	39,6-45,7	48,8-61,0	57,5
75.	B+E	1570W	USA	3311	Kf	e	86,9-105,2	30+38	129-181	77,7-100,3	25,9-49,4	42,7-51,8	58,1
76.	ESch	65/100	RU	5460	Kf	e	100,0	32	205,0	97,6	38,5	46,0	65,0
77.	B+E	2560W	USA	-	Kf	e	89,9+96,6	30-38	181-201	82,9-95,4	-	-	68,8
78.	BE	8050	USA	3629	Kf	e	84-108						43-71
79.	Marion	8750	USA	5897	Kf	e	91,4-109,7	30-36	181-264	83,8-103,6	39,0-45,7	45,7-61,0	74,5
80.	ESch	80/100	SU	8400	Kf	e	100	-	-	96	41	47	80
81.	BE	2570W	USA	5655	Kf	e	102,1	30-38	235-265	91,4-99,4	31,5-42,5	45,7-51,8	84,1
82.	Marion	8850	USA	-	Kf	e	91,4-114,0	-	-	-	-	-	86
83.	BE	8200	USA	4492	Kf	e	84-122						51-83
84.	P&H	9020	USA		Kf	e	88,4-123,4						91,8
85.	ESch	100/125	RU	10000	Kf	e	125,0	35	300,0	118,0	56,0	52,0	100,0
86.	Marion	8950	USA	7350	Kf	e	94,5-109,7	31+33	283-412	88,7-103,6	36,6-37,8	45,7-50,3	107,5
87.	P&H	9160	USA		Kf	e	99,1-129,5						122,3
88.	BE	8750	USA	6580	Kf	e	102-131						84-126
89.	B+E	3270W	USA	7907	Kf	e	100,7	36	415,0	94,9	41,2	54,9	133,8
90.	BE	2570 WS	USA	7271	Kf	e	110-128						83-138
91.	B+E	4250W	USA	12200	Kf	e	94,5	38	-	92,1	39,3	56,4	168,2

Anlage 4.18 Einteilung der Böden nach DIN 18 300

Klasse 1: Oberboden

Die oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, z. B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen, auch Humus und Bodenlebewesen enthält.

Klasse 2: Fließende Bodenarten

Bodenarten, die von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit sind und die das Wasser schwer abgeben.

Klasse 3: Leicht lösbare Bodenarten

Nichtbindige bis schwachbindige Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15 Gew.-% Beimengungen an Schluff und Ton (Korngröße kleiner als 0,06 mm) und mit höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt. Organische Bodenarten mit geringem Wassergehalt (z. B. feste Torfe).

Klasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten

Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit mehr als 15 Gew.-% der Korngröße kleiner als 0,06 mm. Bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind und die höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt enthalten.

Klasse 5: Schwer lösbare Bodenarten

Bodenarten nach den Klassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt. Nichtbindige und bindige Bodenarten mit höchstens 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt. Ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind.

Klasse 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten

Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte bindige oder nichtbindige Bodenarten. Nichtbindige und bindige Bodenarten mit mehr als 30 Gew.-% Steinen von über 0,01 bis 0,1 m³ Rauminhalt.

Klasse 7: Schwer lösbarer Fels

Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügesteifigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind. Festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, Schlackenhalde der Hüttenwerke und dergleichen. Steine von über 0,1 m³ Rauminhalt.

* Anmerkung: 0,01 m³ Rauminhalt entspricht einer Kugel mit einem Durchmesser von etwa 0,3 m, ein Rauminhalt von 0,1 m³ einer Kugel von etwa 0,6 m.

Anlage 4.19 In Australien eingesetzte Schürfkübelbagger [94, 119]

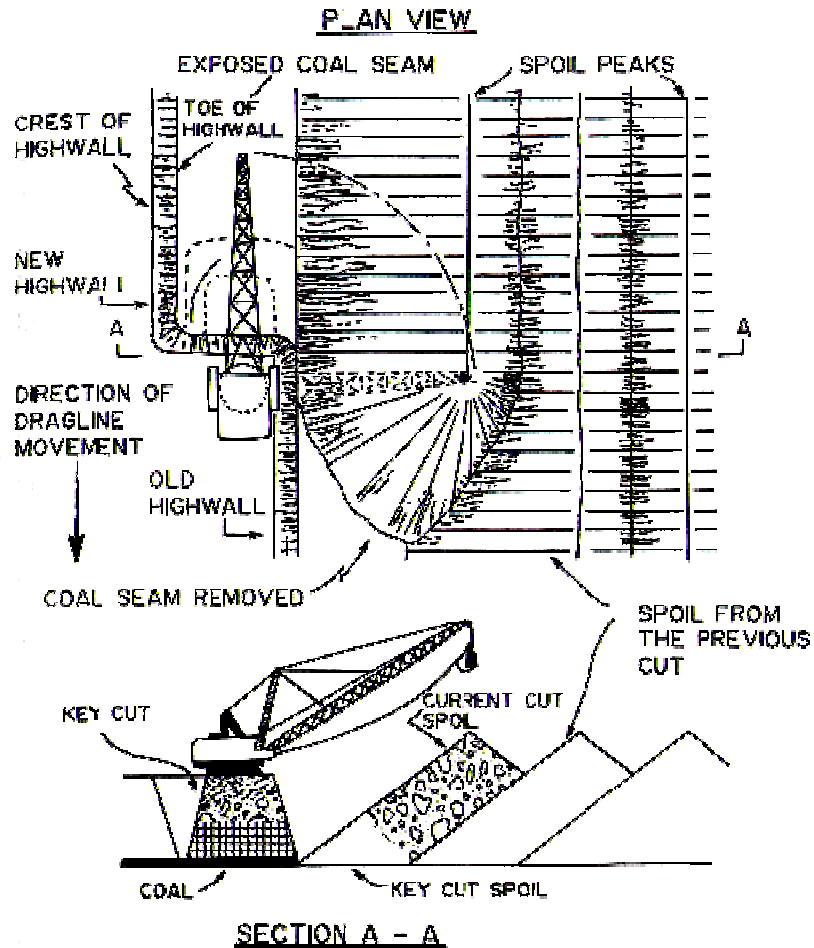
Nr.	Tagebau	Schürfkübelbagger Model	Auslegerlänge [m]	Kübelinhalt [m ³]	Zahl
A. Queensland					
1.	Collinsville	RE 1300 W	79		1
2.	Newlands	RE 1370 W	94	48	2
3.	Okay Greek	RE 1370W	99	46	2
		Marion 8200	99	58	1
4.	Ensham	Marion 8050*	99	46	1
5.	Moura	Marion 8200	107	60	1
		Marion 8200**	102	76	1
		Marion 7900			1
		Marion 7901			1
		RE 1370	99	47	1
6.	Riverside	Marion 8050	99	46	3
7.	Blackwater	BE 1260 W	87	23	1
		RE 1370 W	95	47	1
		Marion 8050	99	46	1
8.	Coonyella	BE 1350 W	98	35	2
		BE 1370W	98	46	2
		Marion 8050	99	46	1
9.	Peak Downs	RE 1370 W	95	47	3
		Marion 8050	99	46	3
		Marion 195	51	11	1
10.	Saraji	BE 1370W	98	46	1
		Marion 8050	99	46	4
11.	Norwich Park	RE 1370 W	98	46	3
		Marion 8050*	99	46	2
12.	Gregory	Marion 8050	99	46	3
13.	South Blackwater	RE 1370W	99	46	2
14.	Cafirde	RE 1350W	92	33	1
		Marion 8750**	122	92	1
15.	Blair Athol	BE 1370 W	99	46	1
16.	Meandu	RE 1370W	99	46	1
17.	German Greek	Marion 8050	99	56	1
18.	Gurragh	Marion 8200	99	46	2
		Marion 8750	103	87	1
		Marion 8750	110	103	1
		P&H2355DE	55	14	1
Suma Queensland					55
B. New South Wales					
19.	Rawensworth	RE 1370W	82	48	2
20.	Narama	RE 1570W	105	53	1
21.	Warkworth	RE 1370W	99	46	1
22.	Drayton	RE 1370W	99	47	1
23.	Vickery	Marion 7820	84	26	1
24.	Howick	Marion 7900			1
		BE 1570	105	53	1
25.	Wambo Coal	Marion 7700	-	-	1
26.	Mt. Thorley	Marion 8200	99	56	1
27.	Ulan	Marion 8050	99	46	1
28.	Bloomfield	Marion 303M	78	19	1
		P&H2355DE	55	15	1
Summa New South Wales					13

Anlage 4.24 Tagebaue mit Schürfkübelbaggern in den USA [87]

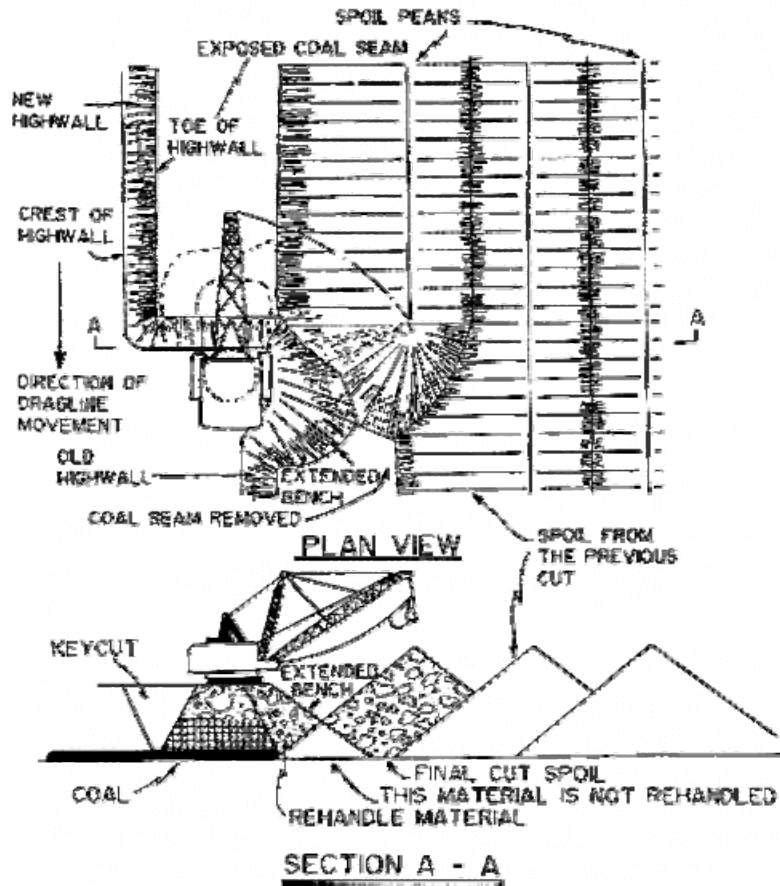
Nr.	Name	Model	Owner	Mine Name	State (Province)
1.	Appalation Lady	1260-W	K&J Coal	Westover	PA
2.	Achiever	680-W	R&F Coal	Polen	OH
3.	Angeline	1250-B	Weirton	Hanover	PA
4.	Anthracite King	1250-W	Pagnotti	Jeddo	PA
5.	Athabasca Rose	757	Luscar	Obed	AB
6.	Beulah Belle	500-W	Knife River	Beulah	ND
7.	Bienfait Badger	1570-W	Luscar	Bienfait	SK
8.	Big Dipper	1300-W	Colowyo Coal	Colowyo	CO
9.	Big Dipper	1570-W	Sabine Mining	Hallsville	TX
10.	Big Divot	1370-W	Old Ben	No.2	IN
11.	Big Joe	8050	Adobe	Grove City	PA
12.	Big John	1570-W	Hobet	No.21	WV
13.	Big Kate	2570-W	Old Ben Coal	Old Ben	IN
14.	Big Lou	2570-W	Luscar	Boundary Dam	SK
15.	Big Muskie	4250-W	Central Ohio Coal	Muskingum	OH
16.	Big Red	1450-W	Old Ben	Blackfoot No.5	IN
17.	Big Sandy	736	Baukol-Noonan	Center	ND
18.	Bigfoot	1570-W	Luscar	Paintearth	AB
19.	Brilliant Star	W2000	Brilliant Coal	Glen Allenm	AL
20.	Brutus	8200	Luscar	Paintearth	AB
21.	Brutus	7820	Southdown Cement	Wampum	PA
22.	Clementine	1350-W	W.R. Grace	Four Corners	FL
23.	Crows Nest	8200	Morrison-Knudsen	Jim Bridger	WY
24.	Dakota Star	762	Consol	Glen Harold	ND
25.	Discovery	2570-W	Syncrude	Mildred Lake	AB
26.	Doc	732	Green Coal	Panther	KY
27.	Don. Duck's Digger	1300-W	Drummond	Beltona	AL
28.	Elza	1570-W	Drummond	Flat Top	Al
29.	Estevan Eagle	8750	Luscar	Boundary Dam	SK
30.	Festus	480-W	Green Coal	Panther	KY
31.	Freddie Flintstone	1260-W	Hallmark	Sipsey	AL
32.	Gentle Ben	1370-W	Old Ben	No.2	IN
33.	Great Gus	2570-W	Luscar	Poplar River	SK
34.	Lady of the Lake	8750	TransAlta	Highvale	AB
35.	Lady of the Lake	1260-W	N.B. Coal	Chipman	NB
36.	Little Beaver	480-W	Syncrude	Mildred Lake	AB
37.	Little Sandy	380-W	Shand Mining	Apraw	IN
38.	Long Tom	7800	Russell Coal	Cobb	AL
39.	Master Miner	1250-W	IMC	Achan	FL
40.	Missouri Quest	2570-W	Coteau Properties	Freedom	ND
41.	Midway Princess	8200	P&M	Midway	MO
42.	Miss Panther Valley	480-W	Greenwood Stripping	Nesquehoning	PA
43.	Mountain Mover	8200	Addington	Martiki	KY
44.	Mountaineer	5760	Consol	Egypt Valley	OH
45.	Mr. Charlie	2355	Coal Systems	Oak Grove	AL
46.	Mr. Heman II	1570-W	Drummond	Mill Creek	AL
47.	Mr. Jobe II	2570-E	Drummond	Cedrum	AL
48.	Mr. Klimax	7800	Luscar	Boundary Dam	SK
49.	Mr. Tom	1570-W	Drummond	Knobb	AL
50.	Nessie	1300-W	Luscar	Sheernees	AB
51.	New Horizon	8200	Hobet	No.7	WV
52.	Prairie Queen	1370-W	W.R.Grace	Four Corners	IL
53.	Prairie Queen	480-W	Knife River	Beulah	ND
54.	Prairie Queen	1570-W	Luscar	Boundary Dam	SK
55.	Prairie Rose	736	Luscar	Sheerness	AB

Nr.	Name	Model	Owner	Mine Name	State (Province)
56.	Queen 'o Buttes	7620	Knife River	Gascoyne	ND
57.	Rosebud	1300-W	Peter Kiewit	Rosebud	MT
58.	Sakakawea	1270-W	Coteau Properties	Freedom	ND
59.	Sequoia	1570-W	Drummond	Kellerman	AI
60.	Spirit of 76	757	Union Oil	Obed	AB
61.	Spirit of Whitewood	8200	TransAlta	Whitewood	AB
62.	Texas Star	1570-W	Sabine Mining	Hallsville	TX
63.	Ursa Major	2570-WS	Arch Coal	Black Thunder	WY
64.	Walking Stick	1300-W	Arch Coal	Blach Thunder	WY
65.	Yei-Bi-Chai	1350-W	BHP	Navayo	NM

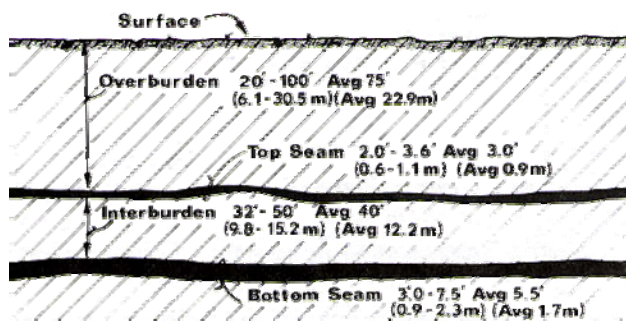
Anlage 4.25 Simple side casting-Methode



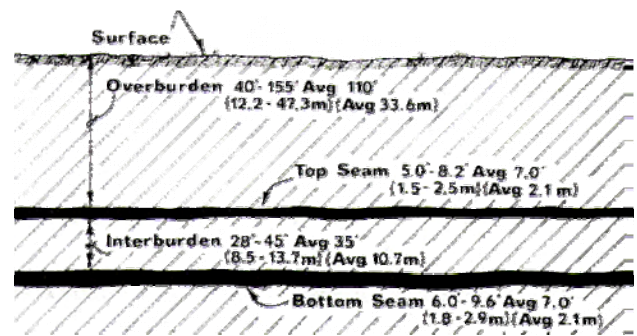
Anlage 4.26 Extended bench stripping-Methode



Anlage 4.27 Geologischer Querschnitt des Tagebaus Big Brown

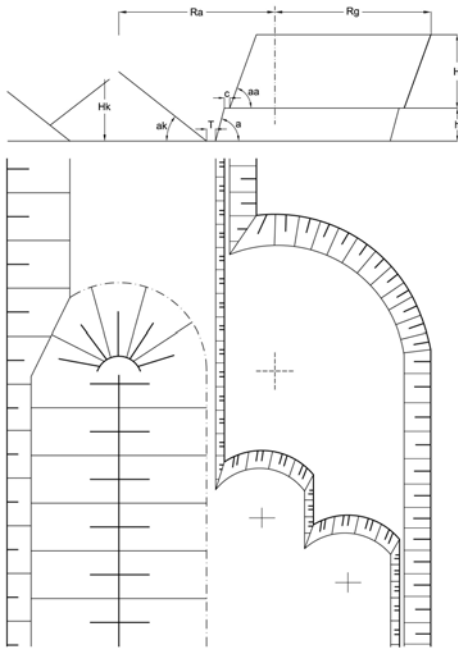


Geologischer Querschnitt im südlichen Teil

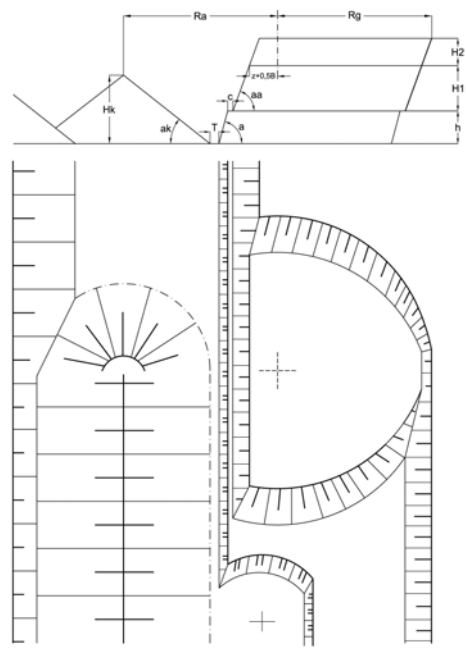


Geologischer Querschnitt im nördlichen Teil

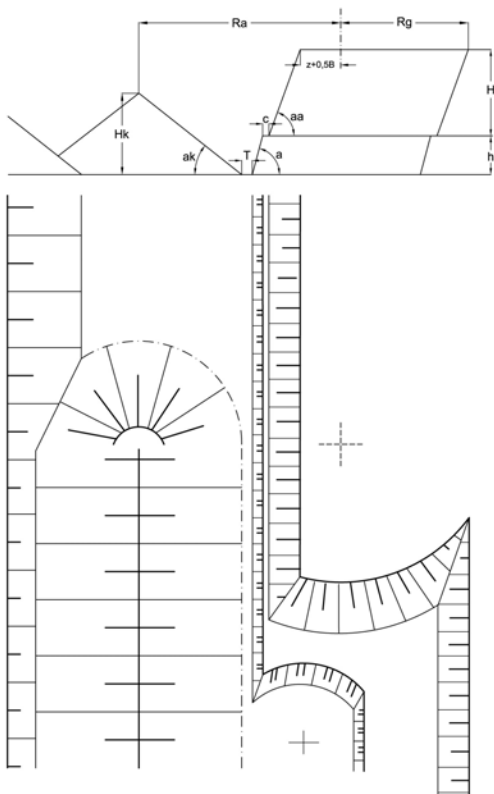
Anlage 5.1 Einfaches technologische Schema mit einem Bagger im Hochschnitt



Anlage 5.2 Einfaches technologische Schema mit einem Bagger im Hoch- und Tiefschnitt

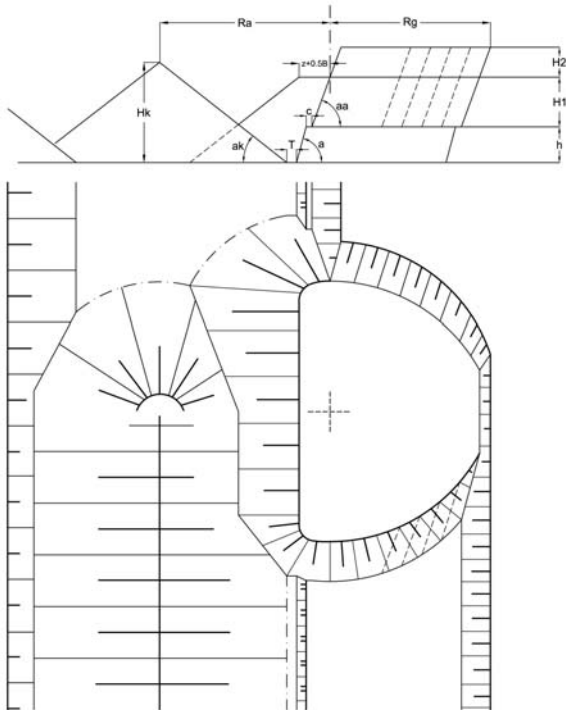


Anlage 5.3 Einfaches technologische Schema mit einem Bagger im Tiefschnitt

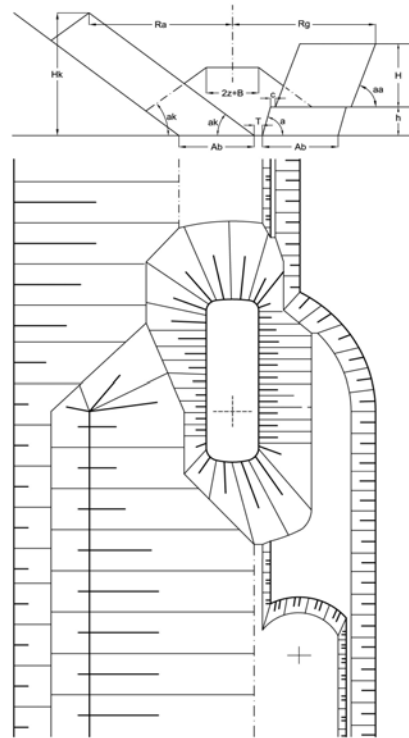


* - nach Klassifizierung der diskontinuierlichen Direktversturztechnologie in Abb. 5.1

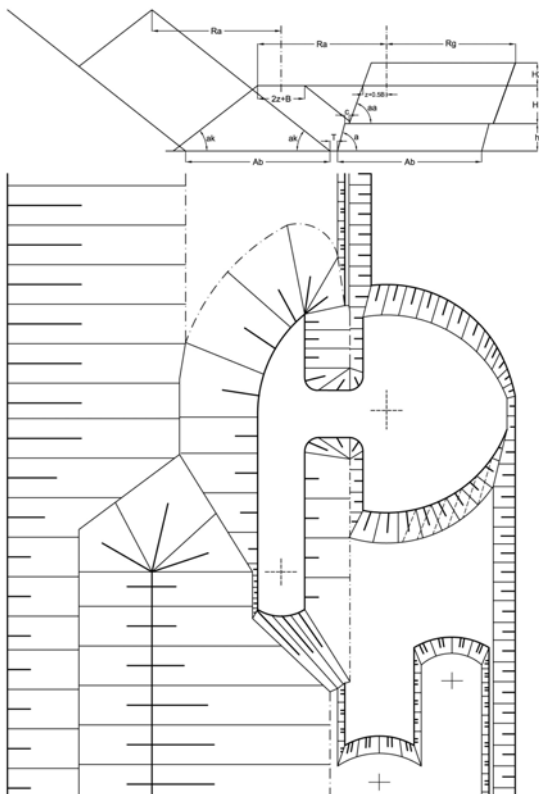
Anlage 5.4 Technologisches Schema von verbreiteter Abbauebene



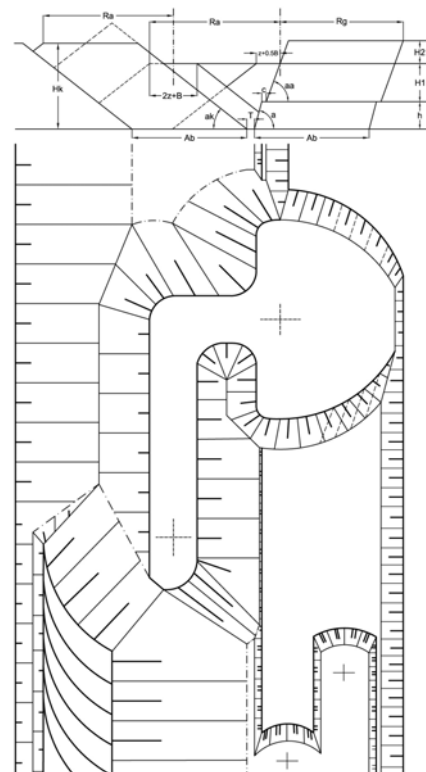
Anlage 5.5 Technologisches Schema mit Haldenlage



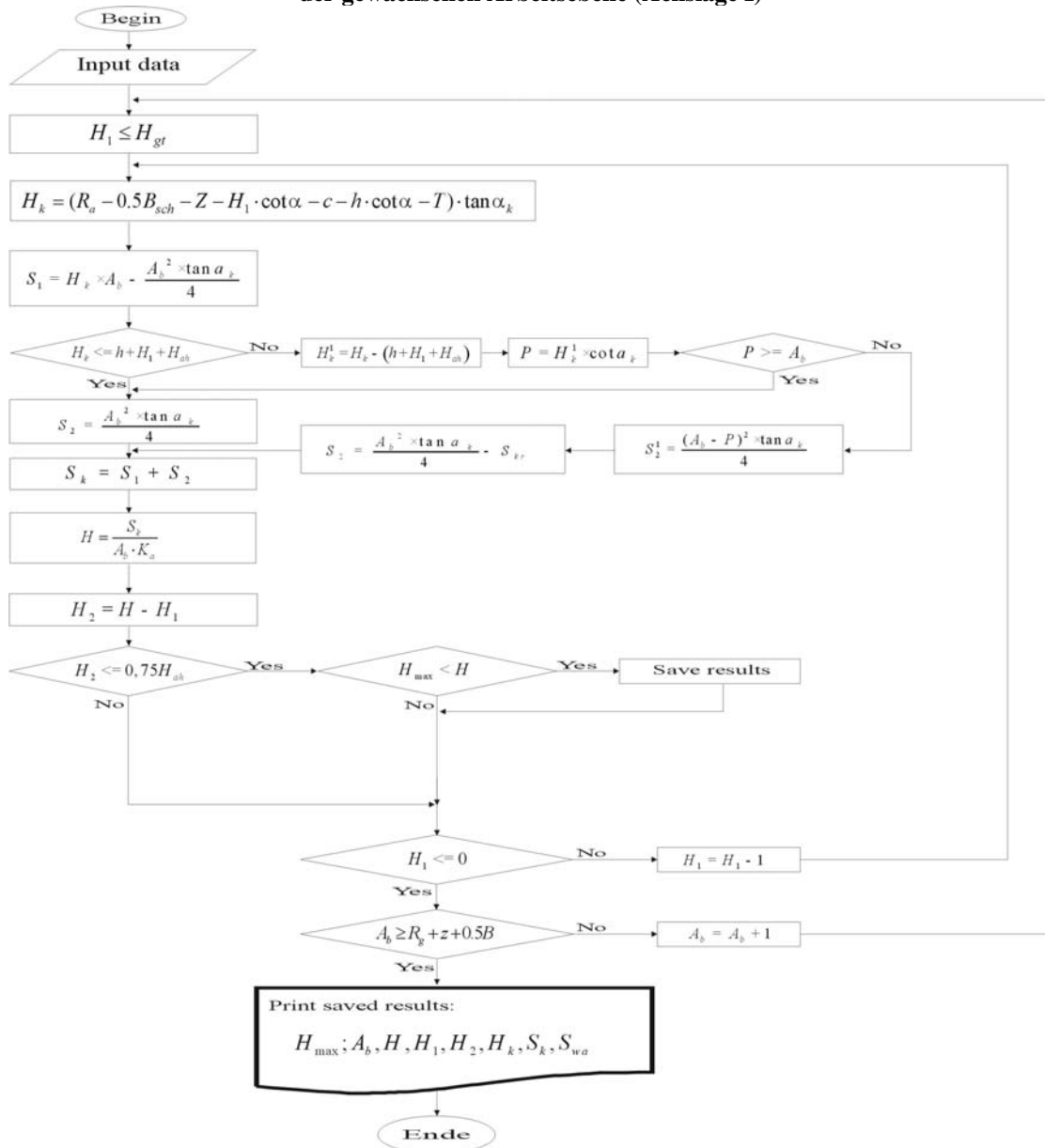
Anlage 5.6 Technologisches Schema bei Direktversturztechnologien mit Abbaufont- und Haldenlage



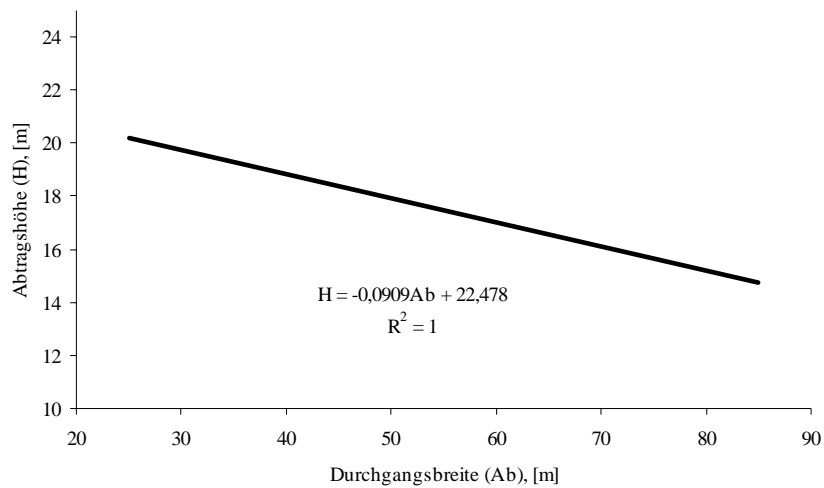
Anlage 5.7 Technologisches Schema bei Direktversturztechnologien mit verbreiteter Abbauebene - und Haldenlage



Anlage 5.8 Algorithmus zur Optimierung Abraumbaumächtigkeit der Variante Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene (Achslage I)



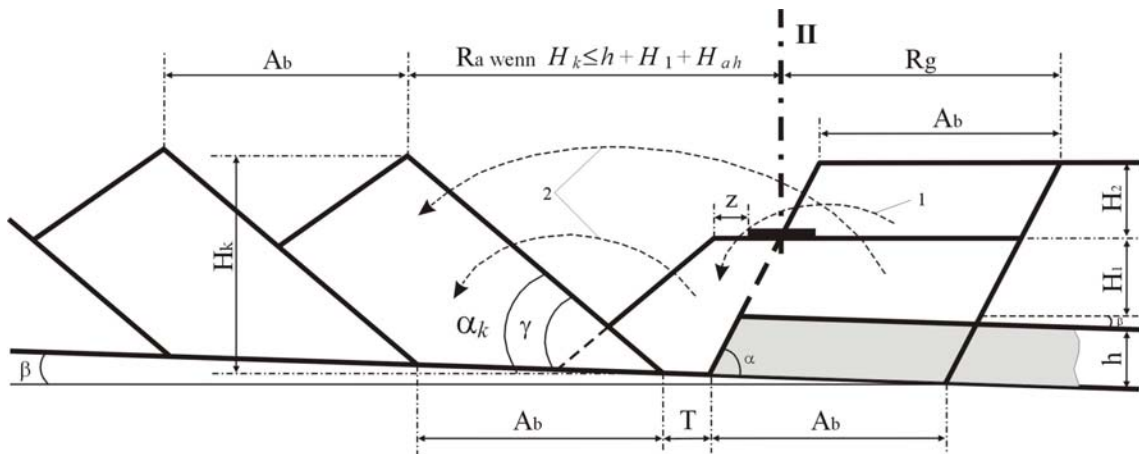
Anlage 5.9 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Durchgangsbreite in Variante Achslage I



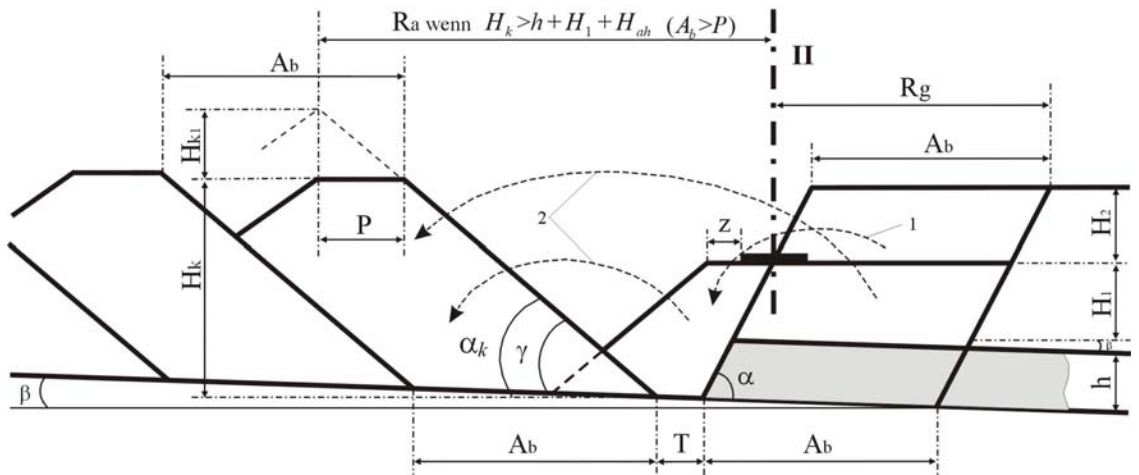
Anlage 5.10 Kippenform in Variante Achslage II.

a) normale Rippenkippe, b) teilweise glatte Kippe, c) glatte Kippe

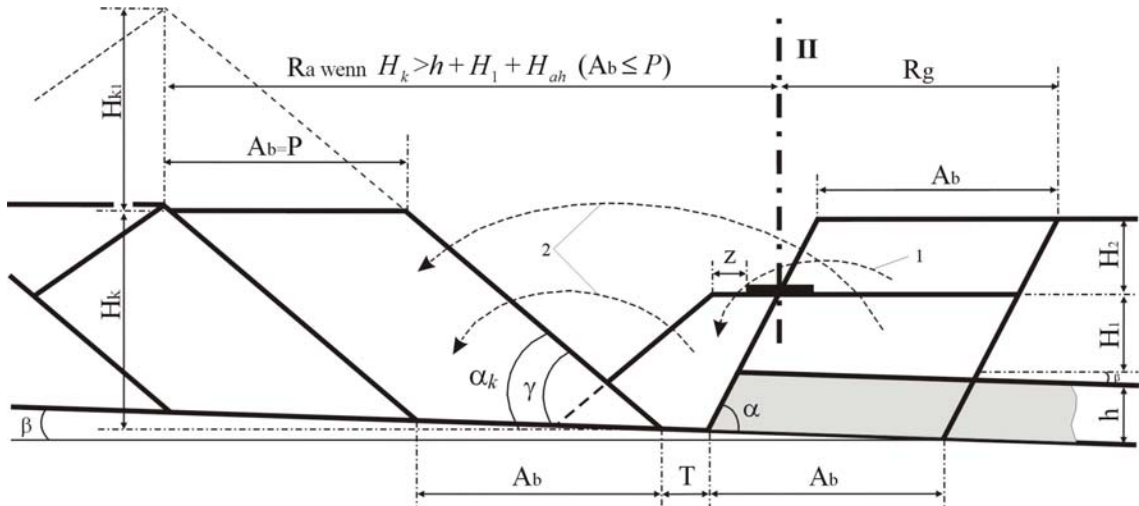
a)



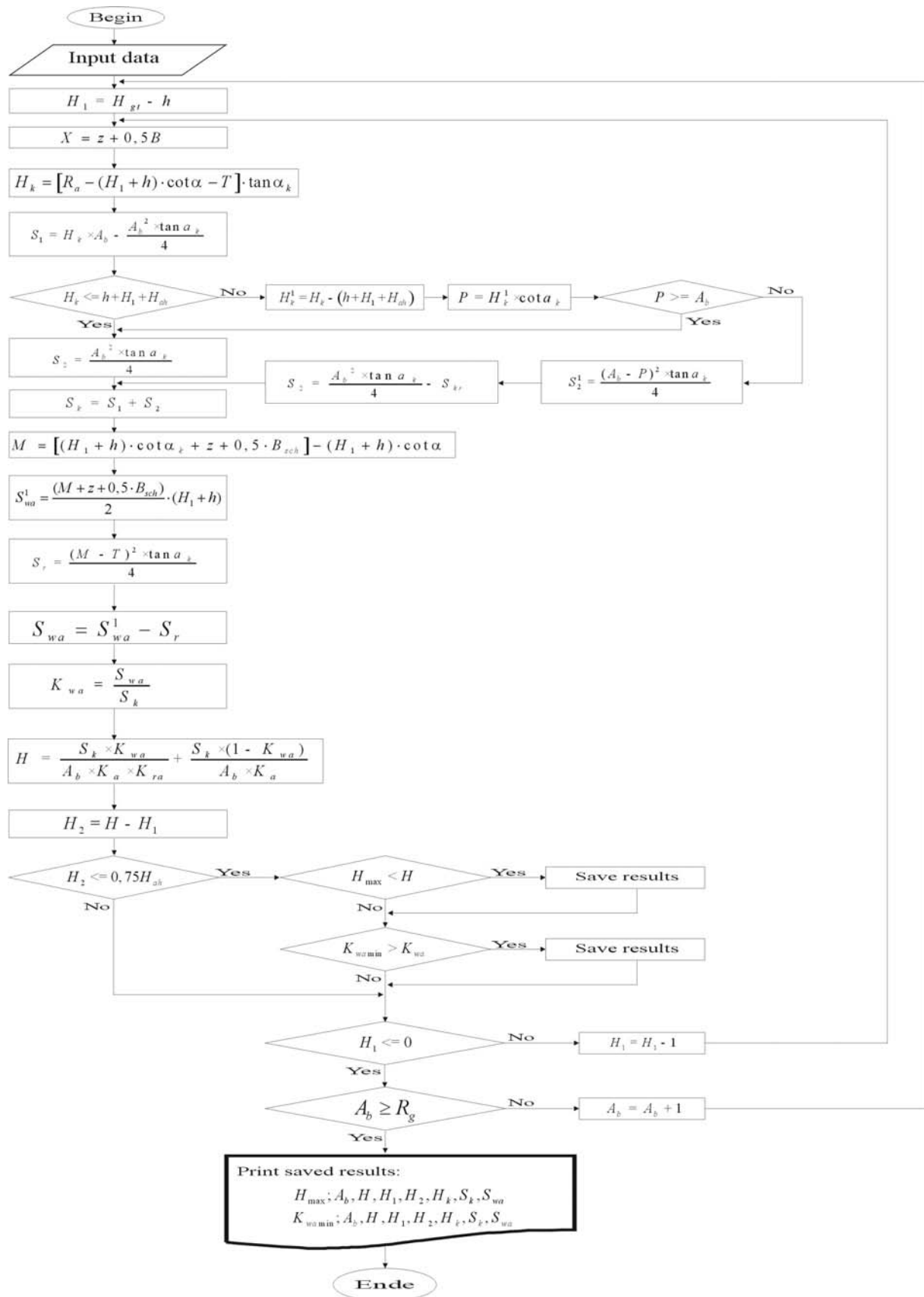
b)



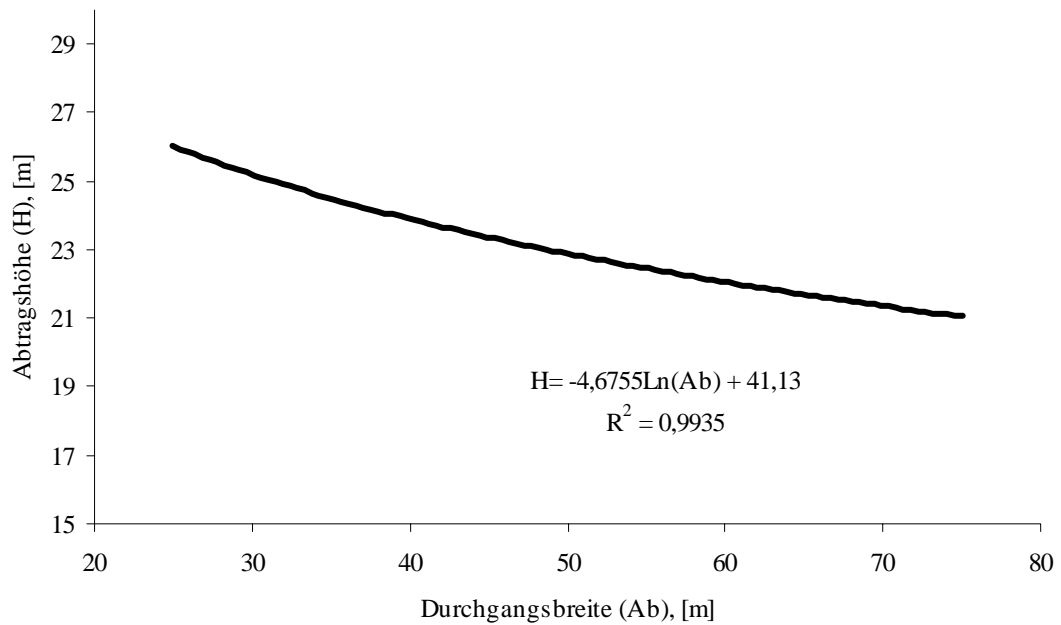
c)



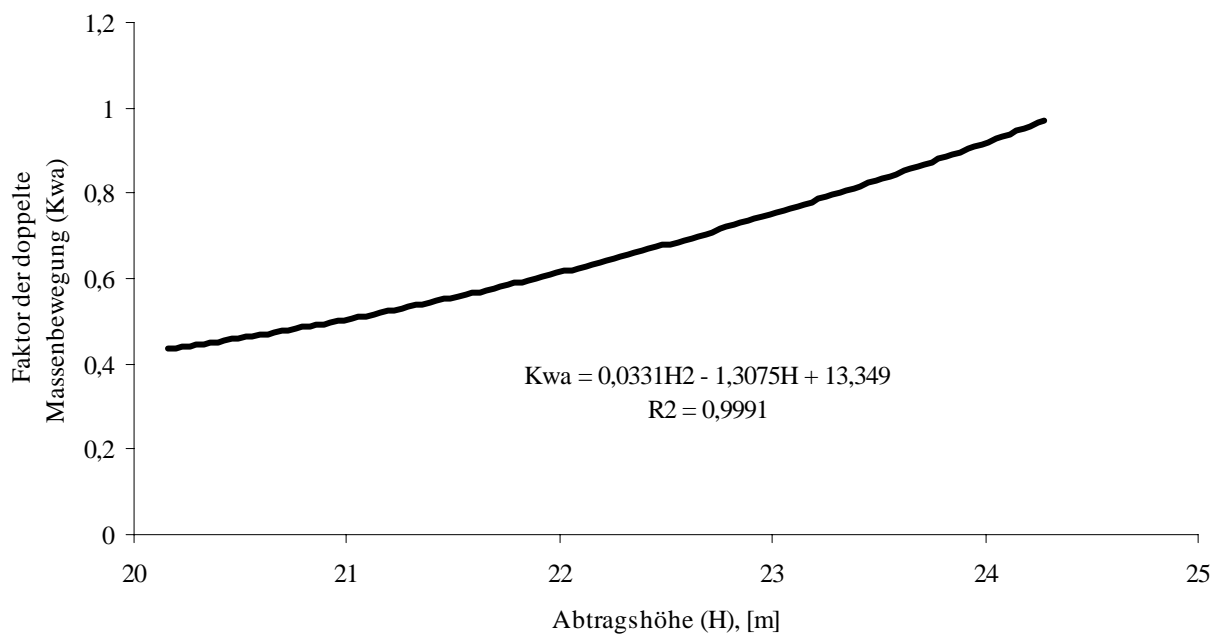
Anlage 5.11 Blockscha der Variante Schürfkübelbagger auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene (Achslage II)



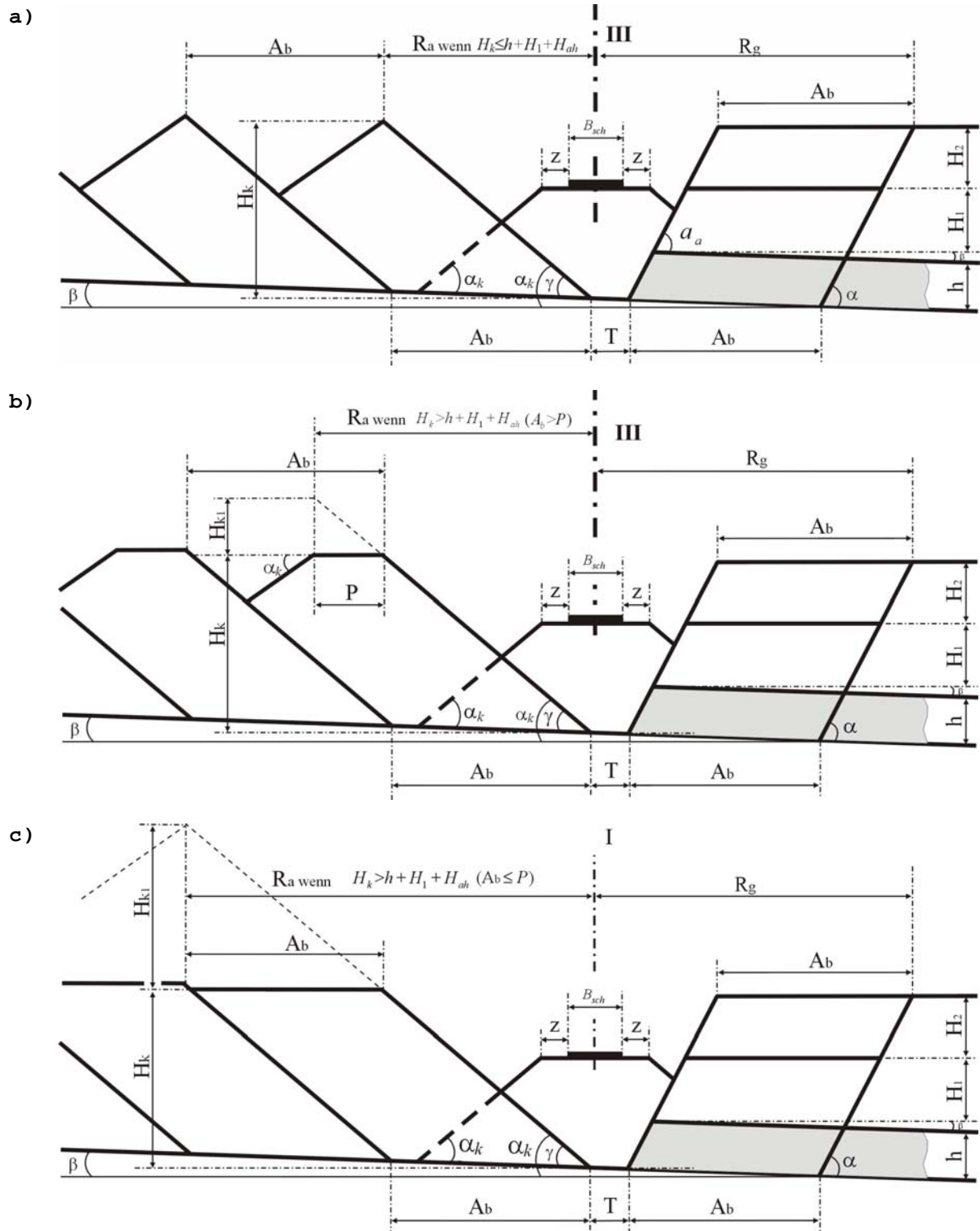
Anlage 5.12 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Durchgangsbreite in Variante Achslage II



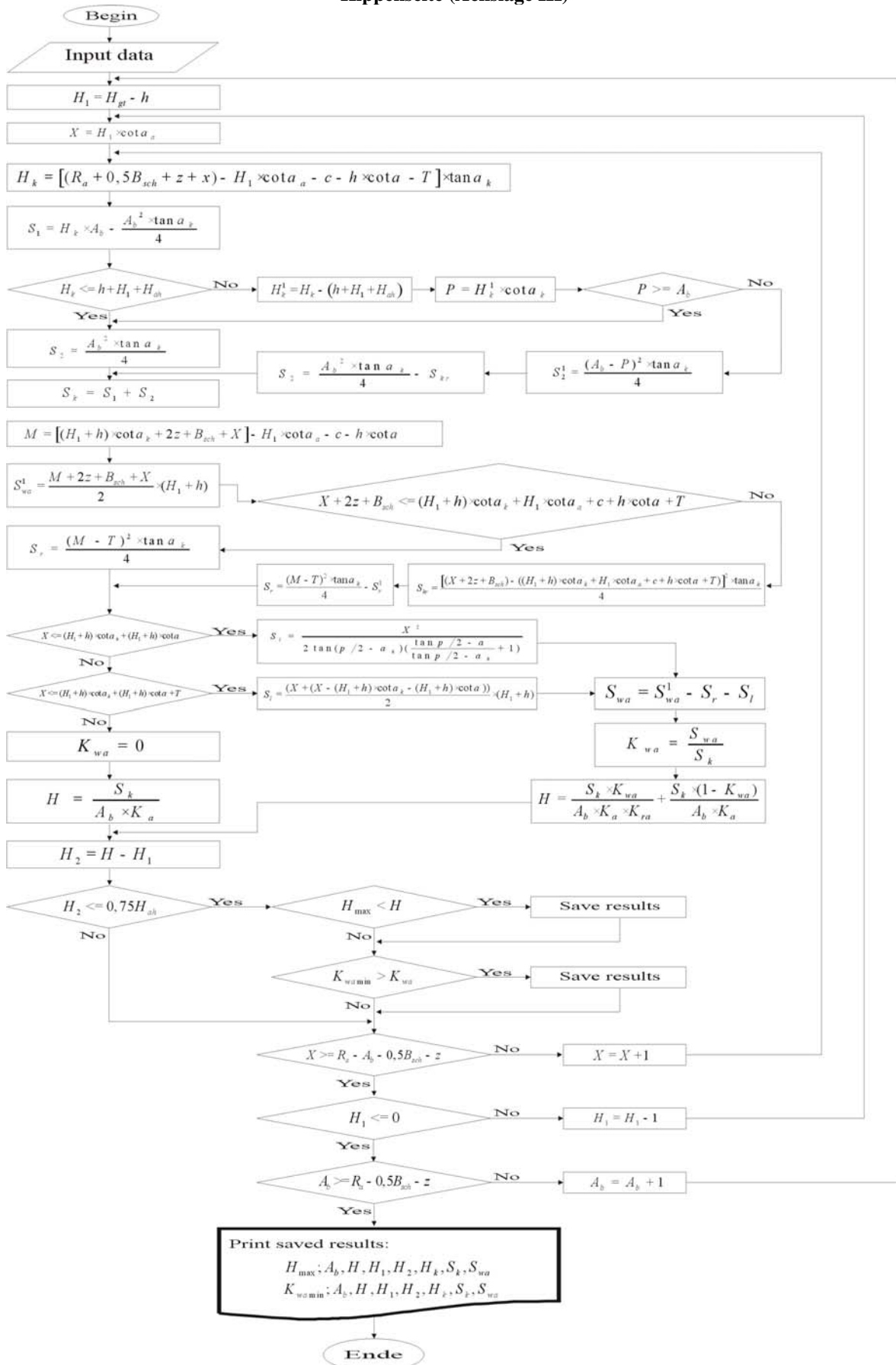
Anlage 5.13 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Anteil der doppelten Massenbewegung in Variante Achslage II



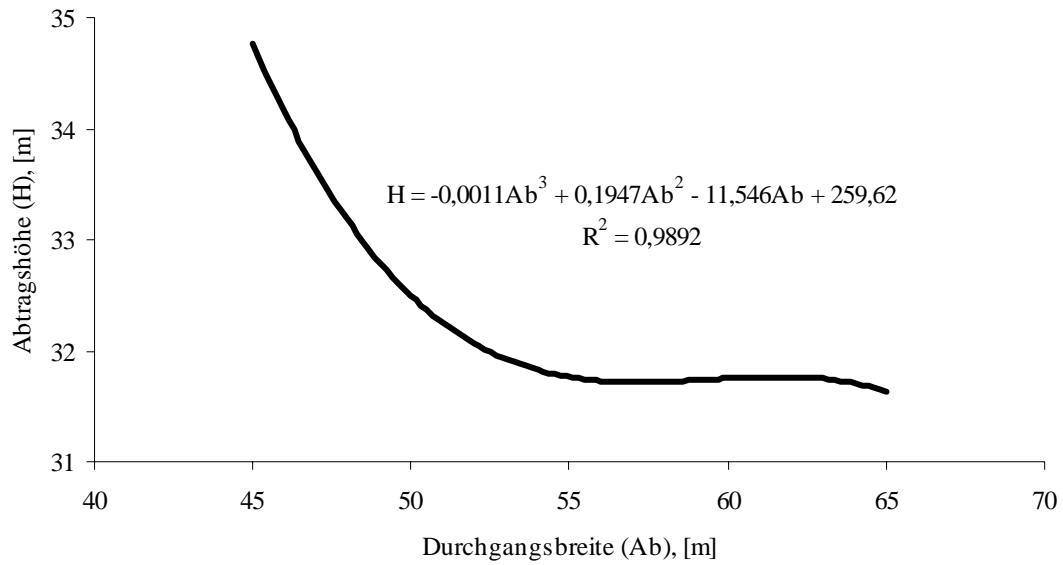
Anlage 5.14 Kippenform in Variante Achslage III.
a) normale Rippenkippe, b) teilweise glatte Kippe, c) glatte Kippe



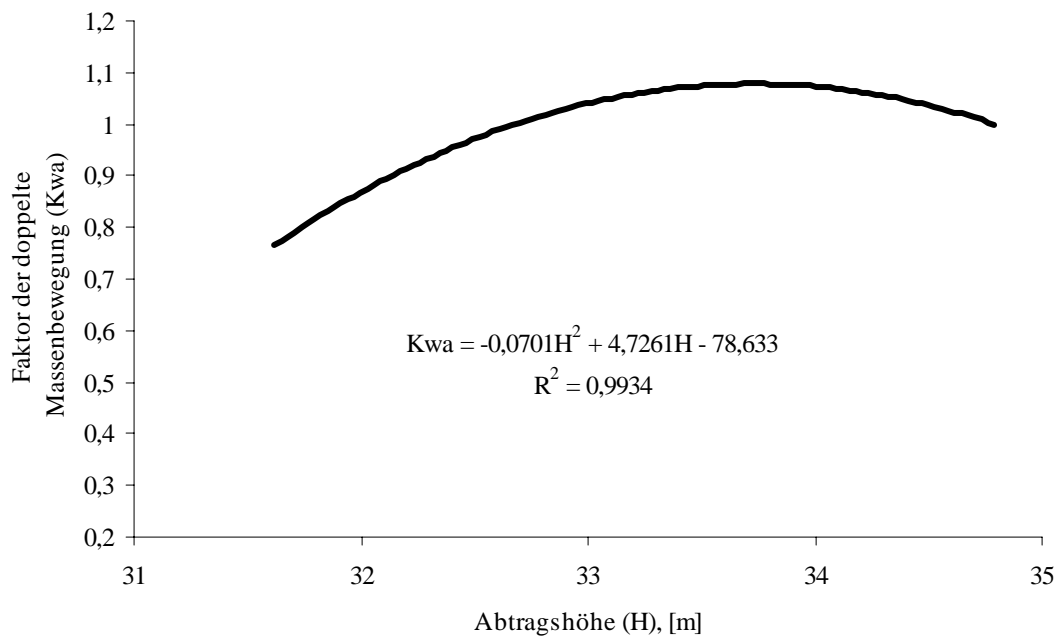
Anlage 5.15 Algorithmus der Variante Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Kippe zwischen Bagger und Kippenseite (Achslage III)



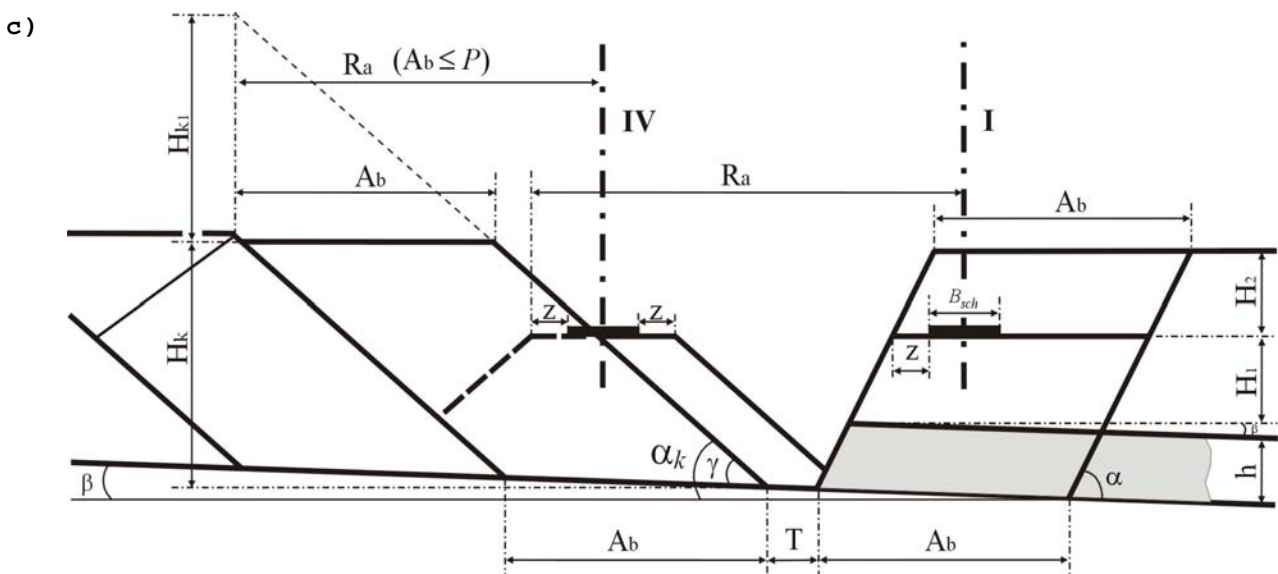
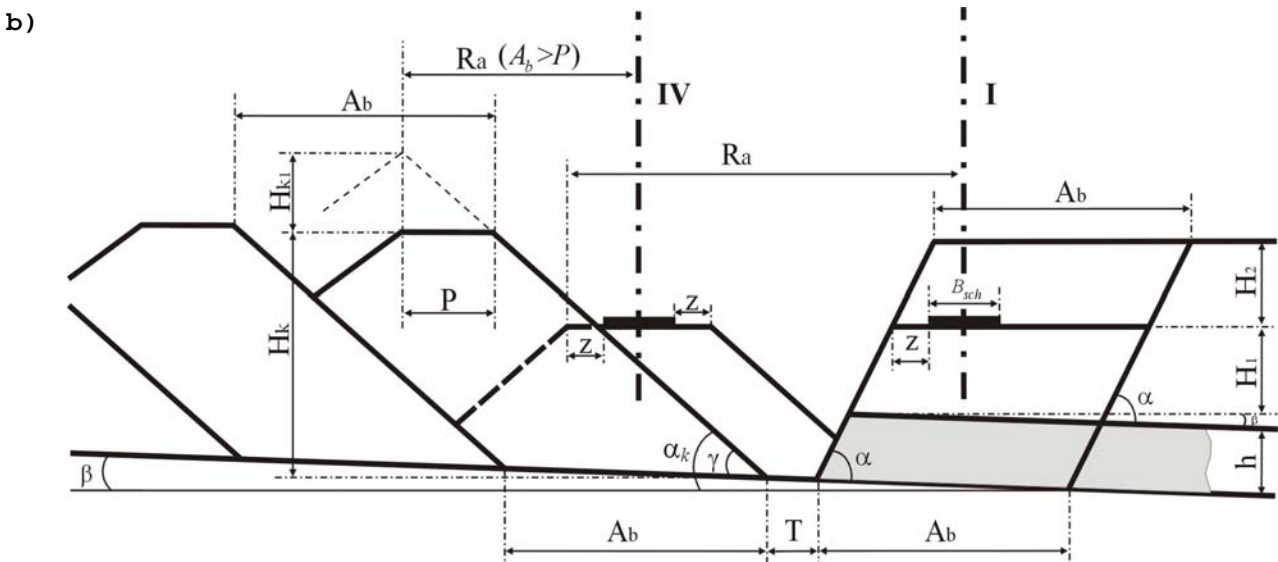
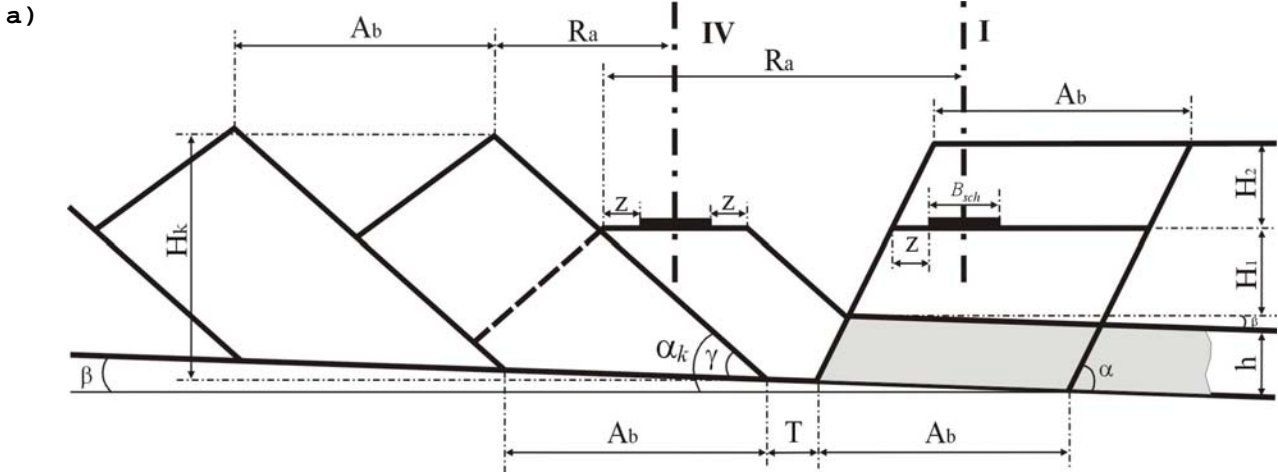
Anlage 5.16 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Durchgangsbreite in Variante Achslage III



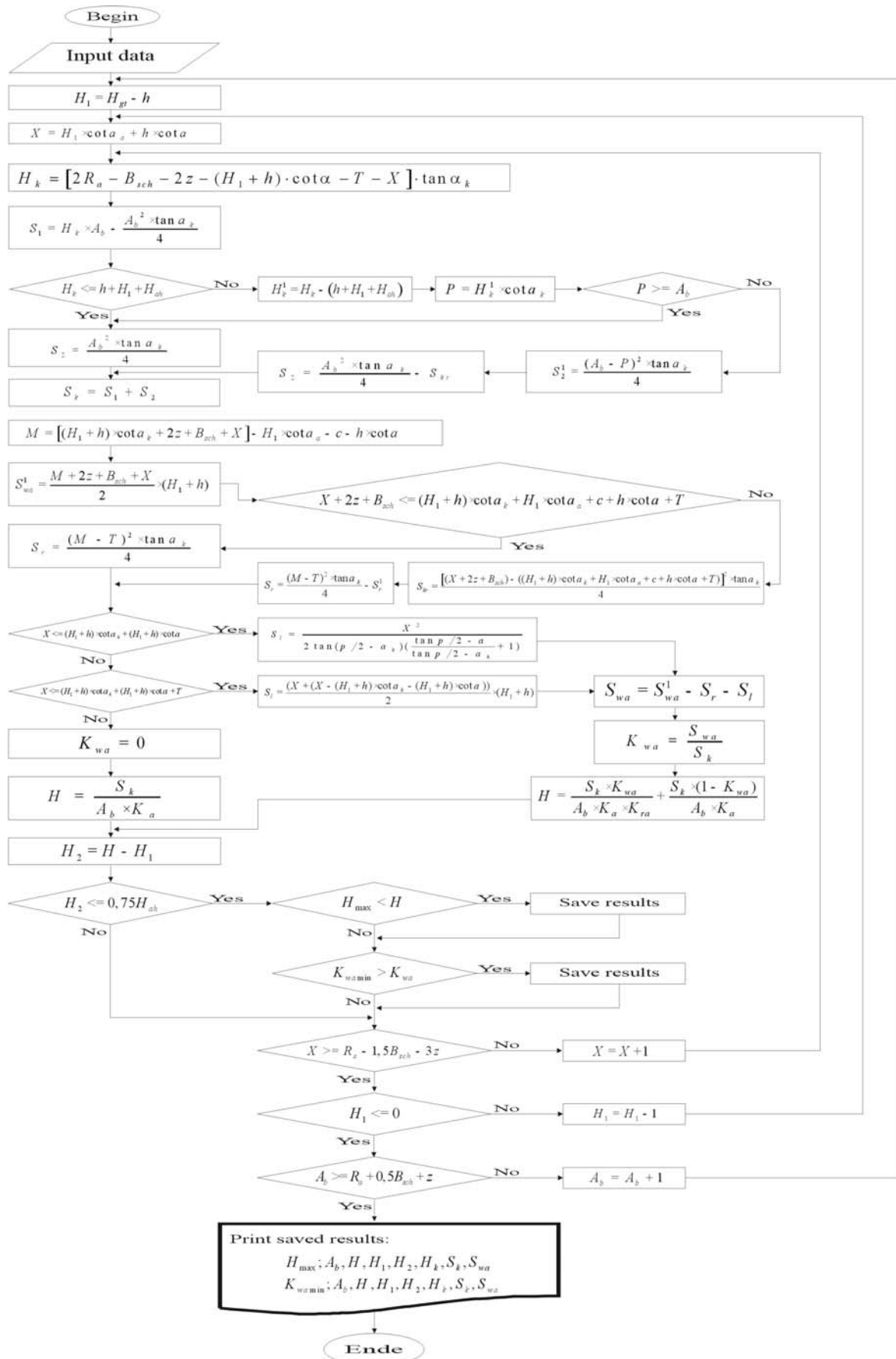
Anlage 5.17 Zusammenhang zwischen Anteil der doppelten Massenbewegung und Abtragshöhe in Variante Achslage III



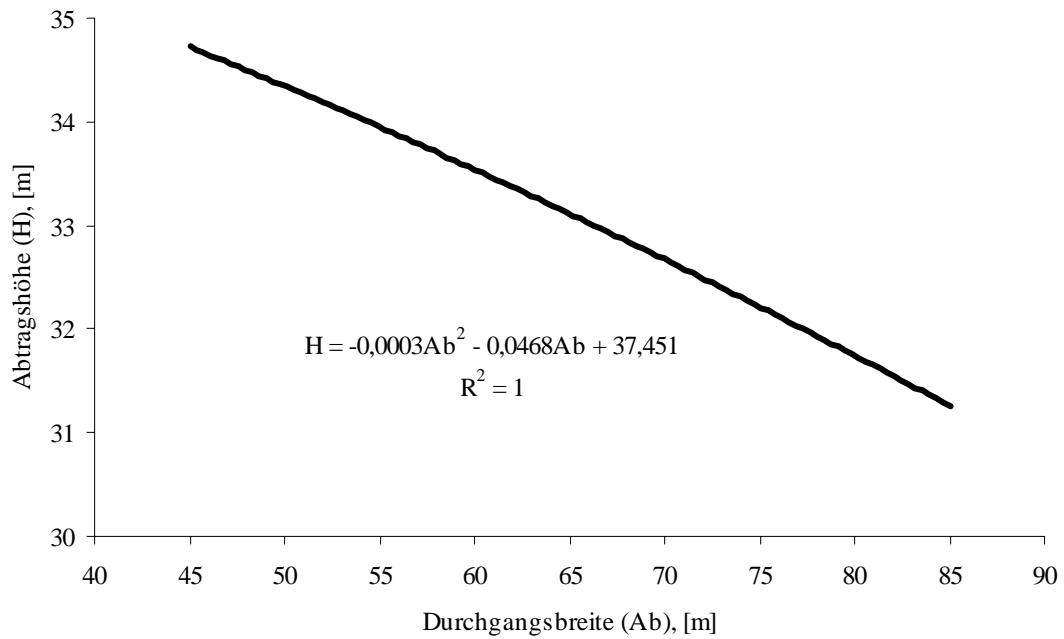
Anlage 5.18 Kippenform in Variante Achslagenkombination I und IV
 a) normale Rippenkippe, b) teilweise glatte Kippe, c) glatte Kippe



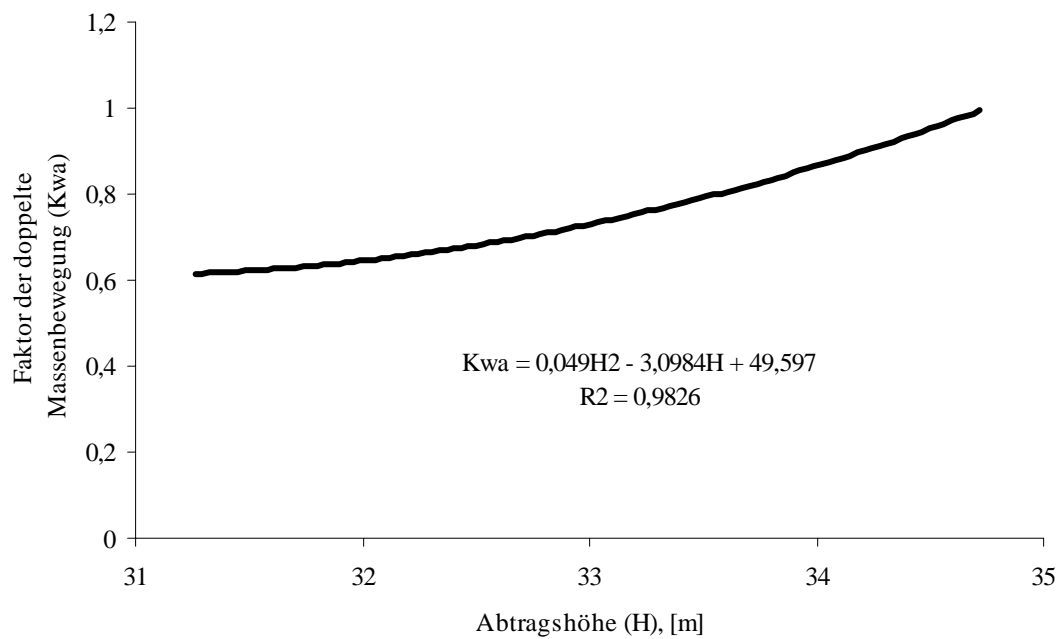
Anlage 5.19 Blockschema der Variante Achslagen I und IV



Anlage 5.20 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Durchgangsbreite in Variante Achslagenkombination I und IV

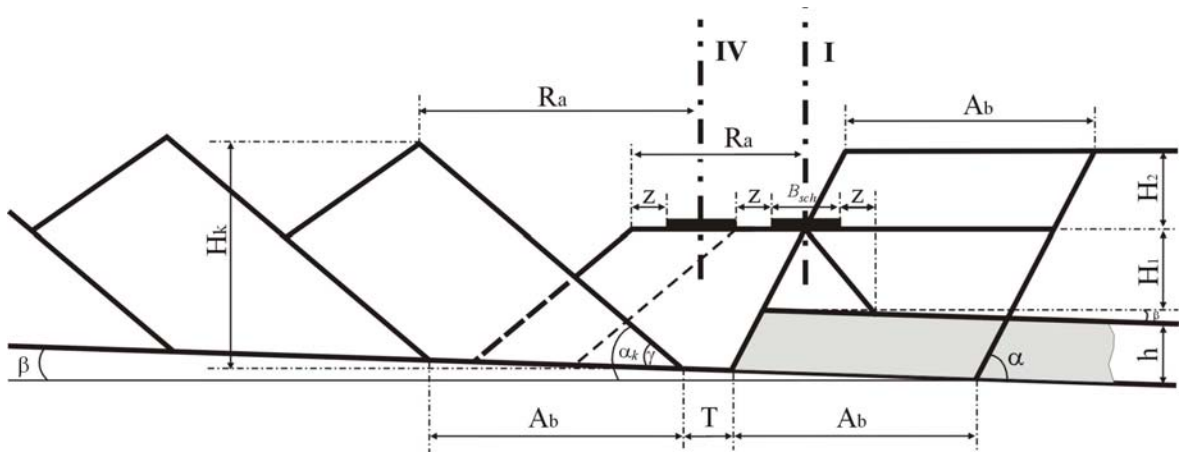


Anlage 5.21 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und die Anteil der doppelten Massenbewegung in Variante Achslagenkombination I und IV

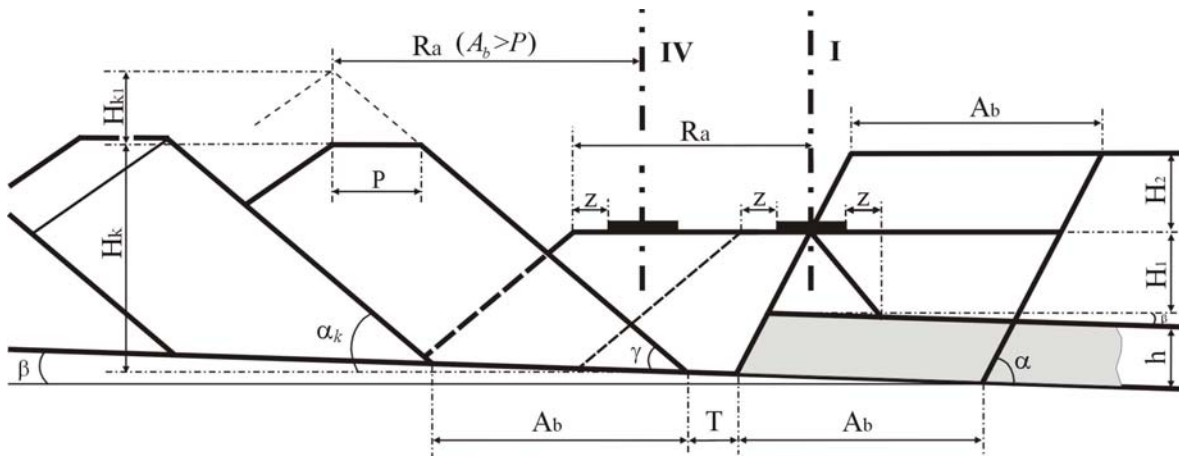


Anlage 5.22 Kippenformen in Variante Achslagenkombination II und IV
a) normale Rippenkippe, b) teilweise glatte Kippe, c) glatte Kippe

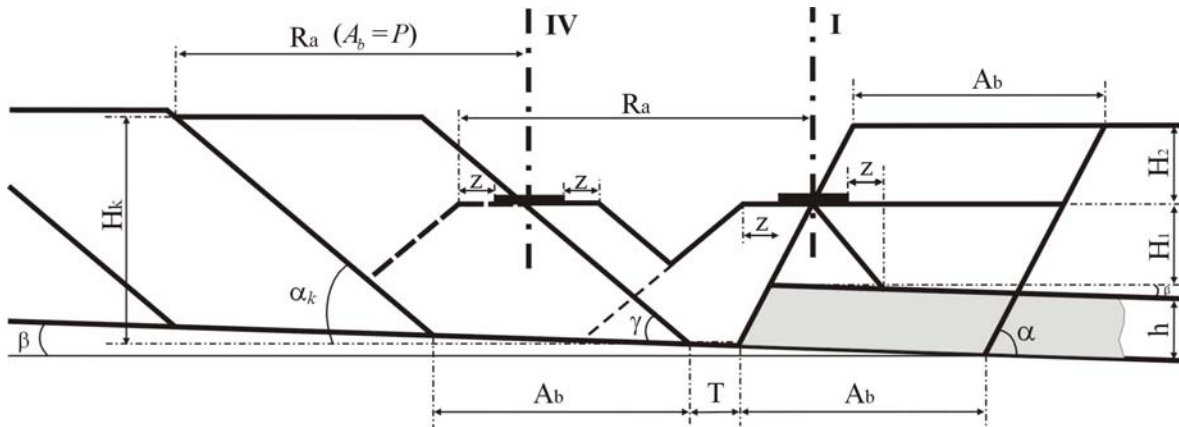
a)



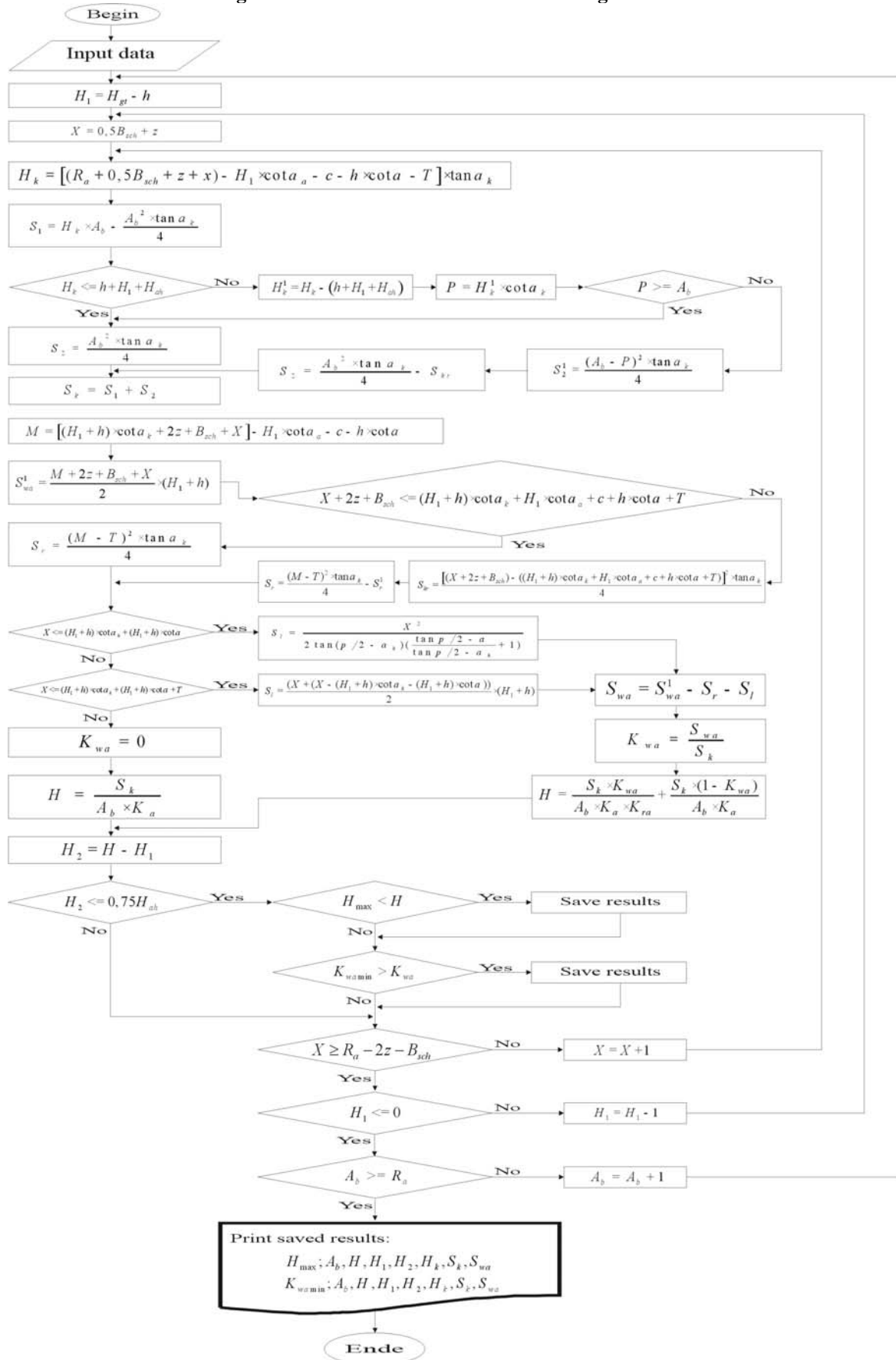
b)



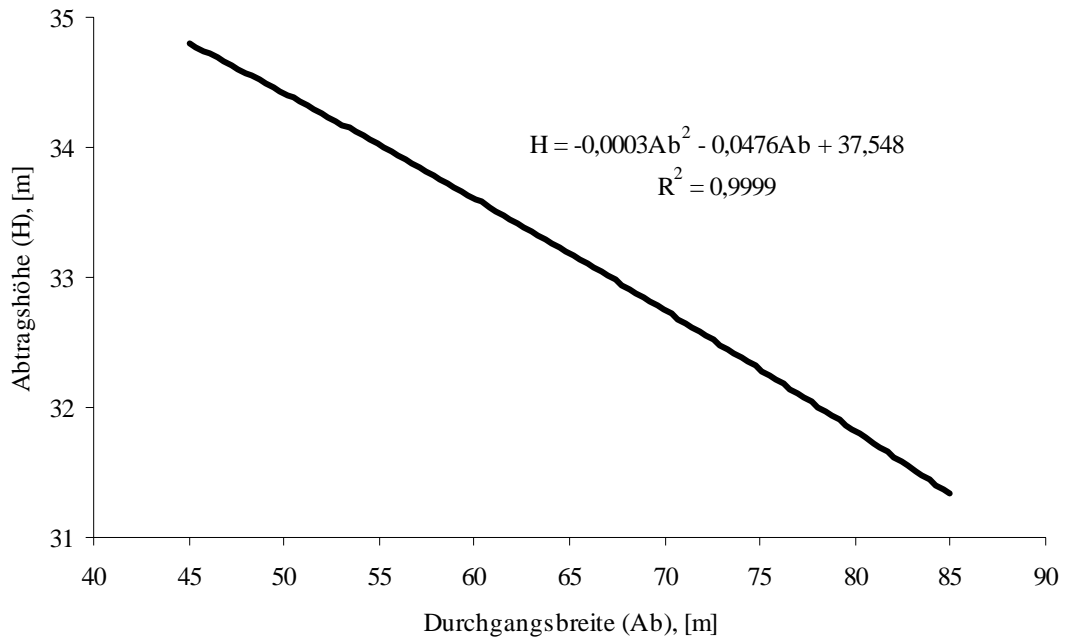
c)



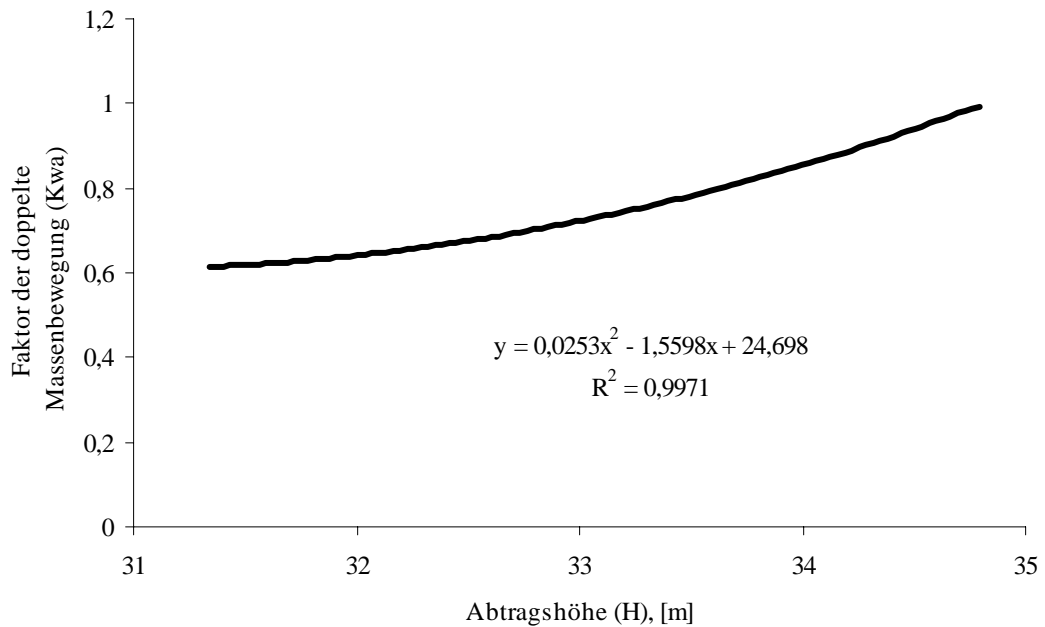
Anlage 5.23 Blockschema der Variante Achslagen II und IV



Anlage 5.24 Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite und Abtragshöhe in Variante Achslagenkombination II und IV



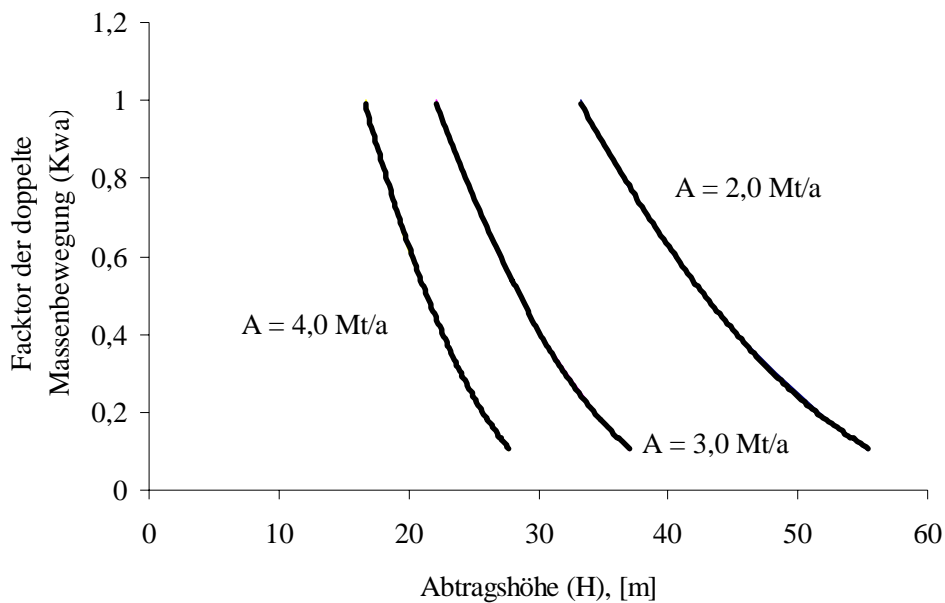
Anlage 5.25 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Anteil der doppelten Massenbewegung in Variante Achslagenkombination II und IV



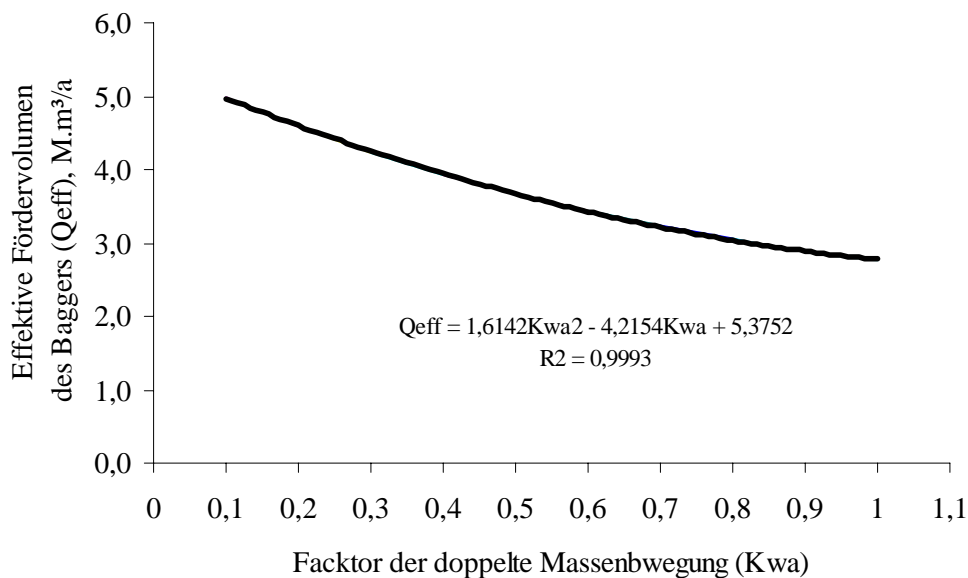
Anlage 5.26 Zeitliche Begrenzung der Abraumabtragsmächtigkeiten für unterschiedliche Kohlegewinnungskapazitäten

Gewinnungs-Kapazität	Faktor der doppelten Bewegung von Massen, Kwa										
	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
A = 2.0 Mio. t/a	59,90	55,46	51,63	48,30	45,38	42,78	40,47	38,39	36,52	34,82	33,28
A = 3.0 Mio. t/a	39,93	36,97	34,42	32,2	30,25	28,52	26,98	25,6	24,35	23,22	22,18
A = 4.0 Mio. t/a	29,95	27,73	25,82	24,15	22,69	21,39	20,23	19,2	18,26	17,41	16,64

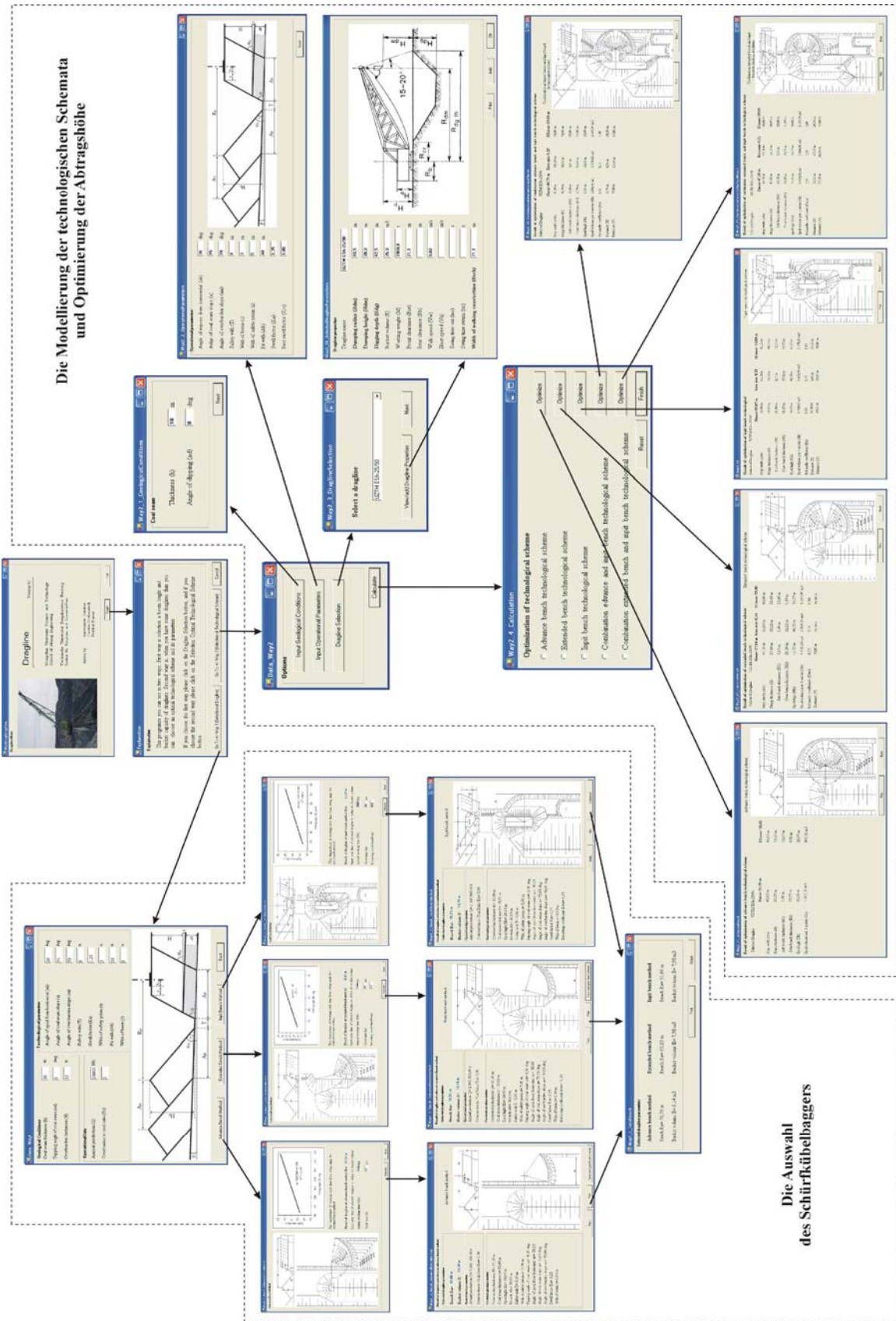
Anlage 5.27 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Faktor der doppelten Massenbewegung unter zeitlicher Begrenzungen für unterschiedliche Gewinnungskapazitäten (A)



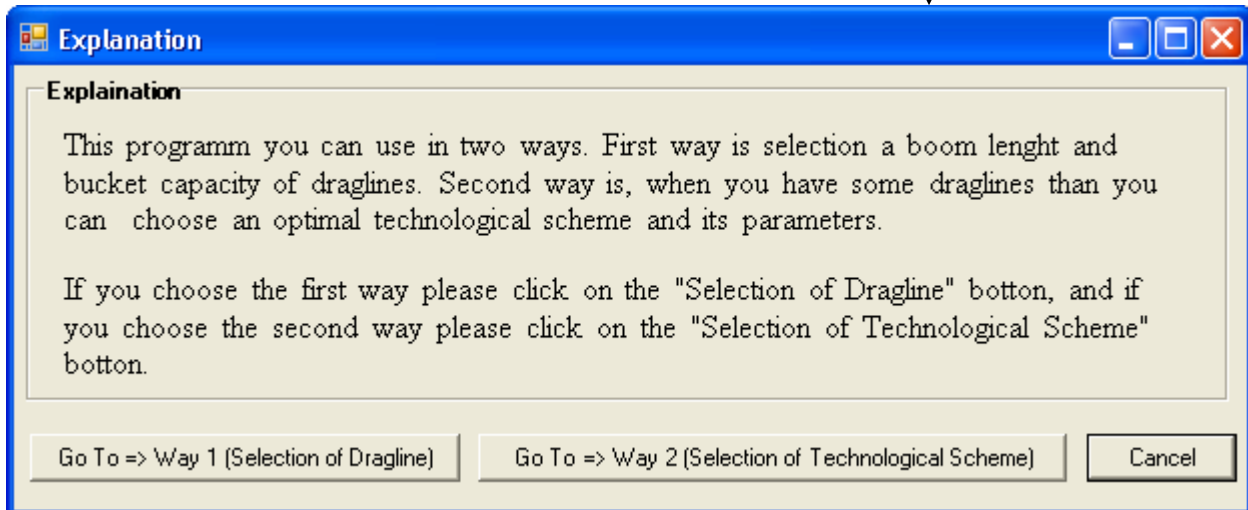
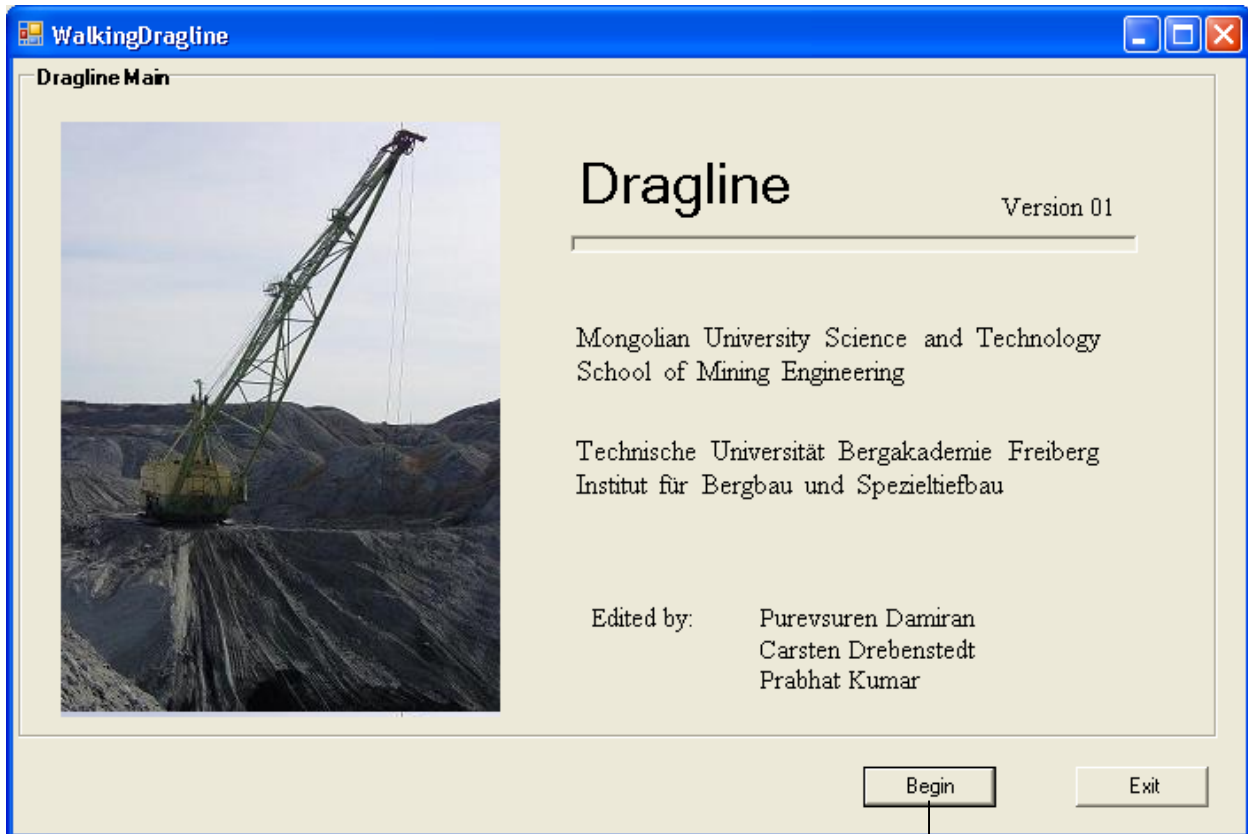
Anlage 5.28 Zusammenhang zwischen Faktor der doppelten Massenbewegung und dem effektiven Fördervolumen des Schürfkübelbaggers Esch-25/90



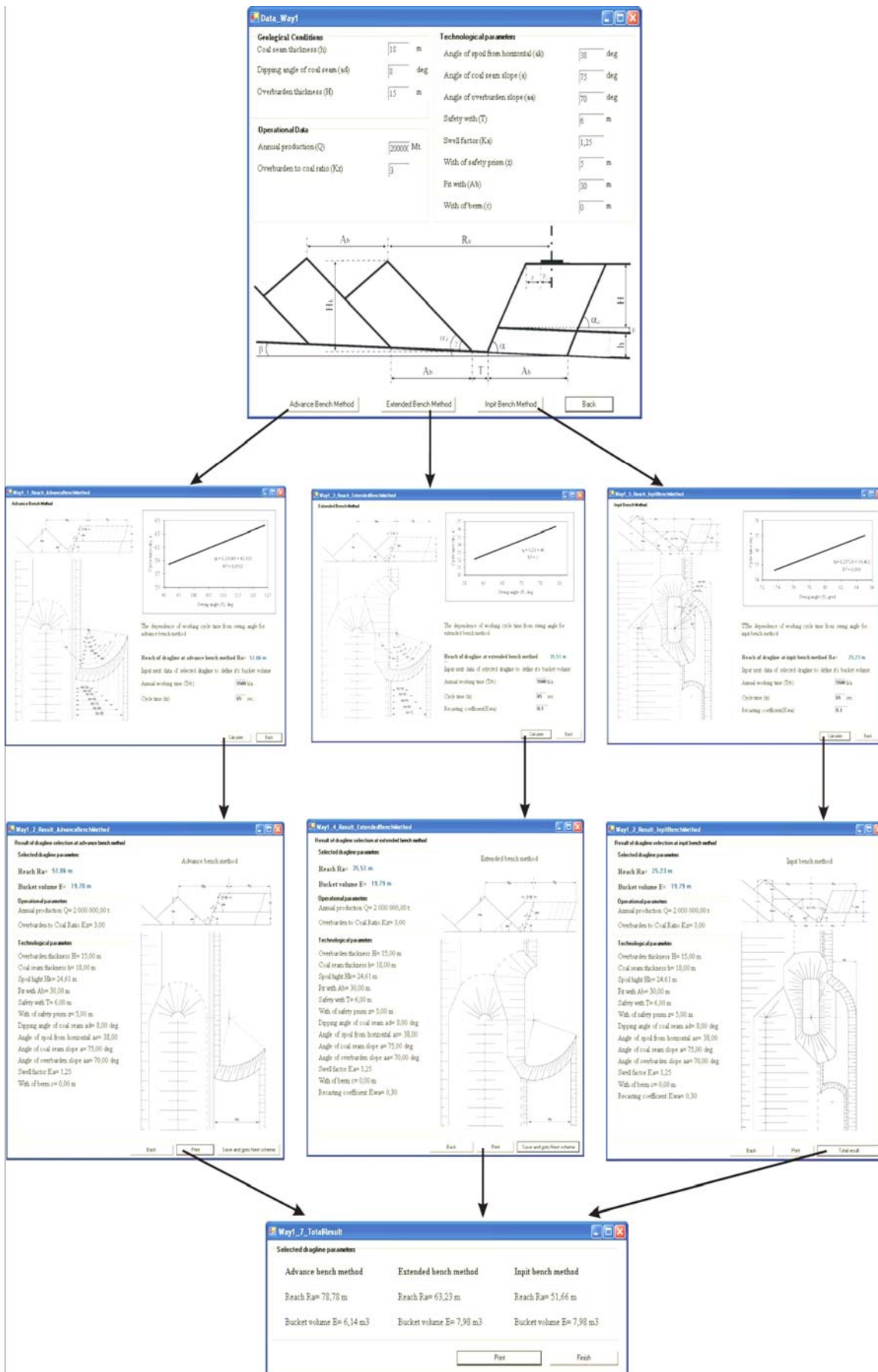
Anlage 6.1 Programm „Dragline“ (Module 1, 2 und 3)



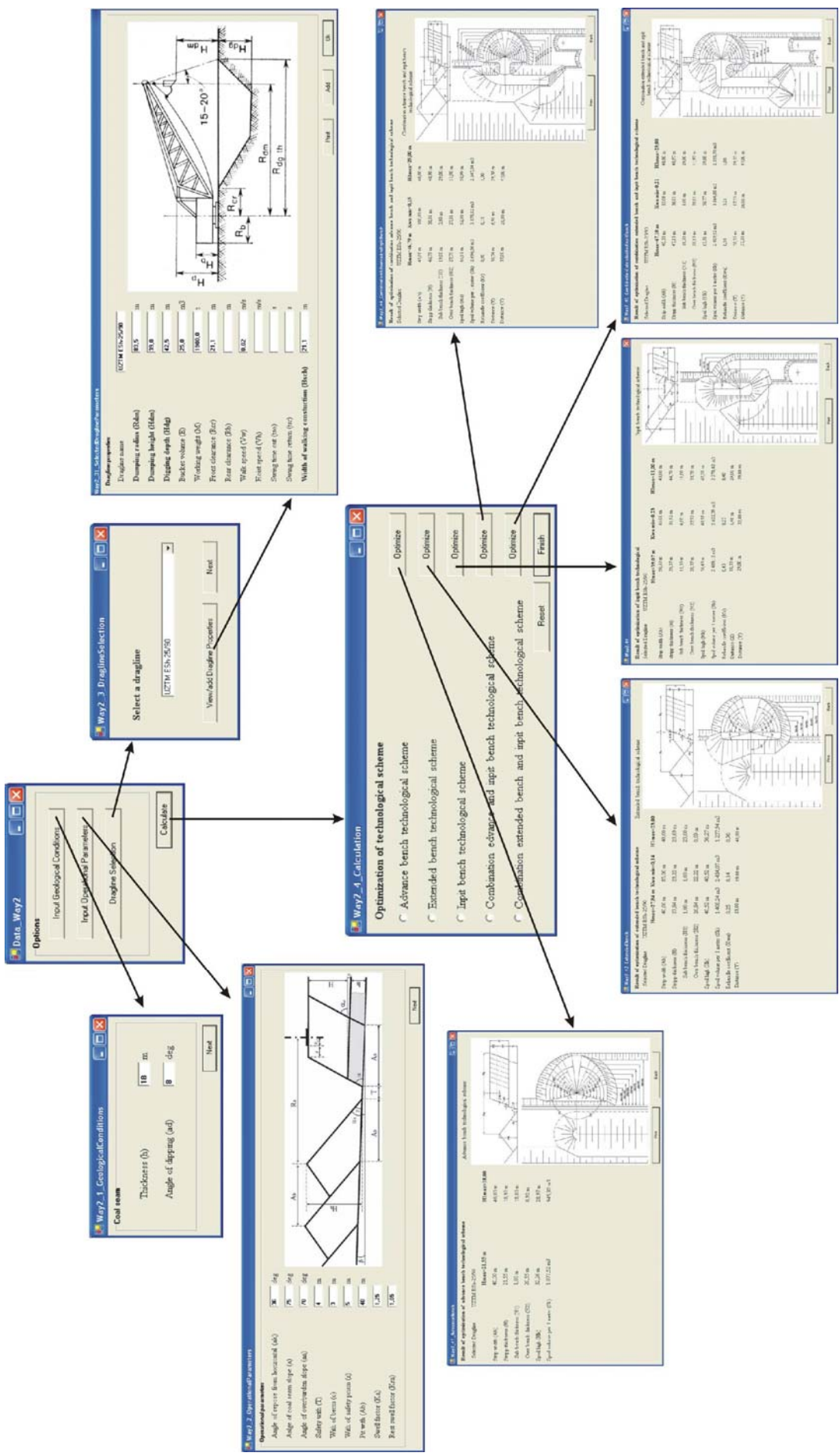
Anlage 6.2 Startmodul des Programms (Modul 1)



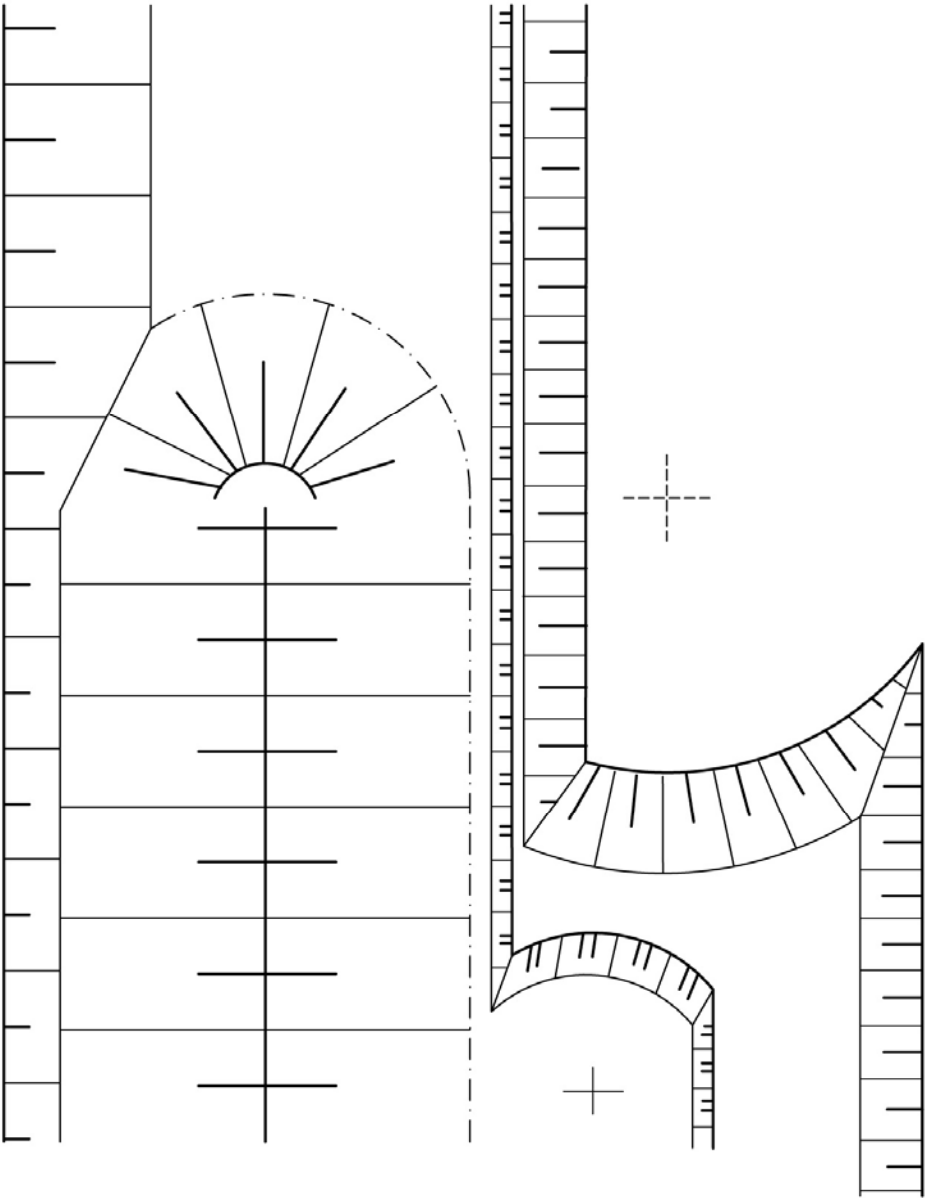
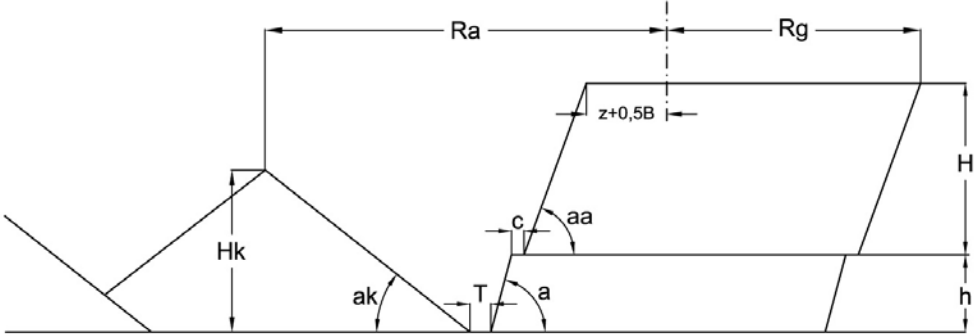
Anlage 6.3 Auswahl der Schürfkübelbagger (Modul 2)



Anlage 6.4 Auswahl der Einsatztechnologie (Modul 3)



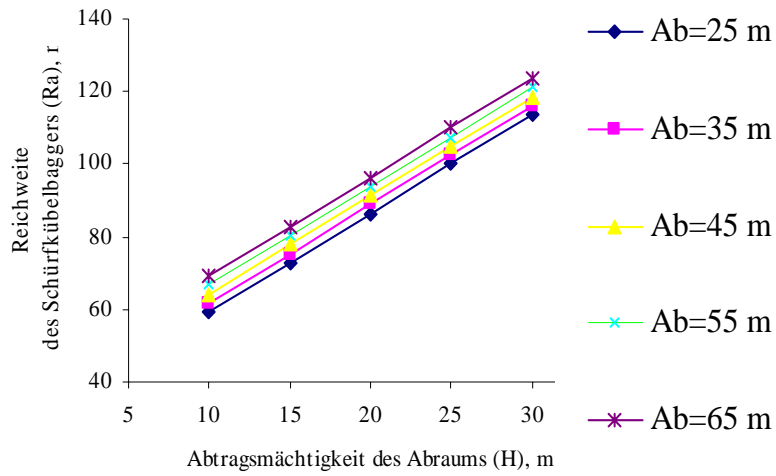
Anlage 6.5 Reichweite Ra des Schürfkübelbagger für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite



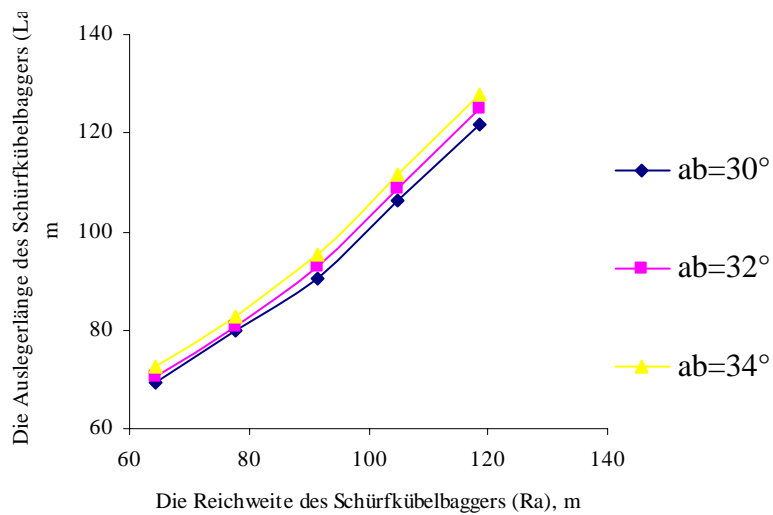
Anlage 6.6 Beispiel einer Kalkulation die Auswahl der Auslegerlänge und des Kübelvolumens für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite

H	Ab	h	T	z	Bsch	aa	ar	β	ag	ak	c	Ka	K ar	Agk	tr	tz	Hk	Ra	E	La	La	La
m	m	m	m	m	m	°	°	°	°	°	m		Mio. t	h	s	m	m	m	m ²	Gb=30°	Gb=32°	Gb=34°
10	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	0,51	1,0	5500	59,21	18,48	64,24	1,54	69,17	70,75	72,48
15	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	0,77	1,0	5500	59,21	24,73	77,81	2,32	79,85	80,75	82,86
20	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,03	1,0	5500	59,21	30,98	91,38	3,09	90,52	92,76	95,23
25	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,29	1,0	5500	59,21	37,23	104,96	3,86	106,20	108,77	111,60
30	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,54	1,0	5500	59,21	43,48	118,53	4,63	121,87	124,77	127,98
10	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	0,51	2,0	5500	59,21	18,48	64,24	3,09	69,17	70,75	72,48
15	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	0,77	2,0	5500	59,21	24,73	77,81	4,63	79,85	80,75	82,86
20	45	16	6	5	10,55	70	75	8	44	36	0	1,25	1,03	2,0	5500	59,21	33,17	78,78	6,18	80,96	81,89	84,02
25	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,29	2,0	5500	59,21	37,23	104,96	7,72	106,20	108,77	111,60
30	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,54	2,0	5500	59,21	43,48	118,53	9,27	121,87	124,77	127,98
10	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	0,51	3,0	5500	59,21	18,48	64,24	4,63	69,17	70,75	72,48
15	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	0,77	3,0	5500	59,21	24,73	77,81	6,95	79,85	80,75	82,86
20	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,03	3,0	5500	59,21	30,98	91,38	9,27	90,52	92,76	95,23
25	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,29	3,0	5500	59,21	37,23	104,96	11,59	106,20	108,77	111,60
30	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,54	3,0	5500	59,21	43,48	118,53	13,90	121,87	124,77	127,98

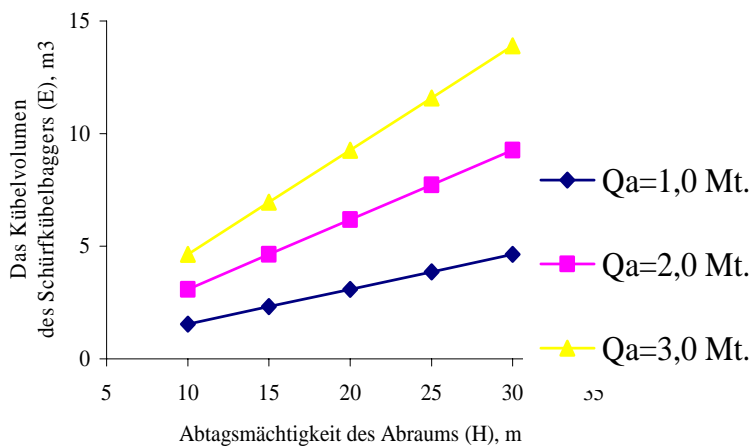
Anlage 6.7 Abhängigkeit der Reichweite des Schürfkübelbaggers von der Abtragsmächtigkeit je nach Durchgangsbreite



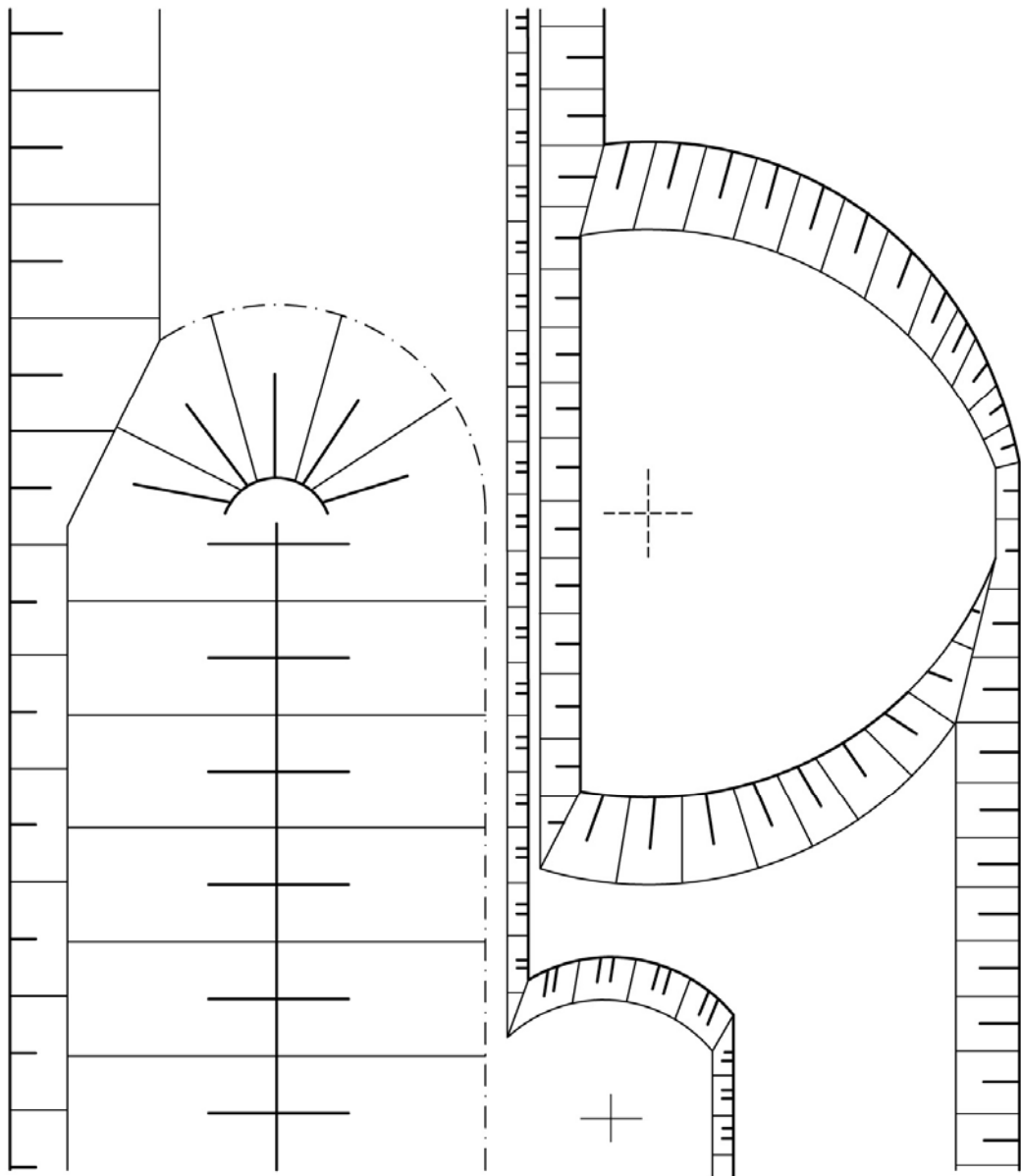
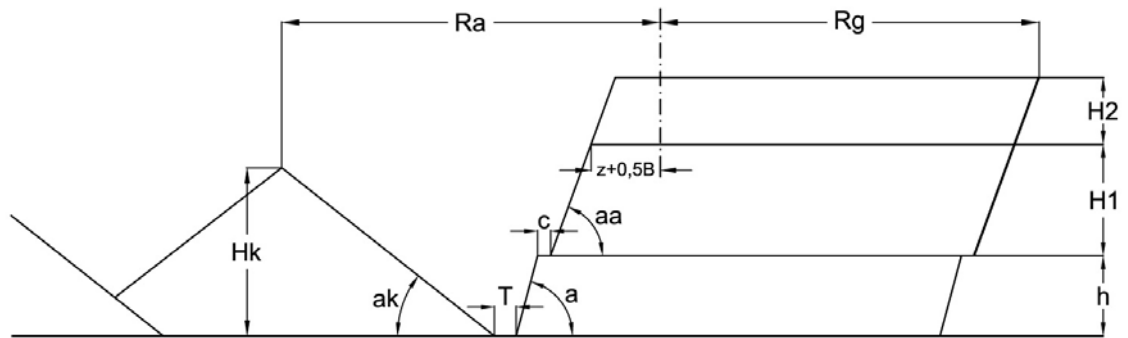
Anlage 6.8 Abhängigkeit der Auslegerlänge von der Reichweite je nach Installationswinkel des Auslegers



Anlage 6.9 Abhängigkeit des Kübelvolumens des Schürfkübelbaggers von der Abtragsmächtigkeit je nach Fördervolumen



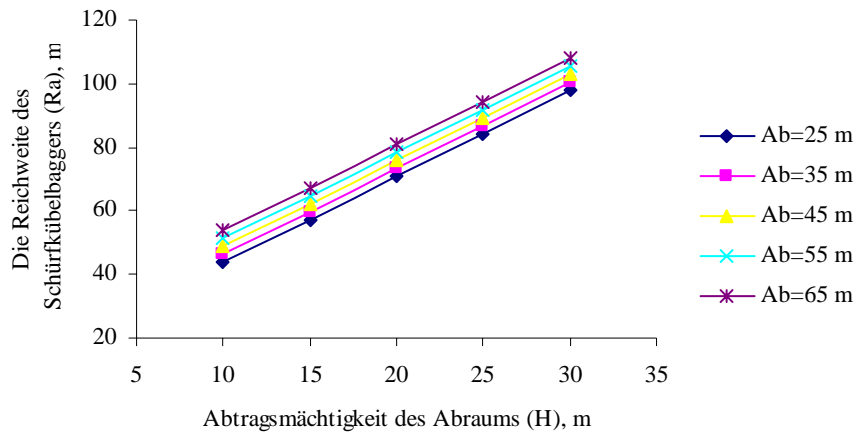
Anlage 6.10 Reichweite Ra des Schürfkübelbaggers für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene



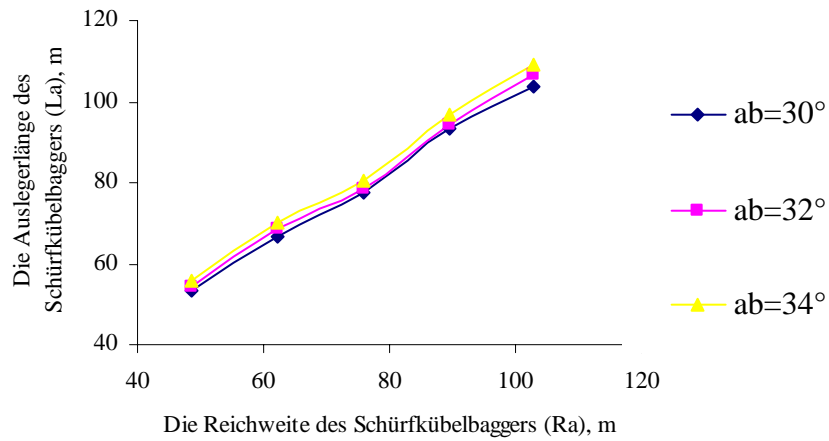
Anlage 6.11 Beispiel einer Kalkulation die Auswahl der Auslegerlänge und des Kübelvolumens für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene

H	Ab	h	T	z	Bsch	aa	ar	β	ag	ak	c	Ka	G	Kar	Kwa	Agk	tr	tz	Hk	Ra	E	La	La	La
m	m	m	m	m	m	°	°	°	°	°	m					Mio. t	h	s	m	m	m ²	Gb=30°	Gb=32°	Gb=34°
10	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	0,52	0,55	1,0	5500	53,1	18,48	48,69	2,15	53,22	54,41	55,73
15	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	0,77	0,55	1,0	5500	53,1	24,73	62,26	3,22	66,89	68,42	70,10
20	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,03	0,55	1,0	5500	53,1	30,98	75,83	4,29	77,57	78,42	80,47
25	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,29	0,55	1,0	5500	53,1	37,23	89,41	5,37	93,24	94,43	96,85
30	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,55	0,55	1,0	5500	53,1	43,48	102,98	6,44	103,92	106,44	109,22
10	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	0,52	0,43	2,0	5500	53,1	18,48	48,69	3,96	53,22	54,41	55,73
15	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	0,77	0,45	2,0	5500	53,1	24,73	62,26	6,03	66,89	68,42	70,10
20	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,03	0,47	2,0	5500	53,1	30,98	75,83	8,15	77,57	78,42	80,47
25	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,29	0,49	2,0	5500	53,1	37,23	89,41	10,32	93,24	94,43	96,85
30	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,55	0,51	2,0	5500	53,1	43,48	102,98	12,55	103,92	106,44	109,22
10	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	0,52	0,55	3,0	5500	53,1	18,48	48,69	6,44	53,22	54,41	55,73
15	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	0,77	0,55	3,0	5500	53,1	24,73	62,26	9,66	66,89	68,42	70,10
20	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,03	0,55	3,0	5500	53,1	30,98	75,83	12,88	77,57	78,42	80,47
25	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,29	0,55	3,0	5500	53,1	37,23	89,41	16,10	93,24	94,43	96,85
30	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,55	0,55	3,0	5500	53,1	43,48	102,98	19,32	103,92	106,44	109,22

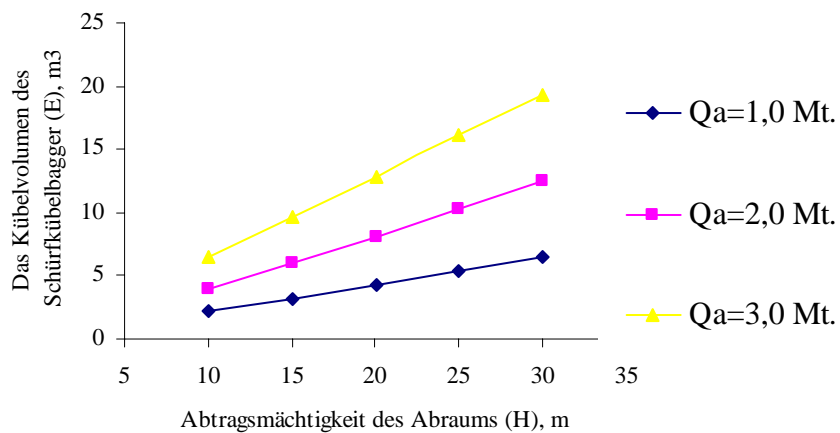
Anlage 6.12 Abhängigkeit der Reichweite des Schürfkübelbaggers von der Abtragsmächtigkeit je nach Durchgangsbreite



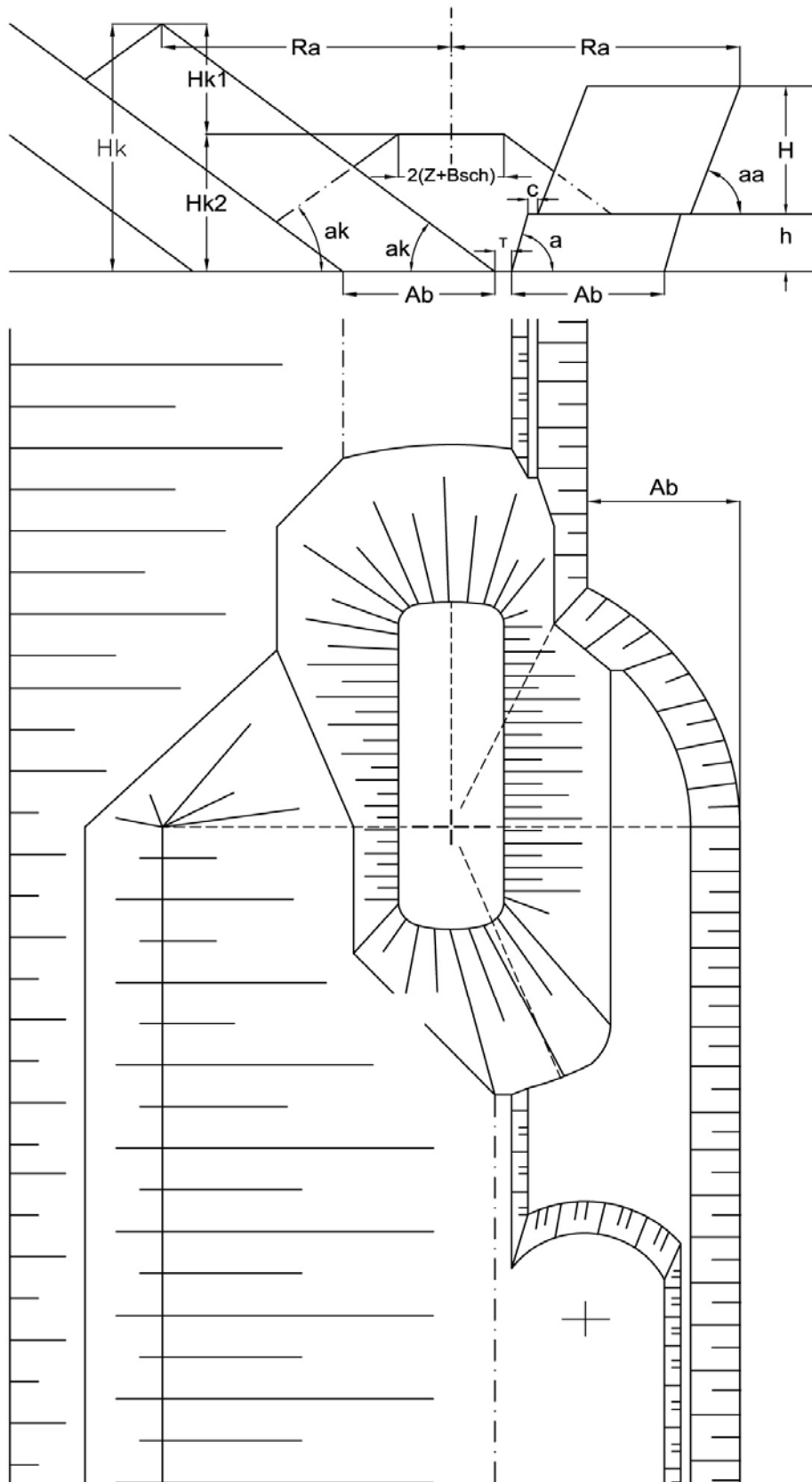
Anlage 6.13 Abhängigkeit der Auslegerlänge von der Reichweite je nach Installationswinkel des Auslegers



Anlage 6.14 Abhängigkeit des Kübelvolumens des Schürfkübelbaggers von der Abtragsmächtigkeit je nach Fördervolumen



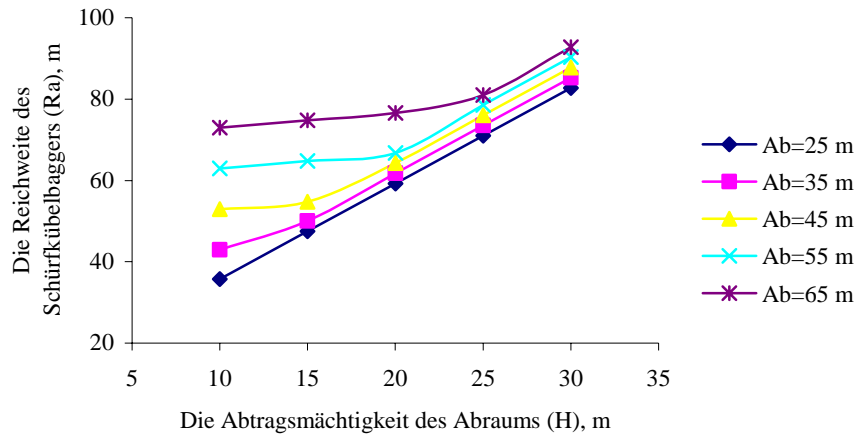
Anlage 6.15 Reichweite Ra des Schürfkübelbaggers für das Schema Schürfkübelbagger auf einer zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite



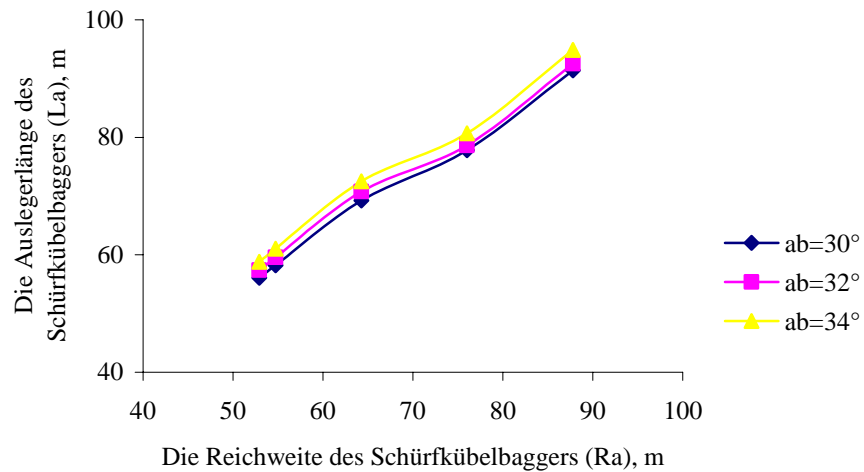
Anlage 6.16 Beispiel einer Kalkulation die Auswahl der Auslegerlänge und des Kibelvolumens für das Schema Schürfkübelbagger auf einer zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite

H	Ab	h	T	z	Bsch	aa	ar	β	ag	ak	c	Ka	G	Ka.r	Kwa	Agk	tr	tz	Hk	Ra	E	La	La	La
m	m	m	m	m	m	°	°	°	°	°	m					Mio.t	h	s	m	m	m ³	La	La	La
10	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	0,5165	0,57	1,0	5500	56,859	18,48	52,93	2,33	56,11	57,41	58,84
15	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	0,7748	0,57	1,0	5500	56,859	24,73	54,75	3,49	58,22	59,56	61,04
20	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,0331	0,57	1,0	5500	56,859	30,98	64,27	4,66	69,21	70,78	72,52
25	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,2913	0,57	1,0	5500	56,859	37,23	76,02	5,82	77,78	78,64	80,70
30	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,5496	0,57	1,0	5500	56,859	43,48	87,78	6,99	91,36	92,51	94,88
10	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	0,5165	0,45	2,0	5500	56,859	18,48	52,93	4,30	56,11	57,41	58,84
15	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	0,7748	0,47	2,0	5500	56,859	24,73	54,75	6,54	58,22	59,56	61,04
20	45	16	6	5	10,55	70	75	8	44	36	0	1,25	1,21	1,0331	0,49	2,0	5500	56,859	33,17	56,57	8,84	60,32	61,70	63,23
25	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,2913	0,51	2,0	5500	56,859	37,23	76,02	11,20	77,78	78,64	80,70
30	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,5496	0,53	2,0	5500	56,859	43,48	87,78	13,62	91,36	92,51	94,88
10	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	0,5165	0,57	3,0	5500	56,859	18,48	52,93	6,99	56,11	57,41	58,84
15	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	0,7748	0,57	3,0	5500	56,859	24,73	54,75	10,48	58,22	59,56	61,04
20	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,0331	0,57	3,0	5500	56,859	30,98	64,27	13,97	69,21	70,78	72,52
25	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,2913	0,57	3,0	5500	56,859	37,23	76,02	17,47	77,78	78,64	80,70
30	45	16	6	5	10,55	70	75	8	36	28	0	1,25	1,21	1,5496	0,57	3,0	5500	56,859	43,48	87,78	20,96	91,36	92,51	94,88

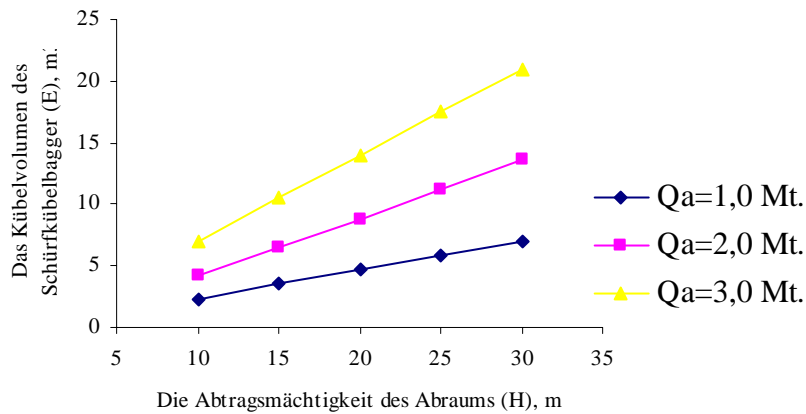
Anlage 6.17 Abhängigkeit der Reichweite des Schürfkübelbaggers von der Abtragsmächtigkeit je nach Durchgangsbreite



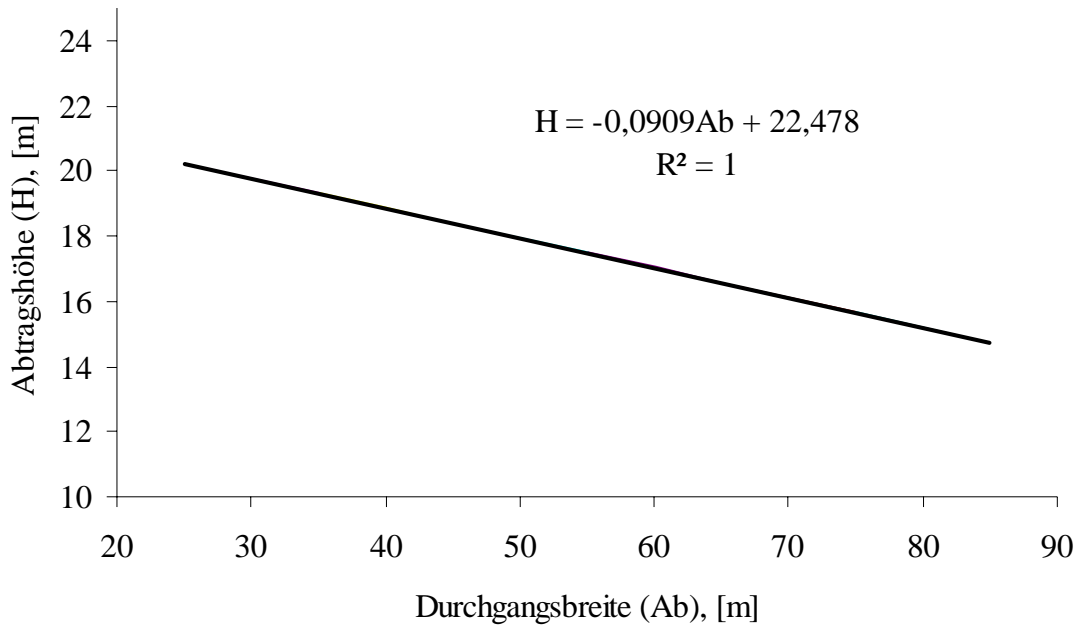
Anlage 6.18 Abhängigkeit der Auslegerlänge von der Reichweite je nach Installationswinkel des Auslegers



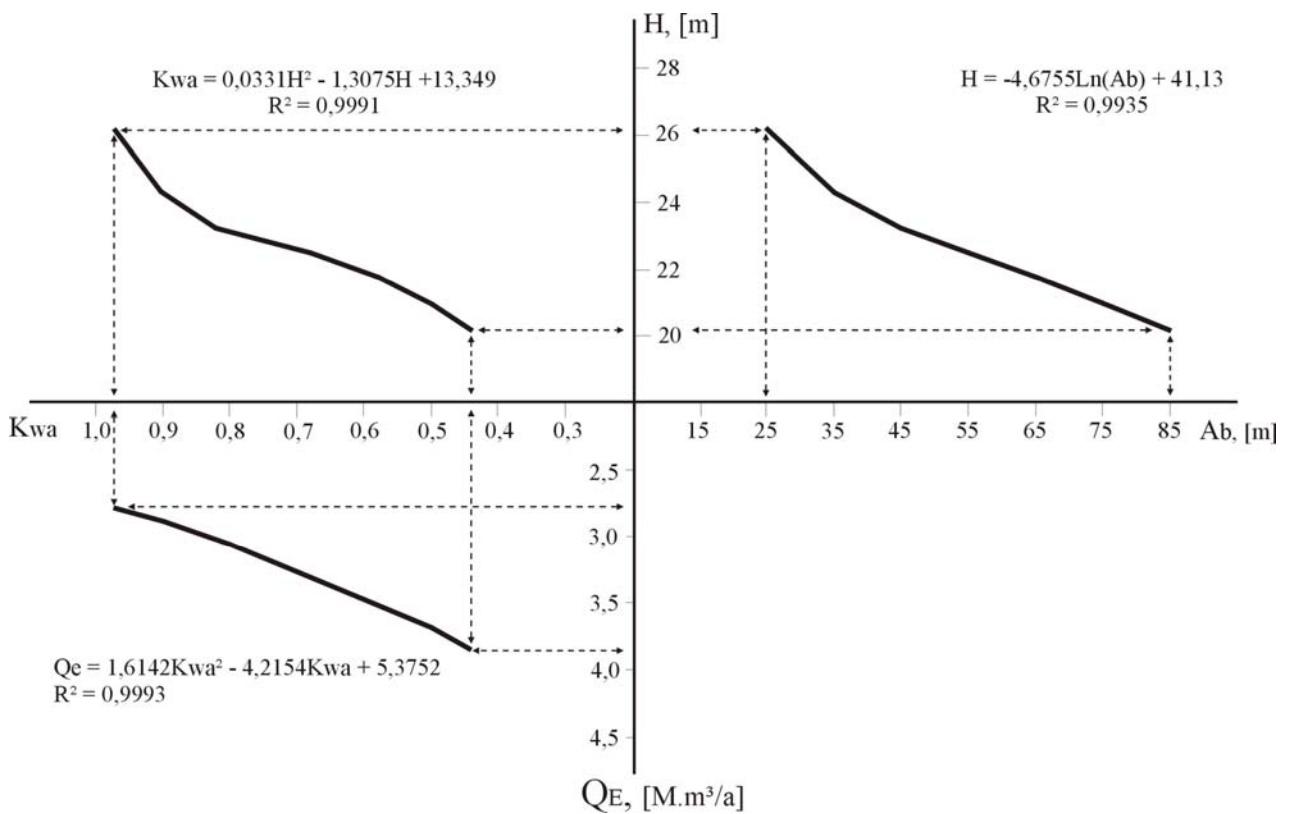
Anlage 6.19 Abhängigkeit des Kübelvolumens des Schürfkübelbaggers von der Abtragsmächtigkeit je nach Fördervolumen



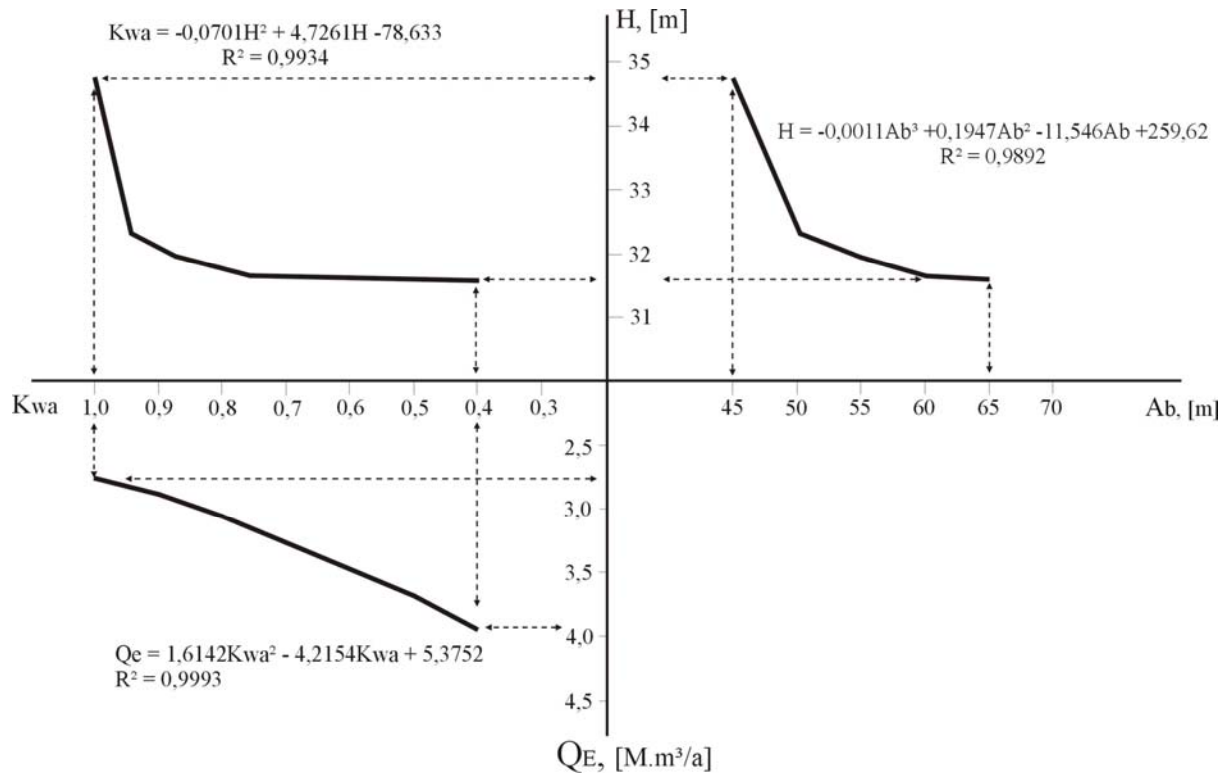
Anlage 6.20 Zusammenhang zwischen Abtragshöhe und Durchgangsbreite für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen Arbeitsebene auf der Baggerseite



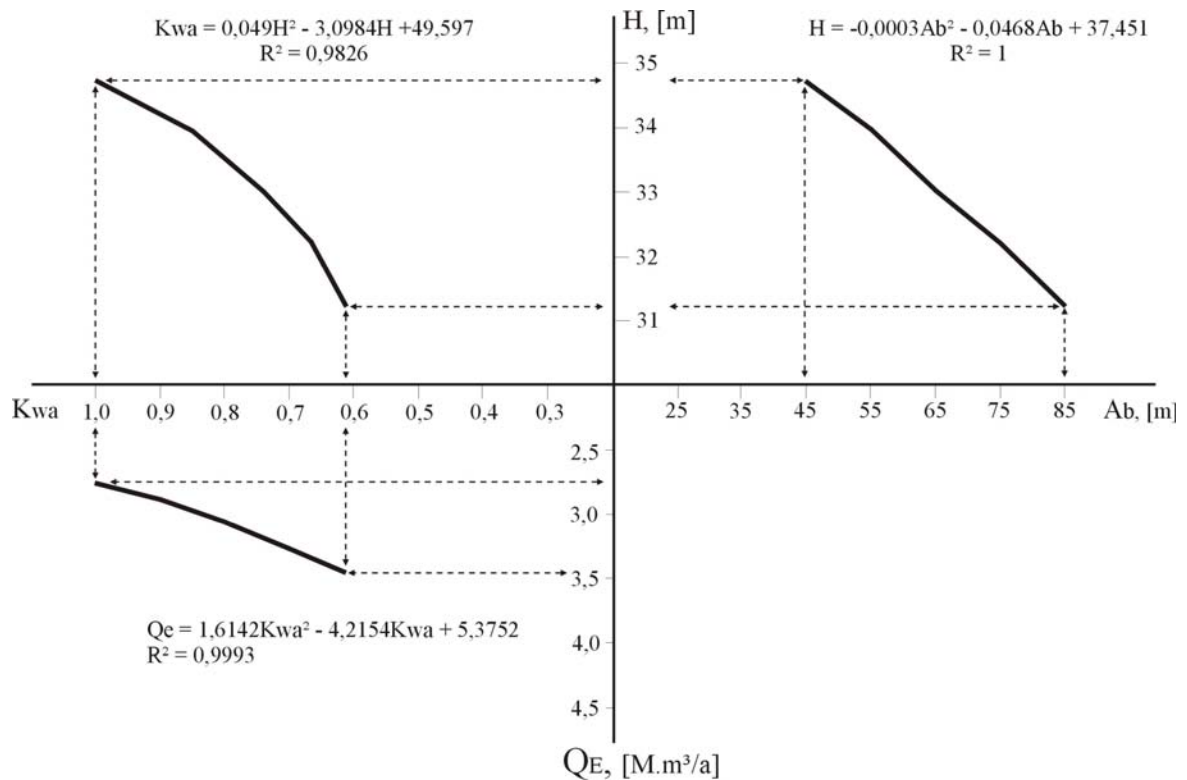
Anlage 6.21 Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite, Abtragshöhe, Faktor der doppelten Massenbewegung und Fördervolumen für das Schema Schürfkübelbagger auf der gewachsenen verbreiterten Arbeitsebene



Anlage 6.22 Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite, Abtragshöhe, Faktor der doppelten Massenbewegung und Fördervolumen für das Schema Schürfkübelbagger auf der zeitweiligen Arbeitsebene zwischen Bagger- und Kippenseite



Anlage 6.23 Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite, Abtragshöhe, Faktor der doppelten Massenbewegung und Fördervolumen für das Schema Achslagenkombination auf der Bagger- und Kippenseite



Anlage 6.24 Zusammenhang zwischen Durchgangsbreite, Abtragshöhe, Faktor der doppelten Massenbewegung und Fördervolumen für das Schema Achslagenkombination auf der verbreiterten gewachsenen Arbeitsebene und Kippenseite

