



**Markscheideraufgaben im Lockergesteinstagebau  
unter besonderer Berücksichtigung  
der Nassgewinnung**

Diplomarbeit  
von  
cand. ing. Björn Ulrich Schmidt

Lehrstuhl für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft  
Montanuniversität Leoben

Leoben, am 13. Mai 2010

# Eid

## EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNG

*„Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.“*

**Affidavit** *„I declare in lieu of oath, that I wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literature cited in this volume. “*

.....

Datum und Unterschrift

# Zusammenfassung

Die Arbeit beschreibt die im Mineralrohstoffgesetz festgeschriebenen Tätigkeiten des verantwortlichen Markscheiders in einem Lockergesteinstagebau auf Sand und Kies. Ergänzend dazu wurden jene Aufgaben aufgenommen, die unter anderem für Genehmigungs- und Bewilligungsverfahren durchgeführt werden müssen. Die Gliederung und der Aufbau des Gewinnungsbetriebsplans für grundeigene mineralische Rohstoffe bildet mit den gesetzlichen Tätigkeiten die Grundlage der Arbeit.

Die Nassgewinnung stellt ein vertiefendes Thema der Arbeit dar. Es werden die hydrografisch-markscheiderischen Messinstrumente und Messverfahren erläutert. Es wird auf die physikalischen und chemischen Parameter und die daraus resultierende günstigste Ausrichtung des Baggersees eingegangen.

Die in der Arbeit erarbeiteten markscheiderischen Aufgaben werden mit Kartenmaterial aus der markscheiderischen Praxis verdeutlicht.

# Abstract

This diploma thesis characterises the typical tasks of a mine surveyor in an open-pit mine of loose rocks. Furthermore the legal foundations which have effect on open-pit mining and dredging are highlighted. A special theme are the dredging and its surveying. The limnological conditions which are useful to save the quality of water in long term are also shortly explained.

Besides the geodetic work and mine damages, the mine surveyor organises the mine planes of the open-pit mine. The high grade of information about mine planes demands the use of a geographical information system (GIS), which is also coached by the mine surveyor.

Several chapters describe the typical working procedures of the mine surveyor and show some plans of an existing open-pit mine.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Aufgabenstellung . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Die Aufgaben des Markscheiders im Wandel der Zeit</b>	<b>3</b>
2.1	Die klassischen Aufgaben des Markscheiders im Bergbau (Mineral Resources Management) . . . . .	7
2.2	Die Aufgaben des verantwortlichen Markscheiders in Österreich lt. MinroG 1999 i.d.g.F (§135) . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Markscheiderische Aufgaben im Zusammenhang mit Tätigkeiten nach § 2 MinroG für grundeigene mineralische Rohstoffe (§ 5 MinroG)</b>	<b>10</b>
3.1	Aufsuchen . . . . .	12
3.2	Gewinnen und Aufbereiten . . . . .	13
3.3	Nach Beendigung der Bergbautätigkeit . . . . .	16
<b>4</b>	<b>Markscheideraufgaben im Rahmen des Genehmigungsverfahrens (Gewinnungsbetriebsplan)</b>	<b>17</b>
4.1	Kartenmaterial und Gesetz . . . . .	18
4.1.1	Mineralrohstoffgesetz 1999 . . . . .	18
4.1.2	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVP-G 2000) . . . . .	21
4.1.3	Wasserrechtsgesetz (WRG 1959) . . . . .	24
4.1.4	Forstgesetz 1975 . . . . .	27
4.1.5	Naturschutzgesetze . . . . .	30
4.2	Technische Beschreibung zum Gewinnungsbetriebsplan . . . . .	31
4.2.1	Allgemeine Informationen . . . . .	32
4.2.2	Beschreibung des beabsichtigten Aufschlusses . . . . .	34
4.2.3	Beschreibung des vorgesehenen Abbaues . . . . .	35
4.2.4	Beschreibung des vorgesehenen Abtransportes/Abförderung der mineralischen Rohstoffe . . . . .	38

4.2.5	Maßnahmen zur Sicherheit der Oberflächennutzung nach Be- endigung des Abbaues und Angaben über die vorgesehene Nutzung des Bergbaugeländes nach Einstellung der Bergbautä- tigkeit . . . . .	39
4.2.6	Beilagen nach § 80 Abs. 2 und § 82 Abs. 2 MinroG, soweit nicht bereits erfüllt . . . . .	40
4.3	Übersicht der wichtigsten Bewilligungen und Genehmigungen . . . . .	40
<b>5</b>	<b>Die Markscheideraufgaben im Zuge der Gewinnung</b>	<b>43</b>
5.1	Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über Ver- messungen beim Bergbau, das Bergbaukartenwerk und die Erfas- sung von Bodenbewegungen (Markscheideverordnung 2001) . . . . .	43
5.1.1	Bergbaukartenwerk, Datenbanken und bergbauliches Informa- tionssystem . . . . .	45
5.2	Raumordnung . . . . .	47
5.2.1	Instrumente der Raumordnung auf Landesebene . . . . .	49
5.2.2	Örtliche Raumplanung . . . . .	49
5.2.3	Überblick über die Struktur des Raumes . . . . .	50
5.2.4	Raumordnerische Konflikte . . . . .	51
5.3	Grundlegende markscheiderisch-geodätische Verfahren . . . . .	53
5.3.1	Verfahren der Neupunktbestimmung . . . . .	53
5.3.1.1	Polygonierung . . . . .	53
5.3.1.2	Vorwärts- und Seitwärtseinschnitt . . . . .	54
5.3.1.3	Rückwärtseinschnitt . . . . .	55
5.3.1.4	Bogenschnitt . . . . .	56
5.3.1.5	Freie Stationierung . . . . .	57
5.3.1.6	Hansensche Aufgabe . . . . .	59
5.3.1.7	Global Positioning System (GPS) . . . . .	61
5.3.1.7.1	Satellitennavigation . . . . .	63
5.3.2	Messverfahren zur Ermittlung der Topographie und des Lager- stätteninhaltes . . . . .	70
5.3.2.1	Tachymetrie – Geländeaufnahme . . . . .	70
5.3.2.2	Terrestrische Photogrammetrie . . . . .	71
5.3.2.3	Laserscanning . . . . .	72
5.3.3	Grundlagennetz . . . . .	73
5.4	Massenberechnung . . . . .	74
5.5	Absteckaufgaben . . . . .	76
5.5.1	Punkte abstecken . . . . .	76
5.5.2	Höhen abstecken . . . . .	77

5.5.3	Böschungsneigungen abstecken . . . . .	78
5.6	Überwachungsmessungen . . . . .	78
5.6.1	Böschungen . . . . .	78
5.6.1.1	Versagensmechanismen . . . . .	80
5.6.1.2	Standsicherheit von Böschungen . . . . .	83
5.6.1.2.1	Lamellenverfahren nach E DIN 4084: . . . . .	85
5.6.1.2.2	Unterwasserböschungen: . . . . .	86
5.6.2	Dokumentation der Abbautätigkeit . . . . .	89
5.6.3	Haldenwirtschaft . . . . .	90
5.7	Nassgewinnung . . . . .	91
5.7.1	Zu berücksichtigende Planungsparameter bei der Nassgewinnung . . . . .	91
5.7.1.1	Seeform . . . . .	91
5.7.1.2	Windrichtung . . . . .	92
5.7.1.3	Grundwasserfließrichtung und Grundwasserhydraulik . . . . .	92
5.7.2	Untersuchungsumfang der Wasserproben . . . . .	93
5.7.2.1	Probenahme . . . . .	94
5.7.2.2	Ausgewählte Parameter aus dem Untersuchungsumfang und deren Zusammenhänge . . . . .	95
5.7.3	Hydrographisch-markscheiderische Vermessung . . . . .	98
5.7.3.1	Instrumente . . . . .	100
5.7.3.2	Eindringtiefe und Auflösung . . . . .	101
5.7.3.3	Positionsbestimmung . . . . .	102
5.7.3.4	Genauigkeit von Echolotmessungen . . . . .	103
5.7.3.5	Vermessung der Gewässer . . . . .	105
<b>6</b>	<b>Schließungsarbeiten und Sicherung der Oberflächennutzung nach Be-</b>	
	<b>endigung der Bergbautätigkeit</b>	<b>108</b>
6.1	Möglichkeiten der Folgenutzung . . . . .	110
6.1.1	Trockenbaggerung . . . . .	110
6.1.2	Nassbaggerung . . . . .	112
6.1.2.1	Erholungssee / Badesee . . . . .	112
6.1.2.2	Fischgewässer / Angelsee . . . . .	113
6.1.2.3	Naturschutzsee / Biotopsee / Landschaftssee . . . . .	113
<b>7</b>	<b>Die Aufgaben des Markscheiders bei der Nassgewinnung anhand ei-</b>	
	<b>nes Beispiels aus der Praxis</b>	<b>115</b>
7.1	Nassgewinnung - ein Beispiel aus der Praxis . . . . .	115
7.1.1	Gewinnungsbetriebsplan . . . . .	115
7.1.1.1	Technische Beschreibung . . . . .	116

7.1.1.1.1	Einleitung und Auftrag: . . . . .	116
7.1.1.1.2	Verwendete Unterlagen: . . . . .	116
7.1.1.1.3	Allgemeine Angaben zum Projekt: . . . . .	116
7.1.1.1.4	Angaben und Nachweise nach § 80 Abs. 2 MinroG: . . . . .	116
7.1.1.1.5	Angaben und Nachweise nach § 113 Abs. 1 Minrog . . . . .	117
7.1.1.1.6	Maßnahmen zum Schutz der Oberfläche und zur Sicherung der Oberflächennutzung . . . . .	118
7.1.1.1.7	Angaben nach § 82 Abs. 1 und 2 MinroG . . . . .	118
7.1.1.1.8	Anhang . . . . .	118
7.1.1.2	Geologisch-lagerstättenkundliche Beschreibung des Projekts . . . . .	118
7.1.1.2.1	Verwendete Unterlagen: . . . . .	118
7.1.1.2.2	Morphologie: . . . . .	119
7.1.1.2.3	Geologischer Überblick: . . . . .	119
7.1.1.2.4	Beschaffenheit des Vorkommens: . . . . .	119
7.1.1.2.5	Lagerstättenvorrat: . . . . .	119
7.1.2	Erstellen von Unterlagen zur wasserrechtlichen Genehmigung	120
7.1.2.1	Technische Beschreibung . . . . .	120
7.1.2.1.1	Einleitung und Auftrag: . . . . .	120
7.1.2.1.2	Verwendeten Unterlagen: . . . . .	120
7.1.2.1.3	Allgemeine Angaben zum Projekt: . . . . .	120
7.1.2.1.4	Hydrogeologische Verhältnisse: . . . . .	121
7.1.2.1.5	Abbauplanung: . . . . .	121
7.1.2.1.6	Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse: se: . . . . .	121
7.1.2.1.7	Beweissicherungsmaßnahmen: . . . . .	121
7.1.2.1.8	Rekultivierung: . . . . .	121
7.1.2.1.9	Grundstücksverzeichnis: . . . . .	122
7.1.2.1.10	Anhang: . . . . .	122
7.1.3	Beschreibung der Karten und Pläne des Projekts . . . . .	122
7.1.3.1	Übersichtskarte . . . . .	122
7.1.3.2	Lageplan . . . . .	122
7.1.3.3	Schnittrissliche Darstellungen . . . . .	124
7.1.4	Weiterführendes Kartenmaterial . . . . .	127
7.1.4.1	Flächenwidmungsplan . . . . .	127
7.1.4.2	Lageplan nach § 80 MinroG . . . . .	127
7.1.4.3	Höhenbezugspunkt . . . . .	129



7.1.4.4	Rodungsbewilligung . . . . .	129
7.1.4.5	Schnittrissliche Darstellungen . . . . .	129
7.1.4.6	Rekultivierung . . . . .	134
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>137</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>138</b>

# Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Vorwärtsschnitt und Seitwärtsschnitt . . . . .	55
Abb. 2:	Rückwärtseinschnitt . . . . .	55
Abb. 3:	Hansensche Aufgabe . . . . .	59
Abb. 4:	Phasenmessung . . . . .	68
Abb. 5:	Gleiten . . . . .	80
Abb. 6:	Rotieren . . . . .	81
Abb. 7:	Kippen . . . . .	81
Abb. 8:	Fallen . . . . .	82
Abb. 9:	Knicken . . . . .	83
Abb. 10:	Abbauverluste . . . . .	83
Abb. 11:	Lamellenverfahren . . . . .	85
Abb. 12:	Tangentialkraft und Scherwiderstand . . . . .	86
Abb. 13:	Bootsbewegungen . . . . .	106
Abb. 14:	Übersichtskarte . . . . .	123
Abb. 15:	Lageplan der Erweiterung . . . . .	125
Abb. 16:	Schnittriss des Abbaues . . . . .	126
Abb. 17:	Flächenwidmungsplan . . . . .	128
Abb. 18:	Lageplan nach § 80 MinroG . . . . .	130
Abb. 19:	Verzeichnis der Eckpunkte . . . . .	131
Abb. 20:	Höhenbezug . . . . .	131
Abb. 21:	Rodungsplan . . . . .	132
Abb. 22:	Schnittdarstellung . . . . .	133
Abb. 23:	Rekultivierung Endzustand . . . . .	135

# Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Bewilligungen bei Bezirksverwaltungsbehörde . . . . .	42
Tab. 2:	Bewilligungen beim Landeshauptmann . . . . .	42
Tab. 3:	Einteilung der Polygonzüge . . . . .	54
Tab. 4:	Literaturangaben für Böschungen unter Wasser (gekürzt)(Quelle: Richwien 2005) . . . . .	84
Tab. 5:	Einflussparameter auf die Böschungsstandsicherheit (Quelle: Rich- wien 2005) . . . . .	84
Tab. 6:	Impedanzwerte . . . . .	99
Tab. 7:	Reflexionskoeffizienten . . . . .	99

# 1 Einleitung

Österreichs Industriebetriebe benötigen jährlich ca. 100 Millionen Tonnen mineralische Rohstoffe (Vgl. Koller 2007, S. 30). Etwa 60 % davon entfallen auf Sand und Kies. Damit werden von den Betrieben 0.4% des BIP erwirtschaftet. Die erreichte Wertschöpfung, basierend auf mineralischen Rohstoffen, beträgt ungefähr 26% des BIP. Man kann daraus die Bedeutung des Bergbaues für die österreichische Wirtschaft erkennen. (Vgl. Weber 2007, S. 252)

Bei der Suche nach mineralischen Rohstoffen sollte mit modernen geophysikalischen Technologien die Lagerstätte prospektiert und exploriert werden. Die Suche nach grundeigenen mineralischen Rohstoffen gestaltet sich dahingehend einfach, da die Lagerstätten in der Bevölkerung bekannt sind. Somit beschränkt sich die Suche auf die Ermittlung von Ausweitung und Mächtigkeit der Lagerstätte. Die daraus gewonnenen Informationen über den Untergrund fließen direkt in die Planung des Bergbaues ein.

Der Gewinnungsbetriebsplan soll den Aufschluss, den Abbau, den Abtransport der mineralischen Rohstoffe und die örtliche Infrastruktur optimal in den Betriebsablauf einbinden. Bei der Stilllegung des Bergbaues bildet der Gewinnungsbetriebsplan die Grundlage für das Nachnutzungskonzept im Abschlussbetriebsplan.

Die Dokumentation sämtlicher markscheiderischen Pflichten, die Berücksichtigung von Bescheiden und der betrieblichen Vorgänge müssen vom Markscheider im Bergbaukartenwerk sorgfältigst geführt werden. Durch die hohe Informationsdichte des Bergbaukartenwerks ist es notwendig, dass der Markscheider ein Daten- und Informationsmanagement basierend auf geoinformatischen Grundlagen aufbaut.

Die Nassgewinnung erfordert eine strenge Einhaltung der Umweltschutzaufgaben während des Abbaues. Die wirtschaftliche Folgenutzung eines Bergbaues nimmt immer mehr an Bedeutung zu und hat weitreichende Folgen für die Umwelt.

## 1.1 Aufgabenstellung

Im § 135 Mineralrohstoffgesetz (MinroG i.d.g.F. 1999) sind die Tätigkeiten des verantwortlichen Markscheiders umrissen. In dieser Arbeit werden die aus dem Gesetz entstehenden Pflichten und darüber hinausgehenden Tätigkeiten, die in der Praxis des verantwortlichen Markscheiders durchgeführt werden, beschrieben. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die grundeigenen mineralischen Rohstoffe (Sand und Kies) gelegt.

Die Planung eines Lockergesteinstagebau, sowie die einzelnen Projektphasen von der Grundlagenerhebung bis zur Nachnutzung des Bergbaugebiets und weiters ihre zugehörigen markscheiderischen Aufgaben werden erläutert. Die rechtlichen Aspekte des Lockergesteinstagebaus und die daran geknüpften behördlichen Auflagen werden erarbeitet.

Ein Teilgebiet der markscheiderischen Verantwortungsbereiche, nämlich die Vermessungsarbeit im Zusammenhang der im § 2 MinroG beschriebenen Tätigkeiten findet in dieser Arbeit besondere Berücksichtigung. So werden zum Beispiel (z.B.) die hydrographisch - markscheiderischen Vermessungsverfahren und Messinstrumente beschrieben. Die durch die Freilegung des Grundwassers entstehenden physikalischen und chemischen Prozesse werden zusammengefasst und erläutert.

Die beschriebenen Tätigkeiten des Markscheiders werden ebenfalls anhand von geeignetem Kartenmaterial eines realen Lockergesteinstagebaus aufgezeigt und behandelt.

Das Ergebnis dieser Arbeit stellt die Aufgaben des Markscheiders und die damit verbundenen Tätigkeiten dar, der sowohl bei der Erstellung eines Gewinnungsbetriebsplans als auch bei Kontroll- und Überwachungsaufgaben in einem Lockergesteinstagebau eine große Verantwortung übertragen bekommt.

## 2 Die Aufgaben des Markscheiders im Wandel der Zeit

Der Bergbau und die damit verbundenen markscheiderischen Tätigkeiten lassen sich über viele Jahrhunderte zurückverfolgen und werden durch eine Vielzahl von erhaltenen historischen Unterlagen dokumentiert.

Die vermutlich erste Überlieferung markscheiderischer Tätigkeit stammt aus dem antiken Ägypten. In einem altägyptischen Kupferbergwerk auf der Sinai-Halbinsel fanden Wissenschaftler an einem Streckenstoß eingeritzte Zeichnungen, welche auf die Zeit um 4000 v. Chr. datiert wurden.

Im ägyptischen Museum in Turin liegt ein weiteres Artefakt des Markscheidewesens. Es handelt sich um ein Papyrusfragment, welches Goldlagerstätten und deren Zufahrtswege im heutigen Wadi Hammamat zeigt. Die Darstellung ist eine Kombination aus Ansicht (Gebirge) und Draufsicht (Wege und Gebäude).

Die ersten schriftlichen Nachweise für einfache markscheiderische Vermessungen finden sich im 1217 verfassten Schemnitzer Bergrecht wieder. Aus dieser Zeit stammt auch die erste schriftliche Erwähnung des Wortes „Markscheide“. Das Wort „Mark“ war damals die Bezeichnung für Gebiet(Steiermark), Grenze oder auch Grundeigentum. Im bergmännischen Gebrauch definiert die Markscheide die Abgrenzung des Bergbaus gegenüber anderen Bergbauen oder anderem Eigentum. In Österreich, und generell im Alpenraum, führte der Markscheider die Bezeichnung Schiner oder Schinmeister.

Aus dem Goslarer Bergrecht des 14. Jahrhundert geht die Tätigkeit der damaligen Markscheider hervor. Sie trugen die Verantwortung für die korrekte Vermessung und auch für den schonenden Umgang mit den Lagerstättenreserven des Bergbaubetriebs. Der Markscheider war auch haftbar, wenn durch den Abbau vermeidbare Schäden entstanden sind. Zusätzlich wurde ihm die Verwaltung des Betriebsvermögens übertragen. In manchen Regionen hatte der Markscheider sogar Beamtenstatus, was seine besondere Stellung deutlich zum Ausdruck brachte.

Im 16. Jahrhundert veröffentlichte Ulrich Rülein Calw sein „Bergbüchlein“ (ca. 1505). Er beschrieb darin die Markscheidekunst. Ein halbes Jahrhundert später, im Jahre 1556 verfasste Ludwig Lässl das „Schwazer Bergbuch“. Dieses befasste nicht nur mit dem Tiroler Bergbau zur damaligen Zeit, sondern stellt auch das gesamte Montanwesen, das Hütten- und Münzwesen zur damaligen Zeit in vielen farbigen Abbildungen dar.

Im selben Jahr veröffentlichte auch Georg Agricola seine „De Re Metallica Libri XII“ in lateinischer und 1557 in deutscher Sprache. Es besteht aus 12 Büchern und im fünften Buch ist die Markscheidekunst detailliert bearbeitet. Man findet Abhandlungen über die Dreiecksmessung mit unterschiedlichen Arten von Dreiecken, das Vermessen mit dem Gradbogen, die Vermessung von Schächten und Stollen, alpine Messverfahren, die Abgrenzung von Grubenfeldern und das Anbringen von Markscheiderzeichen. Das Notieren von Messergebnissen in Schinbüchern führte zu einer maßstäblichen, geometrischen Darstellung in Grubenkarte.

Um 1686 beschrieb Nicolaus Voigtel in „Geometria Subterranea“ die Markscheidekunst aus wissenschaftlicher Sichtweise. Die Inhalte dieses Buches widmen sich der Trigonometrie, den Gebrauch der Sinustafeln, den magnetischen Eigenschaften der Magnetonadel und beschreibt die, damals gebräuchliche, bergmännischen Begriffe sowie den Umgang der markscheiderischen Instrumente. Andreas Böhm verfasste Mitte des 18. Jahrhunderts das Werk „Gründliche Anleitung zur Meßkunst auf dem Felde“ und bezeichnete die Markscheidekunst im Titelblatt seines Werks bereits als Wissenschaft. In dieser Zeit entstanden mehrere Bücher und Lehrbücher über die Markscheidekunst mit mehr oder weniger großer Bedeutung. Jedoch blieb Voigtels Werk das Standardwerk der damaligen Zeit, welches 1715, nach seinem Tod, in einer überarbeiteten Auflage herauskam.

Die Längenmessung zählt zu den ältesten Aufgaben des Markscheiders. In Österreich war das Lachter oder Klafter etwa 1,7 bis 1,9 m lang. Das Klafter entsprach der Länge einer Messlatte (das „Bergstabl“) des jeweiligen Bergbaureviere und war nur in dessen Region gültig. Für längere Messstrecken wurden Messschnüre, die an die 100 Klafter messen konnten, verwendet. Jedoch wurden die Messschnüre alsbald durch die robusteren Messketten verdrängt.

Das Klafter oder Lachter war Basis für die Verleihung eines Grubenfeldes („Grubenmass“). Dem Finder einer Lagerstätte wurde ein Lehn verliehen. Das Lehn war ein Quadrat mit 7 Klafter Seitenlänge. Die Anzahl der zu verleihenden Lehn und die endgültige Größe des Grubenfeldes wurde von dem Lagerstätteninhalt abhängig gemacht.

Die Stollen und Schächte folgten den Erzgängen. Die Markscheideraufgabe war es, mit Hilfe der angewandten Geometrie und der Dreiecksmessung die Markscheide oder den Durchschlagspunkt zu einem anderen Grubenbau festzustellen.

Aus der Antike war die Winkelmessung bereits seit langem bekannt und wurde stets für astronomische Messungen verwendet. Der Markscheider kannte bis zum 15.-16. Jahrhundert Schnurdreiecke. Unter Anwendung der Strahlensätze konnte er unzugängliche Messstücke indirekt berechnen. Eine Weiterentwicklung war das Hängezeug oder Schinzeug. Es bestand aus einem Hängekompass, einem Gradbogen und der Wachsscheibe, in die die Schnüre gedrückt wurden und so der Winkel übertragen werden konnte. Der Markscheider übernahm so die Messungen in Originalgröße auf die Tagesoberfläche. Am Ende des 18. Jahrhundert und Anfang des 19. Jahrhunderts erkannten Wissenschaftler die Störeinflüsse der Erzkörper und der eisernen Streckenausbauten. So gab es neue Impulse zur Entwicklung genauerer Messinstrumente. Um 1840 entwickelte Julius Weisbach den Theodoliten und löste eine rasante Umstellung von der Kompassmessung zur Theodolitmessung aus. Obwohl man sich der Fehleranfälligkeit des Theodoliten bewusst war, entwickelte man gegen Ende des 19. Jahrhunderts, den Repetitionstheodoliten. Damit wurden Genauigkeitssteigerungen in der Winkelmessung möglich, wodurch sich weitere Messverfahren auch für die Längenmessung ableiteten.

Sehr zögerlich, beginnend im 18. Jahrhundert, begann die Entwicklung des Bergbaukartenwerks. Erst Mitte des 18. Jahrhunderts zeichnete sich eine Wende ab.

J. H. Spoerer fertigte um 1763 das erste deutsche Grubenbild an und fügte in Abständen von mehreren Jahren Nachträge hinzu. Erst gegen Ende des Jahrhunderts erkannten die Bergdirektoren den Nutzen des Kartenwerks und ordneten entsprechende Vermessungen und Darstellungen an. Im Preußischen Berggesetz von 1865 fiel die Erstellung eines Bergbaukartenwerks endgültig auf fruchtbaren Boden. So musste jeder Bergwerksbetreiber auf eigene Kosten durch einen konzessionierten Markscheider ein Grubenbild in zweifacher Ausfertigung dem Bergamt übergeben. Die zweite Ausfertigung blieb beim Bergamt und konnte nur unter Beisein des Bergwerksbetreibers eingesehen werden, um eventuelle Schadenersatzansprüche geltend zu machen.

Die Schadenersatzansprüche gegenüber Bergwerken entstammten aus den Folgeschäden durch den untertägigen Abbau. Die Höhe der Forderungen zwang die Bergwerksbetreiber zu näheren Untersuchungen über die Ursachen der bis dato nicht beachteten Bergschäden. Beim Bau des Rhein-Herne-Kanals befürchteten die Bergwerksbetreiber, dass Wasser durch die entstandenen Bruchspalten in die Grubenbaue eindringen könnte. Dieser Befürchtung trug das Oberbergamt Dortmund



Rechnung und ordnete 1897 eine Höhenmessung mit regelmäßigen Messintervallen an. Es bot sich so die Möglichkeit, die Einwirkungen des untertägigen Bergbaus auf die Tagesoberfläche zu beobachten. Das Jahr 1897 gilt als Geburtsstunde der Bergschadenkunde. Im 20. Jahrhundert wurde es zu einer wissenschaftlichen Disziplin der Markscheider.

Die akademische Ausbildung der Markscheider in Österreich hat ihre Geburtsstunde an der Montanuniversität Leoben, damals noch „Hohe Schule“ genannt, am Beginn des 20. Jahrhunderts. Als Professor für darstellende und praktische Geometrie legte Eduard Dolezal den Grundstein für das österreichische Markscheidewesen. Im Jahr 1904 entstand die Lehrkanzel für Geodäsie und Markscheidekunde. Professor Dolezal gab in den folgenden Jahren seine markscheiderischen Studien heraus. Das Ziel Dolezals war es, das Markscheidewesen auf dasselbe akademische Niveau anzuheben, wie es zur damaligen Zeit in Berlin und Freiberg bereits vorhanden war.

1919 überarbeitete Professor Franz Aubell, welcher von 1911 bis 1952 als Institutsvorstand tätig war, den Studienplan des Markscheidewesens. Er verbesserte damit die akademische Ausbildung der Markscheider, jedoch fand die Bergschadenkunde keine große Aufmerksamkeit in diesem Studium. In Deutschland wurde zur selben Zeit die Trogtheorie von Lehmann veröffentlicht und in den folgenden Jahrzehnten verfeinert.

Im benachbarten Ausland, vor allem in Deutschland, war der Markscheider, neben seinen markscheiderischen Pflichten, aktiv an der Forschung beteiligt. Er teilte seine Messergebnisse mit Kollegen und unterzog sie einer wissenschaftlichen Auswertung und Interpretation. In Österreich gab es weder eine Forschung wie in Deutschland, noch gab es gesetzliche oder bergbehördliche Ausbildungsvorschriften. Die österreichische Forschung auf dem Gebiet des Markscheidewesens war vom persönlichen Engagement des Markscheiders und des Bergbaubetreibers abhängig. Nur wenige Forschungsergebnisse fanden auch im Bergbau Anwendung. Jede Markscheiderei hatte ihre eigene Arbeitsweise zum Anfertigen von Rissen, Karten und Plänen.

1939 besuchte der Berliner Professor Niemczyk im Zuge einer Forschungsreise die größten und bedeutendsten Bergwerke in Österreich. Er kritisierte, dass unter anderem keine Ausbildungsvorschriften und keine Vorschriften für das Erstellen graphischer Darstellungen vorhanden waren und gab den Anstoß, sich an den deutschen Universitäten in Berlin und Freiberg zu orientieren. In den folgenden Jahren etablierten Professor Aubell und Professor Perz die Bergschadenkunde im österreichischen Markscheidewesen. 1964, unter Professor Spickernagel, kam es zu einer endgültigen Angleichung des Studienniveaus an den internationalen Standard.

2001 wurde ein, auch auf Grund der tragischen Ereignisse in Lassing, neuer Studienplan Markscheidewesen implementiert, der bereits starke geoinformatische Schwerpunkte beinhaltete, aber bereits wenig später, infolge der Studienreform wieder abgeschafft wurde.

## **2.1 Die klassischen Aufgaben des Markscheiders im Bergbau (Mineral Resources Management)**

Der Markscheider ist verantwortlich für jegliche Vermessungstätigkeiten in unter- und obertägigen Aufsuchungs- und Gewinnungsbetrieben. Die Vermessung mit modernen Technologien ermöglicht die effiziente Arbeit des Markscheiders. In Untertagebergbauen schließt das die messtechnische Aufnahme der Grubengebäude samt Tagesanlagen und Taggegend ein. Für Tagebaue nimmt der Markscheider etwa die Tagesoberfläche, Zufahrtsstraßen, Böschungskanten, Gebäude und Abbaufelder auf.

Eine weitere Aufgabe der Markscheider ist die Beantragung von Bergbauberechtigungen für Unter- und Tagebaue, sowie deren Verwaltung. Er sorgt für die Erstellung der Einreichunterlagen und koordiniert die Vergabe von eventuellen Gutachten.

Die Dokumentation der markscheiderische Vermessung ist ebenso Aufgabe des Markscheiders. Dazu führt der Markscheider Bücher und Protokolle über seine Tätigkeiten und erstellt die benötigten Karten und Pläne. Die Sammlung dieser Unterlagen fasst er im Bergbaukartenwerk zusammen. In heutiger Zeit wird es digital geführt und bildet die Grundlage für viele Aufgabenbereiche in einem Bergbau. Man spricht auch von markscheiderischen Geoinformationssystemen, die vom Markscheider erstellt werden und wo er für die Datenpflege verantwortlich ist.

Eine weitere Aufgabe ergibt sich aus der Planung von Rekultivierungsmaßnahmen, welche bereits bei der Planung für den Gewinnungsbetriebsplan beginnt und sich im Abschlussbetriebsplan weiter fortsetzt. Bei der Beendigung der Bergbautätigkeiten oder bei Stilllegung von Teilen eines Bergbaus liegt die Überwachung und der Nachweis von diesen Rekultivierungsmaßnahmen im Aufgabenbereich der Markscheider.

Bei der Erstellung der Einreichunterlagen für die Genehmigung von Bergwerksberechtigungen fordert der Gesetzgeber eine Emissionsprognose, etwa von Staub auf die Umwelt. Der Markscheider überwacht diese Emissionen und sorgt durch Änderungen von Prozessabläufen für eine nachhaltige Verminderung der bergbaulichen Auswirkungen.

Eine weitere Aufgabe ist die Erweiterung von Bergbauen oder das Erschließen neuer Lagerstätten. Diesen Tätigkeiten gehen geologische Untersuchungen voraus. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden einer technischen und wirtschaftlichen Bewertung unterzogen. Dieses Resultat hat entscheidenden Einfluss auf das Fortbestehen des Bergbaubetriebes.

Im Festgesteinsbergbau ist die sorgfältige Quellenrecherche bezüglich Altbergbau eine wichtige Aufgabe der Markscheider. Vor allem in Bergbauregionen ist mit einem erhöhten Risiko zu rechnen. Der Markscheider ist dazu angehalten, in solchen Situationen aus alten Quellen (Archive und Museen) den Verlauf der Altbergbaue festzustellen und gegebenenfalls Sicherungsmaßnahmen anzuordnen.

## **2.2 Die Aufgaben des verantwortlichen Markscheiders in Österreich lt. MinroG 1999 i.d.g.F (§135)**

In § 135 des Mineralrohstoffgesetzes 1999 (i.d.g.F) sind die Tätigkeiten des verantwortlichen Markscheiders aufgelistet.

Diese sind dem Gesetz entsprechend:

1. Das Anfertigen und die Führung des Bergbaukartenwerks,
2. Die Beaufsichtigung der Vermessung im Bergbau,
3. Aufgaben der bergbaulichen Raumordnung und Sicherungspflicht und
4. Bergschadenkundliche Aufgaben, vor allem zum Schutz der Oberfläche und die Sicherung der Oberflächennutzung nach Beendigung der Bergbautätigkeit.

Das Anfertigen und Führen des Bergbaukartenwerks stellt einen wesentlichen Teil des Aufgabenbereiches eines Markscheiders dar. Er ist verantwortlich für die Richtigkeit, die Genauigkeit und die Vollständigkeit (§ 110 MinroG i.d.g.F) des Bergbaukartenwerks. Das Bergbaukartenwerk umfasst alle Risse, Karten und Pläne des Bergbaues. Im Lockergesteinstagebau sind dies im Wesentlichen die Lagepläne, Tagebaugrundrisse, Bodenbewegungsrisse, Rekultivierungspläne, schnittrissliche Darstellungen und Detailpläne. Zusätzlich sind alle Bescheide, Vermessungs- und Berechnungsprotokolle Teile des Bergbaukartenwerks. Heutzutage ist die Verwaltung des Bergbaukartenwerks nur noch durch Einsatz von Computern möglich.

Ein Geoinformationssystem speichert die Informationen ab und stellt sie den jeweiligen Standorten zur Verfügung.

Die Vermessung des Bergbaus obliegt ebenso dem verantwortlichen Markscheider. Er muss die Ergebnisse seiner Vermessung rekonstruierbar dokumentieren. Mit der Unterschrift besiegelt der verantwortliche Markscheider die Richtigkeit der Ergebnisse und die darauf basierenden graphischen Darstellungen.

Die bergbauliche Raumordnung ist in der heutigen Zeit ein sehr wichtiges und zeitintensives Aufgabengebiet des verantwortlichen Markscheiders. Die Problematik besteht darin, dass der Bergbau an die Lagerstätte örtlich gebunden ist. Bei der Gewinnung grundeigener mineralischer Rohstoffe bezieht sich der Gewinnungsbetriebsplan auf ein genau definiertes Gebiet und steht so in einem räumlichen Zusammenhang mit anderen raumordnerischen Nutzungsmöglichkeiten. Im § 82 Mineralrohstoffgesetz 1999 i.d.g.F. sind Mindestabstände von dem Bergbaugelände zu anderen Flächenwidmungen angeführt, die bei Unterschreiten des Abstandes ein Versagen der Genehmigung nach sich zieht. Selbiges gilt auch für bestehende Bergbaue, die eine Erweiterung ihrer Abbaufäche beabsichtigen. Der verantwortliche Markscheider muss so in die örtliche Raumplanung eingreifen, damit mögliche Umwidmungen der Flächenwidmung nicht zu einer Bedrohung für den Bergbau werden.

Die bergbauliche Sicherungspflicht umfasst den Schutz von Leben und Gesundheit von Personen, den Schutz von fremden Sachen, der Umwelt und der Oberfläche, sowie den Lagerstättenschutz und die Sicherung der Oberflächennutzung nach Beendigung der Bergbautätigkeit. Der Markscheider hat den Zutritt unbefugter Personen zum Bergbaugelände durch geeignete Maßnahmen zu unterbinden und hilft durch sorgfältige Planung bei der Unfallverhütung im Bergbau.

Im Lockergesteinstagebau sind die bergschadenkundlichen Aufgaben nicht so umfangreich wie jene des untertägigen Bergbaus und konzentrieren sich auf die Standsicherheit von Böschungen. Der Markscheider überprüft messtechnisch die Böschungsstabilität und führt gegebenenfalls Standsicherheitsnachweise durch. Ein wichtiger Punkt der markscheiderischen Tätigkeit ist die Sicherung der Oberflächennutzung nach Beendigung der Bergbautätigkeit. Das Mineralrohstoffgesetz verlangt vom Bergbauberechtigten, dass dieser, die für den Abbau verwendeten Grundstücke und Grundstücksteile wieder in den früheren Zustand überführt (§ 159 MinroG 1999 i.d.g.F.). Die Grundstücke und die Teile davon, auf denen Abbau betrieben wurde, sind „naturschonend“ (§ 159 MinroG i.d.g.F.) und „landschaftgerecht“ (§ 159 MinroG i.d.g.F.) zu gestalten. Für dieses Vorhaben hat der verantwortliche Markscheider einen Abschlussbetriebsplan anzufertigen, aus dem die Rekultivierungs- oder Renaturierungsmaßnahmen hervorgehen müssen.

### **3 Markscheiderische Aufgaben im Zusammenhang mit Tätigkeiten nach § 2 MinroG für grundeigene mineralische Rohstoffe (§ 5 MinroG)**

Der § 2 des Mineralrohstoffgesetzes 1999 i.d.g.F regelt den Anwendungsbereich des Gesetzes. Dieser umfasst das Aufsuchen und Gewinnen von bergfreien, bundeseigenen und grundeigenen mineralischen Rohstoffen. Ebenso ist die Aufbereitung von mineralischen Rohstoffen Bestandteil dieses Gesetzes. Es ist anzumerken, dass natürliche oder juristische Personen, die die zuvor erwähnten Tätigkeiten ausführen, die Stellung eines Bergbauberechtigten innehaben müssen.

Aus dem Mineralrohstoffgesetz lässt sich nicht direkt die Definition eines grundeigenen mineralischen Rohstoffs entnehmen. Grundeigene mineralische Rohstoffe sind alle jene, die nicht bergfrei und auch nicht bundeseigen sind. Die bundeseigenen Rohstoffe sind Steinsalz, Kohlenwasserstoffe sowie uran- und thoriumhaltige mineralische Rohstoffe. Ein Überblick über die bergfreien mineralischen Rohstoffe gibt § 3 des Mineralrohstoffgesetzes (i.d.g.F). Im wesentlichen umfasst dieser Paragraph die edelmetallhaltigen Rohstoffe, die Seltenen Erden, Talk, Kaolin, alle Arten von Kohle- und Ölschiefer und Magnesit. Für Kalkstein gilt, dass deren  $CaCO_3$ -Anteil gleich oder größer 95% zu liegen hat und als Festgestein vorliegen muss. Ebenso gilt für Quarzsand ein  $SiO_2$ -Anteil von gleich oder größer 80% und er muss als Lockergestein angetroffen werden.

Im Vorfeld von Planungstätigkeiten sind Vorerhebungen über das zukünftige Abbauggebiet anzustellen. Die Recherchen sollten ein breites Spektrum an möglichen Störeinflüssen abdecken. Diese sind etwa komplizierte Eigentumsverhältnisse bei Grundstücken (Grundstücksstreitigkeiten), Altlasten, Geologie, Hydrogeologie, Grundwasseruntersuchungen von Brunnen, Raumplanung und Schutzgebiete. Im Zuge

der Vorerhebungen ist auf die Grundwasserverhältnisse besonderes Augenmerk zu legen, da kostenintensive hydrogeologische Gutachten zur Ermittlung der Grundwasserströmungen mitunter zu einer erheblichen Verzögerung der Genehmigung des Gewinnungsbetriebsplans führen können.

Aus Archiven, alten Quellen und öffentlichen Verbücherungen, wie z.B. Grundbücher und Servitute, kann oft die historische Verwendung der Grundstücke des zukünftigen Bergbaugebietes hergeleitet werden. Bei einem ehemaligen Werksgelände ist mit der Möglichkeit einer illegalen Mülldeponie zu rechnen, die zu einer Gefährdung des Grundwassers durch remobilisierte Schadstoffe führen könnte. Weiters sollte eine Abklärung bezüglich historisch bedeutenden Gebiete stattfinden, denn ein historischer Fund ist nach § 8 Denkmalschutzgesetz zu melden und es könnte daraus ebenfalls eine erhebliche zeitliche Verzögerung der Abbautätigkeiten entstehen.

Vor allem die örtliche Raumplanung und der daraus resultierende Flächenwidmungsplan sind für ein Planungsvorhaben von großer Bedeutung. So ist etwa nach § 82 Mineralrohstoffgesetz i.d.g.F in der Regel ein Mindestabstand von 300 Meter, der zu Bauland (Wohnen), Bauhoffnungsgebiete, Naturschutz- und Nationalparkgebiete, sowie Gebiete für Einrichtungen des öffentlichen Lebens einzuhalten. Eine Unterschreitung dieses Abstandes führt zu einem Versagen der Genehmigung des Gewinnungsbetriebsplans für grundeigene mineralische Rohstoffe. Jedoch ist eine Verringerung des Abstandes auf 100 m möglich, wenn die Voraussetzungen nach § 82 Abs. 2 Z 1 bis 3 MinroG 1999 i.d.g.F. erfüllt sind.

Weitere Datenquellen sind Grundbuch, Firmenbuch und Bergbuch. Im Grundbuch sind die Eigentümer des Grundstücks verzeichnet, mit deren Anteil, deren Rechte und Pflichten. Die Überlassungserklärung, (§ 80 Abs. 2 Z 4 MinroG 1999 i.d.g.F.) für das Gewinnen und für das Recht des Aneignens der grundeigenen mineralischen Rohstoffe, ist von allen Grundstückseigentümern einzuholen; bei komplexen Besitzverhältnissen ist mit einem erhöhten Zeitaufwand zurechnen. In das Bergbuch werden die Bergwerksberechtigungen eingetragen. Einer Recherche im Firmen- und im Bergbuch könnten Erkenntnisse über ehemalige Werksgelände oder ältere Bergbaubetriebe erlangt werden. Im ehemaligen Bergbaugelände könnte z.B. eine illegale Müllentsorgung statt gefunden haben.

Ähnliche Eintragungen sind im Altlasten- und Verdachtsflächenkataster vorzufinden. Dieser Kataster basiert auf dem Altlastensanierungsgesetz und enthält Altablagerungen sowie Altstandorte. Die Eintragung von Grundstücken als Verdachtsflächen und deren Beurteilung des Gefährdungspotenzials erfolgt durch die Landesregierung. So ist im Nahbereich einer Verdachtsfläche eine sorgfältige Dokumentation von physikalischen und chemischen Parametern des oberstromigen Grundwassers

durchzuführen.

Um einen Überblick über die geologischen und hydrogeologischen Bedingungen zu gewinnen, sind fachspezifische Karten, Studien und Profile zu sichten. Als erste Anlaufstellen seien hier die Geologische Bundesanstalt in Wien, die Raumordnungspläne der Länder (z.B. die oberösterreichischen Kiesleitpläne) und der österreichische Rohstoffplan zu nennen. Die Bundesanstalt gibt einen genauen Überblick in die geologischen Verhältnisse vor Ort. Der Rohstoffplan stellt eine langfristige Absicherung der Versorgung mit grundeigenen mineralischen Rohstoffen (Massenrohstoffe) dar. Die im Rohstoffplan ausgewiesenen Flächen sind in Absprache mit den Gemeinden und Ländern für eine konfliktfreie Abwicklung von Genehmigungen von Gewinnungsbetriebsplänen heranzuziehen. In dem oberösterreichischen Kiesleitplänen sind Negativ- und Positivzonen ausgewiesen. Negativzonen stellen Rohstoffausschlussgebiete dar. Positivzonen geben dem Abbau mineralischer Rohstoffe Priorität. Jedoch inkludieren Positivzonen neben der Möglichkeit des Abbaus auch eine verlässliche Lagerstätten erkundung von Seiten der Länder. Diese Lagerstätten erkundung würde für ein gesamtes Projektgebiet immense Kosten verursachen, folglich sind meist nur Negativzonen ausgewiesen (Vgl. Knötig 2001, S. 3).

### **3.1 Aufsuchen**

Das Aufsuchen ist *„jede mittelbare und unmittelbare Suche nach mineralischen Rohstoffen einschließlich der damit zusammenhängenden vorbereitenden Tätigkeiten sowie das Erschließen und Untersuchen natürlicher Vorkommen mineralischer Rohstoffe und solche enthaltender verlassene Halden zum Feststellen der Abbauwürdigkeit“* (§ 1 Z 1 MinroG 1999 i.d.g.F.).

Es gibt nach dem Mineralrohstoffgesetz zwei Arten von Aufsuchungsphasen. Die erste Phase ist die Suche nach den Rohstoffen, Prospektion genannt, die zweite Phase gilt der Erschließung der Lagerstätte, der Exploration.

Die Suche nach Lagerstätten von grundeigenen mineralischen Rohstoffen ist der Behörde schriftlich (§ 6 MinroG 1999 i.d.g.F.) anzuzeigen. In diesem formellen Schreiben an die jeweilige Bezirksverwaltungsbehörde ist mitzuteilen, dass auf bestimmten Grundstücken, welche im Eigentum des Anzeigenden sind, Suchtätigkeiten durchgeführt werden. Für fremde Grundstücke ist die Einwilligung der Grundeigentümer einzuholen.

Das Erschließen von Lagerstätten von grundeigenen mineralischen Rohstoffen zur

Feststellung der Abbauwürdigkeit bedarf keines eigenen Verfahrens. Für das Gewinnen der Rohstoffe ist ein Gewinnungsbetriebsplan der Behörde vorzulegen.

Die Vermessung der Tagesoberfläche im Zuge des Aufsuchens gehört zu den marktscheiderischen Kerntätigkeiten. Für die Erstellung von Lageplänen und Schnittdarstellungen sowie für Volumenberechnungen ist die Aufnahme des Urgeländes von großer Bedeutung. Auf ihr basieren die Abbauplanung und die Massenberechnungen für Abraum, Humusschicht und Rohstoffmenge. Die Voraussetzung für solche Vermessungen ist ein bestehendes Festpunktfeld, welches sich durch Punktverdichtung von den amtlichen Lage- und Höhenfestpunkten ableitet. In den Tagebaugrundrissen ist ein entsprechender Bezugspunkt im amtlichen System der Landesvermessung ersichtlich zu machen.

Die Punktverdichtung hat den Zweck, dass die benötigten Festpunkte für die Vermessung im Nahbereich des Abbaugebietes zu liegen kommen. Im Lockergesteinstagebau bietet sich die Vermessung mit GPS an, sofern der Empfang der Signale durch die örtliche Topografie nicht beeinträchtigt wird. Je nach den zur Verfügung stehenden Anschlusspunkte und des Instrumentariums werden alle weiteren klassischen Verfahren der Vermessung, vorwiegend mit elektronischen Totalstationen angewendet

## **3.2 Gewinnen und Aufbereiten**

Für das Gewinnen grundeigener mineralischer Rohstoffe ist ein Gewinnungsbetriebsplan der zuständigen Behörde vorzulegen. Die Ausarbeitung der Einreichunterlagen obliegt dem verantwortlichen Markscheider.

Der Inhalt des Gewinnungsbetriebsplans ist im § 80 Abs 2 MinroG 1999 i.d.g.F. geregelt und führt folgende Punkte an:

- eine geologisch-lagerstättenkundliche Beschreibung mit Informationen über die Erschließungsmaßnahmen,
- ein Grundstücksverzeichnis, der vom Gewinnungsbetriebsplan beanspruchten Grundstücke inklusive Katastralgemeinde, Ortsgemeinde, politischer Bezirk, Einlagezahl sowie Name und Anschrift der Grundeigentümer,
- ein maximal drei Monate alter Grundbuchsauszug,
- eine Erklärung der Grundeigentümer über die Überlassung und Aneignung der grundeigenen mineralischen Rohstoffe,



- ein Lageplan aus dem die Eckpunkte der beanspruchten Grundstücke erkennbar sind,
- sofern Gewinnungsberechtigungen und Speicherbewilligungen berührt werden, ist eine Zustimmungserklärung der Berechtigten, mit Name und Anschrift, einzuholen,
- ein Auszug des Firmenbuches, sofern eine Eintragung in das solche vorliegt,
- ein Lageplan mit Eintragungen von Aufschluss- und Abbauabschnitten sowie Sicherungsmaßnahmen der Oberflächennutzung nach Beendigung der Bergbautätigkeiten,
- ein Verkehrskonzept über den Abtransport der mineralischen Rohstoffe unter Einhaltung der Verkehrsgrundsätze der Gemeinde und
- eine Prognose über die zu erwartenden Staub- und Lärmemissionen.

Die zuständige Behörde für die Genehmigung von Gewinnungsbetriebsplänen für grundeigene mineralische Rohstoffe ist

- die Bezirksverwaltungsbehörde in 1. Instanz und
- der Landeshauptmann in 2. Instanz.

Die Behörde bietet die Möglichkeit der Vorbegutachtung an. Diese dient zur Überprüfung der Vollständigkeit der eingereichten Unterlagen, welche nach § 80 Abs. 2 MinroG 1999 i.d.g.F. zu erstellen sind.

Eine Parteistellung in dem Genehmigungsverfahren haben folgende Personen und Gebietskörperschaften:

- der Genehmigungswerber,
- die jeweiligen Grundeigentümer,
- die Gemeinde,
- das Land,
- die Gewinnungs- und Speicherberechtigten,
- das Arbeitsinspektorat und
- das Wasserwirtschaftliche Planungsorgan nach § 55 Abs. 1 lit. G WRG i.d.g.F..

Erst mit der Erfüllung aller Voraussetzungen nach § 116 und § 83 MinroG 1999 i.d.g.F. genehmigt die Behörde mit Bescheid den Gewinnungsbetriebsplan. Mit die-

sem Bescheid gilt der Genehmigungswerber als Bergbauberechtigter und darf mit dem Gewinnen und Aufbereiten der Rohstoffe beginnen.

Zusätzlich zu den Einreichunterlagen muss der verantwortliche Markscheider weitere Bewilligungen einholen. Häufig sind das Bewilligungen nach dem Wasserrecht und nach dem Forstrecht. Für diese Bewilligungen sind Fachpläne und technische Beschreibungen anzufertigen und an die jeweilige Behörde zu übermitteln.

Zur Führung des Bergbaukartenwerks ist die regelmäßige Erfassung der Abbaustände notwendig. Der Markscheider führt diese Vermessung mit einer elektronischen Totalstation als Tachymeter, satellitengestützten geodätischen Verfahren oder mit Laserscanning beziehungsweise (bzw.) terrestrischer Photogrammetrie durch. Das Vermessungsergebnis wird mit spezieller Vermessungssoftware aufbereitet, in ein CAD-Programm importiert und damit die Pläne bearbeitet und aktualisiert.

Das Bergbaukartenwerk dient auch der Dokumentation von Staub-, Lärm- und Luftschadstoffemissionen sowie der Grundwasserqualität. Die Messungen finden an mehreren Punkten auf dem Bergbaugelände und im Nahbereich von Siedlungsgebieten statt. Die Staub- und Lärmmessungen können mit geeigneten und geeichten Messinstrumenten vom Markscheider selbst durchgeführt werden. Die Kontrolle der Grundwasserbeschaffenheit beruht auf der Probeentnahme aus oberstromigen und unterstromigen Brunnen, die in spezialisierten Instituten oder Laboren geprüft werden und deren Prüfergebnisse in das Bergbaukartenwerk aufgenommen werden. Die Werte der Luftschadstoffemission werden in der Regel an ein externes Institut vergeben und müssen ebenfalls dokumentiert werden. Die Dokumentation dieser Messergebnisse koordiniert der Markscheider. Sie dient dem Nachweis der Einhaltung der, in der Emissionsprognose des Gewinnungsbetriebsplans, angeführten Grenzwerte.

Das rechtzeitige Abstecken neuer Abbauabschnitte und das Abräumen von Humus und Zwischenböden unterstützt den Ablauf der Abbautätigkeiten. Das auf Halde liegende Material findet Verwendung in den bereits abgebauten Abbauabschnitten zur Ausformung des Geländes als Bestandteil einer fortschreitenden Rekultivierung. Es ist hier das vorrangige Ziel, nur die notwendige offene Abbaufäche zu belassen und die restlichen Flächen rasch wieder zu rekultivieren oder/und zu renaturieren.

### 3.3 Nach Beendigung der Bergbautätigkeit

Für die Beendigung der Bergbautätigkeit ist der Behörde ein Abschlussbetriebsplan vorzulegen. Der Inhalt dieses Betriebsplans ist in § 114 MinroG 1999 i.d.g.F. geregelt und enthält folgende Punkte:

- eine genau Beschreibung der beabsichtigten Schließungs- und Sicherungsarbeiten,
- ein Nachweis über den Schutz der Oberfläche bezüglich der Sicherheit für Personen und Sachen,
- ein Nachweis über die Maßnahmen zur Wiedernutzbarmachung der Oberfläche,
- das weitere Vorgehen bezüglich Bergbauanlage und den Betriebseinrichtungen,
- die geologisch-lagerstättenkundlichen und bergtechnischen Dokumente und
- eine Inhaltsangabe des Bergbaukartenwerks.

Bei der Rekultivierung wird unterschieden in fremde und im Eigentum befindliche Grundstücke. Die fremden, die vom Abbau in Anspruch genommenen Grundstücke sind „in den früheren Zustand zu versetzen“ (§ 159 Abs. 1 MinroG 1999 i.d.g.F.). Damit ist gemeint, dass der Zustand der Grundstücke wie vor dem Abbau herbeigeführt werden soll. In den meisten Fällen handelt es sich um landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Nutzungen. Ist eine solche Wiedernutzbarmachung nicht möglich, sieht das Gesetz eine „*anderweitige*“ Nutzung vor. Auf Grundstücken, die vom Abbau betroffen sind, sieht das Gesetz vor, dass diese „*naturschonend und landschaftsgerecht*“ ausgeformt werden. Die Grundstücke im Eigentum des Bergbaubetriebs können rekultiviert, renaturiert oder kombiniert angewendet werden. Eine fachgerechte Rekultivierung oder Renaturierung ist ein wertvoller Beitrag zum Umweltschutz. Es können Flächen geschaffen werden, die von seltenen Pflanzen- und Tiergesellschaften besiedelt werden. Die Planung und die Überwachung der Rekultivierungsmaßnahmen koordiniert der verantwortliche Markscheider.

## **4 Markscheideraufgaben im Rahmen des Genehmigungsverfahrens (Gewinnungsbetriebsplan)**

Das Erschließen und Gewinnen grundeigener mineralischer Rohstoffe bedarf eines Gewinnungsbetriebsplans. Dieser ersetzt das sonst übliche Bergbauberechtigungsverfahren, welches bei bergfreien und bundeseigenen mineralischen Rohstoffen zur Anwendung kommt. Damit ist der Inhaber eines genehmigten Gewinnungsbetriebsplans einem Bergbauberechtigten gleichgestellt (§ 84 Abs. 1 MinroG 1999 i.d.g.F.). Mit dem genehmigten Gewinnungsbetriebsplan erwirbt der Bergbauberechtigte gleichzeitig Rechte und Pflichten. Der verantwortliche Markscheider übernimmt teilweise die Pflichten des Bergbauberechtigten, etwa die Führung des Bergbaukartenwerks sowie die Anzeige- und Sicherungspflicht.

Neben dem Mineralrohstoffgesetz kommt bei bestimmten Schwellenwerten auch das Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000 (UVP-G 2000) zur Anwendung. Es regelt welche Vorhaben uvp-pflichtig sind und ab welchem Schwellenwert eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen ist.

Weiters sind Bewilligungen nach dem Wasserrecht und dem Forstrecht einzuholen. Eine wasserrechtliche Bewilligung ist für alle Erschließungs- und Benutzungsmöglichkeiten erforderlich. Die Bewilligungspflicht ist dann gegeben, wenn Gewässer oder das Grundwasser beeinträchtigt werden. Eine Rodungsbewilligung nach Forstrecht muss eingeholt werden, wenn Bäume auf Flächen von mindestens 1000 m<sup>2</sup> gefällt werden sollen.

In weiterer Folge ist bei der Planung die Raumordnung zu beachten. Die mehrfache Nutzungsmöglichkeit des Raumes steht vielerorts mit dem Abbauvorhaben in Konflikt. Das MinroG fordert einen Abstand von mindestens 300 m von Wohngebieten. Ein kürzerer Abstand als 300 m führt zu einem negativen Verfahrensverlauf. Unter gewissen Voraussetzungen ist ein Abstand von mindestens 100 m zulässig, wenn (§ 82 Abs. 2 MinroG 1999 i.d.g.F.)

- die Grundstücke als Abbaugelände gewidmet sind,
- die Grundstücke als Grünland ausgewiesen sind und die Standortgemeinde nachweislich zustimmt sowie
- keine höheren Immissionen auftreten als bei einem Abstand von 300 m.

Deswegen ist der Markscheider angehalten die Entwicklung der örtlichen und überörtlichen Raumplanung zu beobachten und bei Möglichkeit einzugreifen.

## **4.1 Kartenmaterial und Gesetz**

Von Bedeutung sind die gesetzlichen Bestimmungen von

- Mineralrohstoffgesetz,
- Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz,
- Wasserrechtsgesetz 1959,
- Forstgesetz 1975 und
- des Naturschutzgesetzes der einzelnen Länder.

Für das Gewinnen sind behördliche Bewilligungen einzuholen. Diese erfordern die Erstellung von Einreichunterlagen, die der zuständigen Behörde vorgelegt werden müssen. Die Behörde bewilligt das eingereichte Vorhaben durch Bescheid.

### **4.1.1 Mineralrohstoffgesetz 1999**

Die Einreichunterlagen für die Genehmigung des Gewinnungsbetriebsplans sind in § 80 Abs. 2 Mineralrohstoffgesetz 1999 i.d.g.F. aufgelistet und lauten wie folgt:

- eine geologisch-lagerstättenkundliche Beschreibung mit Informationen über die Erschließungsmaßnahmen,
- ein Grundstücksverzeichnis,
- ein Grundbuchsauszug,
- eine Erklärung der Grundeigentümer über die Überlassung und Aneignung der grundeigenen mineralischen Rohstoffe,

- ein Lageplan aus dem die Eckpunkte der beanspruchten Grundstücke erkennbar sind,
- sofern Gewinnungsberechtigungen und Speicherbewilligungen berührt werden, ist eine Zustimmungserklärung der Berechtigten, mit Name und Anschrift, einzuholen,
- ein Auszug des Firmenbuches, sofern eine Eintragung vorliegt,
- ein Lageplan mit Eintragungen von Aufschluss- und Abbauabschnitten sowie Sicherungsmaßnahmen der Oberflächennutzung nach Beendigung der Bergbautätigkeiten,
- ein Verkehrskonzept über den Abtransport der mineralischen Rohstoffe unter Einhaltung der Verkehrsgrundsätze der Gemeinde und
- eine Prognose über die zu erwartenden Staub- und Lärmemissionen.

Für die Durchführung und den Inhalt einer geologisch-lagerstättenkundliche Beschreibung existiert die ÖNORM G 1020-2 „*Beurteilung von Vorkommen der Industriemineralien, Steine und Erden - geologisch-lagerstättenkundliche Beschreibung*“. In den meisten Fällen werden zur Ausarbeitung der Unterlagen unabhängige, technische Büros oder Zivilingenieure beauftragt. Im Wesentlichen beinhalten die Unterlagen Angaben über

- das Projektvorhaben,
- die verwendeten Unterlagen (Fachbücher, bestehende Bescheide, Gutachten, wissenschaftliche Studien, etc.),
- die Lage des Abbaufeldes sowie eine Standortbeschreibung,
- die geologischen Verhältnisse (Schichtenaufbau durch Bohrprofile),
- das abzubauen Rohstoffvorkommen,
- die hydrogeologischen Verhältnisse (Grundwasserleiter, Strömungsrichtung, Grundwasserstände),
- die endgültige Abbausohle sowie die Lagerstättenvorräte und
- die Eignung des Materials.

Zur Verdeutlichung der Angaben sind der geologisch-lagerstättenkundlichen Beschreibung Übersichtskarten auf Basis der ÖK 50, Lagepläne im entsprechenden Maß-

stab (z.B. für Darstellung geophysikalischer Messungen) und Darstellungen der Schichtenverhältnisse beizugeben.

Das Grundstücksverzeichnis umfasst die beanspruchten Grundstücke mit Angaben zur Katastralgemeinde, Ortsgemeinde, Einlagezahl sowie Name und Anschrift der Grundeigentümer sowie zum politischen Bezirk. Zudem ist ein Grundbuchsauszug beizulegen, der nicht älter als drei Monate sein darf.

Im Lageplan sind die Grundstücke und Grundstücksteile darzustellen, die vom Gewinnungsbetriebsplan betroffen sind. Es sind die Eckpunktkoordinaten der Grundstücke und Grundstücksteile, sowie deren Flächeninhalt im Plan darzustellen. Es bietet sich hier eine farbliche Differenzierung nach den Grundstücken, an um die Übersichtlichkeit zu unterstützen. Das Anfertigen dieses Planes erfolgt durch den verantwortlichen Markscheider, einem Ingenieurkonsulenten für Markscheidewesen, einem technischen Büro für Markscheidewesen oder einem technischen Büro für Vermessungswesen.

Die Darstellung von Festlegungen der Raumordnung und sonstigen rechtlichen Einschränkungen in den Plänen umfasst im Wesentlichen die

- überörtliche und örtliche Raumplanung,
- örtliche Raumplanung (Flächenwidmungsplan, Raumordnungskonzepte) bezüglich der Mindestabstände des Mineralrohstoffgesetzes
- forstliche Raumplanung,
- wasserwirtschaftlichen Festlegungen wie Wasserschongebiete, Quellschutzgebiete und Grundwasservorkommen,
- Schutzgebiete der Landesnaturschutzgesetze.

In weiteren Plänen sind die Aufschluss- und Abbauabschnitte einzuzeichnen sowie die Rekultivierungsmaßnahmen nach Beendigung der Bergbautätigkeit. Oberstes Gebot für die Erstellung von Plänen ist deren Übersichtlichkeit. Es ist darauf zu achten, dass der Plan nicht mit zu viel Informationen beladen wird, da dies möglicherweise zu einer schlechten Lesbarkeit des Plans führt. Die darzustellenden Informationen können auf mehrere Pläne aufgeteilt werden und so zu einem übersichtlichen und themenspezifischen Plan zusammenführen. In der Übersichtskarte können bereits die relevanten raumplanerischen Elemente eingetragen werden. Die Übersichtlichkeit kann gesteigert werden, wenn Pläne mit Orthofotos oder entzerrten Fotos hinterlegt werden.

Die einzelnen Abbauphasen sollten in eigenen Tagebaugrundrissen dargestellt werden. Diese Tagebaugrundrisse sind im Einzelnen

- die aktuelle Ausgangssituation,
- die Aufschließungsphase,
- eine Abbauphase pro Plan und
- der geplante Endzustand mit Rekultivierungsmaßnahmen.

Der Tagebaugrundriss ist als Lage- und Höhenplan auszuführen und mit repräsentativen Schnitten zu ergänzen. Die Spuren der Schnitte sind im Tagebaugrundriss einzutragen. Es ist dafür zu sorgen, dass die Spuren rasch dem jeweiligen Schnitt zugeordnet werden kann. Die Höhenschichtlinien sind so zu wählen, dass etwa das Gelände, Böschung-, Böschungsneigungen, Geländeunebenheiten und Einschnitte (Rampen) gut ersichtlich im Plan darstellbar sind.

Die Darstellung des Abtransportkonzepts, dass der Genehmigung beizulegen ist, muss das Straßennetz und die voraussichtlichen Transportrouten enthalten. Es sind auch Schutzgüter, wie denkmalgeschützte Gebäude (Kirchen), Schutzgebiete, wie Wasserschutzgebiete, und die Verkehrskonzepte der Gemeinde einzutragen. Die Transportrouten sind farblich hervorzuheben und in der technischen Beschreibung näher zu erklären.

Sofern die Ergebnisse der Emissionsprognose planlich dargestellt werden können, sind Ausbreitungskarten anzufertigen. Dazu sind die, für die Aufstellung der Prognose erforderlichen Parameter, wie die Hauptwindrichtung, in die Darstellung aufzunehmen. Sie dienen zur Unterstützung und Verdeutlichung der, in der technischen Beschreibung angeführten Berechnungen und Modellannahmen.

#### **4.1.2 Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz (UVP-G 2000)**

Ein Vorhaben ist dann einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) zu unterziehen, wenn es auf Grund seiner Art, seiner Größe oder seines Standortes erhebliche Auswirkungen auf die Umwelt haben könnte. Im Anhang 1 des UVP-G sind 3 Spalten zu finden, welche eine kurze Beschreibung der Kriterien des Vorhabens und einen Schwellenwert anführen. Vorhaben, die sich in Spalte 1 wiederfinden, sind auf jeden Fall uvp-pflichtig und nach dem ordentlichen UVP-Verfahren abzuwickeln. In Spalte 2 und 3 sind jene Vorhaben angeführt, die einer Einzelfallprüfung zu unterziehen sind. Darin wird auf deren mögliche Umweltauswirkungen geprüft und entschieden, welchen Tatbestand lt. Anhang das Vorhaben erfüllt. In Folge dessen ist ersichtlich



nach welchem Verfahren, ordentlich oder vereinfacht, das Vorhaben behandelt werden muss. (Vgl. Raschauer 2006, S. 298 f)

Eine Einzelfallprüfung ist durchzuführen wenn:

- schutzwürdige Gebiete beeinträchtigt sind,
- Voraussetzungen der Spalte 3 erfüllt sind,
- Änderungen eines Vorhabens mit erheblichen schädlichen, belästigenden oder belastenden Auswirkungen auf die Umwelt (ausgenommen die nach § 3a Abs. 1 Z. 1 auf jeden Fall uvp-pflichtig) vorliegen,
- die Kumulationsbestimmung erfüllt ist.

Die Kumulationsbestimmung kommt zur Anwendung, wenn Vorhaben, zwar die Schwellenwerte und Kriterien im UVP-G nicht erreichen, doch durch den räumlichen Zusammenhang zu anderen gleichartigen Vorhaben gemeinsam diesen Tatbestand lt. Anhang erfüllen. Das beantragte Vorhaben muss jedoch mindestens 25 % des im Tatbestand angeführten Schwellenwertes aufweisen.

Schutzwürdige Gebiete nach UVP-G (Anhang 2) sind:

**Kategorie A:** „besondere Schutzgebiete“: Vogelschutzgebiete, Natura2000 - Gebiete, Bannwälder, Schutzgebiete nach den Natur- und Landschaftsschutzgesetzen, Nationalparks

**Kategorie B:** Alpinregionen

**Kategorie C:** Wasserschutz- und Schongebiete nach §§ 34, 35 und 37 Wasserrechtsgesetz (WRG) 1959

**Kategorie D:** „belastetes Gebiet Luft“ durch Verordnung des BMLFUW

**Kategorie E:** Siedlungsgebiete und deren Nahebereich

Die zuständige Behörde in einem ordentlichen UVP-Verfahren ist die Landesregierung. Das Verfahren ist in einem konzentrierten Genehmigungsverfahren über alle materiellen Genehmigungsvoraussetzungen des UVP-G 2000 und über alle Materiegesetze zu führen. Am Ende eines konzentrierten Genehmigungsverfahrens steht ein Gesamtbescheid, der alle sonst üblichen Bescheide zusammenfasst.

Vor dem eigentlichen Genehmigungsverfahren kann auf Antrag des Projektwerbers ein Vorverfahren eingeleitet werden. Darin sind die Grundzüge des Vorhabens zu beschreiben und ein Konzept der Umweltverträglichkeitserklärung anzuschließen.

Die Behörde hat innerhalb von 3 Monaten dazu Stellung zu nehmen. Sind ihr mögliche Bescheid versagende Tatsachen, die eine Genehmigung scheitern lassen könnten, bekannt, so ist der Projektwerber darauf hinzuweisen.

Der Genehmigungsantrag hat nach den anzuwendenden Verwaltungsvorschriften erforderliche Unterlagen und die Umweltverträglichkeitserklärung (UVE) zu enthalten. Dieser Antrag ist bei der Standortgemeinde und der Behörde mindestens 6 Wochen lang der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. In dieser Zeit ist jeder Bürger berechtigt, bei der Behörde zu dem Vorhaben und zu der Umweltverträglichkeitserklärung Stellung zu nehmen.

Die Behörde hat Sachverständige zu bestellen, und mit der Erstellung eines Umweltverträglichkeitsgutachtens (UV-G) (ordentliches Verfahren) oder mit der zusammenfassenden Bewertung der Umweltauswirkungen (vereinfachtes Verfahren) zu betrauen. Das Umweltverträglichkeitsgutachten ist zu veröffentlichen.

Der § 16 sieht eine verbindliche, mündliche Verhandlung an einem der Behörde geeigneten Ort vor. Weiters sieht dieser Paragraph zur Lösung von Interessenskonflikten ein Mediationsverfahren vor, das vom Projektwerber beantragt wird, und das Genehmigungsverfahren unterbricht.

Die Behörde trifft ihre Entscheidung auf Grund von anzuwendenden Verwaltungsvorschriften und die im § 17 vorgesehenen zusätzlichen Genehmigungskriterien. Das Gesetz sieht für ordentliche Verfahren 9 Monate und für vereinfachte Verfahren 6 Monate Frist vor.

Parteistellung haben

- Grundstücksnachbarn,
- die Parteien nach den Materiengesetzen,
- der Umweltsachverständige,
- das wasserwirtschaftliche Planungsorgan,
- die Standortgemeinde und angrenzende Gemeinden,
- die Bürgerinitiativen, nur im ordentlichen UVP-Verfahren; im vereinfachten Verfahren nur Recht auf Akteneinsicht und
- Umweltorganisationen mit bestimmten materiellen und formalen Voraussetzungen im ordentlichen Verfahren (eine aktuelle Liste liegt beim BMLFUW auf).

Die Berufungsbehörde ist der unabhängige Umweltsenat (UUS).

Der UUS ist zuständig für:

- alle administrativen Angelegenheiten (§§ 4 bis 23),
- Feststellungsbescheide (§ 3 Abs. 7),
- ab- bzw. zurückweisende Entscheidungen (§ 5),
- Sachentscheidungen (§ 17),
- Grundsatz- und Detailgenehmigungen (§ 18),
- Abweichungsgenehmigungen (§ 20 Abs. 4) und
- Abnahmebescheide (§ 20 Abs. 2)

### **4.1.3 Wasserrechtsgesetz (WRG 1959)**

Das Wasserechtsgesetz 1959 regelt die Bestimmungen betreffend:

- Rechtliche Eigenschaft der Gewässer.
- Benutzung der Gewässer.
- Nachhaltige Bewirtschaftung – den Gewässerschutz und die Reinhaltung.
- Allgemeinen wasserwirtschaftlichen Verpflichtungen.
- Zwangsrechte, Wassergenossenschaften und Wasserverbände, Behörden und Verfahren.

Im WRG werden folgende Arten von Gewässern unterschieden:

- öffentliche und private Gewässer,
- Tagwässer und Grundwasser
- stehende Gewässer und fließende Gewässer (Gerinne).

Nach dem WRG sind öffentliche Gewässer alle im Anhang des WRG angeführten Ströme, Flüsse, Bäche und Seen, wobei deren Arme, Seitenkanäle und Verzweigungen dazu gezählt werden. Ebenso zählen jene Gewässer dazu, die vor Inkrafttreten des Gesetzes anlässlich einer wasserrechtlichen Genehmigung als eben solche behandelt wurden, und alle jene, die nicht ausdrücklich als Privatgewässer ausgewiesen sind. Als Privatgewässer werden das Grundwasser, Wasserquellen, Regenwasser und für Verbrauchszwecke gesammelte Wässer bezeichnet. Sie gehören dem

Grundeigentümer. Grundwasser ist das in einem Grundstück enthaltene unterirdische Wasser, einschließlich der Gruben und der Höhlenwässer. Tagwasser ist das zu Tage tretende Wasser. (Vgl. Raschauer 2006, S. 221)

Nach § 4 WRG gilt als öffentliches Wassergut jene Fläche, die das Bett eines öffentlichen Gewässers und dessen Hochwasserabflussgebiet bildet und der Bund als Eigentümer aufscheidet.

Es hat jedermann die Möglichkeit, öffentliche Gewässer und, mit Einschränkung, auch private Gewässer für die im Gesetz angegebene Weise zu nutzen. Dies definiert einen großen Gemeingebrauch für öffentliche Gewässer und einen kleinen für private. Jede über diesen Gemeingebrauch hinausgehende Benutzung des Gewässers bedarf einer Bewilligung der Behörde.

Der Grundeigentümer darf Grundwasser für den häuslichen Zweck mit handbetriebenen Pump- oder Schöpfwerken bzw. im angemessenen Verhältnis zum Grundeigentum entnehmen. Alle sonstigen Erschließungs- und Benutzungsmöglichkeiten erfordern eine wasserrechtliche Bewilligung. Ein solches Vorhaben ist noch vor dem Einbringen des Antrags bei der Wasserrechtsbehörde dem wasserwirtschaftlichen Planungsorgan in seinen Grundzügen anzuzeigen. (§ 55 Abs. 3)

Ein Antrag auf Erteilung einer wasserrechtlichen Bewilligung hat je nach Projektschwerpunkt folgende Punkte zu enthalten (§ 103):

- Angaben über Art, Zweck und Dauer des Vorhabens und über das betroffene Gewässer,
- Grundbuchsmäßige Bezeichnungen der durch Anlagen beanspruchten Liegenschaften unter Anführung des Eigentümers sowie Wasser-, Fischerei- und Einforstungsberechtigte, ...
- Darstellungen der vom Vorhaben zu erwartenden Vorteile oder der im Fall der Unterlassung zu besorgenden Nachteile,
- Angaben über Gegenstand und Umfang der vorgesehenen Inanspruchnahme fremder Rechte und der angestrebten Zwangsrechte unter Namhaftmachung der Betroffenen,
- erforderliche, von Fachkundigen entworfene Pläne, Zeichnungen und erläuternde Bemerkungen unter Namhaftmachung des Verfassers,
- Angaben darüber, welche Behörden sonst mit dem Vorhaben befasst sind,
- gegebenenfalls vorgesehene Überwachungs- und Betriebsprogramme,

- bei Wasserbenutzungsanlagen Angaben über die beanspruchte Wassermenge je Sekunde, Tag und Jahr, über die erwarteten Auswirkungen auf die Gewässer sowie über die zum Schutz der Gewässer vorgesehenen Maßnahmen,
- bei Einbringen in Gewässer Angaben über Menge, Art und Beschaffenheit der Abwässer, insbesondere über Fracht und Konzentration schädlicher Abwasserinhaltsstoffe, und über die zum Schutz des Gewässers vorgesehenen Maßnahmen.

Die Bewilligungspflicht ist immer dann gegeben, wenn nach dem natürlichen Lauf der Dinge (projektgemäß) mit nachhaltig und nachteiligen Einwirkungen auf die Beschaffenheit der Gewässer / Grundwasser zu rechnen ist.

Der § 30 Abs. 1 setzt die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) um und schreibt Ziele für nachhaltige Bewirtschaftung von Gewässern vor. Darin sind alle ober- und unterirdischen Gewässer im Rahmen des öffentlichen Interesses so rein zu halten, dass

- die Gesundheit von Mensch und Tier nicht gefährdet wird,
- Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und sonstige fühlbare Schädigungen vermieden werden,
- die Verschlechterung vermieden und der Zustand der aquatischen Ökosysteme und der direkt von ihnen abhängenden Landökosysteme und Feuchtgebiete im Hinblick auf ihren Wasserhaushalt geschützt und verbessert werden,
- eine nachhaltige Wassernutzung auf der Grundlage eines langfristigen Schutzes der vorhandenen Ressourcen gefördert wird,
- eine Verbesserung der aquatischen Umwelt, unter anderem durch spezifische Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten von gefährlichen Schadstoffen gewährleistet wird.

Grundwasser und Quellwasser ist so rein zu halten, dass es als Trinkwasser verwendet werden kann. Eine Verschmutzung ist schrittweise zu reduzieren und jede weitere Verschmutzung ist zu verhindern.

In § 30 Abs. 3 definiert das Bundesgesetz die Begriffe Reinhaltung, Schutz der Gewässer und Verschmutzung:

- Unter Reinhaltung der Gewässer wird in diesem Bundesgesetz die Erhaltung der natürlichen Beschaffenheit des Wassers in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht (Wassergüte), unter Verunreinigung jede Beeinträchtigung dieser Beschaffenheit und jede Minderung des Selbstreinigungsvermö-

gens verstanden.

- Unter Schutz der Gewässer wird in diesem Bundesgesetz die Erhaltung der natürlichen Beschaffenheit von Oberflächengewässern einschließlich ihrer hydro-morphologischen Eigenschaften und der für den ökologischen Zustand maßgeblichen Uferbereiche sowie der Schutz des Grundwassers verstanden.
- Verschmutzung ist die durch menschliche Tätigkeiten direkt oder indirekt bewirkte Freisetzung von Stoffen oder Wärme ins Wasser, die der menschlichen Gesundheit oder der Qualität der aquatischen Ökosysteme oder der direkt von ihnen abhängigen Landökosysteme schaden können oder eine Beeinträchtigung oder Störung des Erholungswertes und anderer legitimer Nutzungen der Umwelt mit sich bringen.

Generell sind sämtliche Einwirkungen auf Gewässer genehmigungspflichtig, welche die Beschaffenheit des Gewässers, ebenso Grundwasser, beeinträchtigen. In § 32 Abs. 2 sind die Bewilligungstatbestände genauestens aufgezählt.

#### **4.1.4 Forstgesetz 1975**

Das Forstgesetz 1975 sieht folgende Ziele vor: (§ 1 Abs. 2)

- Erhaltung des Waldes und des Waldbodens,
- nachhaltige Sicherung der Produktion des Bodens und der Wirkung des Waldes durch entsprechende Waldbehandlung und
- Sicherung einer nachhaltigen Waldwirtschaft.

Im § 1 Abs. 3 ist das Prinzip der Nachhaltigkeit wie folgt definiert:

*„Nachhaltige Waldbewirtschaftung im Sinne dieses Bundesgesetzes bedeutet die Pflege und Nutzung der Wälder auf eine Art und in einem Umfang, dass deren biologische Vielfalt, Produktivität, Regenerationsvermögen, Vitalität sowie Potenzial dauerhaft erhalten wird, um derzeit und in Zukunft ökologische, ökonomische und gesellschaftliche Funktionen auf lokaler, nationaler und globaler Ebene, ohne andere Ökosysteme zu schädigen, zu erfüllen. Insbesondere ist bei Nutzung des Waldes unter Berücksichtigung des langfristigen forstlichen Erzeugungszeitraumes und allenfalls vorhandener Planungen vorzusorgen, dass Nutzungen entsprechend der forstlichen Zielsetzung den nachfolgenden Generationen vorbehalten bleiben.“*

(Forstgesetz § 1 Abs. 3)

Man spricht im Forstgesetz erst dann von einem Wald, wenn 2 Kriterien erfüllt werden. Erstens muss auf der Fläche ein forstlicher Bewuchs vorzufinden sein und zweitens muss diese Fläche mindestens 1000 m<sup>2</sup> und eine Mindestbreite von 10 m vorliegen. Ein forstlicher Bewuchs ist nach dem Forstgesetz erst gegeben, wenn die im Anhang des Forstgesetzes aufgezählten Holzgewächsorten auf der Fläche vorhanden sind. Darunter findet man zum Beispiel Nadelgehölze wie Tanne, Fichte, Eibe und Zirbe und Laubgehölze wie Erlen, Esche, Ahorn und Pappel.

Im Gesetz ist eine forstliche Raumplanung vorgesehen. Das Ziel der forstlichen Raumplanung ist es die Funktion des Waldes sicherzustellen. Es sind dies die Nutz-, Schutz-, Wohlfahrts- und Erholungsfunktionen des Waldes. Um diese Funktionen nachhaltig zu erhalten, sieht das Gesetz folgende Instrumente für die forstliche Raumplanung vor:

**Waldentwicklungsplan (§ 9):** Er stellt die Waldverhältnisse für das Bundesgebiet kartographisch und textlich dar. Die Waldfunktionen sind darin, gewichtet nach ihrer Bedeutung, ersichtlich. Eine dreistellige Wertziffer gibt Aufschluss darüber, welche Leitfunktion in einer Wald funktionsfläche vorherrscht. So wird die Schutz-, Wohlfahrts und Erholungsfunktion mit Ziffern von 1 bis 3 bewertet. Die Leitfunktion ergibt sich aus der höchsten Wertigkeit.

**Waldfachplan (§ 10):** Der Waldeigentümer oder andere Interessierte stellen ihre privaten forstlichen Planungen in diesem Plan dar.

**Gefahrenzonenplan (§ 11):** Darin sind wildbach- und lawinengefährdete Waldbereiche mit ihrem Gefährdungsgrad dargestellt. Weiters sind Bereiche mit einer besonderen Art der Bewirtschaftung und für notwendige Schutzmaßnahmen freigelassene Gebiete aus dem Gefahrenzonenplan erkennbar.

Das Forstgesetz schützt die Erhaltung des Waldes und deren Funktionen mit einem Rodungsverbot, wobei hier die Verwendung des Waldbodens für andere Zwecke als die Waldkultur gemeint ist. Es ist jedoch eine Rodungsbewilligung vorgesehen. Für Flächen die 1000 m<sup>2</sup> nicht überschreiten genügt eine Anmeldung bei der Behörde. Eine Genehmigung liegt vor, sofern die Behörde nicht innerhalb von sechs Wochen mitteilt, dass eine Rodungsbewilligung aufgrund des öffentlichen Interesses erforderlich ist.

Ein Antrag auf Rodungsbewilligung hat folgende Punkte zu enthalten:

- Ausmaß der beantragten Rodungsfläche,
- Rodungszweck,

- „im Fall der Belastung der Rodungsfläche mit Einforstungsrechten oder Gemeindegutnutzungsrechten die daraus Berechtigten“ (§19 Abs. 2 Z 3 ForstG 1975 i.d.g.F.),
- Eigentümer der nachbarlich angrenzenden Grundstücke,
- Grundbuchauszug, nicht älter als 3 Monate und
- Lageskizze, in einem geeigneten Maßstab, aus der die zur Rodung beantragte Fläche eindeutig hervorgeht.

Der § 19 geht näher auf die Parteien im Rodungsverfahren ein. Aus ihm ergeben sich folgende Parteien:

- die Antragsberechtigten im Sinne §19 Abs. 1,
- an der zur Rodung beantragten Waldfläche dinglich Berechtigte,
- Bergbauberechtigte, soweit diese auf der zur Rodung beantragten Waldfläche zum Aufsuchen und Gewinnen bergfreier und bundeseigener mineralischer Rohstoffe befugt sind,
- der Eigentümer und der dinglich Berechtigte der angrenzenden Waldflächen und
- das zuständige Militärkommando, sofern die Waldflächen der Landesverteidigung dienlich sind

Anzuhören ist weiters die Gemeinde, in der die Waldfläche liegt, zur Wahrung ihrer örtlichen öffentlichen Interesse, ebenso Behörden, welche zur Wahrung sonstiger öffentlicher Interessen befugt sind.

In der Rodungsbestimmung können auch Nebenbestimmungen, bezüglich Bedingungen, Befristungen und Auflagen, enthalten sein. Sie dienen zur Sicherstellung, dass die Waldfläche nicht über das bewilligte Ausmaß beeinträchtigt wird.

Die Behörden im Forstgesetz sind im Regelfall gemäß § 170 Abs. 1 in erster Instanz die Bezirksverwaltungsbehörde und in zweiter Instanz der Landeshauptmann. Allerdings sieht das Forstgesetz auch Änderungen der Behördeninstanz vor. So ist zum Beispiel bei Entscheidungen über Berufungen gegen Bescheide der Bezirksverwaltungsbehörde der unabhängige Verwaltungssenat zuständig, wenn der Bescheid sich auf gewerbliche Betriebsanlagen bezieht (§ 170 Abs. 6).



## 4.1.5 Naturschutzgesetze

In Österreich existieren in allen Bundesländern eigne Landesnaturschutzgesetze. In diesen Gesetzen verpflichten sich die Länder zum Schutz und zur Pflege der Natur als Lebensgrundlage für Mensch und Tier. Es besteht Bewilligungs- oder Anzeigepflicht für Vorhaben, die in diesen Gesetzen angeführt sind.

Die Naturschutzgesetze definieren und schützen bestimmte Lebensraumtypen. Darunter fallen:

- Seen, Teiche und deren Uferbereiche. Sie gelten als Landschaftsschutzgebiete.
- Trockenrasengebiete,
- Feuchtgebiete,
- Gletschergebiete und
- Alpinregionen.

Diese Gebiete besitzen Eigenschaften, die als erhaltungswürdig angesehen werden. Solche Eigenschaften können deren Ursprünglichkeit, ihre Vielfalt an Flora und Fauna sowie die Lebensgrundlage seltener Tier- und Pflanzenarten sein.

Für jedes Naturschutzgebiet wird von der Landesregierung eine eigene Verordnung erlassen. Der Inhalt dieser Verordnung ist der zu schützende Gegenstand, der Zweck des Schutzes, eine Beschreibung der schädigenden Eingriffe und mögliche Ausnahmen sofern der Schutzzweck nicht verletzt wird. Das Gewinnen von grundeigenen mineralischen Rohstoffen ist ein schädigender Eingriff in geschütztes Gebiet somit ist eine naturschutzrechtliche Bewilligung durch die Landesregierung einzuholen.

Für das Ansuchen um eine naturschutzrechtliche Bewilligung sind folgende Unterlagen erforderlich:

- ein Grundbuchsauszug der betroffenen Grundstücke,
- Name und Anschrift aller Berechtigten (Grundbuchsauszug),
- ein Lageplan auf dem das beantragte Vorhaben dargestellt ist,
- eine technische Beschreibung des Vorhabens und
- die Zustimmung der Grundeigentümer (sofern nicht selbst Antragsteller).

Im Ansuchen selbst ist bekannt zugeben:

- Name und Anschrift des Antragstellers inklusive Erreichbarkeit durch Telefon- und/oder E-mail,
- kurze Beschreibung des Vorhabens,
- die betroffenen Grundstücke mit Bekanntgabe von Grundstücksnummer, Katastralgemeinde und Grundeigentümer,
- die Benützungart und Widmung des Grundstücks (in manchen Ansuchenformularen ist statt der Benützungart noch die alte Bezeichnung „Kulturgattung“ zu lesen!) und
- Unterschrift des Antragstellers, sowie Ort und Datum der Antragstellung.

## 4.2 Technische Beschreibung zum Gewinnungsbetriebsplan

Die technische Beschreibung zum Gewinnungsbetriebsplan gliedert sich für die ober-tägige Gewinnung grundeigener mineralischer Rohstoffe in: (Vgl. Maier 1999, S. 102-108)

1. Allgemeine Informationen
2. Beschreibung des beabsichtigten Aufschlusses, soweit diese nicht im Zusammenhang mit dem Abbau durchgeführt wird
3. Beschreibung des vorgesehenen Abbaues
4. Beschreibung des vorgesehenen Abtransportes/Abförderung der mineralischen Rohstoffe
5. Maßnahmen zur Sicherung der Oberflächennutzung nach Beendigung des Abbaues und Angaben über die vorgesehene Nutzung des Bergbaugeländes nach Einstellung der Bergbautätigkeit
6. Beilagen nach §80 Abs. 2 und §82 Abs. 2 MinroG, soweit nicht bereits durch die oben angeführten Punkte erfüllt sind.

## 4.2.1 Allgemeine Informationen

Die allgemeinen Informationen sollen die Gegebenheiten und Randbedingungen des geplanten Abbaues aufzeigen. Es sind Auskünfte über den Genehmigungswerber und dessen betriebliche Organisation zu geben. Für den Fall, dass der Genehmigungswerber mehr als eine juristische oder natürliche Person repräsentiert, sind alle daran Beteiligten zu nennen und jeweils ein aktueller Firmenbuchauszug anzuschließen. Des Weiteren ist anzuführen, welche privatrechtlichen Vereinbarungen getroffen worden sind, um diese dann, in einer Darstellung der betrieblichen Organisation ersichtlich zu machen. Aus dieser Darstellung muss hervorgehen, wer Bergbauberechtigter ist, und welche verantwortlichen Personen (Betriebsleiter, Betriebsaufseher und verantwortlicher Markscheider) für den Bergbaubetrieb vorgesehen sind. Die angesprochenen Personen sind mit Namen zu nennen.

Es ist ein Telefonnummernverzeichnis zu erstellen, in dem, im Falle eines Unfalls oder anderer unerwarteter Ereignisse, die zu alarmierenden Personen und Organisationen aufgelistet sind.

Ein besonderer Punkt in den allgemeinen Informationen ist der Planungszeitraum für die geplanten Bergbautätigkeiten. Der Beginn der Bergbautätigkeit ist auf den Monat genau anzuführen - die voraussichtliche Einstellung der Bergbautätigkeit auf ein Jahr genau.

Weiters sind über die bergrechtlichen Verhältnisse Angaben zu machen. Diese betreffen das Überlassen des Gewinnens grundeigener mineralischer Rohstoffe und die Gewinnungsberechtigungen und Speicherbewilligungen auf den Grundstücken, auf welchen der Gewinnungsbetriebsplan basiert. Es sind die Namen und Anschriften der Berechtigten und eventuelle Zustimmungserklärungen der Gewinnungs- und Speicherberechtigten anzugeben.

Die örtlichen und überörtlichen Raumordnungsfestlegungen für jenes Gebiet, das Teil des Gewinnungsbetriebsplan ist, sind aufzulisten. Es sind Auskünfte zu erteilen über (Vgl. Maier 1999, S. 103)

- die Widmungen gemäß des Flächenwidmungsplanes der jeweiligen Grundstücke (Abbaugelände oder Grünland),
- die forstliche Raumordnung (Waldentwicklungspläne, Schutz- und Bannwälder, Gefahrenzonenpläne),
- die Festlegungen des Wasserwirtschaftsplans (Wasserschongebiet, Wasserschutzgebiete, Schutzgebiete, Überschwemmungsgebiete, wasserwirtschaftli-

che Rahmenpläne und Rahmenverfügungen),

- die Naturschutz- und Nationalparkgebiete, Naturparks, Ruhegebiete,
- Bauland, das für Wohnbauten vorgesehen ist,
- erweitertes Wohngebiet, das sind Bauhoffnungsgebiete und Flächen für die zukünftige Errichtung von Wohngebäuden,
- Gebiete für welche öffentliche und soziale Einrichtungen geplant sind und
- die örtliche Infrastruktur, wie etwa Autobahnen, Schnellstrassen, Bahntrassen, Elektrizitäts-, Telekommunikations-, Gas- und Erdölleitungen.

Es sind weiters Angaben über die Bergbauanlagen für den Aufschluss und Abbau sowie über das Bergbauzubehör zu geben. Dazu sind die bestehenden und bewilligten Bergbauanlagen zu nennen und jene, die neu errichtet werden müssen. Bei einer Erweiterung des Bergbaues wird die weitere Verwendung von bestehenden Anlagen im Focus der Planung stehen. Diese sind die Betriebsgebäude, Werkstätten, Betriebstankstellen, Abstellflächen für Bergbauzubehör, Aufbereitungsanlagen und Grundwasserbrunnen. Die neuen Bergbauanlagen umfassen die Neuverlegung oder Verlängerung der Förderbandstrassen, eventuelle Querungsbauwerke und die Neuerrichtung von Brunnen und Pumpen für Sortieranlagen und Pegelmessbrunnen. Das Bergbauzubehör umfasst im wesentlichen Radlader und je nach Topografie auch Löffelbagger und Schubraupen sowie Schrapperanlage, Seilbagger, Eimerkettenbagger und Schwimmgreifer.

Den allgemeinen Informationen ist weiters eine Aufstellung der erforderlichen finanziellen Mittel für den Aufschluss und Abbau beizulegen. Ebenso ist ein Verzeichnis der Grundstücke anzuführen, welche für den Aufschluss und Abbau notwendig sind. Folgende Angaben über die Grundstücke aus den Unterlagen sind erforderlich:

- Katastral- und Ortsgemeinden,
- politischen Bezirk,
- Einlagezahl im Grundbuch,
- Grundstücksnummer und
- Name und Anschrift der Grundstückseigentümer.

## 4.2.2 Beschreibung des beabsichtigten Aufschlusses

Der Aufschluss schließt alle Tätigkeiten ein, die bis zum Beginn der eigentlichen Bergbautätigkeit realisiert werden. Dazu ist die Freilegung des Lagerstättenkörpers von Abraum in einem Abbaufeld notwendig. Der Abraum von Lockergesteinen ist gewöhnlich der Humus. Dieser muss nach bestimmten Regeln behandelt und gelagert werden. Liegt ein aufgeschlossenes Vorkommen vor, wo eine Erweiterung geplant ist, spricht man von einem Teilaufschluss.

Im Gewinnungsbetriebsplan ist zu beschreiben, welche Tätigkeiten für die Freilegung vorgesehen sind. Ebenso ist ein Zeitplan der Tätigkeiten beizulegen. Diese Aufschlussbeschreibung hat weiters folgende Informationen zu beinhalten:

- die Aufschlusslage,
- die Aufschlussart – je nach Topographie, Hangaufschluss oder Plateaufschluss,
- die Aufschlussfigur – Aufschlussanschnitt oder Aufschlussgraben,
- Art und Umfang des Abraums zur Freilegung der Lagerstätte und
- die Errichtung des Bauplatzes für das Betriebsgelände und die innerbetrieblichen Fahrstraßen.

Die Beschreibung hat genaue Angaben über die geplanten Sicherheitsmaßnahmen zu enthalten. Vor allem sind hier Gefahren für:

- Leben und Gesundheit von Personen,
- schützwürdige Güter und
- der Umwelt

zu erfassen und zu beurteilen, wie auch die geplanten Abwehrmaßnahmen und Brandschutzvorkehrungen.

Darüber hinaus ist eine Emissionsprognose durchzuführen. Es sind die Art, das Ausmaß und die Qualität der Emissionen zu ermitteln. Daraus ist eine Immissionszunahme für Wasser, Luft, Boden, Lärm und Erschütterung abzuschätzen. Falls die Grenzwerte überschritten werden, sind Emissionsminderungsmaßnahmen zu deklarieren. Es ist besonders Bedacht auf die Staub- und Lärmemissionen, Gewässerbeeinträchtigungen sowie eventuelle Gerüche und Abgase zu nehmen. Die Staubemissionen sind qualitativ und quantitativ zu beurteilen. Eventuelle festgestellte, gesundheits-

schädliche Stäube(Feinstaub) sind gesondert zu behandeln und geeignete Minderungsmaßnahmen nach dem Stand der Technik anzuführen.

Die Lärmemissionen werden durch die eingesetzten Gewinnungsmaschinen verursacht. Die Minimierung der Lärmentwicklung erfordert den Einsatz von schallgedämpften Fahrzeugen nach dem letzten Stand der Technik. Auch die Errichtung von Schutzwällen aus Abraummaterial zwischen Abbau und Wohngebiet, wobei die Längsachse der Wälle frontal zu den Wohngebieten auszurichten ist, bietet sich an. Eine Bepflanzung mit rasch wachsenden Bäumen (wie Pappel und Ahorn) an den Tagebaurändern ist ebenfalls empfehlenswert.

Die Maßnahmen zum Schutz der Oberfläche sind ein wichtiger Bestandteil der Beschreibung. Es ist ersichtlich zu machen, welche Flächen zu welchem Zeitpunkt und zu welchem Zweck freigelegt werden müssen. Mit dem Umgang der Oberfläche ist stets sparsam und schonend umzugehen. Es sind auch die Maßnahmen zum Schutz der Nachbargrundstücke genau anzuführen. Dazu sind eventuell Sicherheitsabstände einzuführen und einzuhalten.

### **4.2.3 Beschreibung des vorgesehenen Abbaues**

Eine Übersichtsdarstellung des Tagebauzuschnitts ist anzufertigen. Aus dieser Darstellung ist die Art, die Anordnung, die Lage und Bewegungsrichtung der Abbau- punkte ersichtlich zu machen. Besonders hervorzuheben ist die Art des Abbaues, ob es sich um eine Trocken- oder Nassbaggerung handelt. Abhängig davon ist mit verschiedenen behördlichen Auflagen zu rechnen.

Das Abbauverfahren ist zu erklären. Es ist die Einteilung des Abbaugebiets in Ab- bauabschnitte und diese wieder in Abbaufelder zu beschreiben. Die Anordnung die- ser Einteilung bezieht sich auf natürliche Gegebenheiten, wie Sicherheitsabstände, Lage von Leitungen, betriebsbedingt logistische Zwänge und lärm- und staubemis- sionstechnische Erfordernisse. Weiters ist die Verhiebsrichtung (strossenartig oder flächenartig) und Abbaurichtung(Parallel-, Schwenk- oder Weitungsabbau) darzule- gen.

Die Durchführung des Abbaues ist zu erläutern. In der Beschreibung muss das Lö- sen und Freisetzen des mineralischen Rohstoffs erklärt werden. Die Ladearbeit, ob mit LKW, Radlader oder Förderbändern ist klar darzustellen, weiters sind die besonderen Merkmale des Abbaus zu beschreiben. Spezielles Augenmerk ist auf die Anzahl der Strossen, die Strossenbreite, die Böschungen und Abbauscheiben zu legen. Es muss ebenfalls ersichtlich sein, ob es sich um einen durchgehen-

den(ganzjährigen) oder einen interimistischen Abbau(nur in bestimmten Monaten) handelt. Dem anzuschließen ist die geplante tägliche Arbeitszeit. Hier kann unterschieden werden, ob der Abbau ganztätig, nur zu bestimmten Stunden, an Werktagen oder gegebenenfalls auch am Wochenende stattfindet.

Im Gewinnungsbetriebsplan muss die Fördermenge im Planungszeitraum angegeben sein. Neben diesen Angaben sind auch Informationen über die Lagerstättenvorräte, mit dem Abbaufahren verbundene Lagerstättenverluste und mögliche Restvorräte, die aus technischen Gründen erst zu einem späteren Zeitpunkt abgebaut werden können, anzuführen.

Die Sicherheitsmaßnahmen sind eingehender zu erklären. Es ist Bezug zu nehmen auf

- Absperrungen und Sicherheitsabstände zu anderen Nutzungen,
- Sicherheitsabstände zu dem Grundwasserkörper (Trockenbaggerung) und Leitungen,
- Hinweistafeln auf das Bergbaugesamt,
- Richtlinien für die Mitarbeiter für das Beladen, den Transport und das Aufstellen der Maschinen,
- Gefahrenzonen bei Förderbändern und
- Standsicherheit von Böschungen.

Die Absperrungen dienen der Verhinderung des Zutritts unbefugter Personen auf das Bergbaugesamt. Sie bestehen meist aus aufgeschütteten Erdwällen und aus dem abgeschobenen Mutterboden. Eine andere Möglichkeit bietet das Stehenlassen eines ausreichend breiten Waldstreifens. Eine abschirmende Wirkung kann durch Pflanzen erzielt werden. Diese Pflanzen sind dornige Gehölze, wie etwa aus Sanddorn, Weißdorn, Brombeere, Holunder, Ahorn und Robinien. Weiters sind laut Bergpolizeiverordnung Tafeln aufzustellen, aus denen der Betreiber, Verbote und der Hinweis auf das Bergbaugesamt ersichtlich sind.

Bei der Trockenbaggerung ist es ratsam sich an Amtssachverständige(ASV) und das wasserwirtschaftliche Planungsorgan(WPO) zu wenden, um den minimal erforderlichen Abstand zum Grundwasserkörper zu erfahren. Er ist abhängig von dem regionalen Raumordnungsprogramm und wird im Allgemeinen mit 1 bis 2 Metern über dem Niveau des höchsten Grundwasserspiegels(HGW) angegeben.

Den Mitarbeitern sind Richtlinien für den täglichen und gefahrlosen Umgang mit

ihren Arbeitsgeräten mitzuteilen. Die Richtlinien haben Informationen über das Beladen, den Transport und das Aufstellen der Maschinen zu enthalten. So hat das Beladen von Fahrzeugen nur auf festem, ebenem Untergrund zu erfolgen, um das Einsinken oder Kippen der Fahrzeuge zu verhindern. Die Förderbänder samt ihrem Auf- und Übergabestellen sind einzuhausen. Auf der gesamten Länge des Förderbandes sind Nothalteeinrichtungen, wie Reißleine und Notstoppschalter anzubringen, welche im Notfall die Förderbandanlage zum Stillstand bringen. Ebenfalls ist dafür zu sorgen, dass das Förderband nicht überfüllt werden kann oder unbemerkt anfährt. Dazu wird beim Anfahren des Förderbands ein akustisches Anfahrtsignal gut hörbar über die gesamte Anlage gegeben. Bei einem überfüllten Förderband sorgt eine Überfüllsicherung (Echolot oder Schranken in bestimmter Höhe über dem Band) dafür, dass das Förderband zum Stillstand kommt.

Gemäß §80 Abs. 2 Z 11 des Mineralrohstoffgesetzes ist eine Emissionsprognose für Lärm und den Luftschadstoff Staub durchzuführen und dem Genehmigungsan-suchen des Gewinnungsbetriebsplans beizulegen. Diese Prognose bezieht sich neben der Lärm- und Staubemissionen auch auf die Beurteilung der Gesamtmission. Die Gesamtmission bezieht sich auf Gewässer, Luft, Mensch und Boden aber auch Erschütterungen, Gerüche und Abgase sind zu erwähnen. Bei den Staubemissionen ist eine quantitative und qualitative Beurteilung durchzuführen unter besonderer Berücksichtigung von gesundheitsschädlichen Stäuben wie PM<sub>2.5</sub> (Partikeldurchmesser < 2.5 µm) und PM<sub>10</sub> (Partikeldurchmesser < 10 µm). Für eine Prognose sind Unterlagen der amerikanischen Environmental Protection Agency (EPA auf [www.epa.gov](http://www.epa.gov)) und des Vereins Deutscher Ingenieure (VDI auf [www.vdi.de](http://www.vdi.de)) anzuwenden. Die Unterlagen der EPA sind frei zugänglich, die des VDI nur käuflich zu erwerben. Dennoch sind beide Unterlagen für eine Prognose zu benützen, da in einem Vergleich (Vgl. BMWA 1999, S. 50 f) die Werte des VDI um das Vierfache über denen der EPA liegen. Aus diesem Grund ist es wichtig anzugeben, welche Quellen der Berechnung zugrunde gelegt werden.

Für die Lärmemissionen sind der Nahfeldpegel der eingesetzten Gewinnungs- und Transportmaschinen verantwortlich. Durch den Einsatz von lärmarmen Lastkraftwagen ist eine Lärmreduktion möglich und durch die Forderung nach dem Stand der Technik im Mineralrohstoffgesetz auch gesetzlich verbindlich. Bei Förderbändern ist eine Begrenzung der immissionswirksamen Schalleistung möglich. Ebenso lässt sich die Schallemission durch die Abbauführung und Abbautechnik erheblich reduzieren. Der Abbau mit dem Radlader ist stets auf einem niedrigeren Niveau zu führen, sodaß die Böschungskante als Schutzkante fungiert und so die Emission auf Ortschaften abschirmt. Diese Böschungskante ist während des gesamten Abbaues so zu führen, dass sie dem schutzwürdigen Gut zustrebt und so eine Abschirmung



gewährleistet. Ein zusätzlich bewachsener Erdwall unterstützt die Abschirmung und Einsehbarkeit gegenüber dem schutzwürdigen Gut.

Es ist für einen sparsamen Umgang mit der Oberfläche zu sorgen. So ist für jede offene Fläche ihre Größe und ihre betriebliche Notwendigkeit anzuführen. Ebenso ist der Schutz der Nachbargrundstücke zu gewährleisten, indem die Entfernung vom Abbau, Sicherheitsabstände oder standsichere Böschungen vorgesehen werden.

Die Planung der Abraumwirtschaft ist ein weiterer Punkt in der technischen Beschreibung des Gewinnungsbetriebsplanes. Der Abraum ist jenes Material, das aufgrund seiner Eigenschaften nicht für das Endprodukt verwendet werden kann. Dazu zählen die Überlagerung der Lagerstätte und die, je nach Abhängigkeit der Produktpalette des jeweiligen Bergbaues, Aufbereitungsrückstände (z.B. Schlammmaterial). Der Abraum findet Verwendung für die Geländemodellierung und für die Errichtung von Erdwällen. Von besonderem Interesse sind die Abraumkubaturen. Diese leiten sich aus den geologischen Profilen ab. Es ist ratsam nur Teile der Lagerstätte freizulegen, die für eine bestimmte Abbauperiode notwendig sind. So ist es möglich, den Abraum der offenen Fläche in eine bereits abgebaute Fläche einzubringen und damit erste Rekultivierungs- oder Renaturierungsprozesse zu initiieren.

#### **4.2.4 Beschreibung des vorgesehenen**

##### **Abtransportes/Abförderung der mineralischen Rohstoffe**

Es ist der inner- und außerbetriebliche Transport des Rohstoffes und des Endproduktes zu beschreiben und graphisch darzustellen. Die innerbetrieblichen Transportwege vom Abbau bis zur Aufbereitung, Verhaldung und Verladung sind mit den entsprechenden Transportmitteln anzugeben. Für das außerbetriebliche Verkehrskonzept sind mit den betroffenen Gemeinden folgende Punkte abzustimmen:

- die Routenwahl,
- die Transportgewichte,
- die Transportzeiten an Werktagen,
- LKW-Fuhren pro Zeiteinheit(meistens pro Stunde),
- die Höchstgeschwindigkeiten für Lastkraftwagen,
- Gewichtsbeschränkungen bei Brücken,
- Höhenangaben bei Unterführungen,

- Prognose des Verkehrsaufkommens und der zusätzlichen Lärm- und Staubbelastungen

Für die Prognose des Verkehrsaufkommens ist ein Ist-Zustand der Verkehrssituation, aufgeschlüsselt nach Personenkraftwagen und Lastkraftwagen, vor dem Abbau zu erstellen. Die Verkehrsdaten für den Ist-Zustand können bei der Landesregierung erhoben werden. Zusätzlich zu der Verkehrszusammensetzung kann aus den Unfallaufzeichnungen(Unfallhäufigkeitsstellen) des Kuratoriums für Verkehrssicherheit und Beobachtungen vor Ort, der Verkehrsablaufes und die Leistungsfähigkeit der Routen beurteilt werden. Diese Daten bilden die Grundlage für die Prognose und die daraus resultierende Routenwahl.

#### **4.2.5 Maßnahmen zur Sicherheit der Oberflächennutzung nach Beendigung des Abbaues und Angaben über die vorgesehene Nutzung des Bergbaugeländes nach Einstellung der Bergbautätigkeit**

Generell ist darauf zu achten, dass die Angaben über die Nachnutzung des Bergbaubereiches im Gewinnungsbetriebsplan auch für den Abschlussbetriebsplan gültig sind. Da zwischen Gewinnungsbetriebsplan und Abschlussbetriebsplan eine lange Zeitspanne liegt(mehrere Jahre bis Jahrzehnte), sind Angaben über die beabsichtigten Schließungsmaßnahmen nur sehr schwer zu treffen. Jedoch sind Fragen über die Wiederherstellung des früheren Zustandes oder eine andere Möglichkeit der Wiedernutzbarmachung des Bergbaubereiches schon während der Planungstätigkeiten zu lösen. Weiters ist zu klären, ob eine Rekultivierung oder eine Renaturierung durchgeführt wird. Von großer Bedeutung ist die Herstellung standsicherer Böschungen. Die Standsicherheit ist durch geotechnische Gutachter nachzuweisen. Es sind weiters Schutzmaßnahmen für die Reinhaltung der Gewässer vorzusehen und die Mindestabstände zum Grundwasserspiegel sicherzustellen. Die Bergbauanlagen sind, abhängig vom jeweiligen Folgenutzungskonzept, abzutragen, zu entfernen oder sicher zu verwahren. Während der Abbautätigkeit sind Sicherstellungen für die Schließungsmaßnahmen vorzusehen.

#### **4.2.6 Beilagen nach § 80 Abs. 2 und § 82 Abs. 2 MinroG, soweit nicht bereits erfüllt**

In den Beilagen sind Unterlagen über die Angaben von Art und Umfang der Erschließung beizufügen. Weiters ist bekannt zu geben, um welchen mineralischen Rohstoff es sich handelt und wie die Lagerstättengrenzen festgestellt wurden. Zu den Beilagen ist ein aktueller Grundbuchauszug und ein Firmenbuchauszug beizulegen. Es ist weiters ein Lageplan in dreifacher Ausfertigung im System der Landesvermessung anzufertigen. Dieser stellt die beanspruchten Grundstücke, Grundstücksteile und die Katastralgemeinden dar. Zudem ist eine Liste der Eckpunktkoordinaten der Grundstücke auf zwei Dezimalstellen, sowie deren Flächeninhalt in Quadratmetern, im Plan darzustellen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit ist auf einem weiteren Lageplan festzuhalten:

- der Aufschluss und die Abbauabschnitte innerhalb der Grundstücke,
- die Maßnahmen zum Schutz der Oberflächennutzung nach Beendigung der Bergbautätigkeit,
- Überlegungen zur Abraumwirtschaft und
- Darstellungen der Böschungen, Plateauflächen und Bermen.

Zu den Beilagen zählen Unterlagen zur Glaubhaftmachung der Bergbauanlagen und des Bergbauzubehörs. Weiters sind Sachverständigengutachten über die Einhaltung der Immissionsgrenzwerte für Lärm und Staub auf den vom Bergbaugebiet eingenommenen Grundstücken durchzuführen und die Ergebnisse anzuführen. Eine weitere Beilage ist die Zustimmungserklärung der Standortgemeinde, wenn innerhalb von 300 Metern auf einer, im Flächenwidmungsplan als Grünland gewidmeten Fläche ein Abbau beabsichtigt wird.

### **4.3 Übersicht der wichtigsten Bewilligungen und Genehmigungen**

In den folgenden Tabellen wird veranschaulicht welche Unterlagen bei der Behörde einzureichen sind. Es wird davon ausgegangen, dass die Zuständigkeit der Behörde für das Vorhaben geklärt ist.

Folgende Abkürzungen würden verwendet:

MinroG . . . Mineralrohstoffgesetz 1999 i.d.g.F.

UVP-G . . . Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000 i.d.g.F.

ForstG . . . Forstgesetz 1975 i.d.g.F.

WRG . . . Wasserrechtsgesetz 1959 i.d.g.F.

UVE . . . Umweltverträglichkeitserklärung

<b>BEZIRKSVERWALTUNGSBEHÖRDE (als I. INSTANZ)</b>			
<b>Bewilligung/ Genehmigung</b>	<b>Pläne/ techn. Beschreibung</b>	<b>gesetz. Grundlage</b>	<b>Anmerkung</b>
Gewinnungsbetriebsplan	Abbauplan Rekultivierungsplan	§ 80 Abs. 2 Z 2 MinroG	
	Lageplan	§ 80 Abs. 2 Z 5 MinroG	Markscheideverordnung, Eckpunkte auflisten
	Übersichtskarte	§ 82 MinroG	Kataster, 300m- Abstand
	Geol.-lagerstk. Beschr.	§ 80 Abs 2 Z 1 MinroG	externer Gutachter; Hydrogeologie ÖN G 1020-2
	Verkehrskonzept	§ 80 Abs. 2 Z 10 MinroG	Verkehrsgrundsätze der Gemeinde Konzept ist verbindlich
Rodungsbewilligung	Lageplan (Lageskizze)	§ 19 Abs. 2 ForstG	Rodungsantrag bei Behörde als PDF
wasserrechtliche Bewilligung	Antrag Übersichtskarten Lagepläne	§ 103 WRG	Anfrage der Behörde um genauen Umfang der Unterlagen festzulegen
naturschutzrechtliche Bewilligung	Übersichtskarte Lageplan	Landesnaturchutzgesetz	

Tabelle 1: Bewilligungen bei Bezirksverwaltungsbehörde

<b>LANDESHAUPTMANN (als I. INSTANZ)</b>			
<b>Bewilligung/ Genehmigung</b>	<b>Pläne/ techn. Beschreibung</b>	<b>gesetz. Grundlage</b>	<b>Anmerkung</b>
Gewinnungsbetriebsplan	Umweltverträglichkeitsklärung	Anhang 1, Z 25 UVP-G	Bei UVP-Pflicht ist eine UVE auszuarbeiten und vorzulegen; Umweltbundesamt: Checkliste: BE127.pdf Leitfaden: Bergbau_Leitfaden.pdf
Rodungsbewilligung	Umweltverträglichkeitsklärung	Anhang 1, Z 46 UVP-G	Bei UVP-Pflicht

Tabelle 2: Bewilligungen beim Landeshauptmann

# **5 Die Markscheideraufgaben im Zuge der Gewinnung**

Die Aufgaben des Markscheiders während der Gewinnungstätigkeiten sind vielfältig. Neben den Nachtragsmessungen für das Bergbaukartenwerk, führt der Markscheider auch Kontroll- und Überwachungsmessungen durch. Ebenso ist er zuständig für die Einhaltung der behördlichen Auflagen, sowie für die Erstellung und Beachtung der labortechnischen Untersuchungen und Gutachten.

## **5.1 Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit über Vermessungen beim Bergbau, das Bergbaukartenwerk und die Erfassung von Bodenbewegungen (Markscheideverordnung 2001)**

Der Inhalt der Markscheideverordnung bezieht sich auf die Vermessung und die Erstellung von Kartenmaterial für die im Mineralrohstoffgesetz geforderten graphischen Darstellungen.

Grundsätzlich gilt, dass jede markscheiderische Vermessung an das System der Landesvermessung angeschlossen werden muss (§ 3). Das System der Landesvermessung beruht auf 3 Meridianstreifen der Gauß-Krüger-Projektion. Die 3 Streifen tragen die Bezeichnung des mittleren Meridians jedes Streifens: 28, 31 und 34 Grad östlich von Ferro. In jeder Darstellung sind zur eindeutigen Identifizierung der Punktkoordinaten die Meridianstreifen deutlich anzuführen. Üblicherweise wird der Meridianstreifen im Nordpfeil integriert dargestellt. Die Höhenangaben beziehen sich auf die Höhe über dem Mittelwasserstand der Adria in Triest (H.ü.A).

Jede Vermessung ist zu dokumentieren und in Aufnahme- und Berechnungsheften

zu vermerken. Für die Dokumentation von Messungen sind Ort, Zweck, Datum, Ausführer, verwendete Instrumente/Messgeräte, spezifische Konstanten / Korrekturen der Instrumente, Messwerte, Erläuterungen, Anschlussmessung, Abschlussmessung und Einflüsse auf das Messergebnis in einem Formular festzuhalten (§ 7). Bei digitalen Instrumenten ist ein Ausdruck der Rohdaten in das Aufnahmebuch beizulegen. Für die Berechnungen werden die eben angeführten Punkte sinngemäß übernommen. Bei der digitalen Datenverarbeitung ist der Nachvollziehbarkeit höchste Priorität zuzuordnen ebenso der Speicherung. So ist zu verhindern, dass sich Unbefugte Zugriff zu den Daten verschaffen und Änderungen unbemerkt vornehmen können. (§ 7 Markscheideverordnung 2001 i.d.g.F.)

Die Vermessungspunkte, die für die markscheiderische Vermessung verwendet werden, sind langfristig zu vermarken. Es ist weiters ein Punktverzeichnis zu führen, dessen Inhalt sich auf die Lage, Höhe und Vermarkungsart der Punkte bezieht. Die für eine Vermessung benötigten Punkte sind im Vorfeld auf ihren einwandfreien Zustand zu prüfen und zu verifizieren.

Die Genauigkeit des Polygonzuges orientiert sich an dem Zweck der Messung. Die Markscheideverordnung (§16) fordert für Punktlagegenauigkeiten von bergbaueigenen Festpunkten

- für die Bestimmung von Standpunkten:  $\pm 0.10$  m
- für die Bestimmung von anderen Festpunkten:  $\pm 0.15$  m.

Die Höhengenaugigkeit liegt bei  $\pm 0.10$  m. Diese Genauigkeitsangaben verstehen sich als absolute Obergrenze für die Vermessung. Für die Sicherung der Ergebnisse ist eine zweifache Messung oder zwei verschiedene Messmethoden in der Markscheideverordnung gefordert.

Bei der Durchführung von obertägigen Vermessungen sind geeignete markscheiderische Verfahren anzuwenden. Die Genauigkeit der Lage- und Höhenmessungen beträgt für die Vermessungen ober Tage  $\pm 0.20$  m.

Die Nachtragsfrist für Risse und Karten beträgt für Lockergesteinstagebaue drei Jahre. Es ist aber darauf zu achten, dass der Abbau nicht unbemerkt über die Grenze der genehmigten Abbaufäche hinaus betrieben wird. Dazu ist die Grenze deutlich in der Natur abzustecken und die Mitarbeiter sind auf diese Absteckung aufmerksam zu machen.

### 5.1.1 Bergbaukartenwerk, Datenbanken und bergbauliches Informationssystem

Das Bergbaukartenwerk ist die Sammlung sämtlicher Risse, Karten, Berechnungen, Protokolle und behördlichen Bescheide. Es dient unter anderem als Instrument der Abbauplanung und als Dokumentation des Bergbaubetriebes.

Die Markscheideverordnung 2001 definiert das Bergbaukartenwerk wie folgt:

**Bergbaukartenwerk:** *die Gesamtheit der Risse, Karten und Pläne eines Bergbaues samt allen zugehörigen Unterlagen wie Aufnahmebücher, Aufnahmeskizzen, Vermessungsdaten und Berechnungsprotokollen;* (§ 2 Z. 1)

Jeder Bergbauberechtigte hat ein Bergbaukartenwerk für jeden Bergbaubetrieb durch den verantwortlichen Markscheider anfertigen und nachtragen zu lassen. (§110 Min-roG) Das Bergbaukartenwerk dient als Arbeitsmittel und Dokumentationsinstrument für die Planung, Führung, Überwachung und Schließung des Bergbaus. Es ist geometrisch richtig, vollständig und deutlich auszufertigen. Der Gesetzgeber fordert die automationsunterstützte Anfertigung und Führung des Bergbaukartenwerkes.

Die wesentlichen Risse und Karten in Tagebauen (§ 42 Markscheideverordnung) sind Tagebaugrundrisse, Schnitte durch das Tagebaugelände, Bodenbewegungsrisse sowie Risse und Karten zur Sicherung der Oberflächennutzung nach der Beendigung der Bergbautätigkeit. Die Spuren der Schnitte sind in den grundrisslichen Darstellungen ersichtlich zu machen.

Für Genehmigungen sind Lagepläne, Schnitte und Fachpläne der technischen Beschreibung beizufügen. Den jeweiligen Gesetzen ist zu entnehmen, wie viele Ausfertigungen der Genehmigung angeschlossen werden müssen.

Der Tagebaugrundriss beinhaltet

- die Angaben und den Stand der Katastralmappe,
- die Grenzen der Bergbauberechtigungen und
- die Bergbauanlagen sowie die Taggegend.

Die Tagesgegenstände, die einer bergbaulichen Einwirkung ausgesetzt sind oder sein könnten, müssen ebenso in den Tagebaugrundriss eingetragen werden.

Die Schnitte durch das Tagebaugelände enthalten die Grenzen der Bergbauberechtigungen und zielen auf die Darstellung der Lagerstättenverhältnisse und auf besondere Gegebenheiten der Abbauführung ab.



Der Bodenbewegungsriss ist dann anzufertigen und zu führen, wenn Bodenverformungen auftreten oder auftreten könnten. Die Bodenverformungen sind durch markscheiderische Messungen in zeitlich festgelegten Intervallen zu kontrollieren. Es sind Lage- und Höhenmessungen durchzuführen. Daraus lassen sich die Bodenverformungen ableiten und vorausberechnen, gegebenenfalls sind Sanierungsmaßnahmen einzuleiten. Die in der Markscheideverordnung geforderte Genauigkeit der Messungen liegt bei  $\pm 0.02m$  für Lagemessungen und  $\pm 10mm/km$  bei Höhenmessungen.

Weiters sind spezielle Karten und Pläne für berührte Fachmaterien anzufertigen oder im jeweiligen Abbauplan in grund- und schnittrisslichen Darstellungen zu ergänzen. Für das Forstgesetz sind Rodungspläne und zusätzliche Lagepläne zu erstellen. Der Rodungsplan zeigt die dauernden und vorübergehenden Rodungsflächen nach Parzellen gegliedert an. In den zusätzlichen Lageplänen ist die Rodungsfläche, der neu entstandene Waldrand, aufgeforstete und in Aufforstung befindliche Flächen in eigener Farbsignatur, die Maßnahmen der Oberflächensicherung, die Verlegung von betroffenen Forstwegen und spezielle waldbauliche Maßnahmen im Sinne der Waldfunktionen zu vermerken. (Vgl. Sailer 2004, Kap.3)

Eine weitere Karte betrifft den Naturschutz. Darzustellen sind die bestehenden und betroffenen Lebensraumtypen und Einrichtungen der landschaftsbezogenen Erholung (z.Bsp. Wander- und Radwege), sowie die Oberflächengestaltung und Rekultivierung, ebenso Maßnahmen zum Biotopschutz und Landschaftsbildschutz. Für die Beurteilung von Landschaftsbild und Erholungswert der Landschaft können entsprechende Simulationen aus 3D-Geländemodellen nützlich sein. (Vgl. Sailer 2004, Kap.3)

Das Bergbaukartenwerk ist mit dem Einzug der digitalen Datenverarbeitung in den Bergbau zu einem betriebsinternen Informationssystem angewachsen. Alle für einen Bergbau relevanten Daten sind in einem geographischen Informationssystem zu erfassen, zu verwalten, zu analysieren und zu präsentieren.

Die Markscheideverordnung schreibt folgende Punkte in § 35 vor:

- automationsunterstützte Anfertigung und Führung,
- Maßstab nach der Zweckmäßigkeit wählbar,
- Koordinatenangaben im System der Landesvermessung,
- Sicherung vor unbefugtem Zugriff (Urkundencharakter),
- Dokumentation der Änderungen der Daten und

- aktuelle Risse und Karten auch bei dezentraler Speicherung.

Der Gesetzgeber fordert ausdrücklich die automationsunterstützte Verarbeitung der Daten. Somit liegt es nahe, diese digitale Datenbasis in Form von Datenbanken den betriebsinternen Prozessen zur Verfügung zu stellen. Die analoge Darstellung ist weiter Arbeitsmittel, jedoch ist deren Aktualisierung mit der EDV erheblich beschleunigt worden.

Das Kartenmaterial ist auch den Vollzugsbehörden für ihre Kontrolltätigkeiten zur Verfügung zu stellen. Es ist vorstellbar, dass die Behörde Zugriff auf einen abgesicherten Bereich der Datenbank bekommt. Dort findet sie das relevante Kartenmaterial in aktualisiertem Zustand vor und kann die Daten ohne jegliche zeitliche Einschränkung abrufen.

Hat ein Betrieb mehrere Standorte, kann auch für jeden einzelnen Betrieb das Kartenmaterial in gesicherten Bereichen der Datenbank abgelegt und von befugten Personen vor Ort abgerufen werden. Für die Anfertigung von analogen Karten oder Plänen kann der benötigte Bereich der Karten im frei wählbaren Maßstab am Drucker vor Ort ausgedruckt werden.

Ein solches Informationssystem ermöglicht dem Markscheider auch ein rationelles Immobilienmanagement. Er ist dafür verantwortlich, dass die benötigten Grundstücke für eine zukünftige Erweiterung vorhanden sind und in der Abbauplanung berücksichtigt werden können. Die Grundeigentumsverhältnisse sind zu klären und mit den betroffenen Personen sind entsprechende vertragliche Vereinbarungen zu treffen. Für die abgebauten, nicht im Eigentum des Bergbaus befindlichen Grundstücke sind die betroffenen Verträge zu erheben. Bei der Übergabe der Grundstücke nach Beendigung der Bergbautätigkeit an den Eigentümer muss der vertraglich zugesicherte Zustand hergestellt werden. Das ist meist jener Zustand, der vor dem Abbau, auf dem Grundstück anzutreffen war. Diese Informationen können in der Datenbank einmal eingegeben werden und stehen jeder befugten Person zur Verfügung. Für die bergbaueigenen Grundstücke ist nach dessen Abbau und Rekultivierung oder Renaturierung ein Käufer oder Pächter zu finden.

## **5.2 Raumordnung**

Durch die „Gemeindeverfassungsnovelle“ (BGBl 205/1962) wurde der Begriff Raumordnung als Verfassungsbegriff eingeführt. Sie gewährleistet die örtliche Raumplanung im Wirkungsbereich der Gemeinde. Für überörtliche Planung fehlt es in der

bundesstaatlichen Kompetenzverteilung an einer zusammenfassenden Stelle. (Vgl. Pilgram 2003, S. 27)

Nach einer Auffassung des Verfassungsgerichtshofes ist die komplexe raumordnerische Materie nach der bestehenden Kompetenzordnung aufzulösen. Damit wird die Zuständigkeit zu den einzelnen raumwirksamen Tätigkeiten den Zuständigkeiten der einzelnen Verwaltungsmaterien zugeteilt. In Folge dieser Auffassung (BGBl 162/1954) ist die planmäßige und vorausschauende Gesamtgestaltung eines Gebietes in Bezug auf die Raumordnung Landessache, in Gesetzgebung und Vollzug. (Vgl. Pilgram 2003, S. 26)

Der Bund und die Länder sind demnach dazu ermächtigt raumplanerische Tätigkeiten auf den Gebieten, die durch die Kompetenzverteilung der Bundesverfassung in ihre Zuständigkeit fällt, durchzuführen. Der Bund kann aber nur durch die zuständigen Ministerien raumplanerisch tätig werden. Für folgende Planungsmaßnahmen ist ausdrücklich der Bund zuständig:(Vgl. Pilgram 2003, S. 38 f)

- Eisenbahnwesen
- Schnellstraßen und Autobahn
- Bergbau
- Forstwesen,
- Wasserrecht und Denkmalschutz
- Abfallwirtschaftsplanung

Für die übrig gebliebenen Planungsmaßnahmen sind die Länder zuständig. Die Länder haben, mit in Kraft treten der Gemeindeverfassungsnovelle 1962, die Raumordnungsgesetze aufgesetzt. Darin sind wesentliche Planungsbefugnisse, Planungsziele und die Koordinierung der raumwirksamer Maßnahmen zusammengefasst. Mit den Raumordnungsgesetzen der Bundesländer wurde neben Bund und Land auch noch die örtliche Raumordnung, die 3. Ebene der Raumordnung, eingeführt.

Die meisten Raumordnungsgesetze ähneln sich dem Inhalt nach. Sie treffen im Wesentlichen folgende Ziele:(Vgl. Pilgram 2003, S. 64 f)

- Grund und Boden sparsam nutzen durch eine Senkung des Bodenverbrauchs
- Naturräumliche Ressourcen sollen eingespart und dadurch auch eine Erhaltung des Landschaftsbildes erreicht werden.
- Infrastrukturkosten sollen minimiert werden (Zersiedelung hintanhalten).

- Durch die Ordnung konkurrierender Nutzungsinteressen sollen Voraussetzungen für eine nachhaltige Entwicklung des Lebensraums geschaffen werden.

### 5.2.1 Instrumente der Raumordnung auf Landesebene

**Landesentwicklungsprogramm:** Es besteht aus dem Verordnungstext und einer graphischen Darstellung im Maßstab 1:500000. Im steirischen Landesentwicklungsprogramm sind 15 Planungsregionen (politische Bezirk) aufgelistet, sowie 7 Planungsräume (Gerichtsbezirk) eingetragen. Dazu kommen noch 12 Themenbereiche, die für landesweite Entwicklungsprogramme erstellt wurden. (Vgl. Pilgram 2003, S. 71 f)

**Regionale Entwicklungsprogramme:** Sie enthalten einen Verordnungswortlaut, die Erläuterungen und zeichnerischen Darstellungen (Regionalplan). Ein solches Programm dient zur Festsetzung von vorausschauenden Entwicklungsstrategien für alle Planungsregionen. Dazu sind drei Teilbereiche abzuklären: Wie KANN sich die Region entwickeln? (Naturraum – Infrastrukturpotentiale) Wie SOLL sich die Region entwickeln? (Vorgaben von EU – Bund – Land und sonstige sind zu berücksichtigen) Wie WILL sich die Region entwickeln? (politische Zieldefinition)

**Teilregionale Entwicklungsprogramme:** Bei Nutzungskonflikten überörtlichem Charakters sind diese zur Problemlösung erstellt worden. Meist sind diese Programme in Sachen Sand- und Kiesabbau sehr hilfreich. Durch Ersichtlichmachung von Vorrangflächen versucht man im Detail den Konflikt zu glätten. Neben den Vorrangflächen ist meist auch ein Konzept für die Folgenutzung erstellt worden, welches auf die Gesamtentwicklung des Raumes angepasst ist, wie zum Beispiel Landschaftsteiche.

### 5.2.2 Örtliche Raumplanung

Aufgrund der Raumordnungsgesetze sind die Gemeinden zur Führung folgender raumordnerischen Instrumente verpflichtet: (Vgl. Raschauer 2006, S. 362-372)

**örtliche Entwicklungskonzepte (ÖEK):** Sie setzen die raumplanerischen Ziele und Maßnahmen der Gemeinden für die nächsten 5 Jahre fest. Es stellt eine Selbstbindung der Gemeinde dar, in Niederösterreich ist es eine Verordnung und die Verantwortung trägt der Gemeinderat. Die Gemeinden können ebenso Sach-

bereichskonzepte und Gefährdungsbereiche vor allem aber Freiland und Baulandkategorien festlegen

**Flächenwidmungsplan (FWP):** Er dient der räumlichen Gliederung der Gemeinde mittels parzellenscharfer Angabe der Flächennutzung (Widmung) für in der Regel 5 Jahre. Der FWP beinhaltet Wortlaut, zeichnerische Darstellung (1:5000) und einen Erläuterungsbericht, wobei bei Widersprüchen von Zeichnung und Wortlaut der Wortlaut verbindend ist. Der Gemeinderat verordnet den FWP und er bildet damit eine Selbstbindung der Gemeinde und der Grundeigentümer.

**Bebauungsplan (BP):** Für das Bauland regelt er die 3-dimensionale Gestaltung zukünftiger Baumaßnahmen mit entsprechenden Fluchtlinien. Er unterscheidet die Baulandverteilung in Sanierungsgebiete, Aufschließungsgebiete und vollwertiges Bauland. Unter Aufschließungsgebiete versteht man mangelhaft erschlossenes Bauland oder andere öffentliche Interesse gegen Bauland zu verstehen. Bei Sanierungsgebieten sind Maßnahmen zur Vermeidung von Gefährdung oder gesundheitliche Folgen zu treffen.

### 5.2.3 Überblick über die Struktur des Raumes

(Entnommen aus: Eberhartinger-Tafill 2006, S. 36) **Supra- und internationaler Gebietsschutz**

- nach der Vogelschutzrichtlinie oder der FFH-Richtlinie ausgewiesene oder der Kommission gemeldete Schutzgebiete
- Gebiete, die Kraft unmittelbarer Geltung der Vogelschutzrichtlinie zusätzlich zu beachten sind (Important Bird Areas)
- Schutzgebiete auf Grund internationaler Übereinkommen (z.B. Ramsar – Abkommen, UNESCO-Weltkulturerbe-Konvention)
- Alpenkonvention
- Europäisches Raumentwicklungskonzept

**Raumordnung auf Grund bundesrechtlicher Vorschriften**

- Ausweisungen gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (Sanierungsgebiete sowie belastete Gebiete)
- Österreichisches Raumentwicklungskonzept

- forstrechtliche Raumordnung (Gefahrenzonenpläne, Waldentwicklungsplan)
- wasserwirtschaftliche Planungen und Festlegungen (einschließlich Gefahrenzonenweisung in Überschwemmungsgebieten)
- Verdachtsflächen, Altlasten
- Bergbaugebiete, Lagerstättenschutz
- denkmalschutzrechtliche Festlegungen

### **Überörtliche Raumordnung (Landesebene)**

- Landesentwicklungsprogramme
- Landschaftspläne
- Sachprogramme (z.B. Tourismus-, Verkehrs- und Energieversorgungskonzepte, Rohstoffpläne, Abfallwirtschaftspläne)
- Raumordnungsprogramme
- Schutzgebietsfestlegungen und Zielfestlegungen nach Natur- und Landschaftsschutzgesetzen
- sonstige Planungsmaßnahmen auf Landesebene
- Planung auf regionaler Ebene

### **örtliche Raumordnung (Gemeindeebene)**

- Landschaftspläne
- Entwicklungskonzepte
- Flächenwidmungspläne
- Bebauungspläne
- Verkehrskonzepte

## **5.2.4 Raumordnerische Konflikte**

Die Raumordnung stellt die größte Schwierigkeit für den Bergbau da. Die geologischen Lagerstätten sind in einen gewissen Raum entstanden und an ihn gebunden. Die immer größere Zersiedelung der menschlichen Lebensräume und die Ausbreitung schutzwürdiger, natürlicher Lebensräume berühren früher oder später den

Nahbereich der Lagerstätten. Durch gesetzliche Bestimmungen werden Mindestabstände zu eben diesen Lebensräumen gefordert, die den Bergbau auf kleinere Teile der Lagerstätte zurückdrängen und den vollständigen Abbau behindern bzw. verhindern.

Durch die Einführung des Mineralrohstoffgesetzes und des Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetzes sind die Kosten für Genehmigungsverfahren von Klein- und Mittelbetrieben zu einer ernsthaften wirtschaftlichen Bedrohung dieser Unternehmungen geworden. Die Schließung von Betrieben führt in weiterer Folge zu einem Versorgungsengpass von grundeigenen mineralischen Rohstoffen, da der wirtschaftliche Transport von Rohstoffmaterial sehr stark von den Frachtkosten abhängig ist. (Vgl. Tiess 2003, S. 403-410)

Die Raumordnung fordert eine nachhaltige Sicherung von Rohstoffen zu gewährleisten. Dem gegenüber stehen andere Flächennutzungen, wie etwa Grundwasserschutzgebiete, Industriegebiete, landwirtschaftliche Nutzung und Naherholungsgebiete.

In Österreich trägt man dieser Entwicklung Rechnung und versucht mit dem österreichischen Rohstoffplan *„im Vorfeld der Unternehmen Rohstoffgebiete objektiv zu identifizieren und diese nach Konfliktbereinigung und Interessensabwägung mit Natur- und Umweltschutz, dem Grundwasserschutz und anderen berechtigten Ansprüchen an den Naturraum in der Raumordnung so zu sichern, dass diese künftig widerspruchsfrei genutzt werden können“* (Weber 2007). Dieser Rohstoffplan ist in enger Zusammenarbeit mit Bundesministerium, geologischer Bundesanstalt und den Ländern entwickelt worden und deckt bis zum heutigen Tag einen Großteil des Bundesgebietes ab. (Vgl. Tiess 2003, S. 403-410)

Bei bestehenden Bergbauen kann der Markscheider, durch geschickten Kauf oder Pacht von Grundstücken sich künftige Erweiterungsflächen langfristig zusichern. Er muss darauf achten, dass gegen Umwidmungen die notwendigen Rechtsmittel frühzeitig eingeleitet werden müssen. Es ist deshalb erforderlich, dass der Markscheider in engem Kontakt mit den Behörden bleibt, um die Interessen des Bergbaues effizient vertreten zu können.

## 5.3 Grundlegende markscheiderisch-geodätische Verfahren

Es folgt eine kurze Übersicht über die gebräuchlichsten markscheiderischen Vermessungsverfahren. Die Anwendung dieser Verfahren orientiert sich an den gegebenen Punkten und dem zur Verfügung stehenden Instrumentarium. In den folgenden Unterkapiteln werden die Vermessungsarbeiten vor, während und nach dem Abbau eingehender beschrieben. Im Wesentlichen sind dies

- Verfahren der Neupunktbestimmung,
- Messverfahren zur Ermittlung der Topographie und des Lagerstätteninhaltes,
- Beweissicherungsmessungen.

Die Beweissicherungsmessung in der Nassgewinnung ist die hydrographische Vermessung, der ein eigenes Unterkapitel gewidmet ist und daher an diesem Unterkapitel nicht näher beschrieben wird. Für die Trockengewinnung gleichen die Beweissicherungsmessungen den Messverfahren zur Ermittlung der Topographie und des Lagerstätteninhaltes.

### 5.3.1 Verfahren der Neupunktbestimmung

Diese Verfahren werden für die Errichtung von temporären oder permanenten Lagefestpunkten verwendet.

#### 5.3.1.1 Polygonierung

Die Polygonierung dient zur Bestimmung neuer Lagefestpunkte und zur Überprüfung des bestehenden Lagefestpunktnetzes. Dazu werden ausgewählte Punkte nummeriert, vermarktet und mit einem Polygonzug verbunden. Für die Berechnung sind die Strecken und die Brechungswinkel zwischen den Polygonpunkten zu messen. Für die koordinative Erfassung der einzelnen Polygonpunkte sind Fernziele und Festpunkte der Landesvermessung notwendig. Ihre Lage ist bei der Grundlagenerhebung erkundet und überprüft worden.

Die Einteilung der Polygonzüge ist in der Tabelle 3 dargestellt.

Der beidseitig angeschlossene Polygonzug ist das am häufigsten angewandte Verfahren. Dazu sind mindestens 4 Lagefestpunkte notwendig, wobei 2 davon als An-



Tabelle 3: Einteilung der Polygonzüge

	Polygonzugsart	Kontrolle
1	Beidseitig angeschlossener Polygonzug	ja
2	Geschlossener Polygonzug	ja
3	Richtungsmäßig nicht an- oder nicht abgeschl. Polygonzug	nein
4	Richtungsmäßig weder an- noch abgeschl. Polygonzug	nein
5	Fliegender Polygonzug	nein
6	Einrechnungszug	nein

fangspunkt und Endpunkt fungieren und die restlichen Punkte sorgen als Fernziele für den richtungsmäßigen Anschluss. Der Anschluss- und Abschlussrichtungswinkel der gegebenen Punkte dienen zur Kontrolle des Polygonzugs. Beim geschlossenen Polygonzug (Ringpolygon) sind die Kontrollmöglichkeiten ähnlich. Die kontrollierbaren Polygonzugsarten werden zur Punktverdichtung des Polygonzugsnetzes verwendet. Auf diesem setzt die übliche markscheiderische Vermessungstätigkeit auf. Daher ist dieses Netz zu pflegen und regelmäßig zu überprüfen.

Die weiteren Polygonzugsarten sind nicht kontrollierbar. Mit ihnen lassen sich Detailvermessungen durchführen, welche an die kontrollierten Polygonzugpunkte anschließen. Es bietet sich an, andere koordinativ bekannte Punkte aus früheren Vermessungen in den Polygonzug aufzunehmen um dadurch die Kontrollmöglichkeiten zu steigern.

### 5.3.1.2 Vorwärts- und Seitwärtseinschnitt

Für den Vorwärtsschnitt sind zwei vermarkte und koordinativ bekannte Festpunkte mit Sichtverbindung notwendig. Diese dienen als Standpunkte A und B. Von den Standpunkten misst man jeweils den Horizontalwinkel zum Neupunkt und zu dem anderen Standpunkt. Die Differenz der gemessenen Richtungen ergibt in Standpunkt A den Winkel  $\alpha$  und in B den Winkel  $\beta$  (siehe Abbildung 1).

Das Dreieck ABP lässt sich mit dem Sinussatz auflösen und man erhält die Koordinaten des Neupunktes P. (Vgl. Witte 2006, S. 339 f)

Der Seitwärtsschnitt basiert ebenfalls auf zwei koordinativ bekannten Festpunkten, jedoch ist ein dieser Punkte nicht zugänglich. Wie im rechten Bild der Abbildung 1 ersichtlich ist, ist in Punkt B (Kirchturm) das Aufstellen des Theodoliten nicht möglich. Man verfährt so, dass die Horizontalwinkel vom Punkt P aus aufgenommen werden. Anstatt des Winkels  $\beta$ , berechnet man den Winkel  $\gamma$  und bestimmt die Neupunktkoordinaten wie beim Vorwärtseinschnitt.

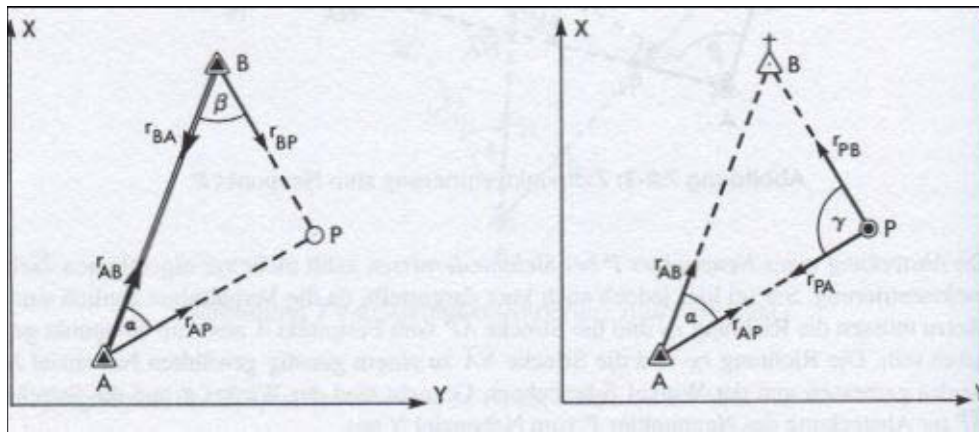


Abbildung 1: Vorwärtsschnitt (links) und Seitwärtsschnitt (rechts) (Quelle: Witte 2006)

### 5.3.1.3 Rückwärtseinschnitt

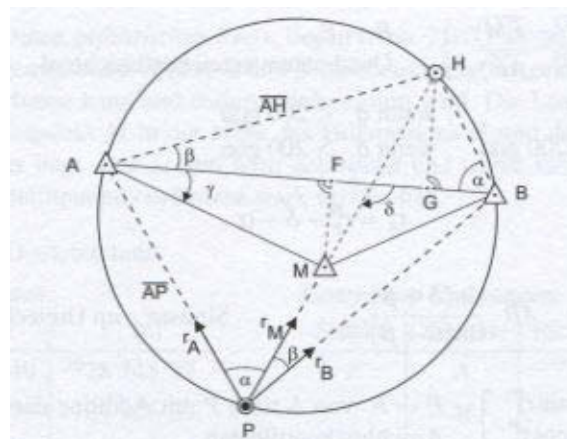


Abbildung 2: Rückwärtseinschnitt nach Collins (Quelle: Witte 2006)

Es existieren mehrere Lösungen für den Rückwärtseinschnitt, wie etwa die Lösungen nach Collins oder Cassini – hier wird das Lösungsverfahren nach Collins vorgestellt.

Es werden vom Neupunkt P aus die Richtungen zu den koordinativ bekannten Punkten A, B und M beobachtet. Aus den beobachteten Richtungen ergeben sich die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$ , wie in Abbildung 2 gezeigt. Für die Koordinaten des Neupunktes P ist ein Punkt H, der „Collins'sche Hilfspunkt“, einzuführen. Dieser liegt gemeinsam mit den Punkten A, B und dem Neupunkt P auf einem Hilfskreis. Zusätzlich liegt dieser Hilfspunkt H auf der Geraden  $\overline{PM}$ . Daraus ergibt sich für das Dreieck ABH, dass in Punkt B der Winkel  $\alpha$  gegenüber der Seite  $\overline{AH}$  liegt und im Punkt A der Winkel  $\beta$  gegenüber der Seite  $\overline{BH}$  liegt.

Für die Berechnung werden zunächst einmal die Strecken und Richtungswinkel vom

Festpunkt A aus zu den Festpunkten B und M ermittelt. Durch den Einsatz des Sinussatzes im Dreieck ABH ist mit den bekannten Größen  $\alpha$ ,  $\beta$  und der Strecke  $\overline{AB}$  die Berechnung der Seite  $\overline{AH}$  möglich. Für die Ermittlung des Winkels  $\delta$  ist ein Wechsel des Koordinatensystems durchzuführen. Man berechnet die polaren Koordinaten des Hilfspunktes H und des Festpunktes M bezogen auf die Strecke  $\overline{AB}$  mit dem Ursprung in Festpunkt A um. Mit Gleichung 5.1 lässt sich der Winkel  $\delta'$  berechnen.

$$\delta' = \arctan \frac{\overline{GH} - \overline{FM}}{\overline{AG} - \overline{AF}} \quad (5.1)$$

Für die Ermittlung des Winkels  $\delta$  ist das Quadrantenvorzeichen zu beachten, wobei gilt

$$\delta = \begin{cases} \delta' & , \text{wenn } \delta' < 200\text{gon} \\ \delta' - 200\text{gon} & , \text{wenn } \delta' > 200\text{gon} \end{cases} \quad (5.2)$$

Mit dem Winkel  $\delta$  berechnet man den Richtungswinkel von H nach P; wird von diesem Winkel der Winkel  $\alpha$  abgezogen, erhält man den Richtungswinkel von A nach P. Damit ist die Berechnung der Koordinaten des Neupunkts P durchführbar.

Dieses Verfahren liefert keine Lösung, wenn der Festpunkt M mit dem Hilfspunkt H zusammenfällt oder, wenn M in der Nähe von H zu liegen kommt. In diesen Fällen liegen die Punkte A, B, M und P auf dem „gefährlichen Kreis“ beziehungsweise in der Nähe dieses Kreises, damit ist eine Ermittlung der Neupunktkoordinaten nicht eindeutig definiert oder sehr ungenau. (Vgl. Witte 2006, S. 344 ff)

#### 5.3.1.4 Bogenschnitt

Anders als bei den vorhergehenden Verfahren, beruht der Bogenschnitt auf der Streckenmessung zu zwei koordinativ bekannten Festpunkten A und B. Dabei ist es unerheblich, ob die Strecken von den Festpunkten zum Neupunkt P oder umgekehrt bestimmt werden. Beim Bogenschnitt stellen die Festpunkte die Kreismittelpunkte dar und die Strecken die entsprechenden Radien der Kreise.

Der Richtungswinkel  $t_A^B$  und die Strecke  $\overline{AB}$  erhält man aus den Festpunkten A und B. Mit dem Kosinussatz ist es möglich den Winkel  $\alpha$  im Festpunkt A zu bestimmen. Weiters erhält man den Richtungswinkel von A nach P durch eine vorzeichenrichtige Addition des Winkels  $\alpha$ . Das Vorzeichen des Winkels  $\alpha$  ist abhängig von der Lage des Punktes P zu der Richtung A nach B. Befindet sich der Punkt P, von A aus gesehen, links von der Richtung A nach B, so ist das Vorzeichen negativ. Die Koordinaten des Neupunktes erhält man durch polares Anhängen. (Vgl. Witte 2006,

S. 348)

Die genaueste Bestimmung erhält man, wenn ein rechter Winkel im Neupunkt P entsteht. Je näher der Neupunkt der Strecke  $\overline{AB}$  kommt, desto ungenauer wird die Bestimmung. Das Verfahren liefert schließlich keine Lösung mehr, wenn der Winkel im Neupunkt  $200\text{ gon}$  beziehungsweise  $0\text{ gon}$  beträgt.

### 5.3.1.5 Freie Stationierung

Die Freie Stationierung ist ein Verfahren zur Bestimmung des Standpunktes. Dieses Verfahren überlässt dem Markscheider die Wahl, den nach den örtlichen Verhältnissen vorliegenden günstigsten Instrumentenstandpunkt für die jeweilige Vermessungsaufgabe zu bestimmen.

Voraussetzung für die Durchführung einer freien Stationierung mit Tachymeter ist die gute Sicht zu mindestens 2 signalisierten Lagefestpunkten vom frei gewählten Standpunkt aus. Für die Auswertung behilft man sich eines Feldrechners oder eines eingebetteten Anwendungsprogramms der Tachymetersoftware. (Vgl. Witte 2006, S. 182 f)

Bei der Berechnung der Standpunktkoordinaten mit Richtungen und Strecken ergeben sich 4 Unbekannte: (Vgl. Kahmen 2006, S. 274 f)

- die Koordinaten  $(x,y)$  des Standpunktes,
- Maßstabsfaktor  $q$  und
- aus der Richtungsbeobachtung eine Orientierungsunbekannte  $\varphi$ .

Nach Kahmen (Vgl. Kahmen 2006, S. 275 ff) ist die Standortbestimmung mit der Helmertrtransformation flexibler einsetzbar als mit der Ähnlichkeitstransformation. Die Helmertrtransformation hat den Vorteil, dass

- keine Näherungskordinaten zu bestimmen sind,
- keine Matrizenoperationen erforderlich sind und
- der Einsatz von leistungsschwächeren Rechnersystemen möglich ist.

Die einzige Forderung ist, dass Richtungen und Strecken zu jedem beobachteten Festpunkt gemessen werden können. Folglich ist die Festpunktauswahl und die Wahl der möglichen Standpunkte vor der Messung zu planen und zu überprüfen.

Für die Berechnung sind mindestens 2 Festpunkte erforderlich. Der Berechnung

liegt ein örtliches  $(\xi, \eta)$ -Koordinatensystem zu Grunde, dessen Ursprung der gewählte Standpunkt ist. Die  $\xi$ -Achse entspricht der Nullrichtung der Richtungsmessung (Vgl. Kahmen 2006, S. 276 f). Die Helmerttransformation erfordert identische Punkte, die bergbaueigenen Festpunkte, in beiden Koordinatensystemen. Aus den gemessenen Richtungen  $r_i$  und Strecken  $s_i$  berechnet man rechtwinklige  $(\xi, \eta)$  - Koordinaten mit

$$\xi_i = s_i \cdot \cos r_i; \quad \eta_i = s_i \cdot \sin r_i; \quad \text{für } i = 1, 2. \quad (5.3)$$

Im nächsten Schritt wird der Schwerpunkt in beiden Koordinatensystemen ermittelt:

$$x_s = \frac{[x]}{n}; \quad y_s = \frac{[y]}{n}; \quad \xi_s = \frac{[\xi]}{n}; \quad \eta_s = \frac{[\eta]}{n} \quad (5.4)$$

Die weitere Berechnung läuft über die Differenzen  $\Delta x_i, \Delta y_i, \Delta \xi_i, \Delta \eta_i$ , die sich wie folgt berechnen lassen:

$$\Delta x_i = x_i - x_s; \quad \Delta y_i = y_i - y_s; \quad \Delta \xi_i = \xi_i - \xi_s; \quad \Delta \eta_i = \eta_i - \eta_s \quad (5.5)$$

Über diese Differenzen lassen sich der Drehwinkel  $\varphi$ , der Maßstabsfaktor  $q$  und die Transformationsfaktoren  $a$  und  $o$  berechnen:

$$q \cdot \cos \varphi = \frac{([\Delta \xi \Delta x] + [\Delta \eta \Delta y])}{[\Delta \xi^2 + \Delta \eta^2]} = a; \quad q \cdot \sin \varphi = \frac{([\Delta \xi \Delta y] - [\Delta \eta \Delta x])}{[\Delta \xi^2 + \Delta \eta^2]} = o \quad (5.6)$$

Den Maßstabsfaktor ergibt sich nach

$$q = \sqrt{o^2 + a^2} \quad (5.7)$$

und den Drehwinkel  $\varphi$  nach

$$\varphi = \arctan \frac{o}{a} = \arccos \frac{a}{q}. \quad (5.8)$$

Die Koordinaten des Standpunktes erhält man aus

$$x = x_s - a \cdot \xi_s + o \cdot \eta_s; \quad y = y_s - o \cdot \xi_s - a \cdot \eta_s \quad (5.9)$$

Aus dem oben angeführten Formelapparat lässt sich aus je zwei Richtungsmessungen und Streckenmessungen der Standpunkt berechnen. Die Genauigkeit der Standpunktkoordinaten (Vgl. Kahmen 2006, S.278), die durch eine Helmerttransfor-

mation hergeleitet wurden, ist:

$$\sigma_p^2 = 2 \cdot \sigma_0^2 \left( \frac{1}{n} + \frac{y_N^2 + x_N^2}{[y_i^2 + x_i^2]} \right) = 2 \cdot \sigma_0^2 \left( \frac{1}{n} + \frac{\eta_s^2 + \xi_s^2}{[\Delta\eta^2 + \Delta\xi^2]} \right), \quad (5.10)$$

wobei

$$\sigma_0 = \sigma(r) \cdot s = \sigma(s). \quad (5.11)$$

gilt.

In den Formeln entsprechen  $\sigma(r)$  und  $\sigma(s)$  den Standardabweichungen der beobachteten Richtung  $r$  und  $s$  der gemessenen Strecke.  $y_N, x_N, y_i$  und  $x_i$  sind die Koordinaten des Neupunktes  $N$  bzw. der Festpunkte  $i$ .

### 5.3.1.6 Hansensche Aufgabe

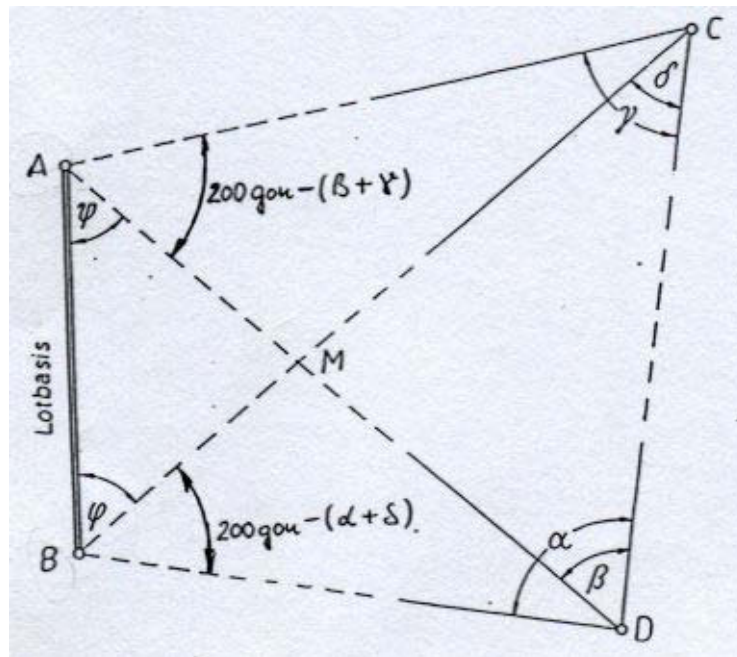


Abbildung 3: Hansensche Aufgabe (Quelle: Mayer 2000)

Die Hansensche Aufgabe ist ein Verfahren zur Bestimmung von zwei Neupunkten. Als Voraussetzung gilt, dass zwischen den Neupunkten eine Sichtverbindung bestehen muss. Mit einem Theodoliten werden die Winkel in  $C$  bzw.  $D$  zu  $A$  und  $B$  bestimmt. Daraus ergeben sich die Winkel  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  und  $\delta$  (siehe Abbildung 3). Weiters ist die Entfernung zwischen  $C$  und  $D$  zu messen. Aus diesen Winkeln und der Entfernung sind die gesuchten Winkeln  $\varphi$ ,  $\psi$  und die Strecken  $\overline{AC}$  sowie  $\overline{BD}$  bestimmbar.

Für die gesuchten Strecken gilt: (Vgl. Mayer 2000, S. 189 f)

$$\overline{BD} = \overline{CD} \cdot \frac{\sin \delta}{\sin(\alpha + \delta)} = \overline{AB} \cdot \frac{\sin \psi}{\sin(\alpha - \beta)} \quad (5.12)$$

$$\overline{AC} = \overline{CD} \cdot \frac{\sin \beta}{\sin(\beta + \gamma)} = \overline{AB} \cdot \frac{\sin \varphi}{\sin(\gamma - \delta)} \quad (5.13)$$

Durch die Einführung eines Hilfswinkels  $\mu$  entsteht folgender mathematische Zusammenhang: (Vgl. Mayer 2000, S. 190)

$$\frac{\sin \psi}{\sin \varphi} = \frac{\sin(\alpha - \beta) \cdot \sin(\beta + \gamma) \cdot \sin \delta}{\sin(\alpha + \delta) \cdot \sin(\gamma - \delta) \cdot \sin \beta} = \tan \mu \quad (5.14)$$

Aus Gleichung 5.14 sind weitere Zusammenhänge gegeben: (Vgl. Mayer 2000, S. 190)

$$\tan \mu = \frac{\sin \psi}{\sin \varphi} = \frac{\overline{BM}}{\overline{AM}} \quad (5.15)$$

$$\tan(\mu + 50^\circ) = \frac{\overline{AM} + \overline{BM}}{\overline{AM} - \overline{BM}} \quad \text{bzw.} \quad \cot(\mu + 50^\circ) = \frac{\overline{AM} - \overline{BM}}{\overline{AM} + \overline{BM}} \quad (5.16)$$

Durch Anwenden des Tangentensatzes, der Neperschen Gleichungen und der soeben oben gezeigten Zusammenhänge lässt sich folgende Beziehung aufstellen: (Vgl. Mayer 2000, S. 190)

$$\tan \frac{\delta - \psi}{2} = \frac{\overline{AM} - \overline{BM}}{\overline{AM} + \overline{BM}} \cdot \tan \frac{\delta + \psi}{2} = \tan \frac{\delta + \psi}{2} \cdot \cot(\mu + 50^\circ) \quad (5.17)$$

Aus der Abbildung 3 ist erkenntbar das für den Zusammenhang der Winkel folgendes gilt:

$$\delta + \psi = \beta + \delta \quad (5.18)$$

Es sind nun alle Bestimmungsstücke für die Berechnung der gesuchten Winkeln und Strecken gegeben, damit ist die Bestimmung der Koordinaten der Neupunkte möglich.

### 5.3.1.7 Global Positioning System (GPS)

Die Anwendung von GPS bei der markscheiderischen Vermessung beschränkt sich heutzutage meist auf die Verwendung des differenziellen GPS (DGPS). Es beruht darauf, dass mindestens 2 Empfänger synchron Satellitensignale empfangen und registrieren, wobei einer der Empfänger auf einem koordinativ bekannten Punkt stehen muss und als Referenzstation dient. Der andere Empfänger bewegt sich zu den einzumessenden Punkten.

**Eigentliche Punktbestimmung:** Die Voraussetzung für die Auswertung ist die koordinativ bekannte Referenzstation. Das Ziel der Berechnung ist die Ermittlung der Phasenmehrdeutigkeiten, die unbekannte Anzahl ganzer Phasen. Zu deren Lösung bedient man sich der Bildung von Differenzen der Phasenmessungen. Bei der Einfachdifferenz unterscheidet man die

**Empfänger-Einfachdifferenz:** Differenz der gleichzeitig beobachteten Phasenmessungen von einem Satelliten zu 2 Empfängern,

**Satelliten-Einfachdifferenz:** Differenz der gleichzeitig beobachteten Phasenmessungen von zwei Satelliten zu einem Empfänger.

Das Resultat dieser Differenzenbildung ist die Elimination des Satellitenuhrfehlers bzw. des Empfängeruhrfehlers.

Aus der Kombination der Einfachdifferenzen erhält man die Doppeldifferenzen. Die beiden Uhrenfehler sind beseitigt und die anderen Störeinflüsse werden stark reduziert. Die Doppeldifferenzen dienen in den meisten Softwarepaketen als Beobachtungsgröße. Mit der Bildung von Dreifachdifferenzen aus den Doppeldifferenzen ist eine Berechnung von Näherungskordinaten möglich. Die Lagegenauigkeit liegt über der Höhengenaugkeit

**Messverfahren:** Die Messverfahren für die Punktbestimmung mittels GPS unterscheiden sich durch ihre Beobachtungszeit und die Art der Auswertung. Die Auswertung erfolgt in Postprocessing oder in Echtzeit. Die Messergebnisse werden beim Postprocessing nach der Messung ermittelt und weiterverarbeitet. Beim Echtzeitverfahren liegen die Messergebnisse unmittelbar nach der Messung vor.

Die Messverfahren im Einzelnen sind:

- statische Messverfahren,



- kurzzeitstatische Messverfahren,
- kinematische Messverfahren und
- Stop& Go-Verfahren.

Die Empfänger verharren beim **statischen Messverfahren** auf ihren Positionen und registrieren synchron die Satellitensignale. Die Beobachtungsdauer richtet sich nach den Genauigkeitsanforderungen, den Punktabständen, der Geometrie der Satelliten und der Anzahl von Satelliten. Die Dauer liegt zwischen einer und mehrerer Stunden. Die Auswertung erfolgt im Postprocessing und die erreichbare Genauigkeit liegt bei wenigen Millimetern. (Vgl. Witte 2006, S. 371)

Die Voraussetzung für das **kurzzeitstatische Verfahren** sind Zweifrequenzempfänger und Punktabstände unter 10 km. Die Empfänger bleiben während der Messung an ihrer Position. Die Zweifrequenzempfänger finden wegen der kurzen Beobachtungsdauer von 5 bis 20 Minuten Anwendung, da sonst die Phasenmehrdeutigkeiten nicht lösbar sind. Die Genauigkeit erreicht bei günstiger Satellitengeometrie in etwa 5 mm + 1 ppm. (Vgl. Witte 2006, S. 371)

Das **kinematische Messverfahren** beruht auf der koordinativen Aufzeichnung einer räumlichen Kurve. Es wird nicht etwa ein bestimmter Punkt koordinativ bestimmt, sondern eine Kurve, die durch diesen Punkt verläuft. Am Beginn der Messung steht die Initialisierungsphase. Diese dient dazu die Phasenmehrdeutigkeit zu lösen. Die Referenzstation verharrt und registriert die Trägerphasen der Satelliten. Der zweite Empfänger bewegt sich entlang der Kurve und zeichnet in sehr kurzen Abständen ebenfalls die Trägerphasen auf. Für den Fall, dass die Verbindung mit den Satelliten abreißt ist eine erneute Initialisierungsphase einzuleiten und die Messung zu wiederholen. Die Messgenauigkeit liegt hier etwa bei 1 cm + 1 ppm. (Vgl. Witte 2006, S. 372)

Die Voraussetzung beim **Stop& Go-Verfahren** oder auch als Real-Time-Kinematic (RTK)-Verfahren bezeichnet, ist eine permanente Funkverbindung zwischen Referenzstation und bewegten Empfänger (Rover), für die Übermittlung der Korrekturdaten. Nach einer Initialisierungsphase wandert der Rover zu jedem aufzunehmenden Punkt und verweilt dort für ein paar Sekunden. Die Koordinaten der Punkte sind bereits nach der Messung verfügbar und überprüfbar. So sind Bereiche zu erkennen, die möglicherweise durch eine erneute Messung eindeutiger aufgenommen werden müssen. Es ist ebenfalls eine Genauigkeit von etwa 1 cm + 1 ppm erreichbar, welche für eine rasche Geländeaufnahme ausreichend ist.

In Österreich betreibt das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen einen kom-

merziellen Dienst namens APOS, deren Einsatzgebiet die Steigerung der Genauigkeit von GPS-Messungen ist. Der Dienst stellt eine virtuelle Referenzstation dar. Für die Datenübermittlung im Echtzeitmodus wird ein GSM-Modem eingesetzt, welches die Verbindung zu der Servicezentrale aufrecht erhält. Im Postprocessing-Modus stellt der Dienst die Rohdaten der Referenzstation zur Verfügung. Der Vorteil liegt in der Einsparung eines Empfängerinstruments, wobei der Einsatz von APOS auf seine Tauglichkeit im Vermessungsgebiet überprüft und mit den anderen Messverfahren hinsichtlich Genauigkeit sowie Wirtschaftlichkeit verglichen werden sollte.

**5.3.1.7.1 Satellitennavigation** Für die Satellitennavigation wird das amerikanische NAVSTAR-GPS (NAVigation System with Timing And Ranging – Global Positioning System) benutzt. Neben dem amerikanischen System existiert noch das russische GLONASS-System. Beide sind militärischen Ursprungs und werden auch vom Militär kontrolliert. Das europäische GALILEO-System befindet sich derzeit noch im Aufbau und wird voraussichtlich erst 2013 zu Verfügung stehen. Es ist im Gegensatz zu den anderen Systemen ein rein kommerzielles System, dass von der ESA und der Europäischen Union aufgebaut und betrieben wird. (Vgl. Kahmen 2006, S. 315-331)

Das GPS-System unterteilt sich in

- das Weltraumsegment
- das Kontrollsegment
- das Nutzersegment

Das Weltraumsegment umfasst 24 Satelliten, wobei 3 davon als Reserve fungieren. Diese 24 Satelliten umkreisen die Erde auf 6 Bahnebenen, auf denen jeweils 4 als künstliche Erdtrabanten fungieren. Die Bahnen sind annähernd kreisförmig und bilden mit dem Äquator eine Inklination von  $55^\circ$  aus. Die Satelliten befinden sich in rund 20.000 km Höhe und sind so über der Erde positioniert, dass gewährleistet wird, dass mindestens vier von ihnen gleichzeitig für die Positionsbestimmung zur Verfügung stehen. (Vgl. Kahmen 2006, S. 315 ff)

Die Messgenauigkeit liegt bei

- der Positionsbestimmung bei  $\leq 13$  m,
- der Höhenbestimmung bei  $\leq 22$  m,
- Geschwindigkeitsmessungen bei etwa 0.2 m/s

- und bei Zeitmessungen bei  $\leq 100$  ns.

Das System basiert auf einer eigenen Zeitmessung, der GPS System Zeit. Die Satellitendaten werden kontinuierlich mit einer speziellen Signalstruktur gesendet. Dabei werden 2 Signale L1 und L2 auf jeweils einer eigenen Trägerfrequenz übertragen. Die Frequenzen für L1 = 1575.42 MHz und für L2 = 1227.60 MHz setzen sich aus 154·10.23 MHz bzw 120·10.23 MHz zusammen. Die Grundfrequenz  $f_0$  von 10.23 MHz wird von einer Atomuhr abgeleitet.

Diesen beiden Signalen sind verschiedene Codes aufmoduliert. Das Signal L1 enthält den P(Precise)- und C/A(Coarse/Acquisition)-PRN(Pseudo-Range-Noise)-Code und ein Datensignal D; das L2-Signal sendet den P-Code und ein Datensignal.

Diese Codes haben spezielle Aufgaben:(Vgl. Kahmen 2006, S. 317 ff)

1. Identifikation des Satelliten - jeder Satellit hat ein festgelegtes Code-Muster, welches im Empfänger gespeichert ist und jedesmal zum Abgleichen abgerufen wird
2. Ausmessen der Laufzeit zwischen Satellit und Empfänger

Der P-Code arbeitet mit 10.23 Mbps, welche abgeleitet sind von der Grundfrequenz. Er hat eine Wiederholungsrate von 267 Tagen, wobei jeder Satellit alle 7 Tage ein anderes Teilsegment des P-Codes sendet. Durch Verschlüsselung mit einem W-Code wird der P-Code zu einem Y-Code und so nur einer eingeschränkten Nutzergruppe zugänglich gemacht.(Vgl. Kahmen 2006, S. 318)

Der C/A-Code ist ungenauer als der P-Code, hat aber eine kurze Wiederholungsrate von 1 ms, somit ist er leichter zu identifizieren und die Position wird schneller bestimmt.

Für die Benützung des P-Codes ist bereits ein auf die GPS System-Zeit abgeglicher Empfänger notwendig und dessen Antennenposition muss auf 3 - 6 km bekannt sein. Die P-Code-Empfänger verwenden den C/A-Code für die grobe Positionsbestimmung und die Zeitsynchronisierung. Weitere Daten für die genaue Position werden im Datensignal, im Hand Over Word (HOW), übermittelt. Im Datensignal sind Informationen für Ortung und Navigation enthalten, die mit einer Datenrate von 50 bps gesendet werden. Das Signal baut sich aus Blöcken zu je fünf Teilblöcken mit einer Länge von 6 s zusammen. Die Teilblöcke beinhalten je ein 30-bit Wort. Ein kompletter Block hat eine Länge von 1500 bit (50 bps · 6s · 5 Blöcke). Seine Übertragung nimmt 30 s in Anspruch und wird danach wieder aktualisiert. Die ersten drei Teilblöcke sind für die Echtzeitnavigation unumgänglich. Die beiden letzten Teilblöcke enthalten keine zeitkritischen Systeminformationen, sondern beinhalten speziel-

le Nachrichten und Almanach-Daten. (Vgl. Kahmen 2006, S. 318 f)

Der Aufbau eines Teilblocks setzt sich zusammen aus:

**Telemetrie-Wort (TLM)** - das erste Wort - ermöglicht dem Nutzer den Zugang zum Datensignal und beinhaltet Informationen der fünf Kontrollstationen

**Hand over Word (HOW)** - das zweite Wort - es übermittelt alle 6s die Zeit

**Informationen** - 3. bis 10. Wort - enthält je nach Teilblock Daten für Uhrenkorrektur, Bahndaten, Almanach, Systemzustand des Satelliten

Für die Zeitbestimmung werden Z-Counts verwendet, wobei ein Z-Count 1.5 Sekunden entsprechen und bei der Generierung des P-Codes anfallen. Die Z-Counts laufen von Sonntag bis darauffolgenden Sonntag 00:00 Uhr, also exakt 1 Woche. Nach Ablauf dieser Zeit wird der aufgelaufene Zählerstand der Z-Counts von 403199 wieder auf den Wert 0 gesetzt. Neben den Z-Counts wird auch die Wochenzeit (TOW - **T**ime **o**f **W**eek) in einem Teilblock übertragen, das reicht für eine Abgleichung mit dem P-Code. Das GPS-System registriert die Anzahl der Wochen seit Beginn der Zeitählung im Wochenzähler (WN - **W**eek **N**umber). Aus Wochenzeit, Wochenzähler und den Korrekturdaten aus dem Teilblock 1 lässt sich die exakte Systemzeit ableiten. (Vgl. Kahmen 2006, S. 319)

Dem Kontrollsegment sind folgende Aufgaben zugeteilt:(Vgl. Kahmen 2006, S. 321 f

- die fortlaufende Beobachtung und Kontrolle des Satellitensystems
- die Bestimmung der GPS-Systemzeit
- die Voraussage der Satelliten Ephemeriden und der Uhrenparameter
- die periodische Aufdatierung des Datensignals für jeden Satelliten

Es umfasst eine Hauptstation, fünf Kontrollstationen und drei Verbindungsstationen. Die Kontrollstationen sind so verteilt, dass mindestens einmal am Tag der Satellit von mehreren Kontrollstationen gleichzeitig beobachtet werden kann. Aus den gemessenen Laufzeiten kann die Hauptstation, unter Kenntnis der genauen Lage der Stationen, die Position des Satelliten und die Uhrengenauigkeit errechnet werden und die Korrekturen werden an die Satelliten übermittelt. (Vgl. Kahmen 2006, S. 321)

Das Nutzersegment ist die Satellitenempfangsanlage an der Erdoberfläche, die für militärische, private und geodätische Zwecke verwendet werden kann. Diese Empfangsanlagen unterscheiden sich in ihrer Anzahl von Kanälen und Trägern, Phasen-

vergleichsverfahren und dem Preis. Kahmen (Vgl. Kahmen 2006, S. 342) gibt einen Überblick über die Auswahlkriterien von GPS-Empfängern.

<b>Gerätetyp</b>	<b>Geodätische GPS-Empfänger</b>
Gerätecharakteristika	1, 2 oder 3 Trägerfrequenzen Codemessung, Code- und Phasenmessung GPS, GPS + GLONASS WAAS- und EGNOS Unterstützung FKP- und VRS- Betrieb
Code-differenzielle Positionsgenauigkeit	horiz.: 0.25 ... 0.5m ± 1 ... 2 ppm; vert.: 0.5 ... 1.0m ± 1 ... 2 ppm
Diff. WAAS/EGNOS	< 5m 3D-Position
Static-Messung	1.5 ... 20mm ± 1 ppm
Fast-Static Messungen	horiz.: 5mm ± 1ppm; vert.: 10mm ± 1ppm
Kinematische Messung	horiz.: 10mm ± 1ppm; vert.: 20mm ± 1ppm
Anzahl der Kanäle	8 bis 24
Aufdatierungsrate	0.5 - 10s
Antenne	integriert, extern
Art d. Datenübertragung im DGPS oder RTK Modus	UHF,VHF, GSM

Generell gilt, dass bei höherer Genauigkeit die Empfänger mit Trägern Phasenmessungen ausführen können müssen und wodurch Genauigkeiten von weniger als 2 cm erreichbar sind. Für geringere Genauigkeitsansprüche sind Empfänger zu verwenden, die Phasenvergleichsmessungen mit dem C/A-Code auf einem Träger einsetzen. (Vgl. Kahmen 2006, S. 341)

Die eigentliche Positionsbestimmung beruht auf der Auswertung der Laufzeit zwischen dem Senden und Empfangen des Signals/Codes. Aus den Laufzeiten und der Lichtgeschwindigkeit lässt sich die Entfernung von Satellit und Empfänger errechnen, die sogenannte Pseudoentfernung (pseudo ranges). Durch die zusätzlichen Informationen in den Teilblöcken lässt sich eine korrigierte Entfernung ermitteln. Für die 3D-Positionsbestimmung werden mindestens 4 Satelliten, also 4 Entfernungen, vorausgesetzt.

Der GPS-Betreiber bietet zwei Dienste an, einen Standard Positioning Service (SPS),

der auf der Code-Messung beruht, und dem Precise Positioning Service (PPS). Bei der Code-Messung wird mittels Autokorrelationsverfahren zwischen gesendetem C/A-Code und dem im Empfänger erzeugten C/A-Codemuster verglichen. Dabei wird das gesendete Signal solange verschoben bis die zwei Signale übereinstimmen. Die Verschiebung entspricht genau der Zeit, die das Signal unterwegs war, multipliziert mit der Lichtgeschwindigkeit ( $c=299792458$  m/s) erhält man die sogenannte Pseudo-Entfernung zwischen Satellit und Empfänger. Um jetzt aus der Pseudo-Entfernung die wahre Entfernung Satellit-Empfänger ermitteln zu können, sind die Korrekturdaten im Datensignal (Navigationsnachricht) in die Berechnung einzubeziehen und beschreibt dies durch folgende Beobachtungsgleichung (Vgl. Mayer 2002, S. 119)

$$R_i + \nu_i = c \cdot (T(\tau_B) - t(\tau_i)) \quad (5.19)$$

- $R_i$       gemessene Pseudo-Entfernung
- $\nu_i$       Verbesserung von  $R_i$
- $T(\tau_B)$     Zeitpunkt des Signaleingangs in Empfängerzeit
- $t(\tau_i)$     Zeitpunkt des Aussendens des Signals in Satellitenzeit

Legt man einen Empfängeruhrfehler  $\Delta T_B = \tau_B - T(\tau_B)$  und einen Satellitenuhrfehler  $\Delta t_i = \tau_i - t(\tau_i)$  fest und fügt sie in Gleichung 5.19 ein, ergibt sich (Vgl. Mayer 2002, 120 ff)

$$R_i - \nu_i = c \cdot (\tau_B - \tau_i) + c \cdot (\Delta t_i - \Delta T_B) \quad (5.20)$$

Der erste Term interpretiert die wahre Laufzeit des Satellitensignals in Metern. Sie setzt sich aus der geometrischen Distanz  $s_i$  und der atmosphärischen Laufzeitkorrektur  $\Delta_{atm}$  zusammen. Gleichung 5.19 lässt sich dann darstellen als (Vgl. Mayer 2002, S. 120)

$$R_i + \nu_i = s_i + c \cdot (\Delta t_i - \Delta T_B) + \Delta_{atm} \quad (5.21)$$

Aus der Distanz  $s_i$  leiten sich die Satellitenkoordinaten und die Koordinaten des Beobachtungsortes ab, dazu gilt (Vgl. Mayer 2002, S. 120 f)

$$s_i = |x_i(t(\tau)) - x_B|$$

Da der Satellitenuhrfehler in der Navigationsnachricht übermittelt wird und die Korrektur  $\Delta_{atm}$  theoretisch modelliert werden kann, lässt sich folgende Gleichung auf-

stellen: (Vgl. Mayer 2002, S. 120)

$$R_i + \nu_i - c \cdot \Delta t_i - \Delta_{atm} = \sqrt{[x_i(t(\tau_i)) - x_B]^2 + [y_i(t(\tau_i)) - y_B]^2 + [z_i(t(\tau_i)) - z_B]^2} - c \cdot \Delta T_B \quad (5.22)$$

Aus den 4 Unbekannten in Gleichung 5.22 (Vgl. Mayer 2002, S. 120)

- Code-Messung  $R_i$ ,
- dem Satellitenort  $x_i(t(\tau_i))$ ,
- dem gesuchten Beobachtungsort  $x_B$  und
- dem Empfängeruhrfehler  $\Delta T_B$

lässt sich mit mindestens 4 Satelliten die Position bestimmen.

Für höhere Genauigkeiten benützt man die Trägerphasenmessung. Dafür sind die ursprünglichen Trägerwellen  $L_1$  und  $L_2$  wieder zu rekonstruieren, indem der aufmodulierte PRN-Code aus dem Signal entfernt wird. Die vom Satelliten s ausgesandten Trägersignale werden mit einem im Empfänger r produzierten Referenzsignal verglichen. Es entsteht eine Schwebungswelle aufgrund der Differenz von empfangendem Signal und Referenzsignal. (Vgl. Mayer 2002, S. 121 f)

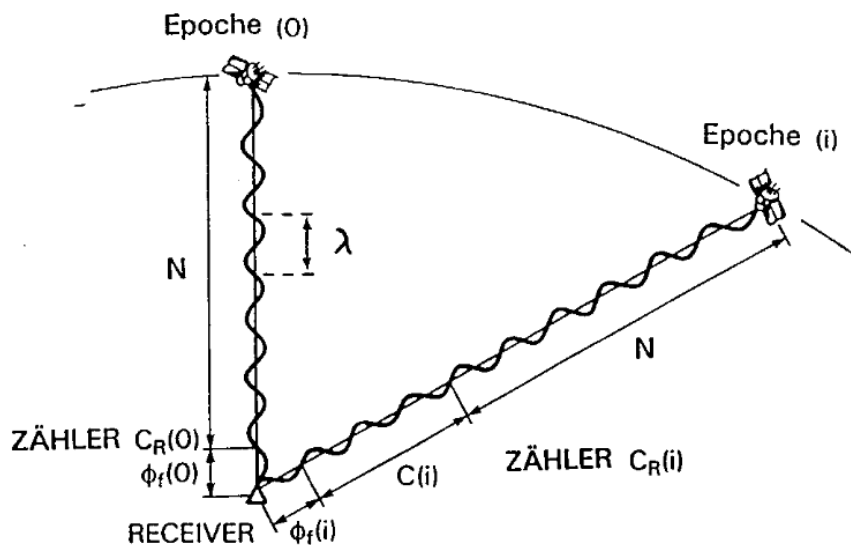


Abbildung 4: Phasenmehrdeutigkeit (Quelle: Mayer 2002)

Die in Abbildung 4 präsentierten Parameter sind

$\psi_f(0)$	Phase der Schwebungswelle	messbar/bekannt
$C_r$	der Zählerstand der Wellenlängen zu einem bestimmten Zeitpunkt	bekannt
N	gesuchte Anzahl der Wellenlängen	gesucht
$\lambda$	die Wellenlänge	bekannt

Bei der Trägerphasenmessung setzt sich die Entfernung aus der gesuchten Anzahl N von Wellenlängen und der hochgenau bestimmbar Phase der Schwebungswelle zusammen. Die Anzahl N von Wellenlängen wird auch als Phasenmehrdeutigkeit bezeichnet. Zu deren Lösung wird zu Beginn der Messung ein Zähler  $C_r$  eingeführt, der die ganzen Wellenlängen zwischen Satellit und Empfänger erfasst. (Vgl. Mayer 2002, S. 121)

Auf Basis der Beobachtungsgleichung zum Zeitpunkt  $t_i$  (Vgl. Mayer 2002, S. 131)

$$\psi_m^j(t_i) = -\frac{f}{c} \cdot \rho_m^j(t_i) - d_{trop_m}^j(t_i) + d_{ion_m}^j(t_i) + d_{rel_m}^j(t_i) + f \cdot dT_m(t_i) + f \cdot dt^j(t_i) + N_m^j + \epsilon_m^j(t_i) \quad (5.23)$$

sind darin folgende Einflüsse

$\rho_m^j$	Distanz von Satellit j zu Empfänger m
$d_{trop_m}^j$	Korrektur aufgrund der Refraktion in der Troposphäre
$d_{ion_m}^j$	Korrektur aufgrund der Refraktion in der Ionosphäre
$d_{rel_m}^j$	Korrektur der relativistischen Effekte
$dT_m$	Empfängeruhrfehler im Empfänger m
$dt^j$	Satellitenuhrfehler des satelliten j
$N_m^j$	Phasenmehrdeutigkeit
$\epsilon_m^j$	Signalrauschen
f,c	Frequenz, Lichtgeschwindigkeit (Vakuum)

berücksichtigt.

Zur Ermittlung der Entfernung stehen verschiedene Berechnungsverfahren zur Verfügung. Sie unterscheiden sich in statische und kinematische Verfahren. Beide Verfahrenstypen haben das differenzielle GPS (DGPS) als Grundlage. Es beruht auf mindestens 2 Empfängern, die simultan mindestens vier Satelliten beobachten. Einer dieser Empfänger fungiert als Referenzstation und der andere als bewegliche Einheit (Rover). (Vgl. Mayer 2002, S. 123 ff)



## 5.3.2 Messverfahren zur Ermittlung der Topographie und des Lagerstätteninhaltes

### 5.3.2.1 Tachymetrie – Geländeaufnahme

Das eingesetzte Tachymeter registriert Horizontal- und Vertikalwinkel sowie die Entfernungen zu anvisierten Punkten. Am Beginn der Messung positioniert der Vermesser das Instrument so, dass er einen guten Blick auf die aufzunehmenden Punkte bzw. Geländeformationen hat. Anschließend wird das Instrument auf dem Standpunkt horizontalisiert und die Messung beginnt mit einem Richtungsanschluss zu einem bekannten Punkt. Als Kontrolle zielt man den gleichen Punkt nach der Messung erneut an, damit eventuelle Fehleinflüsse frühzeitig erkannt und die Messung somit wiederholt werden kann. Die modernen Tachymeter bereiten die Messergebnisse bereits im Feld für eine anschließende, automationsgestützte Weiterverarbeitung auf. Die Punktnummer sollte so gewählt sein, dass aus ihr die Standpunktbezeichnung ersichtlich ist. Dadurch ist zu einem späteren Zeitpunkt der Standpunkt, von wo aus der Punkt anvisiert wurde, rekonstruierbar.

Die Wahl des Standpunktes richtet sich nach den Gegebenheiten in der Natur. Es bieten sich dem Vermesser zwei Möglichkeiten der Aufstellung. Zum einen kann ein vermarkter Polygonpunkt als Standpunkt dienen und die weiteren Polygonpunkte als Anschlussziele. Diesbezüglich sind die in Betracht kommenden Polygonpunkte zu signalisieren, indem man üblicherweise über jeden Punkt ein Stativ mit Reflektor aufstellt. Eine weitere Möglichkeit ist die freie Stationierung, die in diesem Kapitel auch beschrieben wird.

Bei der Durchführung von Tachymeteraufnahmen ist stets eine Lageskizze und ein Feldbuch für Notizen mitzuführen. Die Skizze kann ein vorhandener Lageplan sein auf dem die Änderungen eingetragen werden oder es wird eine Lageskizze angefertigt. Zusätzlich sind auf der Lageskizze folgende Informationen ersichtlich zu machen: (Vgl. Witte 2006, S. 410)

- Instrumentenstandpunkte mit Nummernbezeichnung und dazugehöriger Anschlussrichtungen,
- Geländepunkte (Reflektorstandpunkte),
- Interpolationslinien (gleichmäßige Geländeneigung),
- Grundstücksgrenzen, Fahrwege, Straßen, Gewässer,
- Böschungskanten und -füße, Geländekuppen und -mulden,

- bestehende Förderbandstrecken und Halden (Humus),
- Abbaukanten- und wände, Rampen,
- ober- und unterirdische Versorgungseinrichtungen,
- Gebäude und deren Nutzung und
- der Nordpfeil, kurze Beschreibung der Wetterlage, Angaben über das verwendete Instrument, Vermesser und Gehilfen.

Das Feldbuch wird heute oft durch die Software im Tachymeter ersetzt oder zumindest ergänzt. Durch eine geeignete Punktvergabe, wie etwa die Kombination aus Standpunktnummer und einer fortlaufenden Nummerierung, sowie einem Punktcode für die Beschreibung der Punktart, sind die wichtigsten Informationen im Instrument gespeichert. Die Zusatzinformationen werden in dem Feldbuch mit einem Bezug auf die Punktnummer festgehalten.

Das Feldbuch und die Lageskizze dienen der späteren Geländekartierung. Bei der weiterführenden Bearbeitung gestattet die Lageskizze und das Feldbuch die Kontrolle der Lagerichtigkeit der gemessenen Punkte.

### **5.3.2.2 Terrestrische Photogrammetrie**

Die terrestrische Photogrammetrie (Nahbereichsphotogrammetrie) basiert auf der Auswertung von Fotografien. Für die Auswertung ist die innere und die äußere Orientierung notwendig. Die innere Orientierung wird durch ein Messbild ermittelt und jede Kamera wird mit einem solchen Messbild kalibriert. Die äußere Orientierung liefert je drei unbekannte Drehwinkel und drei unbekannte Translationen sowie einen Maßstab. Die Lösung dieser Unbekannten erhält man durch koordinativ bekannte Passpunkte in den Abbildungen und durch Bilden eines Gleichungssystems.

Die Auswertung der Bilder erfolgt mit der Stereo- oder der Mehrbildphotogrammetrie. Die Stereophotogrammetrie entspricht dem stereoskopischen Sehen des Menschen und bedarf zweier Bilder mit dem selben Bildausschnitt sowie der selben Aufnahme- richtung.

Die Mehrbildphotogrammetrie bedient sich mehrerer Bilder mit verschiedenen Aufnahme- richtungen. Durch die Rekonstruktion des Abbildungsstrahls jedes einzelnen Punktes und durch Schneiden dieser Strahlen wird das Objekt punktweise ermittelt. Mithilfe der Passpunkte ist eine Überführung des Objekts in ein bestehendes Koordinatensystem möglich.

Die Photogrammetrie findet im Lockergesteinstagebau hauptsächlich bei der Feststellung des Abbaustandes und der Massenermittlung Anwendung. Im Festgesteinstagebau findet sie Anwendung bei der Vermessung der Bruchwand und in weiterer Folge bei der Auslegung von Sprenganlagen.

### **5.3.2.3 Laserscanning**

Beim Laserscanning wird die Oberfläche des Objekts polar und reflektorlos aufgenommen. Die Aufnahme der Punkte erfolgt flächenhaft von einem Standpunkt aus und produziert eine dreidimensionale, „unmodellerte Punktwolke“ (Witte 2006, S. 648) und aus dieser Punktwolke lassen sich die Kanten und Ecken ableiten.

Ein moderner Laserscanner nimmt durchschnittlich 10000 Punkte pro Sekunde auf. Die Reichweite des Lasers beträgt etwa 1000 m mit einer Genauigkeit von wenigen Millimetern. Um diese hohe Messgeschwindigkeit zu gewährleisten, wird der Laserstrahl durch Spiegeln, Prismen oder durch ein Spiegelpolygon abgelenkt, welche mit Schritt- oder Servomotoren gesteuert werden.

Für die Messung wird der Laserscanner frontal vor das zu scannende Objekt platziert um ein möglichst verzerrungsfreies Messergebnis zu erhalten. Je weiter die Punkte vom Aufnahmestandpunkt entfernt sind, desto verzerrter erscheint die Punktanordnung. Folglich sind für eine möglichst verzerrungsfreie Messung mehrere Standpunkte zu wählen. Durch die schräg auftreffenden Laserstrahlen oder durch die unterschiedliche Beschaffenheit der Oberfläche erfolgt eine schwächere Reflexion des Signals und damit verbunden auch eine geringere Streckenmessgenauigkeit. Der Laserscanner registriert zu jedem Messpunkt auch deren Reflexionseigenschaften, welche im Postprocessing durch eine Farbcodierung sichtbar gemacht werden kann. (Vgl. Witte 2006, S. 648 - 653)

Da bei den meisten Laserscannern eine Aufstellung über einem Festpunkt nicht möglich ist, wird mittels Passpunkte die äußere Orientierung vorgenommen. Über einen Laptop erfolgt die Steuerung des Laserscanners, wie etwa die Einstellung der Maschenweite des Punktrasters in Abhängigkeit von der Entfernung zum Objekt. Nach dem Messdurchlauf sind die Koordinaten der Messpunkte im örtlichen System des Laserscanners vorhanden. Durch die Passpunkte erfolgt eine Transformation in das System der Passpunkte und in das System der Landesvermessung. Man kann voraussetzen, dass mit einem Laserscanner die Oberfläche des Objektes dicht und relativ genau vermessen wurde. Durch entsprechenden Softwareeinsatz ist die Modellierung bzw. die Rekonstruktion der Oberfläche in relativ kurzer Zeit möglich.

### 5.3.3 Grundlagennetz

Das Grundlagennetz basiert auf dem System der Landesvermessung, welches von den Vermessungsämtern gepflegt und aktualisiert wird. Die genaue Darstellung eines Teils der Erdoberfläche erfordert eine Vermessung. Die Grundlage dieser Vermessung bilden die Höhen- und Lagefestpunkte der Landesvermessung. In dem zuständigen Vermessungsamt lassen sich folgende Informationen einholen:

- Höhenfestpunkte,
- Lagefestpunkte,
- Digitale Katastermappe,
- Digitales Höhenmodell,
- Grundstückskataster
- und Luftbilder

Es sind die amtlichen Höhen- und Lagefestpunkte in der Umgebung des Abbaugebietes zu erheben, damit man die benötigten Festpunkte für das Grundlagennetz erhält. Diese Punkte sind nach Existenz, Zustand der Vermarkung sowie mögliche Sichtbehinderungen zwischen Festpunkt und Abbaugebiet zu überprüfen. Aus dieser Prüfung lässt sich eine Liste der für eine Vermessung in Frage kommenden Höhen- und Lagefestpunkte zusammenstellen.

Das örtliche Festpunktfeld des zukünftigen Tagebaus baut auf diesen bekannten Höhen- und Lagefestpunkten der Landesvermessung auf. Das Vermessungsnetz orientiert sich an den Rändern des zukünftigen Tagebaues und stellt abhängig von den örtlichen Gegebenheiten eine ausreichende Anzahl an Höhen- und Lagefestpunkten in der Umgebung bereit. Diese Punkte müssen dauerhaft vermarktet werden, um langfristig für markscheiderische Messaufgaben zur Verfügung zu stehen. Häufig werden diese Punktvermarkungen mit betonierte Messpfeilern realisiert.

Das Vermessungsnetz wird durch Haupt- und Nebenpolygonzüge verdichtet. Die Hauptpolygonzüge schließen an die Punkte der Landesvermessung an und sind dauerhaft zu vermarken. Der Nebenpolygonzug bindet in die Hauptpolygonzüge ein und dient einer speziellen Aufgabenlösung. Die Aufgaben umspannen im Wesentlichen

- die Geländeaufnahme,
- Absteckungen und Einmessungen,

- Kontroll- und Überwachungsmessungen und
- die Dokumentation des Abbaufortschrittes.

Die Haupt- und Nebenpolygonzüge sind durch ein Präzisionsnivellement an das amtliche Höhenfestpunktfeld anzuschließen, denn diese Punkte sind die Grundlage für die zukünftige Tagebauvermessung. Über diese Punkte ist ein Verzeichnis zu führen. In diesem Verzeichnis sind für jeden Festpunkt folgende Daten in der Punktkarte festzuhalten:

- Punktname,
- Punktkoordinaten mit Hinweis auf Bestimmungsart,
- Punkthöhe ebenfalls mit Hinweis auf Bestimmungsart,
- Erstellungsdatum,
- Lageskizze mit Sperrmaßen,
- eventuell Foto, aus dem die Lage ersichtlich ist,
- Punkthinweise wie Bestimmung erfolgte (GPS, Polygonzug),
- Stabilisierungsart (Bolzen, Eisenrohr, Fernziel oder ähnliches),
- letzter Überprüfungszeitpunkt.

Die Punktkarten sind in regelmäßigen Abstand auf ihre Eignung hin zu überprüfen und zu aktualisieren. Die Existenz selten verwendeter Punkte ist zu kontrollieren und eventuell ist die Punktkarte aus dem Verzeichnis zu löschen.

## 5.4 Massenberechnung

Für den Bergbauunternehmer ist es wichtig zu wissen, wie viel Rohstoffe in der Lagerstätte noch vorrätig sind und wie lange eine wirtschaftliche Weiterführung des Bergbaues möglich ist. Diese Daten beruhen auf der Massenberechnung. Diese basiert auf den gebräuchlichen Formeln der Volumsberechnung. Für komplexere Formen ist aus Nivellements und aus Tachymeteraufnahmen der Rauminhalt zu bestimmen.

Die Volumsberechnung aus Nivellements setzt einen Lageplan mit Längen- und Querprofilen voraus. Die Profile sind an unregelmäßigen Bereichen verdichtet zu

messen und zu konstruieren, damit eine gute Näherungslösung an das tatsächliche Gelände gewährleistet werden kann. Die Näherungslösung ergibt sich nach der Trapezformel:

$$V = \frac{l}{2} \cdot (F_1 + F_2) \quad (5.24)$$

In obiger Formel ist V das Volumen zwischen der Schnittfläche  $F_1$  und der Schnittfläche  $F_2$ , deren Abstand l ist. Es wird so zwischen den einzelnen Schnittflächen das Volumen bestimmt. Das Gesamtvolumen erhält man durch Summierung aller Einzelvolumina. Der jeweilige Abstand zwischen den Schnittflächen wird entweder aus einem Plan oder direkt aus der Natur entnommen. Dieses Verfahren bietet sich an, wenn als Berechnungsgrundlage nur analoges Planmaterial vorliegt.

Die Volumsberechnung aus tachymetrischen Geländeaufnahmen basiert auf der Modellierung des Geländes mittels rechteckigem oder dreiecksförmigem Gitternetz. Häufig werden dafür Dreiecke eingesetzt, da die eingemessenen Geländepunkte gleichzeitig Gitterpunkte darstellen. Für das Volumen benötigt man einen Bezugshorizont. Dieser kann grundsätzlich frei gewählt werden; meistens wird die aktuelle Abbausohle ausgewählt. Das so entstandene dreiseitige bzw. rechteckförmige Prisma wird nach oben hin durch das modellierte Gelände begrenzt. Die für das Volumen benötigte Prismenhöhe ergibt sich aus dem arithmetischen Mittel der Prismenkantenlängen. Nachfolgend sind die Formeln für dreiseitige und rechteckförmige Prismen angeführt. (Vgl. Knufinke 1999, S. 254)

$$V_P^{Rechteck} = a \cdot b \cdot \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \Delta h_4}{4} \quad (5.25)$$

und für eine dreieckförmige Grundfläche

$$V_P^{Dreieck} = A \cdot \frac{\Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3}{3} \quad (5.26)$$

Die Fläche A bildet die Grundfläche im Bezugshorizont und die Flächenberechnung erfolgt mit den zweidimensionalen Koordinaten der Dreieckspunkte nach der Gaußschen Flächenformel:

$$A = \frac{1}{2} \cdot \sum_{i=1}^n (y_i + y_{i+1}) \cdot (x_i - x_{i+1}) \quad (5.27)$$

Das Gesamtvolumen ist die Summe aus den einzelnen Prismenvolumen.

Durch die Multiplikation mit der Dichte, die aus geologischen oder geotechnischen Untersuchungen stammt, lässt sich das Gewicht errechnen. Dieses Ergebnis wird

in der branchenüblichen Maßeinheit Tonne ausgedrückt.

Moderne, motorisierte Tachymeter können so konfiguriert werden, dass sie eine Fläche automatisch und rasterweise einmessen. Erfolgt eine Einmessung vor dem Abbau und eine nach dem Abbau kann durch eine entsprechende Software (wie AutoCad oder Surfer) das Volumen aus der Differenz der beiden Messungen berechnet werden. Diese automatisierte Vermessungsmethode ermöglicht die Dokumentation des Abbaufortschrittes. Die Messergebnisse werden im Bergbaukarten nachgetragen.

## **5.5 Absteckaufgaben**

Aus dem Kartenmaterial sind Punkte zu identifizieren, die für das abzusteckende Objekt eminent sind. Das können sowohl Gebäudeeckpunkte, Achsenverläufe oder Abbaugrenzen sein. Diese Punkte sind aus dem Kartenmaterial in die Natur zu übertragen.

Schon in der Aufsuchungsphase sind Absteckaufgaben notwendig. So sind die Bohrsatzpunkte der Probebohrungen abzustecken. Bei geophysikalischen Methoden sind die Profillinien einzumessen und die Koordinaten der Geophone zu registrieren. Diese Daten werden für die Modellierung der Schichtverläufe benötigt.

### **5.5.1 Punkte abstecken**

Für die Feldarbeit wird eine Koordinatenliste der abzusteckenden Punkte und eine Punktsskizze im Büro erstellt. Die Inhalte der Koordinatenliste werden bereits vom PC in den Tachymeter geladen. Bei der Absteckung wird auf einem geeigneten Punkt des Haupt- oder Nebenpolygonzugs aufgestellt und die Anschlussrichtung zu einem benachbarten Polygonpunkt gemessen. Bei einer abgespeicherten Koordinatenliste wird der gewünschte Punkt über seine Punktnummer abgerufen, oder es ist die manuelle Eingabe der Koordinaten des Punktes notwendig. Die Software im elektronischen Totalstation (Tachymeter) berechnet die polaren Koordinaten mit Bezug auf den aktuellen Standpunkt und die Anschlussrichtung. Nun wird das Tachymeter in die entsprechende Richtung gedreht. Die Distanz wird mit einem iterativen Verfahren gefunden, indem die aktuell gemessene Distanz mit der abzusteckenden verglichen wird. Als Kontrolle wird das Fernrohr durchgeschlagen und die Messung in Fernrohrlage 2 wiederholt. Dabei bleibt der Gehilfe mit dem Reflektor auf dem be-

reits abgesteckten Punkt stehen. Wenn Richtung und Distanz übereinstimmen, wird der Punkt mit Holzpflöck oder Stahlrohr vermarktet.

Die Voraussetzung dafür ist, dass bei der Planung des Polygonnetzes bereits auf solche Aufgaben Bedacht genommen wurde. Ansonsten ist in einer vorbereitenden Tätigkeit entweder ein eigener Polygonzug zu legen oder man behilft sich mit der freien Stationierung und berechnet für jeden Punkt separat die Richtung und Distanz im Feld.

Um die abgesteckten Achspunkte oder Grenzpunkte eindeutig auch als solche erkennen zu können, ist es notwendig, Zwischenpunkte einzufluchten. Dazu werden auf den bereits abgesteckten Punkten vertikale Fluchtstäbe aufgestellt. Um den dritten Fluchtstab einzufluchten, ist es notwendig, dass der Vermesser einige Meter vor einem Punkt steht und den Gehilfen mit dem dritten Fluchtstab einweist, bis alle drei Stäbe in einer Flucht stehen. (Vgl. Knufinke 1999, S. 319)

Nach der Absteckung aller Punkte erfolgt eine Kontrolle indem die Punkte nochmals eingemessen werden und mit den Werten in der Koordinatenliste verglichen werden. Mit einem Feldcomputer können die Absteckungen rasch kontrolliert und fehlerhafte Punkte korrigiert werden.

## 5.5.2 Höhen abstecken

Die Absteckung mit Nivellierinstrument gleicht dem eines üblichen Nivellements. Man benötigt eine Messlatte mit einem Gehilfen und ein, der Genauigkeit entsprechendes Nivellierinstrument.

Die Absteckung der Höhe wird in mehreren Schritten durchgeführt. Das Instrument wird, wie in der Abbildung ersichtlich ist, in der Mitte zwischen den Höhenbolzen R und A aufgestellt. Sodann erfolgt eine Ablesung  $r_R$  an der Latte L im Punkt R. Die Höhe der Ziellinie  $H_I$  (Instrumentenhorizont) ergibt sich aus

$$H_I = H_R + r_R. \quad (5.28)$$

Die Differenz zwischen Instrumentenhorizont und projektierte Höhe  $H_A$  ergibt jenen Lattenabschnitt  $v_A$ , der vom Instrumentenhorizont aus abgesetzt wird. Anschließend führt man eine zweite Absteckung durch, mit einem neuen Standpunkt bzw. Instrumentenhorizont. Nach einer Überprüfung der Korrektheit der beiden Absteckungen wird der Punkt  $H_A$ , wie in der Abbildung mittels Höhenbolzen, jedoch häufiger mit einem Pflöck mit Markierung vermarktet.



### **5.5.3 Böschungsneigungen abstecken**

Die Böschungsneigung im Tagebau beeinflusst die Standsicherheit der Böschung. Bei einer zu flachen Neigung ist die Böschung zwar langfristig stabil, jedoch sind die Lagerstättenverluste größer. Eine zu steile Neigung vermindert die Lagerstättenverluste, bringt aber langfristig Stabilitätsprobleme. Deshalb ist es wichtig und auch ökonomisch, aufgrund geotechnischer Untersuchungen, die Böschungsneigung zu optimieren. Bei der Absteckung ist es das Ziel, diese Böschungsneigung vom Plan in die Natur zu übertragen. Aus dem Plan ist die obere Böschungskante zu entnehmen und punktweise abzustecken. Für die Absteckung der Neigung wird ein hölzernes Lattenkreuz konstruiert, aus dem die exakte Böschungsneigung eindeutig hervorgeht.

## **5.6 Überwachungsmessungen**

Der Markscheider ist verantwortlich dafür, dass die graphischen Darstellungen (Risse, Karten) und sonstige betriebsrelevante Unterlagen (Bescheide, Abbauplanung) als solche umgesetzt werden. Da sich die Tagebausituation laufend ändert, sind durch markscheiderische Vermessungen Nachtragungen in den Bergbaukarten notwendig. Sie erzeugen gleichzeitig einen Soll-Ist-Vergleich zwischen Planung und tatsächlicher Tagebausituation. Das ermöglicht unter anderem eine Kontrolle der Böschungssysteme und des derzeitigen Abbaustandes.

### **5.6.1 Böschungen**

In Lockergesteinstagebauen auf Baurohstoffen sind Beobachtungen von Bodenbewegungen von Hängen und Böschungen, die häufigste bergschadenkundliche Aufgabe des Markscheiders.

Die Aufgabe des Markscheiders ist es, Bodenbewegungen zu registrieren. Dazu ist es erforderlich, dass er modernste Technik einsetzt, jedoch auch das Kosten/Nutzen-Verhältnis nicht außer Acht lässt. Selbstverständlich spielen Kosten keine Rolle, wenn menschliches Leben geschützt werden soll! Im Normalfall sind Böschungen zu beobachten. Die Kontrolle im Lockergesteinstagebau fokussiert sich auf den Böschungswinkel. Der Böschungswinkel ist meist in einem Verhältnis Höhenunterschied zu horizontaler Länge (H:L) angegeben. Für die Vermessung werden Profile im Einfallen der Böschung vermarktet, wobei die einzelnen Profilpunkte so vermarktet

werden, dass sie die Bodenbewegungen mitmachen können. Gleich nach der Fertigstellung der Böschung wird eine Nullmessung durchgeführt, die als Ausgangsbasis für Folgemessungen zur frühzeitigen Erkennung möglicher Punktbebewegungen dient.

Aus den Bewegungen ist zu schließen, ob sich nur eine natürliche Böschungsneigung einstellt oder die Böschung abzurutschen droht. Aufgrund von Starkregen, Frost, raschem Auftauen und Belastungsänderungen (Änderungen des Grundwasserpegels) am Kopf oder Fuß einer Böschung kommt es ebenfalls zu Bodenbewegungen. Diese Bodenbewegungen müssen in einem zeitlichen Zusammenhang gebracht werden, damit daraus die einzelnen Punktgeschwindigkeiten abgeleitet werden und graphisch/tabellarisch als Punktbebewegungskurven dargestellt werden können. Die Vermessung unterscheidet Absolut- und Relativmessungen. Es überwiegen die Absolutmessungen, also die Angabe in Koordinaten im System der Landesvermessung. Die Relativmessung findet Anwendung bei Messungen im Millimeter oder Submillimeterbereich mit Extensimetern.

Ein Vergleich der Koordinaten der aktuellen Profilmessung mit den letzten Profilmessungen lässt bei einer Abweichung der Koordinaten den Schluss zu, dass sich ein oder mehrere Referenzpunkte in Bewegung befinden könnten. Es ist aber auch möglich, dass diese Abweichungen von meteorologischen Bedingungen (Starkregeneignisse) herrühren. Die Punktbebewegung setzt sich aus einer horizontalen und einer vertikalen Komponente zusammen. Die horizontale Komponente entspricht einer Verschiebung  $V_f$  des Punktes. Sie drückt sich durch eine Lagedifferenz des Punktes bei mindestens zwei Messungen aus, hauptsächlich sind Zerrungen, aber auch Pressungen zu beobachten. Die vertikale Komponente entspricht der Höhendifferenz des Punktes bei mindestens zwei Messungen; bemerkbar durch Hebungen  $-V_z$  und Senkungen  $+V_z$  des Punktes in den Berechnungen.

Die Planung der Vermessung erfordert Kenntnisse über die Geotechnik, Geologie, Morphologie, Hydrologie, Klimafaktoren und Zeit. Die Größenordnung der Rutschungsbewegung ist grob abzuschätzen, damit die Auswahl der Referenzpunkte und die Art des Messinstrumentes (z.B. Tachymeter) getroffen werden kann. Üblicherweise wird die Standpunktbestimmung immer vom gleichen vermarkten Punkt mit freier Stationierung und Tachymetrie durchgeführt. Die Anzahl der Referenzpunkte ist möglichst groß zu wählen, da durch die Überbestimmung Ausgleichsalgorithmen die Punktgenauigkeit verbessern können. Durch eine nicht ordnungsgemäße Berücksichtigung von klimatischen Faktoren bei der Standpunktberechnung (wie Temperatur, Sonneneinstrahlung, Luftdruck, Luftfeuchtigkeit oder Stäube) kann es zu einer Verfälschung des Brechungsindex kommen. Dieser systematische Fehler kann die interne Messgenauigkeit des Instrumentes erheblich übersteigen.

Die markscheiderischen Messungen werden mit entsprechender Vermessungssoftware ausgewertet. Die Auswertung umfasst neben einer Kontrolle der Anschlusspunkte auch eine Ausgleichung der Messung. Die berechneten Punktdaten werden in ein entsprechendes Datenformat umgewandelt und in die CAD-Software importiert. Aus den Punktdaten werden die Verschiebungen und die Senkungen/Hebungen konstruiert. Daraus sind Punktbewegungskurven abzuleiten. Diese dienen der Interpretation der Messungen. Über den zeitlichen Verlauf der Punktbewegungskurve kann auf Bewegungsabläufe im Inneren der Böschung geschlossen werden und Scher- und Gleitflächen detektiert werden. Aus diesen Erkenntnissen folgern Sicherheitsmassnahmen für die Gewährleistung der Böschungstabilität.

### 5.6.1.1 Versagensmechanismen

Die Versagensmechanismen wurden dem Buch „Ingenieurgeologie - Grundlagen und Anwendung“ Kapitel 10 (Vgl. Genske 2006, S. 357-379) entnommen.

**Gleiten:** Ein Gebirgskörper gleitet entlang einer Gleitfläche ab. Wie in der Abbildung ersichtlich ist, ist diese Gleitfläche im Gebirge eine Trennfläche. In Böden bildet sich die Gleitfläche frei aus. Die Bewegung an sich findet in einem sehr kurzen Zeitfenster statt und kann die gesamte oder nur Teile der Böschung betreffen. Die maximale Böschungsneigung ergibt sich aus dem Grenzzustand. (Vgl. Genske 2006, S. 361 ff)

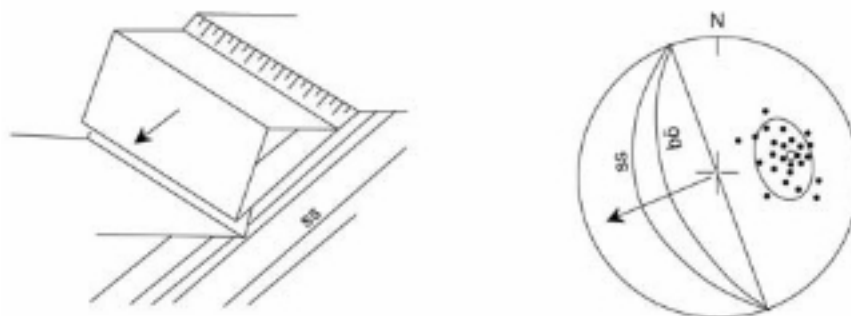


Abbildung 5: Gleiten (Quelle: Genske 2006)

**Rotieren:** Rotieren ist eine typische Versagensform von Böden. Dabei rutscht ein Gebirgskörper, wie in der Abbildung erkennbar, entlang einer kreisförmigen Gleitfläche aus dem Hang heraus. Die Gleitflächen sind meist ineinander gestaffelt und

zeigen oft ein komplexes Bild von Zugrissen, Abrisskanten, Quer- und Längsspalten, Aufpressungen und Stauchwällen. Der Versagensfall wird häufig durch eine Schwächung des Böschungsfusses ausgelöst, meist durch Abtragung oder Erosion. Eine zusätzliche Durchfeuchtung folgt bei einer Abnahme der Scherfestigkeit und beschleunigt das Versagen. (Vgl. Genske 2006, S. 365)

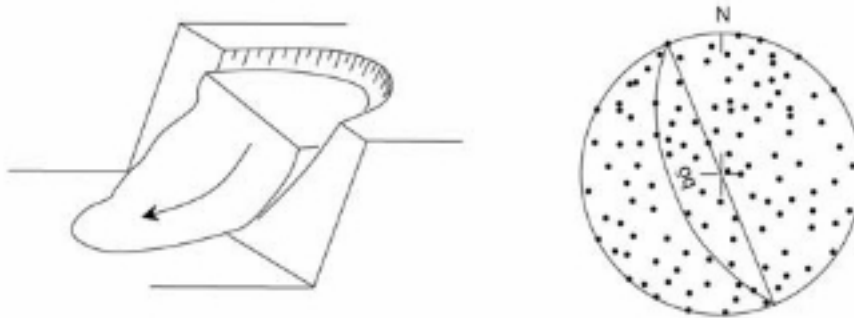


Abbildung 6: Rotationsgleiten (Quelle: Genske 2006)

**Kippen:** Dieses Phänomen tritt häufig bei steil stehenden Gebirgsmassen auf. Die Abbildung zeigt wie die Kluffkörper um einen festen Punkt nahe am Böschungsfuß rotieren. Voraussetzung dafür ist, dass sich der Kluffkörperschwerpunkt ausserhalb der Basis befindet und ein Gleiten in den Trennflächen stattfindet. (Vgl. Genske 2006, S. 366)

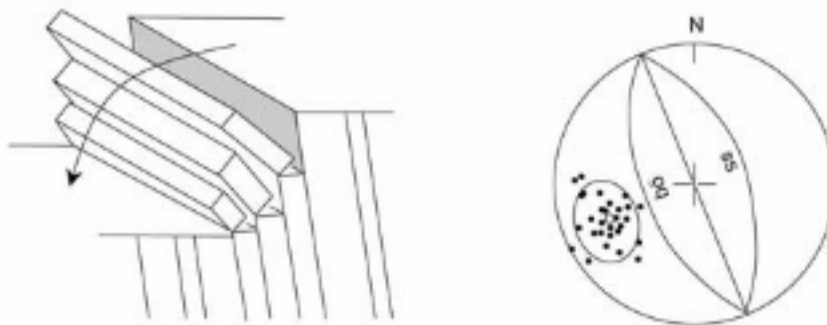


Abbildung 7: Kippen (Quelle: Genske 2006)

**Fallen:** Da das Fallen in Lockergesteinstagebauten ein seltenes Ereignis darstellt, aber zu den Versagensmechanismen zählt, ist es der Vollständigkeit halber angeführt.

Die Ursachen für das Fallen sind vielfältig; die häufigsten Auslöser sind Sprengungen, Kluftwasser- und Eisdruck, Verwitterung und Erosion. Sie bewirken ein Herauslösen von Gesteinskörpern aus dem Gebirgsverband und infolgedessen ein Herab-

stürzen dieser Gesteinskörper. Die kinetische Energie des Fallens wird beim Aufprall an einer Oberfläche in eine Eigenverformung, Zerspitterung oder in eine Bewegung des Gesteinskörpers umgewandelt (siehe Abbildung). Je nach den elastischen und geologischen Eigenschaften, der Aufprallfläche, der Fallhöhe und der Fallmasse des Gesteinskörpers kommt es zu einer rollenden oder springenden Bewegung bis die gesamte Energie aufgezehrt ist. Die Vorhersage dieser Bewegung bezüglich Sturzbahn, Reichweite und Ausbreitungsfaktor ist nur statistisch beschreibbar. (Vgl. Genske 2006, S. 368 ff)

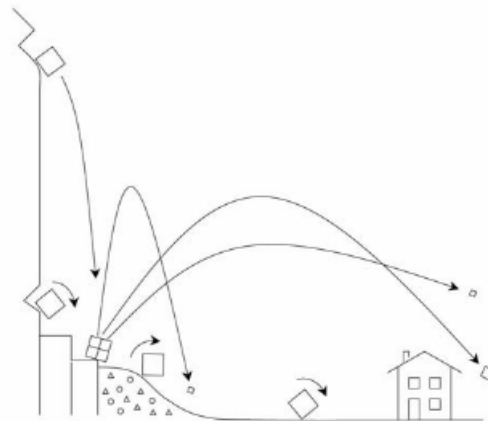


Abbildung 8: Fallen (Quelle: Genske 2006)

**Knicken und Abscheren, Fließen, Kriechen** Das Knicken wird durch das Eigengewicht steil stehender Schichten geringer Mächtigkeit und das Gewicht des überlagerten Bodens verursacht. Dabei kommt es zu einem Versagen im Fußbereich der Böschung. (Vgl. Genske 2006, S. 367)

Unter Fließen versteht man Muren und ähnliche Ereignisse, die eine strömende Bewegung des Bodens zur Folge haben. Muren treten dann auf, wenn die Bodenschichten nach Dauerregen, Starkregen oder bei der Schneeschmelze nicht mehr durch das Wurzelwerk gehalten werden können. Die Mure ist folglich ein Gemenge aus Feststoffen und Wasser. Diese Muren sind nicht nur auf alpine Gebiete beschränkt, sondern treten auch bei zu steil geschütteten Halden auf. (Vgl. Genske 2006, S. 371)

Die plastische Verformung eines Hanges wird als Kriechen bezeichnet. Die Bewegung zeichnet sich durch hangparallele Zerrungen und Pressungen, dem typischen Sichelwuchs der Bäume und der Schrägstellung von Zäunen und Masten aus. Ein weiteres Erscheinungsbild des Kriechens ist die Bewegung von großen Gesteinsblöcken auf weichen, tonigen Schichten. (Vgl. Genske 2006, S. 378)

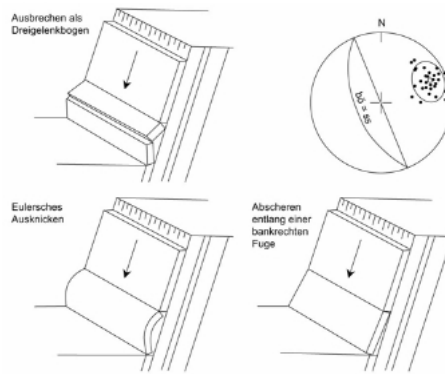


Abbildung 9: Knicken (Quelle: Genske 2006)

### 5.6.1.2 Standsicherheit von Böschungen

Die Standsicherheit der Böschungen, insbesondere der Unterwasserböschungen, ist ein grundlegender Parameter für den wirtschaftlichen Abbau von Sand und Kies. Sie beeinflusst im wesentlichen die Abbauverluste eines Abbaus auf Sand oder Kies. Je steiler die Böschungen ausgebildet werden, desto geringer sind die Abbauverluste. Die Abbildung verdeutlicht die Abbauverluste einer 10 ha großen und 20 m mächtigen Lagerstätte, je nach Böschungsneigungen zwischen 23 und 45 %.(Vgl. Richwien 2005, S. 3)

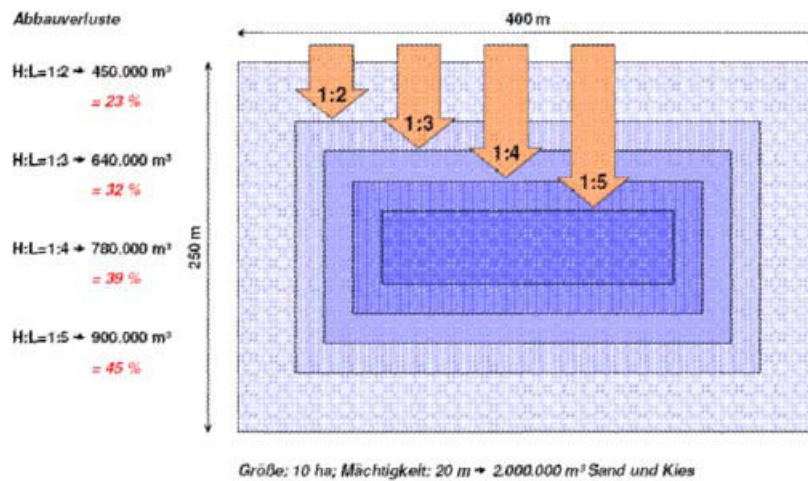


Abbildung 10: Abbauverluste abhängig von der Böschungsneigung (Quelle: Richwien 2005)

Daher ist die Böschung so steil wie möglich, aber standsicher, auszubilden, um Abbauverluste gering zu halten. In der Literatur sind viele Erfahrungswerte angeführt, die sich in der Praxis bewährt haben.(Vgl. Richwien 2005, S. 15)

Die Standsicherheit von Böschungen ist von folgenden Parametern beeinflusst, die in Tabelle 5 angeführt sind.(Vgl. Richwien 2005, S. 35)

Tabelle 4: Literaturangaben für Böschungen unter Wasser (gekürzt)(Quelle: Richwien 2005)

Bodentyp	Neigung	Bemerkungen
Sand und Kies	1:1.5 bis 1:3	
Sand und Kies	1:2	bei Grundwasserströmung
Fein-, Mittel- u. Grobsand	1:2.25, 1.85, 1.65	kein Strömungsdruck, $\eta = 1, 3$
bindige und gemischte Böden	1:2	fast horizontale Schichtung

Tabelle 5: Einflussparameter auf die Böschungsstandsicherheit (Quelle: Richwien 2005)

<i>materialabhängige</i>	<i>materialunabhängige</i>
<b>BODENMECHANISCHE EIGENSCHAFTEN:</b> Wichte des Böschungsbodens Korngrößenverteilung Kornform Lagerungsdichte und Porenraum Wassergehalt Winkel der inneren Reibung Konsistenz Scherfestigkeit Formänderungsverhalten  Kapillarität Sättigungsgrad Kohäsion <b>STRUKTURFESTIGKEIT DES BÖSCHUNGSBODENS:</b> Ungestörtes, gewachsenes Material Gestörtes Material	<b>BÖSCHUNGSGEOMETRIE:</b>  Böschungsneigung Böschungshöhe Grundwasserstand Außenwasserstand <b>LASTEINWIRKUNGEN:</b> Massenkräfte, Betriebslasten Erosion In- Stationäre Strömungsvorgänge ständige und nicht ständige Lasten vom Abbau

Aus den materialabhängigen Einflüssen lässt sich die Scherfestigkeit des Bodens er rechnen, welche als Widerstand gegen eine Gestaltänderung verstanden wird. Die Berechnung erfolgt nach dem Schergesetz von Coulomb und ist abhängig vom wirk samen Winkel der inneren Reibung und der wirksamen Kohäsion. Die Struktur festigkeit ist bei ungestörten Böden größer als bei gestörten. Der ungestörte Boden besitzt die größere Ablagerungsdichte, wodurch sich seine höhere Festigkeit erklärt. Dadurch sind auch steilere Böschungen realisierbar.

Die materialunabhängigen Einflüsse beruhen hauptsächlich auf Kräften, die durch das Wasser hervorgerufen werden. Dies sind in der Regel die Auftriebskraft, die Strömungskraft und der Porenwasserdruck, wobei die Wichte des Bodens um die Auftriebskraft vermindert wird, die Strömungskraft erhöht die Kräfte auf das Korngerüst, und der Porenwasserdruck setzt die Scherfestigkeit herab. (Vgl. Richwien 2005,

**5.6.1.2.1 Lamellenverfahren nach E DIN 4084:** Es wird ein Gleitkreis mit dem Mittelpunkt M und dem Radius r definiert. Daraus ergibt sich eine mögliche Gleit-scholle, die in Lamellen eingeteilt wird. Die Breite der Lamellen richtet sich nach der Schichtung des Bodens und der Geländeform. Zudem erhält jede Lamelle i einen unter  $\vartheta_i$  geneigten Gleitflächeanabschnitt der Breite  $b_i$  mit der Kohäsion  $c_i$  und dem Reibungswinkel  $\varphi_i$ . Nun gilt es für jede Lamelle das Gleichgewicht zwischen dem Eigengewicht  $G_i$  inklusive einer eventuellen Auflast  $P_{Vi}$ , der Differenz der seitlichen Erddrücke  $\Delta E_i = E_{l,i} - E_{r,i}$  und der unter  $\varphi_i$  gegen den Radius r geneigten Reaktionskraft  $Q_i$  in der Gleitfuge anzuschreiben. (Vgl. Richwien 2005, S. 42 f)

Das Eigengewicht  $G_i$ , die Auflast  $P_{Vi}$  und die Kohäsionskraft  $C_i$  sind in Größe und Richtung bekannt, die seitlichen Erddrücke nach der Richtung. So ist es möglich für jede Lamelle die Reaktionskraft  $Q_i$  und die Verteilung der Normal- und Schubkräfte in der Gleitfläche zu berechnen. (Vgl. Richwien 2005, S. 43 f)

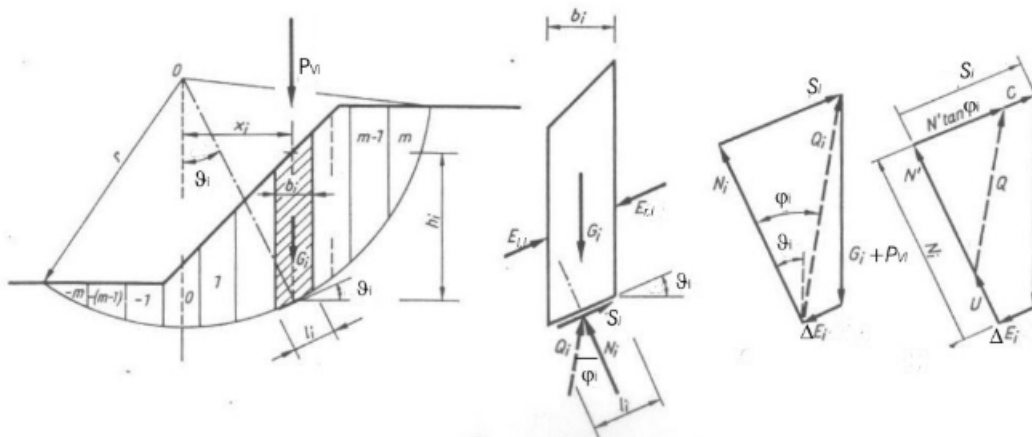


Abbildung 11: Lamellenverfahren (Quelle: Richwien 2005)

Die Tangentialkräfte  $T_i$  und die Normalkräfte  $N_i$  errechnen sich wie folgt:

$$T_i = (G_i + P_{Vi}) \cdot \sin(\vartheta_i)$$

$$N_i = (G_i + P_{Vi}) \cdot \cos(\vartheta_i)$$

Hier sei angemerkt, dass die Tangentialkraft  $T_i$  eine Einwirkung ist und als aktive, treibende Kraft aufscheint.

Der Scherwiderstand  $S_i$  berechnet sich aus dem um den Gleitkreismittelpunkt M



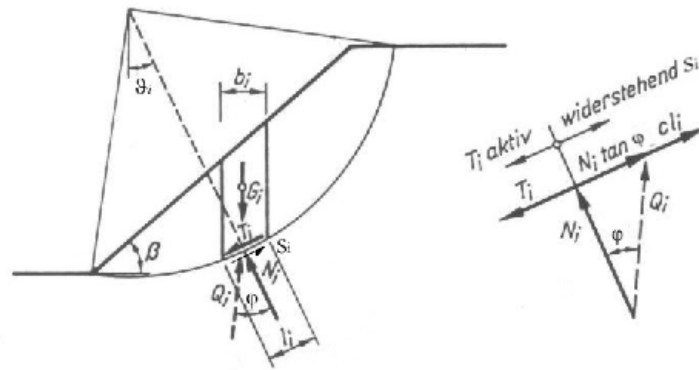


Abbildung 12: Tangentialkraft und Scherwiderstand (Quelle: Richwien 2005)

angesetzten Moment:

$$S_i = N_i \cdot \tan \varphi_i + C_i = (G_i + P_{Vi}) \cdot \cos \vartheta_i + c_i \cdot l_i$$

Eine ausreichende Sicherheit gegen Versagen ist gegeben, wenn die Grenzzustandsgleichung  $\frac{R}{E} = f \geq 1$  bzw.  $\frac{E}{R} = \mu \leq 1$  oder  $\frac{R_M}{E_M} = f \geq 1$  bzw.  $\frac{E_M}{R_M} = \mu \leq 1$  erfüllt wird.

Darin ist  $E_M$  das resultierende Moment um den Gleitkreismittelpunkt und  $R_M$  das der Widerstände. In den Grenzzustandsgleichungen fließen die Teilsicherheitsbeiwerte der DIN 1054 ein. Die Bemessungswerte für kreisförmige Gleitlinien für die Einwirkungen und Widerstände ergeben sich aus

$$E_M = r \cdot \sum (G_i + P_{Vi}) \cdot \sin \vartheta_i + \sum M_S$$

$$R_M = r \cdot \sum \frac{(G_i + P_{Vi} - u_i \cdot b_i) \cdot \tan \varphi_i + c_i \cdot b_i}{\cos \vartheta_i + \mu \cdot \tan \varphi_i \cdot \sin \vartheta_i}$$

Die Momente um den Gleitkreismittelpunkt M aus Lasten und Kräften, die auf den Gleitkörper wirken und nicht in  $G_i$  und  $P_{Vi}$  berücksichtigt wurden, werden in  $\sum M_S$  zusammengefasst.

**5.6.1.2.2 Unterwasserböschungen:** Der Boden ist in der ungesättigten Zone ein Dreiphasensystem. Es besteht aus einer festen, flüssigen und gasförmigen Phase. Die feste Komponente bildet das Korngefüge aus mehr oder weniger großen mineralischen Bodenkörnern. Der Porenraum, der sich aus den Hohlräumen zwischen den Bodenkörnern ausbildet, wird von der flüssigen und gasförmigen Phase, den Fluiden, eingenommen. (Vgl. Richwien 2005, S. 51 f)

Neben fluidstatischen Zuständen - Kapillarität, Auftrieb oder Herabsetzung der Festigkeitseigenschaften von Böden durch Wasser - sind die fluiddynamischen Zustände von großer Bedeutung für die Standsicherheit von Böschungen. Voraussetzung für die Strömungsvorgänge sind durchgehende Porenkanäle im Boden, in denen sich bewegliche Fluide aufhalten können.

Die klassische Bodenmechanik beschreibt den Boden als Zweiphasensystem - Feststoff/Wasser bzw. Feststoff/Luft. Die Ansätze liefern Darcy und Terzaghi, wobei das im gesättigten Porenraum befindliche Porenwasser als inkompressibel definiert ist. Die Berücksichtigung von Zweiphasenströmungen, also Wasser und Luft im Porenraum, wird durch Erfahrungswerte Rechnung getragen.

Die Berechnungen von Zweiphasenströmungen beruhen auf einer Weiterentwicklung der klassischen Ansätze von Darcy und Terzaghi. Im Fokus dieser Berechnungen ist die Kompressibilität der Luft im Porenraum unter Wasser, welche in Gasblasen oder gelöst im Wasser vorzufinden ist. Durch die Luft ändern sich die physikalischen Eigenschaften des Porenwassers und es wird kompressibel, wodurch sich auch die Eigenschaften des Bodens ändern. Der Luftporenanteil beeinflusst die Ausbreitung der Druckänderung im Porenwasser, welche durch Wellen, Wasserspiegelauslenkungen oder Strömungen hervorgerufen wird. Diese periodischen Wasserwechsel werden mittels Porenwasserdruck und Porenwasserüberdruck beschrieben. Fällt oder steigt der Wasserspiegel, so folgt die Porenwasserdruckverteilung nicht unmittelbar nach dem Anstieg bzw. Absink dem hydrostatischen Druck. Die daraus resultierende Differenz nennt man Porenwasserüberdruck. Eine Strömung entsteht durch das unterschiedliche hydraulische Potential an der Gewässersohle und in beliebiger Teufe darunter. (Vgl. Richwien 2005, S. 53 ff)

Die wirksame Spannung  $\sigma'$  im Boden startet in der Gewässersohle mit dem Wert Null und vergrößert sich mit zunehmender Teufe  $z$  nach folgender Gleichung (Vgl. Richwien 2005, S. 61 f)

$$\sigma'(z) = \sigma(z) - u_h(z) = \gamma_{sat} \cdot z - \gamma_w \cdot z = \gamma' \cdot z$$

Darin ist  $\gamma_w$  die Wichte des Wassers,  $\gamma_{sat}$  die Wichte des gesättigten Bodens und  $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$  die Wichte des Bodens unter Auftrieb. Die im Korngefüge aktivierbare Bodenfestigkeit errechnet sich zu

$$\tau(z) = \sigma'(z) \cdot \tan\varphi' = \gamma' \cdot z \cdot \tan\varphi'$$

Wenn das Porenfluid strömt, wirkt noch eine Strömungskraft  $F_S$  auf das Korngerüst:

$$F_S = i \cdot \gamma_w \cdot V$$

Der hydraulische Gradient  $i$  ist ein dimensionsloser Wert und beschreibt die Standrohrspiegelhöhen in Bezug auf die Fließlänge.

$$i = \frac{h_{z0} - h_z}{z}$$

Einen ersten Rechenansatz stellt Köhler auf. Er erkannte, dass sich der unterhalb des wasserdruckbelasteten Bodens entstehende zeitlich und tiefenabhängige veränderliche instationäre Porenwasserüberdruck vereinfachen lässt und ihn wie folgt beschreibt:

$$\Delta u(z, t) = \gamma_w \cdot z_A \cdot (1 - a(t) \cdot e^{(-b(t) \cdot z)})$$

In der Gleichung sind  $\gamma_w$  die Wichte des Wassers,  $z_A$  der Absenk und  $z$  die Tiefe unter der Böschungs- bzw. Sohloberfläche. Die Faktoren  $a(t)$  und  $b(t)$  sind Porenwasserdruckparameter und beschreiben die Krümmung der Exponentialfunktion, welche die Größe des Porenwasserüberdrucks wiedergibt. Die Porenwasserdruckparameter sind empirischer Herkunft aus einer Regressionsanalyse von Messergebnissen.

Der Porenwasserüberdruck ist an der Böschungs- bzw. Sohlenoberfläche  $\Delta u(z = 0, t) = 0$ , dies aber nur wenn  $a(t) = 1$  annimmt. Der Parameter  $b(t)$  kennzeichnet den Druckverlauf über die Tiefe  $z$  und ist im wesentlichen an die Wasserdurchlässigkeit des Bodens  $k_B$  und der Absenkzeit  $t_A$  des Wasserstandswechsels gekoppelt. Ein maximaler  $b(t)$ -Wert tritt zum Zeitpunkt des größten Absunks auf und ist damit für die Berechnung maßgebend.

Dies vereinfacht die Gleichung des Porenwasserüberdruckes

$$\Delta u(z) = \gamma_w \cdot z_A \cdot (1 - e^{(-b \cdot z)})$$

Den Wert  $b$  kann man aus Naturmessungen gewinnen oder aus einer Formel von Schulz errechnen:

$$b = \sqrt{\frac{\gamma_w \cdot (n \cdot \beta_F + \frac{1}{E_s}) \cdot \pi}{2 \cdot k_B \cdot t_A}}$$

Hierin sind  $n$  der Porenanteil,  $\beta_F$  die Volumenkompressibilität des Porenfluids und  $E_s$  das Steifemodul.

In einem Grundwassersee treten Wasserspiegelschwankungen infolge von Wind,

oberirdischen Zu- und Abflüssen, Grundwasserzustrom und Grundwasserabstrom, von Versickerung, Niederschlag oder Verdunstung auf. Eine natürliche Wasserspiegelschwankung kann mit 0.5 m/Tag angenommen werden. Erst ein schnell fallender Wasserspiegel erzeugt einen Porenwasserüberdruck, wenn die Absunkgeschwindigkeit  $v_{zA}$  größer ist, als die Wasserdurchlässigkeit  $k_B$  des Bodens. Eine Wasserspiegelschwankung von 0.5 m/Tag entspricht einer Absunkgeschwindigkeit von  $5.8 \cdot 10^{-6}$  m/s und damit sind bei Böden mit Wasserdurchlässigkeitsbeiwerten zwischen  $5 \cdot 10^{-8}$  und  $6 \cdot 10^{-6}$  m/s die Wasserspiegelschwankungen in die Berechnungen mit einzubeziehen.

## 5.6.2 Dokumentation der Abbautätigkeit

Für das optimale Ausbringen der Lagerstätte ist eine laufende Vermessung des Lockergesteinstagebaues notwendig. Durch diese Vermessungstätigkeit lässt sich etwa die abgebaute Menge an Rohstoff durch Differenzenbildung erheben. Die abgebaute Rohstoffmenge ist eine Maßzahl für die Leistungsfähigkeit des Abbaugerätes und folglich eine Beurteilung der Auslastung der Förder- und Aufbereitungsanlagen. Diese Mengenberechnungen haben für die Wirtschaftlichkeit eines Betriebes große Auswirkungen und deshalb ist die Mengenberechnung sehr wichtig.

Der Markscheider erfasst die benötigten Punkte für die Kubaturberechnung mit einem Tachymeter. In der Praxis handelt es sich bei diesem Tachymeter oft um einen vollautomatischen, zielsuchenden Tachymeter mit oder ohne GPS-Ausrüstung. Dies hat den Vorteil, dass der Markscheider im Einmannbetrieb die Punkte abgehen kann und so seine Effizienz steigern kann. Die Standpunktbestimmung erfolgt mit freier Stationierung oder bei entsprechender Ausrüstung mit GPS.

Es sind inzwischen weitere Vermessungsverfahren auf dem Markt, die einer Tachymetrie mit modernen Totalstationen in Bezug auf Genauigkeit, Schnelligkeit und Einsatzmöglichkeiten kaum nachstehen. Zu diesen Vermessungsverfahren zählen die digitale Nahbereichsfotogrammetrie und die Vermessung mittels Laserscanner. Preisgestaltung und Arbeitsaufwand (Datenbereinigung) rechtfertigen aber in den meisten Fällen noch nicht den Einsatz dieser Verfahren, weshalb zur Zeit in der Regel vollautomatische Tachymeter verwendet werden.

### 5.6.3 Haldenwirtschaft

Die Haldenwirtschaft spielt insofern im Lockergesteinstagebau eine wichtige Rolle, als die Abraumhalden für die Rekultivierungs- oder Renaturierungsmaßnahmen weiter verwendet werden können. So sind die Abraumhalden im Lockergesteinstagebau meist temporär. Der Abraum ist in Ober- und Unterboden getrennt zu verhalten. Der Oberboden(A-Horizont) erfährt eine gesonderte Behandlung. Da es sich um einen humusreichen, an Bodenlebewesen reichen Bodentyp handelt, sind bestimmte Richtlinien einzuhalten. Diese sollen sicherstellen, dass

- die biologische Aktivität und der Gasaustausch erhalten bleiben,
- die Halden locker geschüttet und nicht befahren werden,
- eine Vernässung durch unzureichende Entwässerung verhindert wird und
- die Halde immer begrünt ist.

Für langfristige Halden sind maximale Schütthöhen von 2 m zulässig. (Vgl. FSK o.J., S.28 ff)

Früher oder später kommt es in jedem Bergbaubetrieb zu Stillständen der Förderung oder der Aufbereitung. Die Gründe dafür sind vielfältig; einige sind zum Beispiel betriebsbedingte Wartungsarbeiten oder die Behebung von Defekten. Um die Stillstände zu überbrücken werden meist Vorhalden als Puffer angelegt. Durch die Vorhalde kann die direkte Abhängigkeit von Gewinnung und Aufbereitung unterbrochen werden. Der Vorrat der Vorhalde umfasst ein Vielfaches der Tagesleistung der Aufbereitungsanlage. (Vgl. Patzold 2008, S. 195)

In den Aufgabenbereich des Markscheiders fällt die Überwachung der Standsicherheit der Halden. Da es sich um geschüttetes Material handelt, unterscheiden sich die geotechnischen Parameter für die Standsicherheitsnachweise von denen des beim Abbau anstehenden Materials deutlich. Bei starkem Wasserandrang kann eine Rutschung ausgelöst werden, welche Mitarbeiter oder Arbeitsgeräte gefährden könnten. Es ist zu überwachen, ob die Halden nur eine bestimmte Höhe erreichen dürfen und ein flacher Schüttwinkel eingehalten wird.

Eine weitere Überwachungsfunktion kommt dem Markscheider bei der Manipulation der Halden zu. Hier kann es zu hoher Staubentwicklung kommen, die theoretisch über weite Entfernungen verfrachtet werden kann. Der Markscheider kann Staubbindermaßnahmen setzen, um die Staubdeposition zu minimieren. So kann zum Beispiel eine Bepflanzung mit hohen Bäumen, wie Pappeln, zu einer Minderung der Staubbelastung führen. Häufig finden wassergefüllte Gräben als Reifen-

waschanlagen Anwendung. Diese haben die Funktion, dass sie das Fahrwerk der Lastkraftwagen mit Wasser benetzen und so die Staubpartikel festhalten können.

## **5.7 Nassgewinnung**

Die Gewinnung von Lockergesteinen unterhalb des Grundwasserspiegels ist sehr komplex. Es kommt zu einer Beeinflussung des Grundwassers durch den Nassabbau. Die Grundwasserqualität hängt von den im Einzugsgebiet oberstromig freigesetzten Stoffen ab, die durch das Grundwasser abtransportiert werden. Vor allem die stickstoff- und phosphorreiche Düngung von landwirtschaftlicher Nutzfläche beeinträchtigt die Wasserqualität in hohem Maße. Diese hohen Phosphor- und Stickstoffwerte wirken sich negativ auf das Ökosystem der Baggerseen aus. Durch das sensible Zusammenspiel der einzelnen Parameter hat eine kleine Änderung eines Parameters möglicherweise eine fatale Auswirkung auf die Mikrobiologie des Sees.

### **5.7.1 Zu berücksichtigende Planungsparameter bei der Nassgewinnung**

Die Orientierung des Baggersees an die vorgegebene Windrichtung und Grundwasserfließrichtung beeinflusst die Seephysik entscheidend. Es wird etwa die Umwälzung der Wasserschichten im Jahresverlauf und der Sauerstoffgehalt des Wassers positiv beeinflusst. Eine flache Uferböschung begünstigt das Pflanzenwachstum und unterstützt somit ebenfalls den Sauerstoff- und Nährstoffgehalt des Wassers – gleichzeitig bieten die Pflanzen vielen seltenen Lebewesen Nahrung und Unterschlupf.

#### **5.7.1.1 Seeform**

Die Seeform sollte, idealerweise, eine Mindestgröße von 5 ha, eine ebene Gewässersohle, eine gleichmäßige Uferlinie unterhalb des Wasserspiegels sowie eine ausreichende Wassertiefe zur Ausbildung der dreizonigen Temperaturschichtung aufweisen. Ungünstige Flächen-Tiefen-Verhältnisse, unebene Gewässersohlen und Inseln hemmen die Wasserzirkulation, wodurch meromiktische Verhältnisse gefördert werden. Die Anlage von Flachwasserzonen begünstigt die Zirkulation und Nährstoffreduktion in Grundwasserseen. Das seichte Wasser erwärmt und kühlt sich

schneller ab als das Freiwasser. Bedingt durch die größere Dichte, sinkt das Freiwasser ab und reichert das Tiefenwasser mit Sauerstoff an, ebenso wird die herbstliche Zirkulation unterstützt. Abgesehen davon ist die Flachwasserzone von einer artenreichen Fauna und Flora besiedelt und zeigt einen erhöhten Stoffabbau. Diese fördern den Abbau biologischer Substanzen und erhöhen deren Mineralisierung. Ebenso werden Schadstoffe in dieser Zone schneller reduziert, Austauschvorgänge mit dem Freiwasser gefördert und das Mikroklima beeinflusst. Vor allem Fischarten finden hier Laich- und Aufwuchsplätze. (Vgl. LfU 2004, S. 19 f)

### **5.7.1.2 Windrichtung**

Der Wind erzeugt an der Wasseroberfläche eine Driftströmung, die an das luvseitige Ufer treibt und dort zu einem geringen Aufstau führt. Als Reaktion auf die Driftströmung, setzen sich unterhalb der Driftströmung Kompensationsbewegungen in Gang, die über die gesamte Gewässertiefe reichen. Der entstehende Seegang bildet kurze Oberflächenwellen, deren Höhe und Periode von Windstärke, Wirkdauer und Streichlänge des Windes abhängt. Er führt zu einem verstärkten Austausch von Wasserinhaltsstoffen in der Flachwasserzone. Die ideale Lage des Grundwassersees richtet sich nach der längeren Seeachse, welche parallel zur Hauptwindrichtung liegen sollte. (Vgl. LfU 2004, S. 18)

### **5.7.1.3 Grundwasserfließrichtung und Grundwasserhydraulik**

Bei der Grundwasserfreilegung richtet sich der Wasserspiegel horizontal aus. Je nach Gefälle des Grundwassers sind diese Stauhöhen stromauf und -abwärts verschieden hoch. Das Grundwassergefälle ist aus Grundwasserspiegelmessungen zu ermitteln, wobei als Schätzung auch die Geländeoberfläche als Anhaltspunkt dient, mit der Annahme, dass Geländeoberfläche und Grundwasserspiegel parallel sind. (Vgl. Dingethal et al. 1998, S. 92 f)

Der unterstromige Aufstau ist bei jüngeren Grundwasserseen aufgrund des geringeren Eintrittswiderstandes in die Bodenporen relativ gering. Infolgedessen ist die Absenkung im oberstromigen Bereich relativ groß. Die Kippungslinie, welche die Schnittgerade zwischen ursprünglichen Geländeoberkanten und der horizontalen Wasseroberfläche darstellt, liegt näher beim unterstromigen Ufer. Der höhere Eintrittswiderstand, der aufgrund der verstopften Poren durch Baggertätigkeiten aufgewirbelten Schwebstoffe entsteht, sowie durch den biologischen Abbau weiter verlegt wird, sorgt für eine Verschiebung der Kippungslinie hin zum oberstromigen Ufer. Dar-

aus folgt, dass die Grundwasserabsenkung geringer und der Aufstau erhöht wird. Gleichzeitig wird der Grundwasserdurchfluss, also auch die Wassererneuerung, wesentlich gehemmt, theoretisch ist sogar eine vollständige Abdichtung gegen das Grundwasser möglich, jedoch eher selten anzutreffen. (Vgl. Dingethal et al. 1998, S. 92 f)

Der künstliche See beeinflusst den Zu- und Abstrombereich. Die Breite des beeinflussten Bereichs ist abhängig von der Höhe der Grundwasserabsenkung, von Form und Lage des Baggersees, vom Grundwassergefälle und vom Durchlässigkeitsbeiwert  $k$  der wasserführenden Sande und Kiese. Die maximale Reichweite  $R$  der Grundwasserabsenkung, ausgedrückt durch die Höhe der Grundwasserabsenkung und der Durchlässigkeitsbeiwert  $k$ , beträgt (Vgl. Dingethal et al. 1998, S. 93)

für breite Baggerseen (Grabenwirkung)

$$R = \frac{H^2 - (H - h_1)^2}{2 \cdot J \cdot H} \quad [m] \quad (5.29)$$

für kleinere Baggerseen

$$R = 1500 \cdot h_1 \cdot \sqrt{k} \cdot \log b \quad [m] \quad (5.30)$$

Aus diesen Erkenntnissen ist für die Ausrichtung des Baggersees darauf zu achten, dass die Längserstreckung des Sees senkrecht zur Grundwasserfließrichtung zu liegen kommt. Dadurch werden geringere ober- und unterströmige Wasserstandsänderungen erreicht. Zur Beobachtung sind Pegel zu errichten, die regelmäßig mit den Grundwasserständen in den Brunnen verglichen werden. Dies ermöglicht den Rand, den Schwankungsbereich und die Fließrichtung des Grundwassers festzulegen. Weiters ist der Einfluss des Abbaubetriebs des wachsenden Baggersees auf das Grundwasser feststellbar und dient als Beweisgrundlage bei eventuellen Beschwerden. (Vgl. Dingethal et al. 1998, S. 93)

## 5.7.2 Untersuchungsumfang der Wasserproben

Aus Wasserrechtsbescheiden ist zu entnehmen, welche chemisch-physikalischen Parameter untersucht werden müssen. Zu dem kommen noch hydrobiologische und biozönotische Untersuchungen. Alle diese Untersuchungen sind von einer unabhängigen Untersuchungsanstalt durchführen zu lassen und deren Ergebnisse sind in das Bergbaukartenwerk aufzunehmen.



Die zu untersuchenden Parameter sind in der ÖNorm M 6230 angeführt. Die chemisch-physikalischen Parameter sind die Sichttiefe, Wasserfärbung, Geruch, Temperatur, pH-Wert, el. Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt, Oxidierbarkeit, Stickstoffverbindungen, Phosphatgehalt, Sulfat, Chlorophyllgehalt und Gesamthärte/Karbonathärte.

Bei der hydrobiologischen Untersuchung sind folgende Parameter relevant: Uferbeschaffenheit (Uferlinie, Ufervegetation), Freiwasserzone (Flachwasserzone, Tiefwasserzone, Makrophytenaufwuchs), Umlandnutzung (Wald, Wiese, Landwirtschaft, Altlasten) und das Sediment (Schotter, Schlamm, Faulschlamm).

Die biozönotische Untersuchung umfasst Fischbestand (Arten), Fischbesatz (Arten, Menge), Makrophyten (Gattung, Art, geschätzte Menge), Phytoplankton (Gattung, Art), Zooplankton (Phytohentos).

Der Untersuchung folgt eine Beurteilung der Ergebnisse hinsichtlich Wassergüte und Zuordnung zu einer Trophiestufe.

#### **5.7.2.1 Probenahme**

Die Probenahme hat in den Sommermonaten (Mai bis September) zu erfolgen und die Probe ist an der Wasseroberfläche zu entnehmen.

Um die Beeinträchtigung des Grundwasser mit Seewasser aus dem Baggersee erkennen zu können ist ober- und unterstromig mindestens eine Sonde oder ein Brunnen von einer Fachfirma errichten zu lassen. Der Mindestdurchmesser der Sonden hat 150 - 200 mm zu betragen. Die Teufe der Sonde muss mindestens 1 m in den Grundwasserstauer hineinreichen, wobei die Perforierung und der Kiesmantel mit der Höhe des höchsten Grundwasserspiegels (HGW) abschließen muss. Die Sonden müssen oberhalb des Geländes mit entsprechender Verrohrung abgesichert und versperbar ausgeführt werden. Jede Sonde ist einzumessen und an das staatliche Höhennetz anzuschließen. Das Grundwasser ist nach den chemisch-physikalischen Parametern hin zu untersuchen. Es ist einmal jährlich zu beproben.

Die Untersuchungsergebnisse (Befunde) sind der Wasserrechtsbehörde und der jeweiligen Einrichtung für Gesundheit und Umwelthygiene der Landesregierung unaufgefordert vorzulegen.

### 5.7.2.2 Ausgewählte Parameter aus dem Untersuchungsumfang und deren Zusammenhänge

In den folgenden Unterkapiteln werden einige chemische und physikalische Zusammenhänge, Parameter und Kreisläufe näher erläutert. Die Untersuchung von See- und Grundwasser dient zum Schutz des Menschen, der zu einem unbestimmten Zeitpunkt mit diesem Wasser in Kontakt geraten könnte - sei es durch Hineinfallen in den Baggersee oder durch Trinken des Wassers. Es ist sicherzustellen, dass das Wasser langfristig seine einwandfreie Qualität beibehält und keine gesundheitlichen Gefahren davon ausgehen. Um diese einwandfreie Qualität und mögliche Gefahren früh zu erkennen, spielen viele Parameter eine Rolle, auf die wichtigsten wird im Nachstehenden näher eingegangen.

**Temperatur und Sauerstoff:** Die Dichte des Wassers ist temperaturabhängig. Wie bekannt sein sollte, hat Wasser bei  $4^{\circ}\text{C}$ , exakt  $3,98^{\circ}\text{C}$  bei Normaldruck die größte Dichte. Die Erwärmung durch Strahlungsabsorption führt zu einer Abnahme der Dichte an der Oberfläche. Die Windeinwirkung sorgt für eine Durchmischung der spezifisch leichteren, wärmeren Oberflächenschichten mit den darunter liegenden schwereren, kälteren Schichten. Durch größere Dichteunterschiede und die Windeinwirkung, abhängig von Intensität und Dauer, gleicht sich die Temperatur in einem mehr oder weniger tiefen Bereich aus. Dieser ausgeglichene Temperaturbereich wird als Epilimnion bezeichnet. Jene Schicht, die, in der Nähe der Gewässersohle über das Jahr hinweg, eine Temperatur von  $4^{\circ}\text{C}$  aufweist, ist das Hypolimnion. Die dazwischen liegende Übergangsschicht, wird Metalimnion genannt. Sie zeichnet sich durch einen steilen Temperatur bzw. Dichtegradienten aus. Die Thermokline definiert die Tiefe der größten Temperaturänderung. Es ist möglich, dass das Hypolimnion nicht nur durch das Metalimnion thermisch isoliert ist, sondern auch chemisch, durch einen höheren Salzgehalt und damit einer höheren Dichte ausgesetzt ist. Dieses Phänomen wird Meromixie genannt und verhindert eine Vollzirkulation des Seewassers. (Vgl. LfU 2004, S. 17 ff)

Über das Jahr hin ändert sich die Temperatur im See. Im Frühjahr schmilzt die Eisdecke des Sees und der gesamte Wasserkörper erwärmt sich bis in jene Tiefe, wo das Wasser  $4^{\circ}\text{C}$  hat. Durch die geringen, vertikalen Dichtegradienten und den Einfluss des Windes kommt es zu einer Vollzirkulation. Im Sommer, bei stärkerer Erwärmung der oberen Wasserschichten, entstehen größere Dichtegradienten, die der Wind nicht mehr abbauen kann. Die oben beschriebene vertikale Dreiteilung des Gewässers bildet sich aus. (Vgl. LfU 2004, S. 17)

Diese stabile Sommerschichtung nennt man Sommerstagnation. Wenn im Herbst die Lufttemperatur fällt, kommt es an der Wasseroberfläche ebenfalls zu einem Temperaturabfall, was einen Dichteanstieg in den oberen Wasserschichten zur Folge hat. Die dadurch in Gang gesetzte Konvektion sorgt dafür, dass das schwerere Oberflächenwasser in die Tiefe sinkt. Der Wind beschleunigt diesen Vorgang, durch die raschere Abkühlung noch weiter. Es kommt zu einer Durchmischung mit den tieferen Schichten. Dies dauert solange bis der gesamte Wasserkörper eine Temperatur von  $4^{\circ}\text{C}$  aufweist – Herbstvollzirkulation genannt. Fallen die Temperaturen weiter und erreichen die Nullgradgrenze, kommt es bei Windstille zu einer Eisdeckenbildung. Die unter der Eisdecke liegende Wasserschicht ( $0^{\circ}\text{C}$ ) ist nun spezifisch leichter als die tieferen Wasserschichten, wodurch sich wieder eine Wasserschichtung entwickelt. Sie ist zwar nicht mehr so stabil wie im Sommer, aber ausreichend, um ein vollständiges Durchfrieren des Sees zu verhindern. Die isolierende Eisdecke und die Wasserschichtung schützen viele Phytoplankter und Protozoen sowie andere Organismen und halten sie auch im Winter in einem aktiven Zustand. Dieser Jahreslauf der Temperatur, der einen zweifachen Wechsel zwischen Stagnation und Vollzirkulation beschreibt, nennt man dimiktischer See und ist typisch für Österreichs Breiten (Vgl. Waidbacher 2009, S. 71). (Vgl. Waidbacher 2009, S. 17 ff)

Bei der Vollzirkulation im Herbst und im Frühjahr gelangt das Sauerstoff gesättigte Oberflächenwasser in die Tiefe. Es folgt eine komplette Durchmischung der Gewässer mit Sauerstoff gesättigtem Wasser. Im Sommer hingegen sinken tierische und pflanzliche Überreste auf die Gewässersohle ab. Der biologische Abbau dieser Substanzen zehrt am Sauerstoffhaushalt der unteren Wasserschichten. Dies kann soweit fortschreiten, bis in den unteren Schichten kein Sauerstoff mehr vorhanden ist. Die Tiere suchen deshalb die oberen, sauerstoffreicheren Wasserschichten auf. Die durch die Abkühlung eingeleitete Herbstvollzirkulation bringt wieder Sauerstoff in die tieferen Schichten. (Vgl. Waidbacher 2009, S. 17 ff)

**Strahlungsenergie und Sauerstoff:** Im Epilimnion (auch Nährschicht) ist genügend Sonnenlicht vorhanden, so dass Primärproduzenten (Wasserpflanzen, Algen und Phytoplankton) mit Photosynthese Sauerstoff produzieren können. Die Primärproduzenten erzeugen mehr Sauerstoff als durch Zellatmung von Primärproduzenten und aeroben Organismen verbraucht werden. Zu den aeroben Organismen zählen im Allgemeinen (Vgl. Waidbacher 2009, S. 23 ff)

**Zooplankton** - Organismen, die sich von anderen Organismen ernähren

**Destruenten** - Bakterien und Pilze

**Nekton** - z.Bsp. Fische und Amphibien.

Durch vermehrtes Wachstum von Algen und Zooplankton kommt es zu einer Abnahme der Lichtintensität in der Tiefe. Damit verbunden ist eine Abnahme des Sauerstoffs durch die reduzierte Photosynthese der Primärproduzenten. Man spricht von der Kompensationstiefe, wenn sich der produzierte Sauerstoff und der verbrauchte Sauerstoff im Gleichgewicht befinden. Die Kompensationstiefe befindet sich häufig im Bereich des Metalimnion. (Vgl. Waidbacher 2009, S. 24 f)

In der Zehrschicht (Hypolimnion), unterhalb der Kompensationstiefe, herrscht nahezu Dunkelheit. Folglich ist die Photosynthese nicht möglich und der Sauerstoffgehalt des Wassers gering. Die in die Tiefe sinkenden Algen und Organismen zehren den restlichen Sauerstoff auf und sterben ab. (Vgl. Waidbacher 2009, S. 24)

**pH-Wert des Seewassers:** Der pH-Wert ist eng mit der Kohlendioxidkonzentration im Seewasser verbunden. Bei hohen Konzentrationen sinkt der pH-Wert ab. Weitere Einflussfaktoren sind die Konzentrationen von Kalziumhydrogenkarbonat ( $Ca(HCO_3)_2$ ) und Magnesiumhydrogenkarbonat ( $Mg(HCO_3)_2$ ). Ist die Konzentration beider Hydrogenkarbonate hoch, steigt auch der pH-Wert. Der pH-Wert im Grundwasser liegt zwischen 7,0 und 7,3 (Vgl. Sampl 1995). Im Baggersee hängt der pH-Wert von der Tiefe und der Jahreszeit ab. Der Grund dafür findet sich in den biologischen Prozessen der Algen und Wasserpflanzen. So ist bei sommerlichem Schönwetter im Epilimnion ein merklicher Anstieg des pH-Wertes auf etwa 8.7 zu beobachten; bei hoher Algenbiomasse sind pH-Werte von etwa 9.8 zu verzeichnen und im Tiefenwasser sind pH-Werte von etwa 7.3 zu erwarten. In der Phase der Herbstzirkulation liegt der pH-Wert in allen Tiefen zwischen 7.8 und 8.4 (Vgl. Sampl 1995, S. 122-127).

**Stickstoff:** Stickstoff liegt in einer organischen und in einer anorganischen Form vor. Die organische Form ist sehr reaktiv und stellt die Amino- und Amidogruppen dar. Sie treten als Bestandteil von Pflanzen, Tieren und Menschen auf. Der anorganische Stickstoff ist reaktionsträge und tritt in verschiedenen Oxidationsstufen auf. In der niedrigsten Oxidationsstufe nennt man die Verbindung Ammoniak ( $NH_3$ ); die höchste Oxidationsstufe repräsentiert das Nitrat ( $NO_3$ ). Der organisch gebundene Stickstoff von abgestorbenen Organismen (Algen, Wasserpflanzen oder Eintrag von Laub) wird durch mikrobielle Prozesse in Ammoniak, Nitrat und molekularem Stickstoff ( $N_2$ ) umgewandelt. Das Nitrat hat großen Einfluss auf die Qualität von Grundwasser und Seewasser.

**Phosphor:** Phosphor ist ein lebensnotweniger Bestandteil organischer Verbindungen und kommt in der Natur in Form von Phosphaten vor. Da das pflanzenverfügbare Phosphat-Ion ( $PO_4^{3-}$ ) sehr stark an den Boden gebunden wird, stellt es einen limitierenden Faktor im Ökosystem dar. Aus diesem Grund greift man in der Landwirtschaft auf phosphorhaltige Düngemittel zurück. Der nicht im Boden gebundene Phosphor wird direkt in das Grundwasser gespült und von dort in den Baggersee transportiert. Im Baggersee trägt der erhöhte Phosphorgehalt zur Eutrophierung bei. Die Folge dessen ist, dass der Lichteinfall verringert wird und dadurch die Photosynthese behindert. Dazu kommt der erhöhte Sauerstoffverbrauch für den Abbau der Biomasse. Durch den akuten Sauerstoffmangel sterben die Wasserlebewesen ab. An der Sedimentschicht oxidiert Phosphor mit einer Eisenverbindung zu Eisen(III)Phosphat. Diese chemische Verbindung ist schwer löslich. Der Phosphor wird dem biologischen Kreislauf entzogen. Eine Reaktivierung des Phosphors in der Eisenverbindung ist nur möglich, wenn durch anaeroben Abbau ein reduzierendes Milieu entsteht. Das Eisen(III)Phosphat wird dann zu Eisen(II)Phosphat reduziert und dem biologischen Kreislauf zugeführt, wo es die Biomasseproduktivität wieder steigert.

**Kohlenstoff:** Der Kohlenstoff ist Grundbaustein aller organischen Verbindungen. Die häufigste Erscheinungsform ist Kohlendioxid ( $CO_2$ ). Durch die Photosynthese werden aus Kohlendioxid und Sonnenenergie Kohlenhydrate erzeugt, unter gleichzeitiger Freisetzung von Sauerstoff ( $O_2$ ). Diesen Sauerstoff benötigen die Wasserlebewesen zum Atmen, wobei sie wiederum Kohlendioxid freisetzen und damit beginnt der Kreislauf erneut.

### 5.7.3 Hydrographisch-markscheiderische Vermessung

Alle akustischen Methoden beruhen auf dem reflexionsseismischen Prinzip. Dabei wird ein Signal von einer Schallquelle erzeugt und ausgesendet. Gemessen wird die Laufzeit, die das Signal vom Sender zum Objekt und wieder zurück benötigt. Bewegen sich die Schallwellen von einem Medium in ein anderes, so werden sie an der Grenzfläche umso stärker reflektiert, je größer die Differenz der akustischen Impedanz ist. Die akustische Impedanz  $I$  ist das Produkt aus der Dichte ( $\rho$ ) und der Kompressionswellengeschwindigkeit ( $V_p$ ): (Vgl. Holler 1995, S. 20 f)

$$I = \rho \cdot V_p$$

Tabelle 6: Impedanzwerte

Material	$V_p$	Dichte $\rho$	Impedanz I
Luft	-	330	0,0043
Wasser	1500	1,0	15,0
Weichsediment	1500	1,5	22,5
Hartsediment	>2000	>2,0	>40,0

Ein wichtiger Parameter bei den seismischen Reflektoren ist der Reflexionskoeffizient R. Bei senkrecht einfallenden Wellenfronten wird er wie folgt beschrieben: (Vgl. Holler 1995, S. 21)

$$R = \frac{I_2 - I_1}{I_2 + I_1}$$

$I_1, I_2$  ... akustische Impedanzen untereinander liegender Materialien

Die Zahlenwerte für R können zwischen +1 und -1 liegen. Aus den oben angeführten Impedanzen lassen sich folgende Reflexionskoeffizienten errechnen:

Tabelle 7: Reflexionskoeffizienten

Material / Material	R
Luft / Wasser	0,990
Wasser / Luft	-0,990
Wasser / Weichsediment	0,270
Wasser / Hartsediment	0,450
Weichsediment / Hartsediment	0,280
Wasser / Schlick	0,017
Wasser / Ton	0,029
Wasser / Sand	0,160
Schlick / Sand	0,250
Schlick / Stahl	0,850
Ton / Sand	0,210
Feinsand / Kies	0,071
Sand / Stahl	0,740

Da der Reflexionskoeffizient zwischen Wasser und Luft sehr groß und negativ ist (-0,99), ebenso der große Wert bei Wasser und Hartsediment(0,45), treten bei der Interpretation der Daten erschwerende Effekte auf. Diese Phänomene lassen sich auf die unterschiedlichen Laufzeiten, bedingt durch die unterschiedlichen Laufwege der Welle, zurückführen. Dadurch entstehen zeitlich verschobene Signale, welche für die aktuelle Ortungsperiode nicht mehr relevant sind, aber dennoch detektiert werden. Dies macht sich zum Beispiel durch parallele Kurven bemerkbar. (Vgl. Holler 1995, S. 21)

### 5.7.3.1 Instrumente

Das seismische Prinzip wird im Anhang E näher beschrieben. Prinzipiell wird eine seismische Welle im Sender erzeugt und emittiert. Wenn die seismische Welle auf eine Fläche auftrifft, die eine unterschiedliche Impedanz aufweist, wird sie reflektiert und vom Empfänger registriert. Aus der Laufzeit, die die seismische Welle für den Weg Sender-Fläche-Empfänger benötigt, und der Ausbreitungsgeschwindigkeit im Medium kann die Entfernung berechnet werden.

**Vertikallot:** Es handelt sich um ein System aus Sender und Empfänger in einem Gehäuse. Meist arbeiten diese Systeme mit 2 Frequenzen, die erste Frequenz liegt zwischen 10 und 60 kHz und die zweite zwischen 100 und 300 kHz. Damit sind 2 unterschiedliche Eindringtiefen möglich. Die höhere Frequenz wird an der Oberfläche des Weichsediments reflektiert und die tiefere dringt weiter vor bis zu einer Hartsedimentschicht. (Vgl. Patzold 2008, S. 119 f)

**Flächenlot:** Es stellt eine Modifizierung des Vertikallots dar, indem man mehrere Vertikallote an einem Ausleger montiert und diese gemeinsam betreibt. Vorteil dieser Methode ist, dass man mit einem Fahrprofil eine Vielzahl von Vertikallotprofilen erzeugen kann. (Vgl. Patzold 2008, S. 120)

**Fächerlot:** Sie dienen zur flächendeckenden Kartierung der Gewässersohle. Es sendet eine große Anzahl voneinander unabhängiger Einzelstrahlen, beams, aus. Damit wird die Gewässersohle flächenhaft und referenziert abgetastet und ermöglicht eine genaue Abbildung in Lage und Höhe, wodurch größere Blöcke (> 30cm) und andere gewinnungstechnische Hindernisse sichtbar werden. (Vgl. Patzold 2008, S. 121 f)

**Seitensichtgerät (Side Scan Sonar):** Dieses Instrument stellt einen wirtschaftlichen Kompromiss zwischen Vertikallot und Fächerlot dar. Beim Vertikallot wird ein gebündeltes Signal ausgesendet, beim Side Scan Sonar wird der hochfrequente Schallimpuls in Form einer flachen, vertikalen Scheibe seitwärts ausgesendet. Dabei wird ein sogenannter Fisch hinter dem Boot hergezogen oder seitlich montiert. Bei einer einzigen Messfahrt kann ein großer Bereich der Gewässersohle auf Unregelmäßigkeiten untersucht werden. Variiert man die Eintauchtiefe des Sonars, ist eine hochauflösende Erkundung der Gewässersohle möglich. Der Hersteller von Seitensichtgeräten(z.B. Simrad) liefert meist auch spezielle Software zur Georeferenzierung und Aufbereitung der Sidescan-Rohdaten mit. (Vgl. Patzold 2008, S. 123 f)

**Sedimentecholot (Sub-Bottom-Profilier):** Durch die erhöhte Abstrahlenergie und

die niedrige Frequenz ist das Sedimentecholot in der Lage in den gewachsenen Boden einzudringen. Es stellt in der Kies- und Sandexploration ein Standardverfahren da und ermöglicht eine schnelle und kostengünstige Erkundung großer Wasserflächen, sowie eine Identifizierung von Schichtgrenzen, welche über Bohrergergebnisse kalibriert werden können. (Vgl. Patzold 2008, S. 124)

**Parametrisches Sedimentecholot:** Mit ihnen ist die Erkundung des Untergrundaufbaues von Lockergesteinslagerstätten bis in Teufen von 10m unter der Gewässersohle möglich. Die parametrische Akustik arbeitet mit einem Schallwandler, der gleichzeitig mindestens zwei Frequenzen  $f_1$  und  $f_2$  mit hohen Schalldrücken abstrahlt. Es entstehen Signalverzerrungen dieser beiden Signale, die auf nichtlineare Wechselwirkungen zurückzuführen sind. Dadurch entstehen in der Wassersäule neue Schallwellen mit neuen Frequenzen. Das sind kurze, stark gebündelte niederfrequente Schallimpulse, die eine große Eindringtiefe erreichen und eine hohe Auflösung erzielen. Das Verfahren liefert Informationen über den Schichtenaufbau und eventuell vorhandene Einzelreflektoren unterhalb der Gewässersohle. (Vgl. Patzold 2008, S. 125 f)

### 5.7.3.2 Eindringtiefe und Auflösung

Eindringtiefe und Auflösung der seismischen Signale sind wichtige Eigenschaften für die Qualität der Registrierung und Interpretation. Da bei einem großen Impedanzunterschied die meiste Energie von der Gewässersohle reflektiert wird, dringt das Signal nicht tief in den Untergrund ein. Die mit der Schallausbreitung transportierte Energie wird sowohl in der Wassersäule als auch in der Gewässersohle dissipiert. (Vgl. Holler 1995, S. 24 ff)

Die Verringerung der Schallintensität in der Wassersäule wird durch

$$I = I_0 \cdot e^{-\nu \cdot x}$$

beschrieben. Darin ist  $x$  die Entfernung zwischen Schallquelle und Messort,  $I_0$  die Schallintensität an der Quelle und  $\nu$  der Absorptionskoeffizient. Im Wasser ist der Absorptionskoeffizient wie folgt definiert:

$$\nu = \frac{16 \cdot \pi^2 \cdot f^2}{3 \cdot \rho \cdot V_p^3} \cdot 3.1 \cdot \mu$$

In obiger Formel steht  $f$  für Schallfrequenz,  $\rho$  für die Dichte,  $V_p$  für die Kompressionswellengeschwindigkeit und  $\mu$  für die Viskosität. (Vgl. Holler 1995, S. 24)



Die Absorption hängt vom Quadrat der Frequenz ab. Daraus erkennt man, dass für die Erkundung von Strukturen in der Gewässersohle tiefe Frequenzen zu verwenden sind, um ein tiefes Eindringen zu gewährleisten. Die Frequenz ist als Quotient aus Schallgeschwindigkeit und Wellenlänge beschrieben, wodurch bei abnehmender Frequenz die Wellenlänge größer wird. Das ist mit einer geringeren Auflösung verbunden. Die Auflösung ist der minimale Abstand zwischen zwei unterscheidbaren Reflektoren. Sie ist abhängig von der Schallgeschwindigkeit und der Impulslänge. Mit der Gleichung

$$d = \frac{V_p \cdot \Delta t}{2}$$

lässt sich die Auflösung berechnen. Darin bedeuten  $V_p$  die Kompressionswellengeschwindigkeit in m/s und  $\Delta t$  die Impulslänge in Sekunden. Die Wellenlänge und die Sendefrequenz bestimmen die minimale Impulslänge. (Vgl. Holler 1995, S. 25)

### 5.7.3.3 Positionsbestimmung

Um zuverlässige Informationen über das Gewässer zu bekommen, ist es wichtig die gemessenen Tiefen einer bestimmten Position zuordnen zu können. Diese Daten werden mittels Spezialsoftware aufbereitet und in Informationssysteme eingespeist und ausgewertet.

Generell wird ein Vermessungsboot mit einem Echolot und einem Instrument für die Ortung des Bootes auf See benötigt. Das Ortungsverfahren positioniert eine Zielmarke auf dem Boot, idealerweise das Echolot und dieses misst den Abstand zwischen Echolotgeber und Gewässersohle. Für die Bestimmung einer Bezugshöhe bedient man sich zweier Lösungswege. Der erste ist die Bestimmung der Höhe der Zielmarke und subtrahiert davon den Höhenunterschied zwischen Zielmarke und Echolotgeber. Der zweite Weg bedient sich, vor Beginn der eigentlichen Messung, eines Nivellierinstrumentes mit dem man den Höhenunterschied zwischen der Höhenmarke an Land und der Wasseroberfläche bestimmt. Von nun an ist die Wasseroberfläche für die Höhenübertragung Bezugshorizont. Kennt man die genaue Lage des Echolotgebers an Bord des Bootes, so ist damit die absolute Lage auch bekannt.

Ein weiteres häufig angewandtes Positionierungsverfahren ist mittels RTK-DGPS (Real Time Kinematic-DGPS). Dieses Verfahren basiert auf speziellen Empfängern mit Trägerphasenmessung (siehe Anhang dieser Arbeit). Die erreichbare Genauigkeit liegt für Lagekoordinaten bei etwa 1cm  $\pm 2$  ppm und für Höhenangaben bei etwa 1.5 bis 2 cm  $\pm 2$  ppm.

Die GPS-Antenne befindet sich auf dem Boot, im Idealfall genau über dem Echolot-

geber. Das führt zu einer einfacheren Berechnung der Bezugshöhe, indem nur der Abstand zwischen Antenne und Echolotgeber, vermindert um dessen Eintauchtiefe, ermittelt wird.

#### 5.7.3.4 Genauigkeit von Echolotmessungen

Die Markscheideverordnung legt für die Lage- und Höhengenaugigkeit für Tagebauvermessungen  $\pm 20\text{cm}$  fest. Die tatsächlichen Messergebnisse liegen im Zentimeterbereich. In Heyne (Vgl. Heyne 1982, S. 94) hat sich der Autor mit einer Fehlerformel beschäftigt und hat diese für den mittleren Fehler aufgestellt:

$$m_T = \pm \sqrt{19 + 0.6 \cdot T^2} \quad (5.31)$$

Hier bedeuten  $m_T$  der mittlere Fehler in cm und T die Wassertiefe in Meter. In dieser Formel sind alle Fehlereinflüsse zusammengefasst, allerdings nicht der Lagefehler.

**Fehler bei der Echolotung:** Die Echolotung unterliegt zahlreichen Fehlerarten in unterschiedlicher Größenordnung und sind deshalb zu berücksichtigen. Im Folgenden sind die Fehlerarten und die Ursachen angeführt: (Vgl. Heyne 1982, S. 94)

**Dichtefehler:** werden hervorgerufen durch die Abweichung der theoretischen Ultraschallgeschwindigkeit,

**Zeitmessfehler:** werden durch fehlerbehaftete Zeitmessung bei der Laufzeitmessung verursacht,

**Hangneigungsfehler:** sind von der Hangneigung abhängige Lotungsfehler,

**Auflösungsfehler:** sind bedingt durch die Auflösung des Ultraschallimpulses,

**Lagefehler:** werden hervorgerufen durch die fehlerhafte Lagebestimmung des Lotungspunktes,

**Beschickungsfehler:** sind Höhenfehler durch unzureichend genaue Bestimmung der Wasserspiegeloberfläche bzw. des Bezugshorizonts,

**Eintauchfehler:** aufgrund falscher Eintauchtiefe des Schwingers und

**Eichfehler:** bedingt durch fehlerhafte Kalibrierung des Echolotes

Der Dichtefehler beeinflusst die Schallgeschwindigkeit im Medium, da die Dichte des Mediums von der Temperatur, der Tiefe und dem Salzgehalt abhängig ist. Aufgrund

der Erwärmung der oberen Wasserschichten ist von einer Geschwindigkeitsänderung von 10 bis 20 m/s auszugehen, die sich in einem Lotungsfehler von 1 bis 2% der Wassertiefe niederschlägt. Dies lässt sich im Folgenden herleiten: (Vgl. Heyne 1982, S. 95) Die Ausgangsgleichung ist

$$z' = \frac{c \cdot t}{2} \quad (5.32)$$

durch partielle Differentiation ergibt sich

$$f_{D+z} = \frac{1}{2} \cdot (t \, dc + c \, dt) = z' \cdot \frac{dc}{c} + \frac{c}{2} \cdot dt \quad (5.33)$$

In den Gleichungen 5.32 und 5.33 sind  $z'$  die gemessene Wassertiefe,  $t$  die Ultraschalllaufzeit,  $c$  die Ultraschallgeschwindigkeit,  $dt$  der Fehler der Ultraschalllaufzeitmessung und  $dc$  die Abweichung von der Ultraschallgeschwindigkeit. In der Gleichung 5.33 lässt sich die Fehlerabhängigkeit der Schallgeschwindigkeit von der Wassertiefe erkennen. Ebenso erkennbar ist, dass der Laufzeitfehler nicht von der Tiefe abhängig ist. (Vgl. Heyne 1982, S. 96)

Der Auflösungsfehler wird durch den unregelmäßig geformten Untergrund hervorgerufen und lässt sich auf die kegelförmige Ausbreitung des Ultraschalls zurückführen. In solch einem Fall lassen sich nur die Kuppen der Unregelmäßigkeiten genau bestimmen. Das Auflösungsvermögen der Tiefe ist von der Impulsbreite abhängig. (Vgl. Heyne 1982, S. 96)

Der für die Neigungsbestimmung der Unterwasserböschungen relevante Hangneigungsfehler hat seine Ursache in der kegelförmigen Ausbreitung des Ultraschalls im Medium. Der Öffnungswinkel des Schwingers bestimmt die Größe der bestrahlten Fläche, die mit zunehmender Tiefe anwächst. Bei geneigten Flächen trifft die Wellenfront nicht frontal auf der Oberfläche auf, sondern Teile des Schallimpulses werden vorzeitig an der Unterwasserböschung reflektiert und vom Empfänger registriert. Dem zufolge wird die Wassertiefe über Unterwasserböschungen zu gering gemessen und wird wie folgt beschrieben:

$$K_H = z' \cdot \sin \frac{\Theta}{2} \cdot \left( \tan \epsilon - \tan \frac{\Theta}{4} \right) \quad (5.34)$$

Darin ist  $K_H$  die Differenz der Tiefen zwischen der ersten Reflektion an der Böschung und der eigentlich zu messenden Tiefe unter dem Schwinger,  $z'$  die errechnete Tiefe bis zur ersten Reflektion,  $\epsilon$  der Hangneigungswinkel und  $\Theta$  der Öffnungswinkel des Schwingers. (Vgl. Heyne 1982, S. 95 f)

### 5.7.3.5 Vermessung der Gewässer

Im Zuge der markscheiderischen Aufgaben werden Echolotsysteme oder Sonarsysteme für eine Vielzahl von Aufgaben eingesetzt. Diese Aufgaben werden in folgende Bereiche eingeteilt: (Vgl. Pilgram 2006, S. 57)

- Messungen zum Nachtragen des Bergbaukartenwerks,
- Vorratsberechnungen,
- Flächenmessungen für die Leistungskontrolle,
- Profilmessungen zur Sicherheitskontrolle und Standsicherheitsberechnung,
- Beweissicherungsmessungen,
- Fremdkörpersuche im Baggersee,
- Auswertung der hydrographischen Vermessung - Höhen- und Bestandspläne,
- Kontrolle der Rekultivierungstätigkeiten.

Für die Vermessung der Gewässer sind neben den Instrumenten und der Positionsbestimmung noch die Berücksichtigung der Bootsbewegungen und die Eigenschaften des Wassers interessant. Die Erfassung der Bootsbewegungen erfolgt mit 2-axialen Neigungssensoren, Richtungssensoren(Kompass) und Beschleunigungssensoren. Die Sensoren registrieren Bewegungen (siehe auch Abbildung 13)

- um die Längsachse des Bootes - das Rollen,
- in der Längsachse des Bootes - das Wogen,
- um die Querachse des Bootes - das Stampfen,
- in der Querachse des Bootes - das Schwoien,
- um die vertikale Mittelachse - das Gieren und
- in der vertikalen Mittelachse - das Tauchen.

All diese Bewegungen verursachen sehr deutliche Abweichungen und verfälschen die gemessene Tiefe im Dezimeterbereich.

Eine spezielle Profil-Vermessungssoftware registriert Positionsdaten, Echolotmessung und die Sensormessungen in einem zeitlichen Zusammenhang. Aus den Sensordaten ermittelt man Korrekturdaten für die Echolotmessung, um eine lotrechte

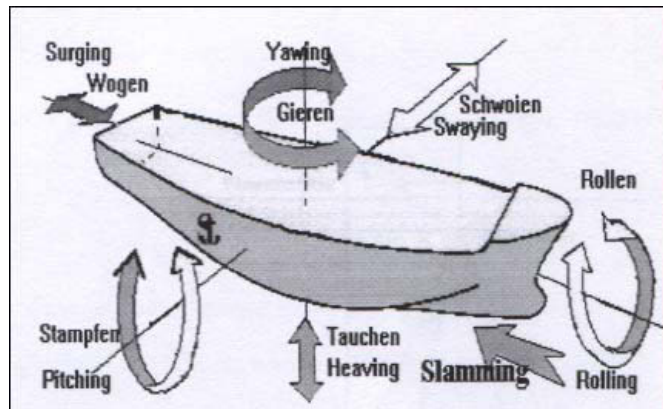


Abbildung 13: Mögliche Bootsbewegungen (Quelle: Mayer 2004)

Ausrichtung der Messung zu gewährleisten. Die Messung erfolgt mit einer Aufzeichnungsfrequenz von 1 Hz.

Im Nasstagebau wird für die meisten Aufgaben ein Vertikalecholot mit 2 Frequenzen eingesetzt. Das bevorzugte Positionierungsverfahren für offene Topografien ist RTK-DGPS. Bei ungünstigen Topographien, wie Abschattungen von GPS-Signalen durch Bewuchs oder Gebirge, ist ein zielverfolgender Tachymeter zu bevorzugen. (Vgl. Pilgram 2006, S. 54 f)

Die Vermessung erfolgt anhand mehrerer Profillinien. Der Abstand der Profile richtet sich nach der erfassten Fläche des Echolotsystems und dem Maßstab der zu erzeugenden Darstellung. Der Öffnungswinkel des Echolotes und die Wassertiefe beeinflussen die erfasste Fläche des Echolotes. Weiters ist dieser bei steiler oder unregelmäßiger Gewässersohle geringer anzusetzen als bei flach ausgeprägter Sohle. Es werden Längs- und Querprofile gemessen. Wobei darauf zu achten ist, dass die Profile senkrecht zur Gewinnungsrichtung ausgerichtet werden. (Vgl. Pilgram 2006, S. 59 f)

Aus den Messdaten resultieren Lage-, Höhen- und Bestandspläne, sowie ein digitales Geländemodell der Gewässersohle. Diese Pläne sind Bestandteil des Bergbaukartenwerks und bilden die Grundlage für Abbauplanung, Rekultivierungstätigkeiten und Überwachungstätigkeiten des Markscheiders.

Die Messergebnisse aus der markscheidekundlich-hydrographischen Vermessung finden Verwendung in der Abbauführung und im Genehmigungsverfahren. In einem Genehmigungsverfahren sind Querschnitte, Übersichtpläne, Sohl- und Untergrundverhältnisse, hydraulische Berechnungen, Beeinflussung des Grundwassers und ökologische Begleitmaßnahmen gefordert und beizulegen. In weiterer Folge dienen diese Messergebnisse einer Dokumentation des Abbaufortschrittes und der Entnahmemenge.

Gegenüber der Vollzugsbehörde ist der Markscheider verpflichtet, benötigtes Kartenmaterial der Behörde zur Verfügung zu stellen, damit diese ihrer Kontrolltätigkeit nachkommen kann.

# **6 Schließungsarbeiten und Sicherung der Oberflächennutzung nach Beendigung der Bergbautätigkeit**

Laut § 114 MinroG 1999 i.d.g.F. ist ein Abschlussbetriebsplan vorzulegen, wenn nach Erlass des Bundesministeriums für wirtschaftliche Angelegenheiten der Bergbauberechtigte beabsichtigt

- eine Einstellung der Gewinnung eines Bergbaues,
- eine Einstellung der bergbaulichen Tätigkeit,
- eine selbstständige Betriebsabteilung oder
- einen größeren Teil einer Bergbauanlage stillzulegen.

Der Inhalt des Abschlussbetriebsplan hat folgende Unterlagen zu enthalten: (§ 114 Mineralrohstoffgesetz i.d.g.F.)

- eine genaue Darstellung der technischen Durchführung der Schließungs- und Sicherungsarbeiten
- Unterlagen darüber, wodurch für den Schutz der Oberfläche im Interesse der Sicherheit für Personen und Sachen Sorge getragen wird
- Unterlagen darüber, wie die erforderliche Vorsorge zur Wiedernutzbarmachung der Oberfläche in dem nach den Umständen gebotenen Ausmaß getroffen wird
- Angaben über die Auflassung von Bergbauanlagen und Betriebseinrichtungen, sowie über deren anderweitige Verwendung
- wesentliche geologisch-lagerstättenkundliche und bergtechnischen Unterlagen

- Verzeichnis des Bergbaukartenwerks des Bergbaubetriebes oder der betreffenden Betriebsabteilung

Anzumerken ist, dass für obertägige Lockergesteinstagebaue auf grundeigene mineralische Rohstoffe keine Bergbauchronik zwingend den Unterlagen beizufügen ist.

Das Verfahren zur Genehmigung des Abschlussbetriebsplans ist in § 58 MinroG geregelt. Eine mündliche Verhandlung vor Ort ist nicht vorgesehen. Die Behörde hat zu prüfen, ob öffentliche Interessen nicht berührt werden, gegebenenfalls sind die zuständigen Verwaltungsbehörden anzuhören.

Eine Parteistellung im Abschlussbetriebsplanverfahren haben

- der Bergwerksberechtigte,
- die Eigentümer der Grundstücke , auf die sich der Gewinnungsbetriebsplan bezogen hat und/oder auf deren Grundstücken sich Bergbauanlagen befanden
- alle Grundstückseigentümer im Bergbaugesamt

Der Markscheider hat bei Einstellung der Bergbautätigkeit den gesamten Tagebau aufzunehmen und das Bergbaukartenwerk zu aktualisieren. Die Vermessung bildet die Grundlage für die Planung des Abschlussbetriebsplans. Es ist gängige Praxis, dass bereits abgebaute Abbauabschnitte einer Rekultivierung zugeführt werden können. Damit wird unnötige Staubdeposition von offenen Flächen durch den Bewuchs verhindert. Ebenso trägt der Bewuchs zu einem ortsüblichen Mikroklima bei, welches unter Umständen durch die starke Wärmeentwicklung durch Sonneneinstrahlung stark beeinträchtigt wäre.

Ebenfalls ist der Markscheider meist mit dem Monitoring befasst. Er hat Messverfahren anzuwenden, um eventuelle Böschungsbewegungen oder die Eutrophierung des Baggersees zu überwachen. Dazu sind in regelmäßigen Abständen Messungen durchzuführen und auszuwerten. Der Behörde ist häufig ein Bericht über das Monitoring zu übergeben. Vor allem bei der Nassbaggerung sind bescheidmäßig Monitoringprogramme gefordert. Sie umfassen eine jährliche Überprüfung der Wasserqualität auf Schadstoffe im Seewasser und im unterstromigen Grundwasserabfluss.



## 6.1 Möglichkeiten der Folgenutzung

Die Folgenutzung des Abbaugeländes bietet ein breites Spektrum an Möglichkeiten. Die folgenden Unterkapitel beschreiben diese Möglichkeiten. Es wird hier unterschieden in Trocken- und Nassbaggerungen. Das richtige Bepflanzen von Extremstandorten führt in weiterer Folge zu einer spezifischen Ansiedlung von Pflanzen und Tieren, welche nicht selten unter Artenschutz (Rote Liste) stehen.

### 6.1.1 Trockenbaggerung

Die Folgenutzung, die bereits im Gewinnungsbetriebsplan festgesetzt worden ist, ist nun detailliert auszuarbeiten und planlich darzustellen. Den Plänen ist auch eine technische Beschreibung der Folgenutzungsplanung anzufügen.

Für die Folgenutzung können die Verfahren der Rekultivierung und Renaturierung herangezogen werden. Eine Rekultivierung umfasst alle Maßnahmen und Tätigkeiten um ein Gebiet für die menschliche Nutzung wieder verfügbar zu machen. Es wird eine künstliche Landschaft geschaffen, die sehr viel Zeit, Geld und Pflege braucht. Eine Renaturierung schließt alle Maßnahmen ein, die zu einer natürlichen Wiederbesiedlung des Gebietes beitragen. Das Gelände wird der Planung entsprechend bearbeitet und danach der natürlichen Sukzession überlassen. Diese kann, abhängig von den Ausgangsbedingungen, sehr lange dauern (Jahre bis Jahrzehnte) bis sich eine merkliche Verbesserung des Landschaftsbildes einstellt. Dafür sind aber die finanziellen Mitteln und der pflegerische Aufwand geringer als bei der der Rekultivierung.

Oft ist bei der Folgenutzungsplanung eine Kombination dieser Verfahren von Vorteil. Aus den privatrechtlichen Verträgen mit den Grundstückseigentümern ist die Folgenutzung (Wiederherstellung des Urzustandes) meist schon festgeschrieben. Grundsätzlich sind Extrembereiche (wie Klima, Lage und Substratzusammensetzung) einer natürlichen Sukzession zu überlassen, denn dort ist eine ökonomische Rekultivierung nur mit hohem Aufwand möglich. Für die natürliche Sukzession sind folgende Flächen gut geeignet: (Vgl. Barbl 2003, S. 412-416)

- Flächen mit überdurchschnittlich kleinmorphologischem Nischenreichtum,
- mikroklimatische Extremstandorte - Troglagen, Senken, Mulden, exponierte Kuppen, südexponierte Böschungen
- Standorte im Grundwasserschwankungsbereich bei Nassbaggerungen,

- Standorte im Nahbereich von Kontaktbiotopen mit hohem Besiedlungspotential.

Für diese Flächen gilt, dass sie eine standortspezifische Artenvielfalt hervorbringen. Durch wenige Pflegemaßnahmen kann diese Vielfalt dauerhaft erreicht und offengehalten werden.

Der Anteil der für die natürliche Sukzession geeigneten Flächen nimmt etwa 10 bis 30 % der Gesamtfläche in Anspruch (Vgl. Barbl 2003, S. 413). Für den Rest der Fläche ist eine wirtschaftliche Folgenutzung in der Planung vorzusehen. Die wirtschaftliche Folgenutzung trägt den forstlichen, landwirtschaftlichen und touristischen Interessen der Parteien Rechnung. So sind Grundeigentümer daran interessiert, dass ihre Grundstücke wieder einer landwirtschaftlichen Nutzung zugeführt werden. Oder die Gemeinde hat Interesse an einer Umwandlung des Bergbaugesbietes in ein Erholungs- und Freizeitgebiet. Diese Interessen sind zusammenzutragen, auszuwerten und dienen als Grundlage für die Planung. (Vgl. Barbl 2003, S. 413 f)

Die Forstwirtschaft wird ihre Grundstücke einer Aufforstung unterziehen. Dafür eignen sich gut:

- Rohbodenflächen mit guter Wasser- und Nährstoffversorgung,
- Flächen mit großer Distanz zu Flächen mit freier Sukzession und
- Standorte mit geringer Dynamik.

Als Substrat dient der vorhandene Rohboden. Eine qualitative Beurteilung soll die physikalischen und chemischen Eigenschaften des Substrates untersuchen. Dieses Ergebnis beeinflusst die Auswahl der Forstpflanzen nach deren Standortbedingungen. Prinzipiell wird zuerst ein Vorwald aus Pioniergehölzen (Erlen und Pappeln) herangezogen, die durch die Feindurchwurzelung und die zusätzliche Humusaufgabe (Laub) zur Bodenverbesserung beiträgt. Zu einem späteren Zeitpunkt wird der eigentliche Zielwald gepflanzt. Dem Vorwald kommt in dieser Zeit eine Schutzfunktion (Hitze, Frost) für den Zielwald zu. Es ist von einer zeitlichen Größenordnung von 10-15 Jahren auszugehen, bis der Vorwald entfernt und der Zielwald sich entwickelt und in das Landschaftsbild eingefügt hat. (Vgl. Barbl 2003, S. 413 f)

Bei der landwirtschaftlichen Folgenutzung besteht die Problematik darin, dass der Boden mit landwirtschaftlichen Maschinen bearbeitet werden muss. In der Planung sind entsprechende Reliefanpassungen vorzunehmen, die eine gefahrlose Bearbeitung des Bodens gewährleisten muss. Dazu ist Bodenmaterial einzubringen, welches wahrscheinlich nicht in dem benötigten Ausmaße im Bergbaugesbiet vorrätig gehalten werden kann. Das zusätzliche Bodenmaterial ist durch Fremdmaterial ein-

zubringen. In diesem Zusammenhang ist darauf zu achten, dass die Bestimmungen des Abfallwirtschaftsgesetzes und der Deponieverordnung berücksichtigt werden. Dies ist mit erheblichem wirtschaftlichen Aufwand verbunden, da Aufzeichnungen (Probennahme) über das zugeführte Bodenmaterial geführt werden müssen. (Vgl. Barbl 2003, S. 414 f)

Der neu eingebrachte Boden(Neulandboden) ist immer von schlechterer Qualität als der gewachsene Ausgangsboden. Daher ist über die eigentliche Rekultivierungsschicht eine hochwertige, durchwurzelbare Bodenschicht aufzubringen, die die Bodenfunktion nachhaltig sichert. Erst dann entsteht ein wertvoller Boden für die landwirtschaftliche Nutzung.(Vgl. Barbl 2003, S. 414 f)

Die Folgenutzung als Freizeitgebiet ist möglich, wenn sich größere Städte in näherer Umgebung befinden. Die Gestaltung des Bergbaugesbietes kann in Flächen gegliedert werden, deren unterschiedliche Nutzung den Beobachtern die Entstehung von natürlichen Lebensräumen aufzeigt. So entwickeln sich Flächen, die durch natürliche Sukzession Pflanzengesellschaften hervorbringen, die in ihrer Zusammensetzung selten geworden sind. Eine fachkundige Betreuung dieser Flächen ist dafür Voraussetzung und dient auch zur Dokumentation der natürlichen Vorgänge.

## **6.1.2 Nassbaggerung**

### **6.1.2.1 Erholungssee / Badesee**

Die Mindestgröße eines Badesees hat 5 ha nicht zu unterschreiten (Vgl. Schulz 2003, S. 1). In der ÖNorm M 6230 ist ein Platzbedarf pro Person von 20 m<sup>2</sup> vorgesehen. Das entspricht bei der angegebenen Mindestgröße von 5 ha bereits 2500 Badegästen.

Die Ufergestaltung im Badebereich ist flach und kiesig/sandig auszuführen. Sie dient der Sicherheit der Badegäste und Kies verhindert ein Aufwirbeln des Seesediments. Die Länge des Badebereichs sollte etwa einem Drittel der gesamten Uferlinie entsprechen. Dieser Bereich ist von hoher Vegetation freizuhalten. Eine begehbare Uferneigung im Badebereich von 1:10 (5.71°), bis in eine Tiefe von 2 m, ist anzustreben. Aus limnologischen Gründen ist eine Wassertiefe von 10 m und mehr von Vorteil. Der Badestrand sollte parallel zur Hauptwindrichtung ausgerichtet sein. Es ist ratsam eine sanitäre Infrastruktur einzuplanen, um unnötige Belastungen des Badewassers aus menschlichen Bedürfnissen zu verringern. Als Voraussetzung für eine hohe Wasserqualität ist eine geringer Nährstoff- und Schwebealgenkonzentration. Bei großen Sichttiefen von 2 – 3 m kann davon ausgegangen werden, dass

die Wasserqualität den gesetzlichen Bestimmungen entspricht - ersetzt aber die vorgeschriebenen Untersuchungen gemäß der behördlichen Auflagen nicht. Allerdings sollten regelmäßig die relevanten Wasserparameter von einem Labor untersucht und dokumentiert werden. (Vgl. Sampl 1995, S. 136 f)

#### **6.1.2.2 Fischgewässer / Angelsee**

Angelseen haben ebenso wie Badeseen eine Größe von 5 ha und mehr. Die Wassertiefe sollte mehr als 5 m betragen, sowie ein differenziertes Tiefenprofil aufweisen, um den natürlichen Fortpflanzungsvorlieben der Fische gerecht zu werden (Vgl. Schulz 2003, S. 2 ff). Dazu sind Flachwasserzonen, welche als Laich- und Schutzzonen für Jungfische dienen, anzulegen und tiefere Zonen als Rückzugsgebiete für ältere Fische vorzusehen.

Der Fischbesatz ist an das natürliche Nahrungsangebot des Grundwassersees anzugleichen. Es dürfen nur solche Fischarten eingesetzt werden, die unter den gegebenen Bedingungen artgerechte Lebensbedingungen vorfinden. Entsprechend der Eutrophierung und den limnologischen Gegebenheiten sind entweder Fische der Cyprinidenseen (Karpfen, Schleie, Hecht, Zander, Wels) oder der Salmonidenseen (Seeforelle, Seesaibling, Coregonen) für den See vorzusehen. In Grundwasserseen mit einem reichen Wasserpflanzengürtel und hohen Wassertemperaturen in den Sommermonaten sind Karpfen, Schleie und Hecht zu forcieren, in solchen mit niedrigen Wassertemperaturen (kleiner 20 °C) und kiesigen Substraten, Salmoniden. Eine zu hohe Fischdichte sollte vermieden werden, denn sie führt zu einer beschleunigten Eutrophierung des Grundwassersees. (Vgl. Sampl 1995, S. 137)

#### **6.1.2.3 Naturschutzsee / Biotopsee / Landschaftssee**

(Vgl. Sampl 1995, S. 135 ff)

Ein Naturschutzsee dient zur Schaffung von aquatischer, amphibischer und terrestrischer Lebensraum und der Erhöhung der Artenvielfalt von Flora und Fauna. Die Ufergestaltung ist der natürlicher Seen anzugleichen. Dazu ist auf geschlungene Uferlinien, kleine Buchten und verschieden stark geneigte Böschungen im Ober- und Unterwasserbereich zu achten.

Auf den flachen Unterwasserböschungen können sich viele submerse Makrophyten ansiedeln, die dem Wasser Nährstoffe entziehen und so das Algenwachstum bremsen. Allerdings sind flache Böschungen im Abstrombereich des Gewässers zu mei-

den, da sich in diesem Bereich vermehrt organisches Material ansammelt, welches zu erhöhter Sauerstoffzehrung führt. Dem Grundwasser wird beim Abfließen durch das Sediment vermehrt Sauerstoff entzogen. Auf steilen Unterwasserböschungen führt der rasche Tiefenzuwachs zu eingeschränktem Pflanzenwuchs und geringeren organischen Ablagerungen, wodurch sich die Sauerstoffzehrung nachweislich reduziert.

Außerhalb der Abstromzone sollte der Uferstreifen im Grundwasserschwankungsbereich flach ausgebildet sein, damit sich ein Schwimmblatt- und Röhrichtgürtel entwickeln kann. Der entstehende amphibische Lebensraum stellt gefährdeten Arten, aus Fauna und Flora, ein neues Habitat zur Verfügung.

Die Uferböschungen sollten flache und steile Bereiche aufweisen, ebenso kleine Terrassen. Dadurch wird eine natürliche Besiedlung ermöglicht. Es ist zu beachten, dass steile Böschungen nicht mit Humus bedeckt werden sollen, um nicht einen zusätzlichen Nährstoffeintrag durch Erosion zu begünstigen.

Schon während der Rohstoffgewinnung etabliert sich an den entstehenden Böschungen eine Pioniervegetation, welche zum Zeitpunkt der Nachnutzung bereits eine natürliche Vegetationsabfolge entwickelt hat. Solche Standorte sind unberührt zu lassen.

Als Uferbepflanzung sind Erlen und Weiden sehr gut geeignet. Sie fördern die Artenvielfalt der Insektenfauna. Standortfremde Arten, wie Fichten, Lärchen und Robinien, sind abzulehnen. Da eine feste Insel in einem Grundwassersee zwangsläufig mit einem offensichtlichen Rohstoffverlust einhergeht, ist die Möglichkeit von gestalterischen Kleinelementen gegeben. Gestalterische Kleinelemente wären im Wesentlichen (Vgl. Gilcher 1999, S. 279 f)

- Schwimminseln, Schwimmkampen, Nistflöße
- Schwimmbäume und
- Sitzwarten.

Die Schwimminsel, Schwimmkampen und Nistflöße dienen der Habitatsvoraussetzung von Vogelarten. An sehr tiefen Stellen oder an steilen Böschungen sind damit Nistplätze realisierbar, die sonst nur mit hohem Aufwand möglich wären; Schwimmbäume sind Baumstämme, die von feinem Astwerk befreit und an geeigneter Stelle im See verankert werden. Eine Sitzwarte entsteht durch nahezu senkrecht aus dem Wasser ragende Bäume, die am Grund mit Betonfundamenten verankert sind.

# **7 Die Aufgaben des Markscheiders bei der Nassgewinnung anhand eines Beispiels aus der Praxis**

In diesem Kapitel wird die Nassgewinnung anhand eines Beispiels aus der Praxis näher beschrieben.

Für die, in den vorigen Kapiteln angeführten Pläne, Karten und Schnittrisse werden Darstellungen aus der Praxis angeführt und deren Inhalt erklärt. In einem allgemeinen Kapitel werden die generellen Anforderungen an die Darstellungen beschrieben.

Es sei darauf hingewiesen, dass die gezeigten Karten und Pläne von realen Lockergesteinstagebauen stammen. Jedoch ist das zur Verfügung gestellte Kartenmaterial an die Bedingung geknüpft, dass die Darstellungen anonymisiert vorgenommen werden. Demzufolge ist jeglicher Firmenbezug (Unternehmensbezeichnung) und Ortsbezug (KG, Mappenblätter, Land- und Ortsbezeichnungen) geschwärzt dargestellt.

## **7.1 Nassgewinnung - ein Beispiel aus der Praxis**

In den vorigen Kapiteln sind die gesetzlich vorgeschriebenen Inhalte von technischen Beschreibungen und graphischen Darstellungen erläutert worden. Das folgende Kapitel bezieht sich auf eine Nassgewinnung in Niederösterreich. Für die Genehmigung des Gewinnungsbetriebsplans sind, wie schon in den anderen Kapiteln beschrieben, verschiedene Unterlagen dem Ansuchen beizulegen.

### **7.1.1 Gewinnungsbetriebsplan**

In diesem Beispiel handelt es sich um eine Erweiterung einer bestehenden Nassgewinnung in Niederösterreich. In den folgenden Kapiteln werden die Karten und

Unterlagen für die Genehmigung des Gewinnungsbetriebsplans vorgestellt.

#### **7.1.1.1 Technische Beschreibung**

**7.1.1.1.1 Einleitung und Auftrag:** Die Firma beabsichtigt eine Erweiterung der obertägigen Gewinnung auf bestimmten Grundstücken, welche durch ihre Grundstücksnummer und deren Katastralgemeinde bekannt gegeben werden. Das Gesamtausmaß der Erweiterung beläuft sich auf 4.39 Hektar (ha), wobei eine verbleibende Wasserfläche von über einem Hektar entstehen wird

**7.1.1.1.2 Verwendete Unterlagen:** Die Angabe der verwendeten Unterlagen gibt einen Überblick über die Datenbasis, auf der das eingereichte Projekt erstellt wurde.

- Mineralrohstoffgesetz 1999 i.d.g.F.,
- alle in Frage kommenden Bescheide (Wasserrechtsbescheide);
- Bewilligungen für die Errichtung diverser Baulichkeiten, der Kieswaschanlage, Kegelbrecher, Mühlen und Siebanlagen, naturschutzrechtliche Bewilligungen;
- Planunterlagen (Rekultivierungsplan, Österreichische Karte ÖK25V und ÖK50)

#### **7.1.1.1.3 Allgemeine Angaben zum Projekt:**

- Projektgegenstand (Erweiterung der obertägigen Gewinnung, Änderung des bestehenden Gewinnungsbetriebsplan für die betroffenen Grundstücke),
- Lage (Bezirk, Gemeinde, Katastralgemeinde, betroffenen Grundstücke, Flächenwidmung der Grundstücke),
- Abbaufäche (Flächenbezeichnung, Gesamtausmaß, nutzbare Abbaufäche),
- Lagerstättenvorrat,
- Folgenutzung (extensive Sportfischerei), bestehende Bewilligungen (Flächenwidmung, Kiesentnahme, Grundwasserentnahme, Abwasserbehandlung/Absetzbecken, Naturschutz),

#### **7.1.1.1.4 Angaben und Nachweise nach § 80 Abs. 2 MinroG:**

- Geologisch - lagerstättenkundliche Beschreibung,

- Grundstücksverzeichnis (Tabelle mit Grundstücksnummer, KG, Ortsgemeinde, Bezirk, Einlagezahl, Grundeigentümer),
- Grundbuchsauszug,
- Überlassungsvereinbarung,
- Lageplan,
- Gewinnungsberechtigungen,
- Speicherbewilligungen,
- Firmenbuchsatzauszug,
- Lageplan (Abbau und Vorkehrungen zum Schutz der Oberfläche),
- Glaubhaftmachung der Verfügung der technischen und finanziellen Mittel (bei Erweiterung hinfällig, da Nachweis bereits vorliegt),
- Abtransportkonzept (LKW über Landesstrasse, Frequenz der LKW-Fahrten unberührt),
- Lärm- und Staubemissionen (keine Änderung des maschinellen Einsatzes, daher werden die Emissionen nicht erhöht)

#### **7.1.1.1.5 Angaben und Nachweise nach § 113 Abs. 1 Minrog**

- Planungszeitraum,
- Abraumengen (basierend auf der geologisch - lagerstättenkundlichen Beschreibung),
- Gesamte und jährliche Massenbewegung,
- Geräteeinsatz (Schrappanlage, Radlader),
- Aufschlussphase (Humus abschieben und seitlich zwischenlagern, Fahrwegverlegung),
- Abbau- und Rekultivierungsphasen (Abbauverfahren, Abbauabschnitte, Aufbereitung, Abtransport, zeitversetzte Rekultivierung mit nicht verwertbarem Lagerstättenvorrat und dem aufgeschobenen Humus)
- vorgesehene Sicherheitsmaßnahmen (Angabe zu den verantwortlichen Personen, Maschinenaufsicht, Brandbekämpfung, Rettungswesen, Arbeitnehmerschutz)



- Angaben über die erwarteten Emissionen

#### **7.1.1.1.6 Maßnahmen zum Schutz der Oberfläche und zur Sicherung der Oberflächennutzung**

- Böschungsneigungen (generell mit 1:2 ausgebildet und standsicher)
- Rekultivierung (endgestaltete Flächen werden begrünt und anschließend mit Laubgehölzen bepflanzt)
- Nutzung nach Beendigung der Bergbautätigkeit (Grundwassersee mit Sportfischerei)

#### **7.1.1.1.7 Angaben nach § 82 Abs. 1 und 2 MinroG**

- Flächenwidmung der Grundstücke (Grünland, Land- und Forstwirtschaft),
- Entfernungen zu Gebieten nach § 82 Abs. 1, Z 1 bis 3 (im Umkreis von 300 m befinden sich keine Ausschließungsgründe nach § 82 Abs. 1)

#### **7.1.1.1.8 Anhang**

- Grundbuchsauzüge,
- Firmenbuchauszug,
- Überlassungserklärung für die grundeigenen mineralischen Rohstoffe,
- Flächenwidmungsplan der Gemeinde

#### **7.1.1.2 Geologisch-lagerstättenkundliche Beschreibung des Projekts**

##### **7.1.1.2.1 Verwendete Unterlagen:**

- Lagepläne der Nassbaggerung,
- Grundwassermodell des betreffenden Gebiets (Niederösterreichische Landesregierung),
- Grundwassergüte des betreffenden Gebietes (Umweltbundesamt),
- Geologische Karte 1:50000 (Geologische Bundesanstalt),

- Bohr- und Ausbauprofile von Sonden

**7.1.1.2.2 Morphologie:** In dieser Beschreibung des Projekts findet sich die Angabe der mittleren Seehöhe von 196 m H.ü.A.

**7.1.1.2.3 Geologischer Überblick:**

- Beschreibung der Geologie (quartäre Donauschotter),
- Folgerungen aus den geologischen Zusammenhängen bezüglich Lagerstättenkörper (homogener Aufbau, Sedimentationsbedingungen, Kornaufbau),
- Beschreibung des Liegenden (Grundwasserstauer),
- Erklärung der geologischen Karte im Bereich des Abbaugebiets.

**7.1.1.2.4 Beschaffenheit des Vorkommens:**

- Angabe zu Deckschichtmächtigkeit entsprechend Bohrprofilen; im vorliegenden Fall 0.3 m Humus und 0.7 m schluffig, kiesigem Sand;
- Beschreibung der Lagerstätte - sandige Kiese mit unterschiedlicher Korngröße, blockige Einschaltungen von schluffigen Horizonten; Mächtigkeit der Lagerstätte 18 - 20 m

**7.1.1.2.5 Lagerstättenvorrat:** Aufgrund der Erweiterungsfläche von etwas mehr als 4 Hektar, einer Überlagerungsschicht von etwa 1.5 m sowie einer Mächtigkeit von etwa 19 m beträgt der Lagerstättenvorrat ungefähr 800000 m<sup>3</sup>. Die nutzbare Abbaufäche wird in Form einer Trockenbaggerung und einer anschließenden Nassbaggerung abgebaut. Die Mächtigkeit für die Trockenbaggerung beträgt 1.5 m und für die Nassbaggerung 12 m. Unter Berücksichtigung der Böschungsneigungen (1:2) ergibt sich ein gewinnbarer Vorrat von 40000 m<sup>3</sup> bei der Trockenbaggerung sowie 160000 m<sup>3</sup> für die Nassbaggerung - in Summe 160000 m<sup>3</sup>. Das Abraum:Rohstoff-Verhältnis ist für die Trockenbaggerung 1.1:1 und für den gesamten Abbau 0.19:1.

## **7.1.2 Erstellen von Unterlagen zur wasserrechtlichen Genehmigung**

### **7.1.2.1 Technische Beschreibung**

**7.1.2.1.1 Einleitung und Auftrag:** Es wird die bestehende Situation beschrieben. Die bestehenden Bescheide werden erläutert und die davon betroffenen Grundstücke angeführt. Im Weiteren folgt die Beschreibung der beabsichtigten Erweiterung und der endgültig verbleibenden offenen Wasserfläche. Mit diesem Ansuchen wird auch gleichzeitig um Fristverlängerung für die Grundwasserentnahme, das Absetzbecken und des Reinwasserbeckens angesucht.

#### **7.1.2.1.2 Verwendeten Unterlagen:**

- Gesetze und Verordnungen (Wasserrechtsgesetz 1959, Richtlinien für den Schutz des Grundwassers bei Gewinnung von Sand und Kies),
- Bestehende Bescheide und Bewilligungen,
- Planunterlagen (Lagepläne)

#### **7.1.2.1.3 Allgemeine Angaben zum Projekt:**

- Projektgegenstand (Erweiterung des Abbaus durch teilweise Trocken- und Nassbaggerung, Verlängerung der Wasserechtsbescheide bezüglich Grundwasserentnahme, Kieswaschanlage, Absetz- und Reinwasserbecken),
- Lage mit Angabe des Bezirks, der Gemeinde, der Katastralgemeinde und der Einlagezahl der Grundstücke sowie der Flächenwidmung;
- Abbaufäche - Gesamtausmaß und nutzbare Abbaufäche,
- Lagerstättenvorrat mit Angabe der Abbautiefe für die Trockenbaggerung (193.00 m H.ü.A), die Nassbaggerung (181.50 H.ü.A) und dem Lagerstätteninhalt der Nassbaggerung,
- Folgenutzung - Grundwasserteich mit sportfischereilicher Nutzung; die Flächen der Trockenbaggerung werden der natürlichen Sukzession überlassen,
- bestehende Bewilligungen - Flächenwidmung, Kiesentnahme, Grundwasserentnahme, Abwasserbehandlung, Gewinnungsbetriebsplan, Naturschutz;

#### **7.1.2.1.4 Hydrogeologische Verhältnisse:**

- Geologische Situation,
- Grundwasserdynamik: durch eine Auskunft der hydrologischen Abteilung des Landes wurden Angaben getroffen über Strömungsrichtung, Spiegelgefälle, Abstandsgeschwindigkeit des Grundwassers, höchster und niedrigster Grundwasserspiegel sowie Beweissonden;
- Grundwassernutzung (Wasserversorgungsbetriebe und Hausbrunnen im Abstrombereich sind nicht vorhanden),
- Grundwasserqualität (chemisch-physikalische und bakteriologische Untersuchungen des Grundwassers und Seewassers zusätzlich eine hydrobiologische und eine biozönotische Untersuchung des Seewassers)

#### **7.1.2.1.5 Abbauplanung:**

- Gewinnung, Aufbereitung und Abtransport;
- Baustelleneinrichtung (Abstellplatz, Betankung, Sozial- und Sanitäreinrichtungen)

**7.1.2.1.6 Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse:** Die Auswirkungen dieses Projekts sind als gering einzustufen. Die regionalen Gewinnungsanlagen der umliegenden Gemeinden liegen außerhalb der unmittelbaren Abstromrichtung. Die Fließzeit zu einem 1000 m entfernten Dorfes beträgt aufgrund der geringen Abstandsgeschwindigkeiten in etwa 18 Jahre!

**7.1.2.1.7 Beweissicherungsmaßnahmen:** Die Beweissicherungsmaßnahmen betreffend Seewasser und Grundwasser werden gemäß den behördlichen Auflagen aus den Bewilligungsbescheiden des bestehenden Abbaugebiets fortgeführt und dokumentiert.

**7.1.2.1.8 Rekultivierung:** Als Folgenutzung ist ein Landschaftssee mit Sportfischerei vorgesehen. Bei der Trockenbaggerung wird ein Abstand von 2 m über dem höchsten Grundwasserstand eingehalten. Die Aufhöhung erfolgt mit nicht verwertbarem Lagerstättenvorrat und Humus. Das dafür benötigte Material wird dem aufgeschobenem Abraum und Humus entnommen. Die Abbauböschungen werden der

natürlichen Sukzession überlassen. Ebenso wird der Bereich zwischen Böschungsoberkante und der Abbaugrenze mit standortgerechten Gehölzen bepflanzt. Um das Gelände wird ein Zaun errichtet.

**7.1.2.1.9 Grundstücksverzeichnis:** Das Grundstücksverzeichnis wird in einer Tabelle dargestellt. Die Spalten dieser Tabelle tragen die Bezeichnung der Grundstücksnummer, Katastralgemeinde, der Ortsgemeinde, dem Bezirk, der Einlagezahl und dem Grundeigentümer.

#### **7.1.2.1.10 Anhang:**

- Grundwasserschichtenplan,
- Bohrprofile der Sonden,
- Ergebnisse der aufgezeichneten Beweissicherungen

### **7.1.3 Beschreibung der Karten und Pläne des Projekts**

#### **7.1.3.1 Übersichtskarte**

In der Abbildung 14, auf Seite 123, findet man die Übersichtskarte des Bergbau. Sie enthält in roter Linienführung die genehmigten Abbaugebiete. Die Bezeichnung „I“ entspricht dem bereits abgebauten ersten Abbaufeld, mit „II“ wird die nördlich anschließende Erweiterung beschriftet. Schwarz umrandete Flächen beziehen sich auf den Abbauplan. Die blauen Linien stellen die Grundwasserschichten dar. Die Richtung und das Gefälle des Grundwassers erkennt man an dem blauen Pfeil in Blattmitte. In schwarz wird der Kataster mit der Grundstücksnummer eingetragen.

#### **7.1.3.2 Lageplan**

Der Lageplan, Abbildung 15 auf Seite 125, beruht auf dem Kataster. Dieser wird in schwarzer Linienfarbe eingetragen mit der Grundstücksnummer und deren Widmung. Die Gitterkreuze mit den Koordinaten im System der Landesvermessung sind gut sichtbar angebracht. In der Blattmitte erkennt man in rosa Linienführung das geplante Erweiterungsgebiet „II“. Das Erweiterungsgebiet besteht aus einer Wasserfläche und den umgebenden Bodenflächen. Am Rand des Erweiterungsgebietes sind Böschungen eingezeichnet sowie eine Rampe am unteren Rand der Abbildung. Die in

ÜBERSICHT

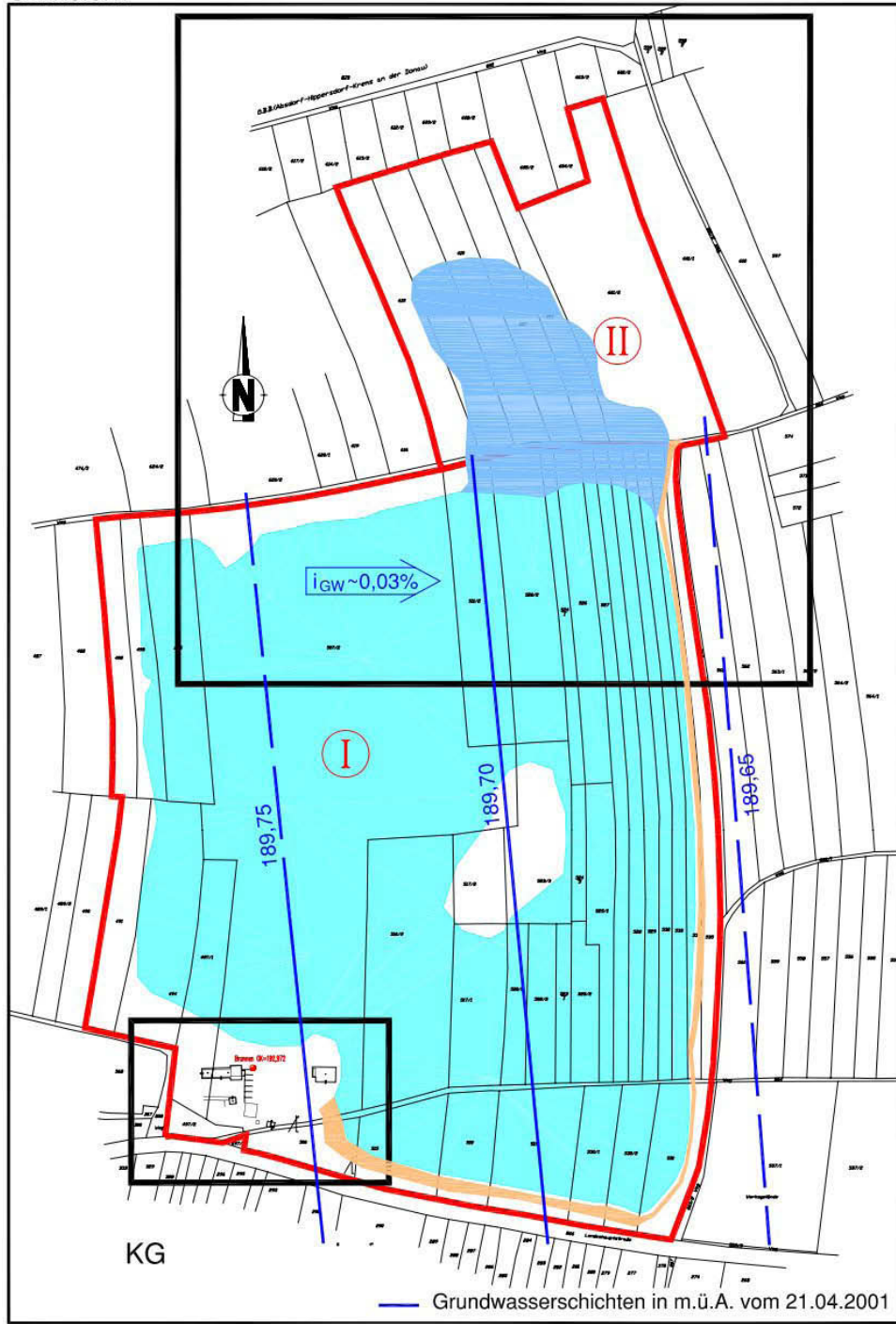


Abbildung 14: Übersichtskarte des Bergbaues

grünen Linien umrandete Fläche bezeichnet den Bereich in dem die Trockenbaggerung stattfindet. Die in dieser Zone befindliche Wasserfläche wird mit nicht verwertbarem Lagerstättenvorrat aufgefüllt. Die in rot gehaltenen Linien bezeichnen den Anschlussrand des bestehenden Abbauggebietes. Die Position der Sonden erkennt man an der roten halbgefüllten Kreisfläche. Am Plan befinden sich Höhenkoten und am linken unteren Rand auch ein Höhenfestpunkt (HFP) mit 196.83 m H.ü.A.

### **7.1.3.3 Schnittrissliche Darstellungen**

In der Abbildung 16, Seite 126, ist ein Schnitt A-A und ein Schnitt B-B dargestellt. Der Schnitt A-A, welcher in Nord-Süd-Richtung verläuft und ein Schnitt B-B in Ost-West-Richtung. Die Spuren dieser Schnitte sollten in einer grundrisslichen Darstellung eingezeichnet werden. Der Schnittes stellt am Beginn, in vertikaler Richtung, die Höhenangaben in ganzen Metern dar, daneben ist der Schichtenaufbau schematisch eingezeichnet. In horizontaler Richtung sind 4 Zeilen angeordnet und dienen zur Angabe von Höhen, der Stationierung, des Grundstücks und der Katastralgemeinde. In Rot ist das Projektvorhaben eingezeichnet. Man erkennt deutlich die einzelnen Abbauabschnitte und die Teufe der jeweiligen Abbausohlen, weiters wird auf das bestehende und das projektierte Abbauggebiet hingewiesen. In Grün erkennt man das ursprüngliche Gelände. Der Trockenabbau beginnt nach Abschiebung des Humus und des Abraums und wird bis in eine Teufe von 193.00 m H.ü.A geführt. Anschließend wird im Bereich des Nassabbaus auf die Teufe 192.00 m H.ü.A weiter abgegraben. Ab dieser Teufe wird mittels Schrapper auf die Endteufe von 181.50 m H.ü.A abgegraben. Die Böschungsneigung beträgt bei allen Böschungen das Verhältnis 1:2.

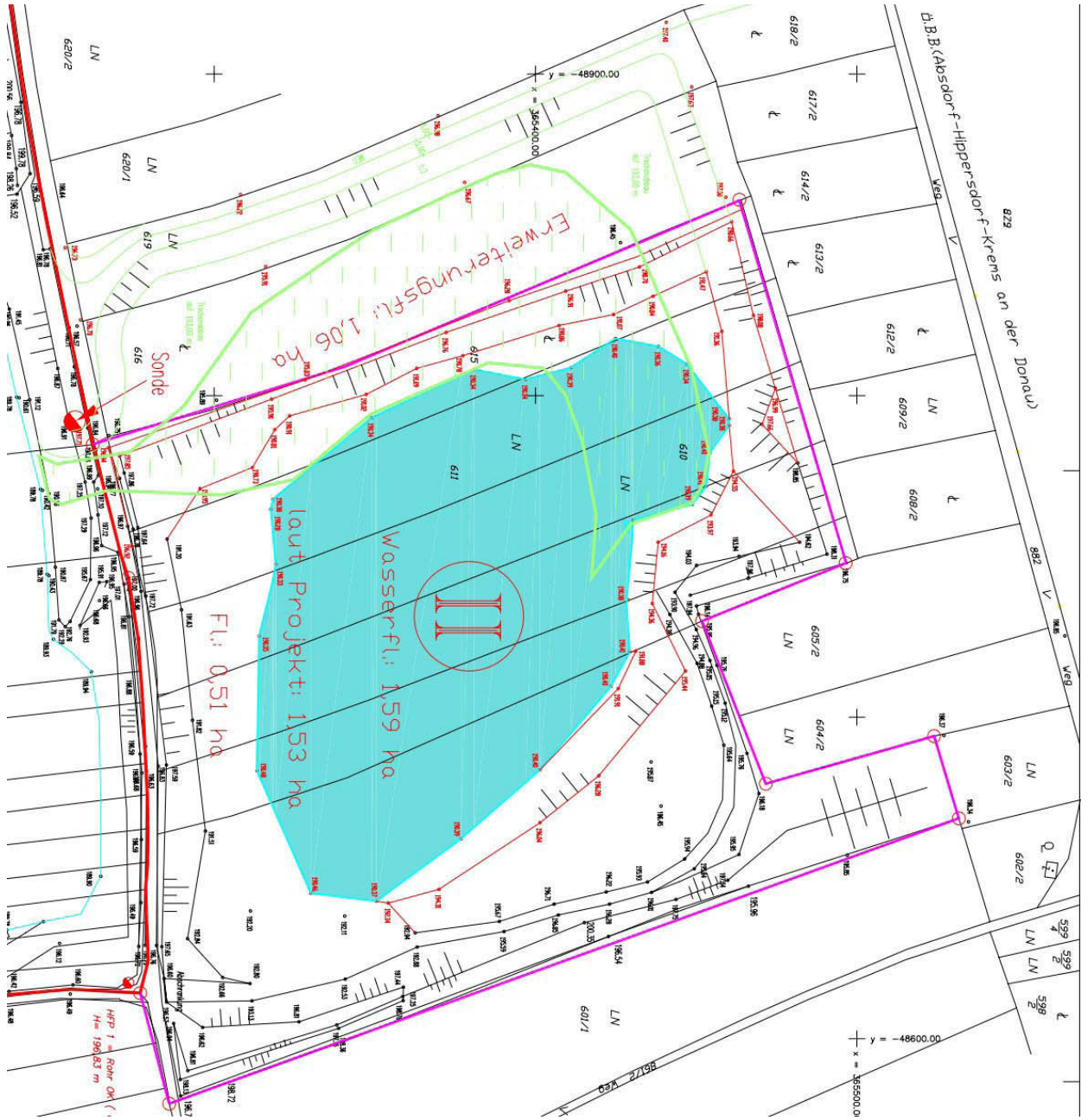


Abbildung 15: Lageplan Erweiterung



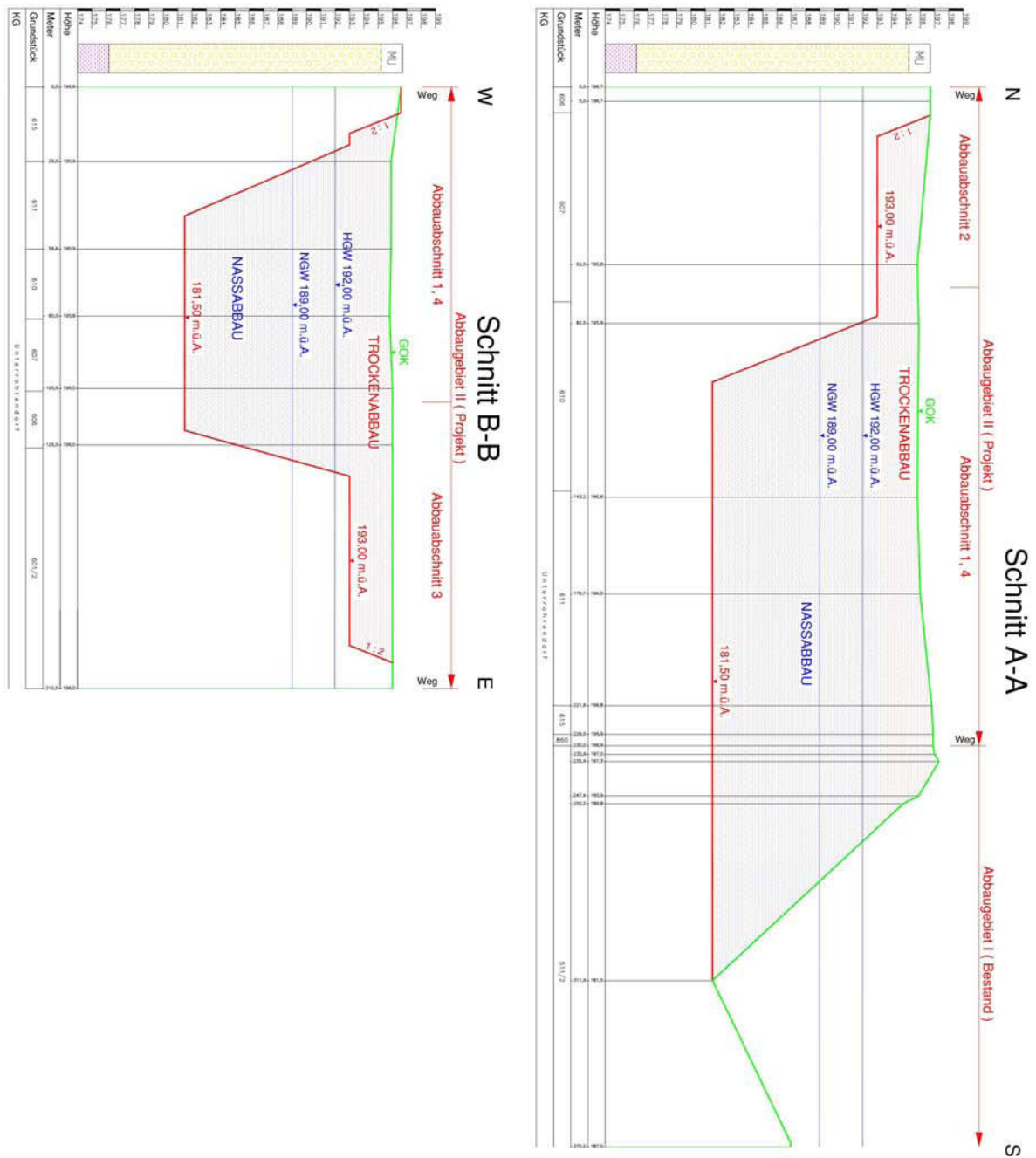


Abbildung 16: Schnitttriss des Abbaues

## 7.1.4 Weiterführendes Kartenmaterial

Da in dem Praxisbeispiel nicht alle Karten und Pläne, die in dieser Arbeit erwähnt wurde, zur Anwendung kam, ist aus einem anderen Lockergesteinstagebau das ergänzende Kartenmaterial entnommen und beschrieben worden.

### 7.1.4.1 Flächenwidmungsplan

Die Abbildung 17 auf Seite 128 zeigt die Erweiterung eines bestehenden Bergbaues in Richtung. Es sind alle Grundstücksgrenzen mit Grundstücksnummern eingezeichnet. Eine weitere Ebene zeigt das gesamte Abbaugelände aufgesplittet in genehmigte Flächen und in die Erweiterungsfläche. Aus der Legende ist die entsprechende farbliche Darstellung und deren Flächeninhalt (in m<sup>2</sup>) der einzelnen Gebiete zu entnehmen. In weiterer Folge sind im Flächenwidmungsplan das Dorfgebiet, die Betriebsgebiete, Quellschutzgebiete und Naturdenkmäler dargestellt. Diese sind relevant für die Genehmigung des Bergbaues. In roter Farbe ist der 300 m- bzw. 100 m-Abstand eingezeichnet, welcher nach MinroG bei Unterschreitung ein Versagen der Genehmigung zur Folge hat.

Neben diesen Informationen ist in diesem Flächenwidmungsplan eine Verdachtsfläche im Osten (schwarz umrandet, schraffiert) und im Süden ein „Hoffnungsgebiet - Archäologischer Fund“ abgebildet. Beide Darstellungen haben keinen unmittelbaren Einfluss auf die Genehmigung des Bergbaues. Jedoch ist ein archäologischer Fund im Erweiterungsgebiet nicht ausgeschlossen. Im Osten des Erweiterungsgebietes ist ein Naturdenkmal (Quarzitkonglomerat) eingetragen. Um dieses Naturdenkmal zu schützen, ist von Seiten der Behörde eine große Anzahl von Auflagen und Untersuchungen vorgeschrieben worden. Im Süden sind im Flächenwidmungsplan zwei Abgrabungsgebiete eingetragen. Diese sind seit Jahrzehnten stillgelegt und bereits von Pflanzenbewuchs bedeckt. Es ist nach Auskunft des Projektanten ratsam, bereits den Flächenwidmungsplan durch eine örtliche Begehung zu verifizieren.

### 7.1.4.2 Lageplan nach § 80 MinroG

Für die Genehmigung des Gewinnungsbetriebsplanes ist dem Ansuchen ein Lageplan nach § 80 MinroG (Tagebaugrundriss) beizulegen. Die Abbildung 18 auf Seite 130 zeigt einen solchen Lageplan. Das violett umrandete Gebiet kennzeichnet die



bestehende, genehmigte Abbaufäche. Auf Grundlage des Katasters sind die notwendigen Grundstücke und Grundstücksteile für die Erweiterung aus dem Lageplan zu entnehmen. Für die einzelnen Eckpunkte der Grundstücke, welche in verschiedenen Farben im Plan dargestellt sind, ist ein Verzeichnis zu führen.

Die Abbildung 19 auf Seite 131 zeigt einen Ausschnitt aus dem Lageplan. Es ist das südliche Erweiterungsgebiet mit zwei Grundstücken dargestellt. Das Verzeichnis wird generell in die Legende am rechten Planrand positioniert. Eine alternative Position ist am unteren Planrand möglich.

#### **7.1.4.3 Höhenbezugspunkt**

Eine häufige Auflage in den Genehmigungsbescheiden ist die Aufforderung mindestens einen Höhenfestpunkt zu vermarken und als Höhenbezugspunkt für den Bergbau zu deklarieren. Einen solchen Höhenbezug zeigt Abbildung 20 auf Seite 131 anhand der roten Punkte. In diesem Fall sind zwei Höhenbezugspunkte deklariert worden. Die Vermarkung erfolgte mittels Pflöcken und wird im Tagebaugrundriss eingetragen.

#### **7.1.4.4 Rodungsbewilligung**

In einem Waldgebiet ist für eine Rodung eine Rodungsbewilligung mit einem Lageplan (M=1:2000) vorgeschrieben. Die Abbildung 21 auf Seite 132 zeigt zwei Grundstücke, welche Teil einer Bewilligung sind. Als Grundlage dient die digitale Katastralmappe (DKM). In der Legende des Lageplans wird der Zeitpunkt der Abfrage der Katastralmappe festgehalten. Die Rodungsbewilligung bezieht sich auf das Grundstück und ist einer Frist unterworfen. Durch Auflagen wird das Roden eines gesamten Grundstücks unterbunden. So verhindert die Behörde zu große Eingriffe in die Natur.

#### **7.1.4.5 Schnittrissliche Darstellungen**

In diesem Beispiel wird der Abbau in Etappen geführt. Die Schnittdarstellung in Abbildung 22 auf Seite 133 verdeutlicht diese Etappen. Eine schwarz-strichlierte Linie grenzt die einzelnen Etappen voneinander ab. Es ist weiters die Abbausohle erkennbar und der Endzustand des Lockergesteinstagebaues.

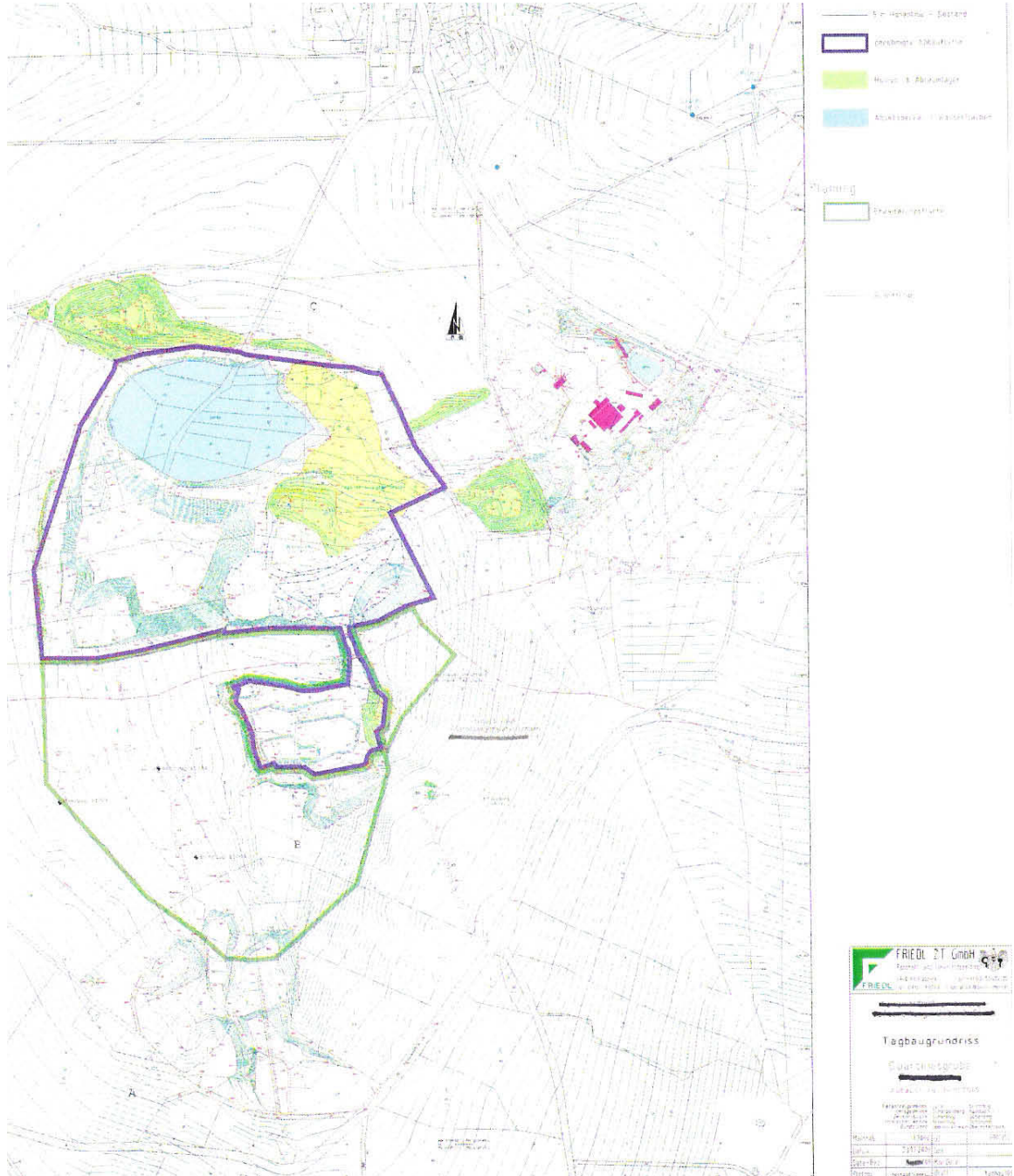


Abbildung 18: Lageplan nach § 80 MinroG (Tagebaugrundriss)

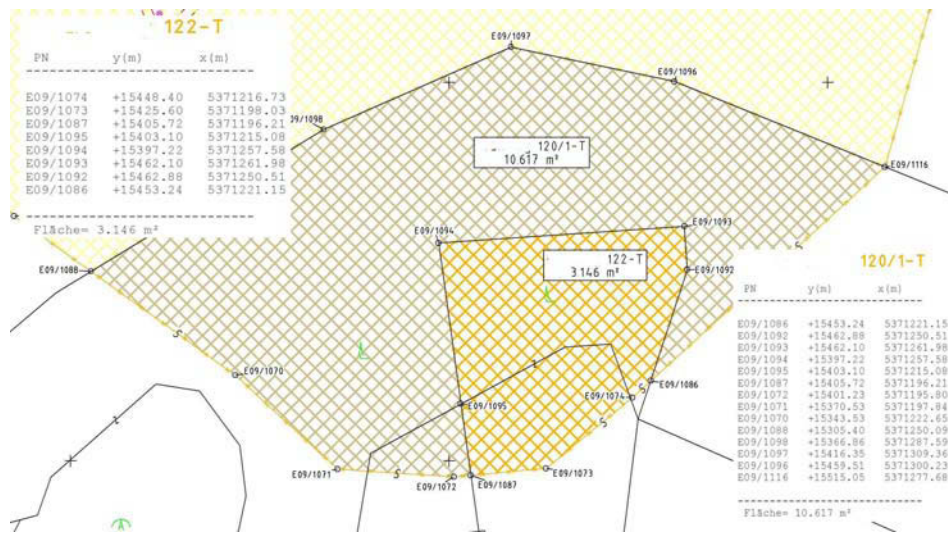


Abbildung 19: Verzeichnis der Eckpunkte



Abbildung 20: Höhenbezugspunkt

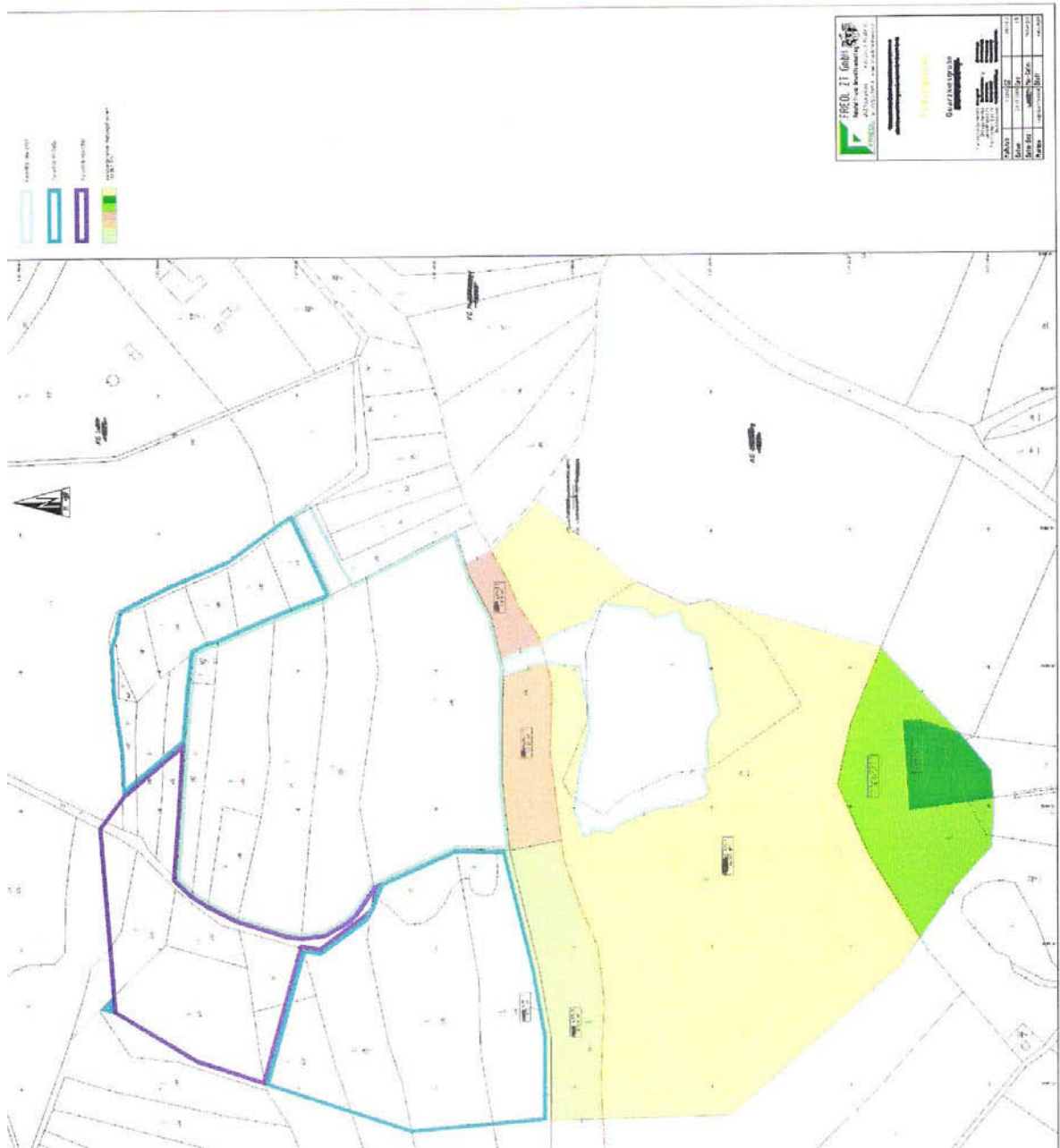


Abbildung 21: Rodungsplan

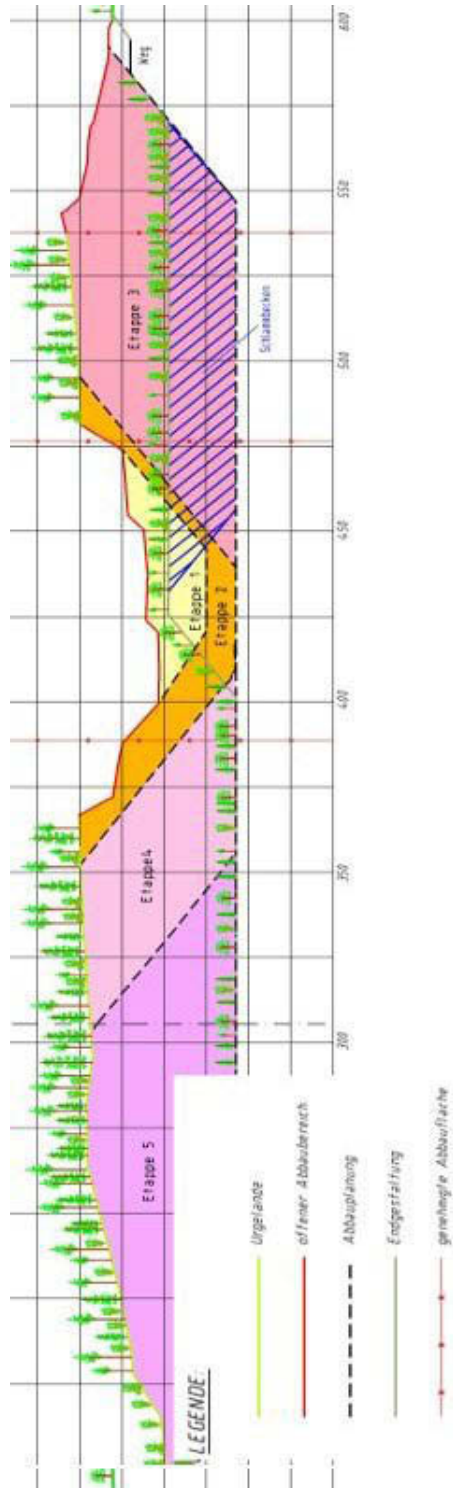


Abbildung 22: Schnittdarstellung der Etappen 1-5



#### 7.1.4.6 Rekultivierung

Für diesen Abbau ist eine kontinuierliche Rekultivierung vorgesehen. Die Abbildung 23 auf Seite 135 zeigt den geplanten Endzustand der Rekultivierung. Dieses Rekultivierungskonzept wird im Falle einer Stilllegung des Bergbaues in den Abschlussbetriebsplan eingearbeitet und der Behörde zur Genehmigung vorgelegt. Das Konzept basiert auf einer natürlichen Sukzession des Gebietes. Im Prinzip sieht das Konzept Bereiche für landwirtschaftliche Rekultivierung, naturnahe Wiederaufforstung (Mischwald), wechselfeuchte Feuchtmulden und Rohbodenstandorte vor.

#### Allgemeiner Inhalt von Bergbaukarten

In Anlehnung an den Arbeitsbehelf „*Richtlinie für die Mindestanforderungen an Tagbaugrundrisse*“ des bergmännischen Verbandes Österreichs (BVÖ) werden die grundlegenden Darstellungen in Bergbaukarten erklärt (Vgl. BVÖ o.J., S. 2 ff).

Diese grundlegenden Darstellungen sind in Bergbaukarten

- der Plankopf,
- die Legende,
- der eigentliche Karteninhalt.

Der Plankopf befindet sich üblicherweise in der rechten unteren Ecke der Karte und soll folgende Informationen aufweisen:

- den Namen und die Adresse des Bergbauberechtigten,
- die Bezeichnung des Bergbaubetriebes,
- die Art der Karte (Schnitt, Grundriss oder Plan),
- Angaben zu Katastralgemeinde, Ortsgemeinde, politischer Bezirk, Gerichtsbezirk und das Bundesland,
- das Datum des Tagbaustandes,
- der Maßstab der Bergbaukarte und den
- Namen des verantwortlichen Markscheiders mit Unterschrift und Datum der Ausfertigung,
- den gespeicherten Dateinamen mit Dateityp,

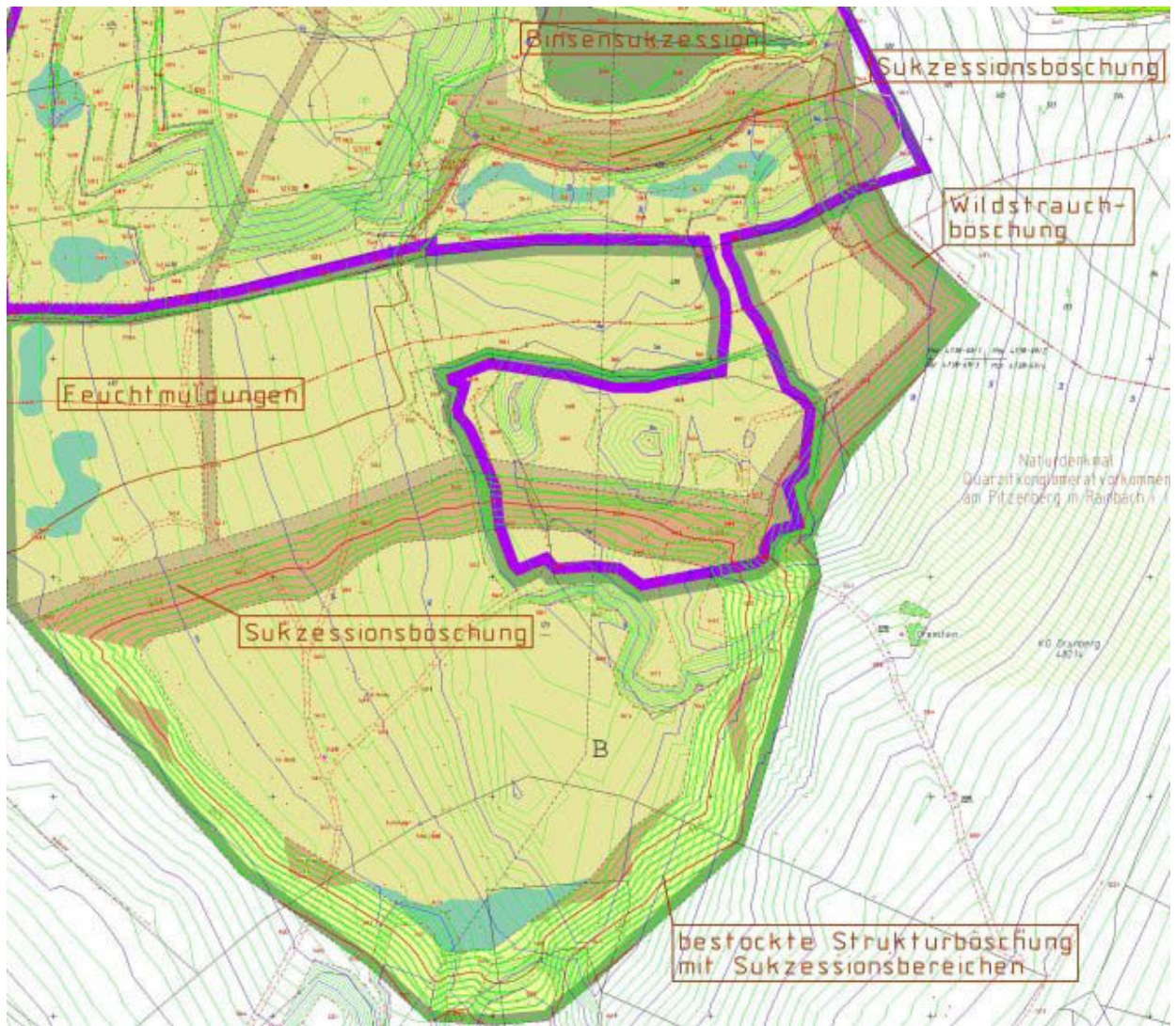


Abbildung 23: Rekultivierung Endzustand

- die Geschäftszahl („GZ.“),
- den Planverfasser, wenn nicht ident mit verantwortlichem Markscheider („Gez.“) und
- eine Kurzbezeichnung der Darstellung (idealerweise im rechten unteren Plan-eck).

Die Legende wird am rechten Rand der Karte platziert. Durch die Legende soll die Übersichtlichkeit der Karte verbessert werden. Die farbliche Darstellung in der Karte erhöht ebenfalls die Lesbarkeit. In der Legende wird der Farbcode entziffert. Bei einem unzureichenden Farbspektrum können die Informationen über unterschiedlich schraffierte Flächen, unterschiedliche Linientypen und Linienstärken vermittelt werden. In der Legende werden diese verschiedenen Farben, Schraffuren und Linien mit der entsprechenden Bedeutung verknüpft.

Im Karteninhalt müssen die relevanten Informationen dargestellt werden. In den Lageplänen und Tagebaugrundrissen sind folgende Inhalte unbedingt anzuführen:

- Angaben bezüglich des Katasters und der Katastralgemeinde,
- eine eindeutige Darstellung der Nordrichtung und des Meridianstreifens,
- im gesamten Zeichenfeld sind Gitterkreuze anzulegen und deren X-Werte und Y-Werte an einer Seite des Zeichenfeldes anzugeben, wobei die Y-Werte mit dem Vorzeichen zu versehen sind,
- die angrenzenden Mappenblätter und deren Bezeichnungen,
- der Kataster ist im notwendigen Umfang zu erweitern um die Darstellung der nachbarschaftlichen Situation zu ermöglichen,
- Darstellung aller relevanten Informationen (z.B. Versorgungsleitungen, schutzbedürftige Taggegenstände, Abbaufelder, Schutzgebiete),
- angrenzende Bergbauggebiete, die in die Darstellung hineinreichen,
- die Darstellung von Bewilligungen nach den Materiengesetzen,
- die Abbildung der Taggegend,
- Kennzeichnung unterschiedlich genutzter Flächen,
- Böschungskanten, betrieblich genutzte Verkehrswege, Ver- und Entsorgungsleitungen und
- die Darstellung der Höhenschichtlinien mit genügend vielen Höhenangaben.

## 8 Zusammenfassung

Diese Arbeit hat die wichtigsten Tätigkeiten eines Markscheiders in einem Lockergesteinstagebau auf Sand und Kies beleuchtet. Weiterführend wurde die Nassgewinnung und die Überwachung des Abbaues mit geodätischen bzw. hydrographischen Messverfahren näher erläutert. Die Arbeit des Markscheiders umfasst neben geodätischen und bergschadenkundlichen Aufgaben auch die Führung des Bergbaukartenwerks. Durch die hohe Informationsdichte des Kartenwerks hat sich ein Wandel zu einem Bergbauinformationssystem vollzogen, welcher auch in dieser Arbeit Niederschlag gefunden hat. In weiteren Kapiteln wurden die geodätischen Grundlagen der markscheiderischen Tätigkeit mit hochmodernen Messinstrumenten (vollautomatische Tachymeter) näher erklärt. Zur Verdeutlichung der Markscheideraufgaben wurden Karten, Pläne und behördliche Auflagen an den entsprechenden Textstellen eingearbeitet.

## 9 Literaturverzeichnis

- Barbl R.: Rekultivierung contra Renaturierung in Kies- und Schottergruben, in: BHM, Springer Verlag, Jg. 148, Heft 10 (2003)
- BMWA: Technische Grundlage - Ermittlung von diffusen Staubemissionen und Beurteilung der Staubimmissionen, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, 1999
- BVÖ: Richtlinie für die Mindestanforderungen an Tagebaugrundrisse, <http://www.baustoffindustrie.at/minrog/RL-Tagbaugrundrisse.pdf>, o.J.
- De Lange N.: Geoinformatik in Theorie und Praxis, Springer Verlag, 2. Auflage, 2006
- Dingethal F. et al.: Kiesgrube und Landschaft, Verlag Ludwig Auer, 1998
- Eberhartinger-Tafill S., Merl A.: Leitfaden UVP für Bergbauvorhaben, Bundesministerium für land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.), <http://www.baustoffindustrie.at/minrog/uvp-lf-bergbau.pdf>, 2006
- FSK: Kulturland und Kiesabbau - Richtlinie für den fachgerechten Umgang mit Böden, Hrsg.: Schweizer Fachverband für Sand und Kies (FSK), o.J.
- Frei W., Keller L.: Hybride Seismik - eine verbesserte Methode zur Verwertung des Aussagepotentials seismischer Daten, [http://www.angewandte-geologie.ch/Dokumente/Archiv/Vol52/52\\_7Frei\\_seismik.pdf](http://www.angewandte-geologie.ch/Dokumente/Archiv/Vol52/52_7Frei_seismik.pdf), 2000, (21.1.2010)
- Genske D.: Ingenieurgeologie - Grundlagen und Anwendung, Springer Verlag, 2006
- Gilcher S., Bruns D.: Renaturierung von Abbaustellen, Verlag Eugen Ulmer, 1999
- Heyne K.-H.: Über die Genauigkeit von Echolot-Messungen, in: Vermessungstechnik, Jg. 30, Heft 3 (1982)
- Holler P.: Arbeitsmethoden der marinen Geowissenschaften, Ferdinand Enke Verlag, 1995
- Jacobs F., Meyer H.: Geophysik – Signale aus der Erde, B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, 1992

- Kahmen H.: Vermessungskunde, Walter de Gruyter Verlag, 2006
- Knötig G.: Rohstoffplanung in Oberösterreich, <http://www.baustoffindustrie.at/forum/rsvorarlberg/lf-knoetig.pdf>, 02.09.2009, Rohstoffsymposium Vorarlberg, 2001
- Knufinke P.: Allgemeine Vermessungs- und Markscheidkunde, Deutscher Markscheiderverein e.V., Bochum, 1999
- Koller W.: Die volkswirtschaftliche Bedeutung mineralischer Rohstoffe in Österreich, Endbericht der Studie im Auftrag des Forums Mineralische Rohstoffe, Industriewissenschaftliches Institut (IWI), 2007
- LfU: Kiesgewinnung und Wasserwirtschaft, Landesamt für Umweltschutz (LfU) Baden-Württemberg (Hrsg.), 2004
- Maier A.: Der Gewinnungsbetriebsplan - Vorstellungen der Montanbehörde, in: Montanbehörde, Bergbautechnik und Sicherheit, Heft 12, Jahrestagung 1999 der Sicherheitsbeauftragten des österr. Bergbau 26. bis 28. Mai 1999 in Pöllau bei Hartberg
- Mayer G., Pilgram R.: Mine surveying-hydrographic works at the extraction of sand and gravel from water bodies, Tagungsbeitrag vom IMC 2004, MU Leoben, 2004
- Mayer G.: Vermessungs- und Markscheidkunde 1, Vorlesungsunterlagen des Lehrstuhls für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft, Montanuniversität Leoben, 2000
- Mayer G.: Markscheidkunde 4, Vorlesungsunterlagen des Lehrstuhls für Bergbaukunde, Bergtechnik und Bergwirtschaft, Montanuniversität Leoben, 2002
- Meixner H., V.A. Bukrinskij: Markscheidwesen für Bergbaufachrichtungen, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, 1977
- Mihatsch A.: MinroG Mineralrohstoffgesetz, Manzsche Verlags- und Universitätsbuchhandlung, 2002
- Patzold V., Gruhn G., Drebenstedt C.: Der Nassabbau - Erkundung, Gewinnung, Aufbereitung, Bewertung, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008
- Pilgram R.: Bergbauggebiete und Raumordnung, Skriptum WS 2002/03 zu LV, MU Leoben, 2003
- Pilgram R., Randjbar B.: Markscheiderische und geotechnische Messungen an Hängen und Böschungen, in: BHM, Springer Verlag, Jg. 148, Heft 12 (2003)

- Pilgram R.: Der Einsatz hydrographischer Messverfahren im Markscheidewesen, in: BHM, Springer Verlag, Jg. 151, Heft 2 (2006)
- Raschauer N., Wessely W.: Handbuch Umweltrecht, WUV Universitätsverlag, 2006
- Richtig G.: Land Steiermark - technischer Amtssachverständigendienst UVP - Gutachten für das Vorhaben der voestalpine „Erweiterung der bestehenden Reststoffdeponie mit Behandlungsanlage“ –Fachbereich Verkehrswesen, [http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/11103700\\_9176022/68dcc9d1/GA Richtig, Verkehr 120609.pdf](http://www.umwelt.steiermark.at/cms/dokumente/11103700_9176022/68dcc9d1/GA_Richtig_Verkehr_120609.pdf)
- Richwien A.: Untersuchungen zur Standsicherheit von Unterwasserböschungen aus nichtbindigen Bodenarten, Dissertation, TU Clausthal, Institut für Geotechnik und Markscheidewesen, 2005
- Sailer M.: Rohstoff - Gewinnungsprojekte Checkliste für die behördlichen Genehmigungsverfahren, Hrsg.: Amt der Tiroler Landesregierung, Abteilung Raumordnung - Statistik, [www.tirol.gv.at](http://www.tirol.gv.at) Datei:checkliste-genehmigungsverfahren.pdf, 2004
- Sampl H.: Baggerseen und ihre Wechselwirkungen zum Grundwasser, Hrsg. und Verleger: BM für Land- und Forstwirtschaft - Wasserwirtschaftskataster, 1995
- Schulz L.: Grundsätze für die Beurteilung von Nassbaggerungen in Hinblick auf die nachnutzung als Landschafts-, Fisch-, Badeteiche und Kombinationen daraus, Hrsg.: Amt der Kärntner Landesregierung, 2003
- Tiess G., Pilgram R.: Zentrale Aufgabe der Raumordnung: Die nachhaltige Sicherung mineralischer Rohstoffe, in: BHM, Jg. 148, Heft 10 (2003)
- Uhlmann D., Horn W.: Hydrobiologie der Binnengewässer, Verlag Ulmer Eugen, 2001
- Urban H.: Handbuch der Wasserschalltechnik, STN Atlas Elektronik (Hrsg.), 2000
- Waidbacher H., Jungwirth M.: Hydrobiologie I + II, [http://www.boku.ac.at/hfa/lehre/Hydro\\_I%2BII\\_UBRM/VO\\_Hydrobiologie\\_I\\_&\\_2\\_f\\_UBRM\\_Skriptum.pdf](http://www.boku.ac.at/hfa/lehre/Hydro_I%2BII_UBRM/VO_Hydrobiologie_I_&_2_f_UBRM_Skriptum.pdf) (23.12.2009)
- Weber L.: Der österreichische Rohstoffplan als Werkzeug einer langfristigen Rohstoffsicherung, in: BHM, Jg. 152, Heft 8 (2007)
- Weber L. et al.: Ein Generationsvertrag - Der österreichische Rohstoffplan, Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend, 2009

Witte B., Schmidt H.: Vermessungskunde und Grundlagen der Statistik für das Bauwesen, Herbert Wichmann Verlag, 2006

**Gesetze und Verordnungen:**

Forstgesetz 1975 (ForstG): <http://ris.bka.gv.at>, Abfragezeitraum laufend zwischen 08/2008 bis 12/2009

Mineralrohstoffgesetz (MinroG): <http://ris.bka.gv.at>, Abfragezeitraum laufend zwischen 08/2008 bis 12/2009

Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000 (UVP-G): <http://ris.bka.gv.at>, Abfragezeitraum zwischen 08/2009 und 01/2010

Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG): <http://ris.bka.gv.at>, Abfrage zwischen 08/2009 und 01/2010