

BODENKUNDLICHE GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ
SOCIETE SUISSE DE PEDOLOGIE



FACHSTELLE BODENSCHUTZ
AMT FÜR GEWÄSSERSCHUTZ UND
WASSERBAU DES KANTONS ZÜRICH

KIESABBAU ⁹⁶ UND LANDWIRTSCHAFT



ARBEITSGRUPPE BODENSCHUTZ
DER BODENKUNDLICHEN GESELLSCHAFT DER SCHWEIZ
E.W. ALTHER, PRÄSIDENT

DOKUMENT 1

**KIESABBAU
UND
LANDWIRTSCHAFT**

AM BEISPIEL DES KANTONS AARGAU

Herausgegeben von der Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz
und vom Baudepartement des Kantons Aargau

Juris Druck + Verlag Zürich
1984

DOKUMENTE

1 Kiesabbau und Landwirtschaft

Weitere Hefte sind in Vorbereitung

ISBN 3 260 05048 5

Une version en langue française est à disposition au secrétariat de la SSP,
FAP Reckenholz, 8046 Zürich

Schriftleitung: H. Sticher, Zürich

Titelphoto: Kieswerke Hauser AG, Mülligen

INHALTSVERZEICHNIS

Einführung (E.W. Alther und J.A. Neyroud)	7
Einleitung	9
Kiesabbau im Brennpunkt verschiedener Interessen	9
Anlass und Zweck dieses Berichtes	10
Darstellung der Situation am Beispiel des Kantons Aargau	12
Abbaufähige Gesteine	12
Ausmass des Abbaus	12
Abbau und Auffüllung	15
Flächenbedarf	16
Geographische Verteilung des Abbaus	16
Gesetzliche Grundlagen und Bewilligungspraxis bezüglich Materialabbau	18
Der Boden	20
Definition	20
Die Entstehung der Böden	20
Aufbau des Bodens	20
Bestandteile des Bodens	21
Bodeneigenschaften	21
Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt	21
Mechanische Eigenschaften	22
Nährstoffhaushalt	22
Funktionen des Bodens	22
Grundlage der pflanzlichen Produktion	22
Grundwasserschutz	23
Bodenqualität und landwirtschaftliche Nutzungseignung	24
Qualitätskriterien	24
Eigenschaften, Nutzungsqualität und Verbreitung der Böden auf Kiesunterlage	25
Eigenschaften	25
Nutzungsqualität	25
Verbreitung	26
Rechtlicher Schutz des Bodens	27
Kiesabbau als Eingriff	28
Verluste an landwirtschaftlichem Kulturland	28
Verluste an Bodenmaterial	28
Qualitätsverluste	28
Gefährdung des Grundwassers	28
Eingriff in die Landschaft	29

Rekultivierung	30
Begriff	30
Ziele der Rekultivierung	30
Problem des Materialmangels	30
Qualität des Auffüllmaterials	31
Landschaftsaufbau	32
Verantwortlichkeit	32
Planung	33
Grundsätzliches	33
Sicherstellung des Bodenmaterials	33
Technik der Rekultivierung	34
Allgemeines	34
Rekultivierungshöhen	34
Zeitlicher Ablauf und Ausführung	34
Folgerungen und Thesen	36
Technisches Merkblatt über die Rekultivierung	37

EINFÜHRUNG

Es ist Aufgabe der **Bodenkundlichen Gesellschaft der Schweiz**, neben der Information über laufende Forschungsarbeiten auch interdisziplinäre Fragen zwischen Bodenkundlern (Pedologen) und bodenkundlich interessierten Kreisen oder Organisationen zu fördern. Insbesondere deren **Arbeitsgruppe Bodenschutz** hat dabei den Auftrag übernommen, sich jener Vorkehrungen anzunehmen, die notwendig sind, um unserem Lande landwirtschaftlich genutzte Böden in ihrem Bestand und in ihrer Güte zu erhalten.

Immer wieder zeigt sich im Zuge der Nutzung abbauwürdiger Kiesvorkommen in ausgedehnten Gebieten unseres Landes, dass mehr und mehr **Interessenkonflikte** entstehen. Der notwendige Rohmaterialgewinnung für die Bauindustrie steht die ebenso notwendige Erhaltung landwirtschaftlich nutzbarer Flächen gegenüber, um die Erfordernisse der Landesversorgung zu gewährleisten. Erschwerend wirkt sich ferner aus, dass abbauwürdige Schotter in der Regel unter landwirtschaftlich nutzbaren Böden vorkommen, die ausgezeichnete bis **bevorzugte Fruchtbarkeit** aufweisen. Eine solche Bodenqualität wird mit dem Abbau der darunterliegenden Schotter-schichten für immer zerstört. Sie kann selbst nach Anwendung bester Rekultivierungs-massnahmen nur schwerlich wieder erreicht werden. Obwohl generell Artikel 1 des Entwurfes des Umweltschutzgesetzes bezüglich des Bodenschutzes «die Erhaltung der Fruchtbarkeit unserer Böden» verlangt, kann diese Rechtsverbindlichkeit nur indirekt auch bezüglich des Abbaues von Steinen und Erden angewendet werden. Die Arbeitsgruppe Bodenschutz erachtete es deshalb als wichtigste Aufgabe, in Form des **Dokumentes No 1** der BGS in Zusammenarbeit mit amtlichen Stellen **Normen** zu schaffen, um einerseits die besten landwirtschaftlichen Nutzflächen vor Eingriffen zu schützen, andererseits Abbaustätten durch fachgerechte Rekultivierung der Landwirtschaft wieder zuzuführen.

Um den Kiesabbau zu regeln, hat der Kanton Aargau bereits im Jahre 1980 ein Dekret über den Abbau von Steinen und Erden erlassen. Nachdem jedoch Schürfun-gen grösseren Ausmasses weiterhin in Aussicht stehen, gelangten wir im Herbst 1981 an das Baudepartement des Kantons, um über eine Regelung des Abbaues sowohl aus der Sicht der Landwirtschaft als auch der Regierung und ihrer zuständigen Amtsstellen ins Gespräch zu kommen. Unter der Leitung von Regierungsrat Jörg Ursprung fand am 21. Mai 1982 eine erste Aussprache statt, aus der in Zusammen-arbeit mit Vertretern der Abteilung Gewässer des Baudepartementes und der Abtei-lung Landwirtschaft des Finanzdepartementes des Kantons Aargau vorliegendes **Dokument 1** der BGS über «Kiesabbau und Landwirtschaft am Beispiel des Kantons Aargau» hervorging. Am Zustandekommen waren beteiligt: Dr. E.W. Alther (Prä-sident der Arbeitsgruppe), Dr. L. Bardet, Dr. L.F. Bonnard, Prof. Dr. H. Flühler, Dr. H. Häni, Dr. F. Jäggli, Ing. agr. A. Kaufmann, Dr. J.A. Neyroud, Dr. K. Peyer, Dr. H. Schüepp, Prof. Dr. H. Sticher und Dr. F.X. Stadelmann. Vertreter des Kantons Aargau waren Dr. H.P. Müller (Abteilung Gewässer), Ing. agr. V. Schmid und Ing. HTL Chr. Salm (Abteilung Landwirtschaft).

Wir sind der Regierung des Kantons Aargau zu Dank verpflichtet, dass sie dieses Unternehmen mit allen Mitteln gefördert und den Druck dieses Dokumentes 1 ermöglicht hat. Als Anhang ist ein **Technisches Merkblatt über die Rekultivierung von Kulturland** beigegeben, das über vorbereitende Handlungen, Rekultivierungsphasen und weitere technische Einzelheiten Aufschluss gibt. Rekultivierung ist eine Meliorationsmassnahme, die der landwirtschaftlichen Gesetzgebung über Bodenverbesserungen zugeordnet werden sollte. Denn die Gesetzgebung über Bodenverbesserungen regelt auch deren Durchführung. Wir sind uns dessen bewusst, dass die vorliegende Dokumentation nur dann zum Tragen kommt, wenn eine entsprechende Ausführungsgesetzgebung vorliegt. Für Kantone, in welchen solche gesetzliche Massnahmen noch fehlen, werden nachfolgend Durchführungsmöglichkeiten aufgezeigt. Wir wünschen, diese Unterlagen mögen allgemein gute Aufnahme und in der Praxis umfassend Eingang finden.

J. A. Neyroud
Präsident der BGS

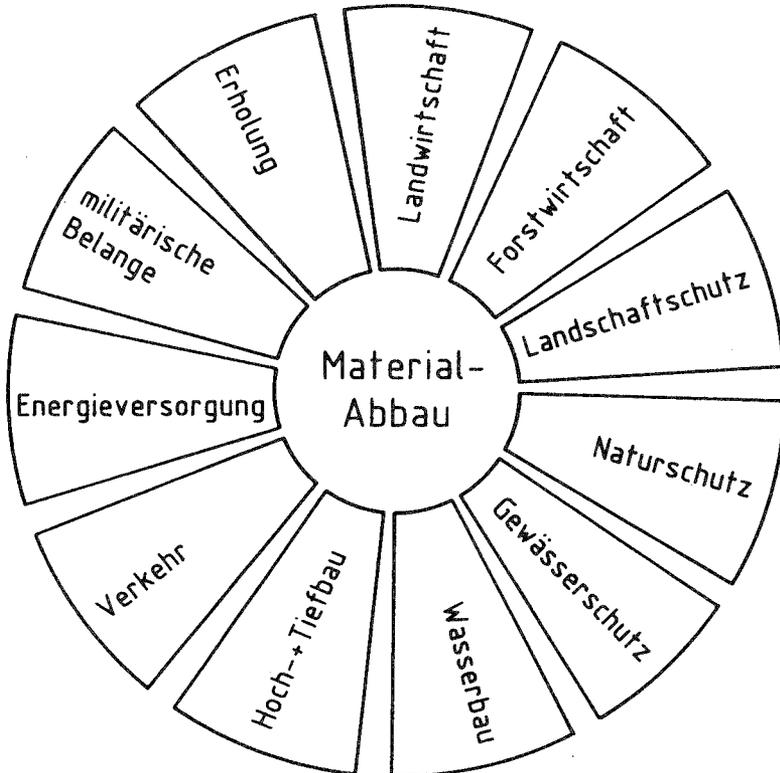
E. W. Alther
Arbeitsgruppe Bodenschutz

EINLEITUNG

Kiesabbau im Brennpunkt verschiedener Interessen

Kies- und andere Materialentnahmen stellen vielfach grossmassstäbliche Eingriffe dar. Wenn es sich um die Gewinnung von Kies und Sand handelt, konzentriert sich die Entnahme aus geologischen Gründen in erster Linie auf Schotterebenen in Flusstälern, die von eiszeitlichen Gletschern und ihren Schmelzwässern bereitgestellt worden sind. In diesen bildeten sich die qualitativ besten und wirtschaftlich am günstigsten abbaubaren Schottervorkommen. Zugleich stellen diese Gebiete die wertvollsten Trinkwasserreservoirs und landwirtschaftlich bevorzugte Nutzungsgebiete dar.

In praktisch allen Fällen werden bei Materialabbau mehrere der in Abbildung 1 dargestellten Interessenbereiche tangiert.



Figur 1: Interessenbereiche rund um den Kiesabbau

Die darin dargestellten Interessenbereiche können hinsichtlich des Materialabbaues in erster Linie durch folgende Faktoren wirksam werden:

- Landwirtschaft**
 - Schutz vorrangiger Landwirtschaftsgebiete
 - Sicherstellung der aus Gründen der Kriegs- und Krisenvorsorge notwendigen Minimalanbaufläche
 - Nutzungsgerechte Rekultivierung
- Forstwirtschaft**
 - Erhaltung des Waldareals
- Landschaftsschutz**
 - Schutz erdkundlich bedeutender Gebiete
 - Landschaftsgerechte Rekultivierung
- Naturschutz**
 - Erhaltung bzw. Neubegründung von Lebensräumen seltener Tier- und Pflanzenarten
- Gewässerschutz**
 - Schutz bestehender Grundwasservorkommen und Grundwassernutzungen
 - Schutz zukünftiger Wassernutzungsgebiete
 - Schutz von Oberflächengewässern
 - Abfallbeseitigung, Deponien, etc.
- Wasserbau**
 - Schutz der Oberflächengewässer
- Hoch- und Tiefbau**
 - Neu-Einzonungen
 - Bestehende Anlagen und Bauten
- Verkehr**
 - Verhinderung von Beeinträchtigungen
 - Erschliessung
- Energieversorgung**
 - Schutz bzw. Freihaltung von Energieversorgungsanlagen
- Militärische Belange**
 - Bestehende oder geplante Anlagen und Bauten
 - Sperrzonen, etc.
- Erholung**
 - Erhaltung des Erholungspotentials
 - Schaffung von neuen Erholungsgebieten

Anlass und Zweck dieses Berichtes

Da der Kanton Aargau über beachtliche Kiesvorkommen verfügt und daher als «Kiesexport-Kanton» zu gelten hat (s. Abschnitt Ausmass der Abbaus), stellen sich hier die vorgängig dargelegten Interessenkollisionen in aller Schärfe. Insbesondere erleidet die Landwirtschaft durch den Materialabbau teilweise irreversible Schäden – sowohl in qualitativer (reduzierte Bodenfruchtbarkeit) wie auch in quantitativer Hinsicht (Kulturlandverlust).

Der vorliegende Bericht bezweckt, die Aufmerksamkeit der Öffentlichkeit und der Verwaltungsinstanzen auf diese Situation zu lenken und Verständnis für die Belange der Landwirtschaft zu wecken, sowie Normen für die Rekultivierung gestörter Flächen vorzulegen.

Dabei stehen zwei Aspekte im Vordergrund:

- Schutz der vorrangigen Landwirtschaftsgebiete
- Wiederherstellung der landwirtschaftlich nutzbaren Flächen bzw. Neuschaffung landwirtschaftlichen Kulturlandes, insbesondere Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit und Filterwirkung.

DARSTELLUNG DER SITUATION AM BEISPIEL DES KANTONS AARGAU

Abbaufähige Gesteine

Folgende Gesteinsarten können im Gebiet des Kantons Aargau abgebaut werden:

- Kies und Sand (aus Schottervorkommen und Moränen)
- Kalkstein und Mergel
- Lehm und Ton
- Kochsalz
- Sandstein
- Gips und Anhydrit

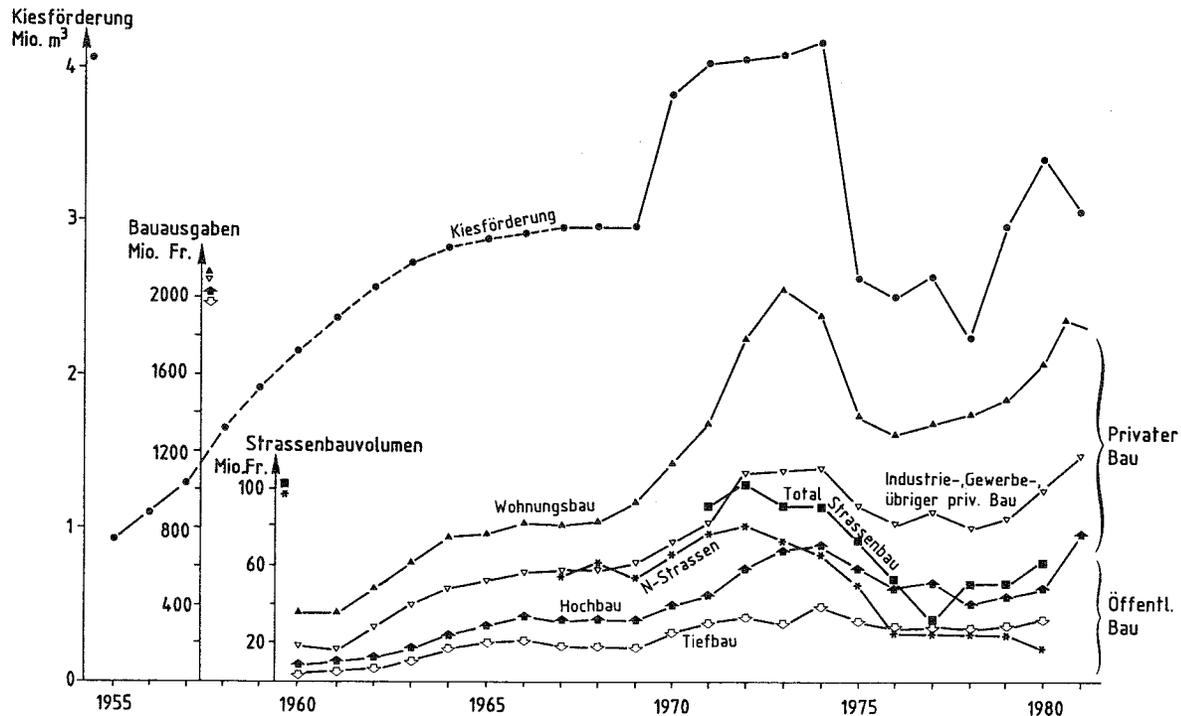
Ausmass des Abbaus

Innerhalb der letzten 25 Jahre sind dem Boden des Kantons Aargau ca. 160 bis 180 Mio m³ Gestein entnommen worden:

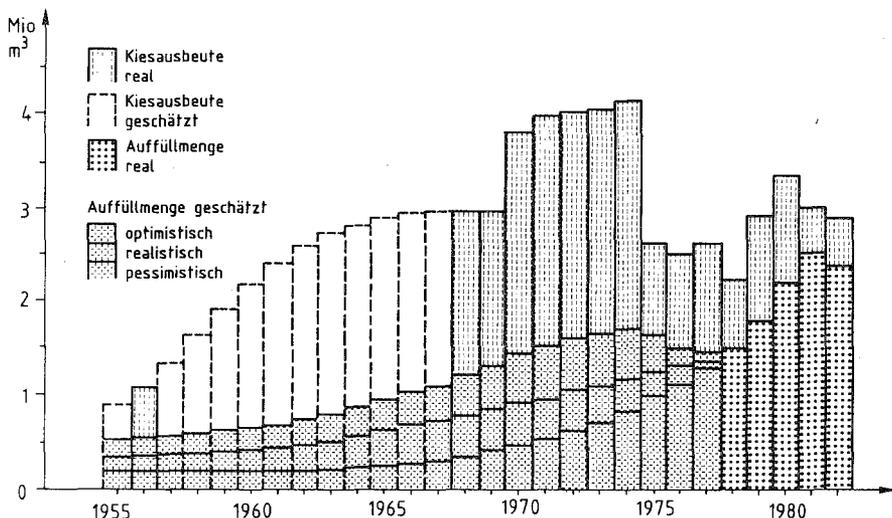
- 70 bis 75 Mio m³ Kies und Sand
- 90 bis 100 Mio m³ Kalkstein, Mergel, Ton, etc.

Gegenwärtig (1980–1982) beträgt der Kiesabbau im Gebiet des Kantons ca. 3,0 Mio m³; der Abbau von anderen Gesteinen wie Kalkstein, Ton, etc. dürfte ca. 2 Mio m³ pro Jahr betragen.

Die zeitliche Entwicklung der Kiesförderung (s. Abb. 2) widerspiegelt den Verlauf der Konjunktur. Hinsichtlich der Auffüllmengen zeigt die Statistik (s. Abb. 3), dass 1982 rund 90 % des abgebauten Volumens wieder eingebracht werden konnten.



Figur 2: Kiesförderung und Bauvolumen im Kanton Aargau 1955–1981 (resp. 1960–1981)



Figur 3: Kiesabbau und Auffüllmengen im Kanton Aargau 1955–1982

Der Kiesexport in andere Kantone dürfte ca. 10–15% der gesamten Entnahmemenge pro Jahr entsprechen, wobei der überwiegende Teil in den Kanton Zürich transportiert wird.

Gegenwärtig werden im Gebiet des Kantons Aargau rund 300 Kiesgruben registriert; davon waren 1981 126 Gruben in Ausbeutung begriffen. Aus der überwiegenden Zahl dieser Gruben werden jährlich relativ kleine Materialmengen entnommen:

	m ³ pro Jahr	Anzahl Gruben
über	100 000	8
bis	100 000	5
bis	50 000	36
bis	10 000	77

Weitaus der grösste Teil des abgebauten Materials wird – neben der Verwendung als Koffermaterial für Strassen und Trassen – zur Herstellung von Beton verwendet.

Gesamtschweizerisch zählte man in den Jahren 1981/82 730 Betriebe, die Sand und Kies abbauen, wobei die Zahl der Einzelgruben ein Mehrfaches der Zahl der Betriebe darstellen dürfte. Zur Zeit werden ca. 30 Mio m³ Kies gefördert, deren Verwendung sich wie folgt verteilt:

Verwendung	prozentualer Anteil
öffentliche Bauten	40
Wohnungsbau	35
Gewerbe- und Industriebauten	25

Der Kanton Zürich partizipiert dabei mit einer Abbaumenge von ca. 4 Mio m³ pro Jahr.

Abbau und Auffüllung

Gemäss Abbildungen 2 und 3, welche beide die Ausbeutung und Auffüllmengen von Kies und Sand bilanzieren, vergrössert sich das Leervolumen im Kanton Aargau jährlich um ca. 0,5 Mio m³. Erhebungen hinsichtlich dieser Bilanz bei Steinbrüchen und Ton-Lehmgruben zeigen im Minimum Werte gleicher Grössenordnung. Im Vergleich zu diesen Zahlen wies das Gebiet des Kantons Zürich 1981 ein Leervolumen von ca. 80 Mio m³ auf, welches sich jährlich um ca. 2 Mio m³ vergrössert. Tabelle 1 spiegelt diese Bilanz für einzelne Perioden wider.

Tabelle 1 Bilanz des Abbaus, der Auffüllung und des Leervolumens Kies und Sand im Kanton Aargau in Mio m³

	Perioden	erfasst	geschätzt	total
Ausbeutung	1955-1967		27	70-75
	1968-1981	46		
Auffüllung	1955-1977		10-24	15-30
	1978-1981	8		
Leervolumen	1955-1977		38-52	40-60
	1978-1981	3,2		

Während in früheren Jahren (bis Mitte der 70er Jahre) die Deponierung von Aushub- und Ausbruchmaterial in Erwartung ständig steigender Deponiegebühren vielfach behindert wurde, fehlen ab Ende der Hochkonjunktur die zur vollständigen Kompensation entnommener Kiesvolumina erforderlichen Auffüllmengen teilweise. Als Folge davon wurden fälschlicherweise zahlreiche Auffüllungen von Tobeln, Gräben, etc. vorgenommen. Dadurch wird die Kulturlandschaft zerstört. Die im Depot enthaltenen Schadstoffe werden ausgelaugt und belasten somit den Grundwasserstrom. Während diese Problematik gegenwärtig durch geeignete Rekultivierungsstrategien gelöst werden soll, dürfte es grosse Schwierigkeiten bereiten, die aus früheren Jahren resultierenden Leervolumina aufzufüllen.

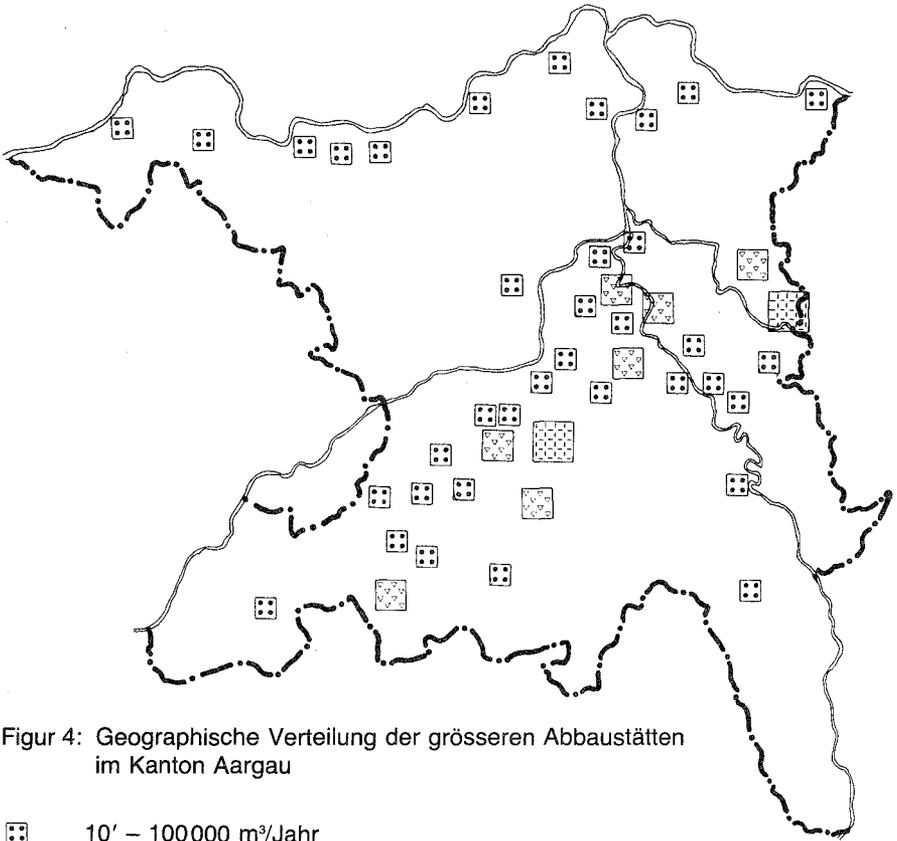
Flächenbedarf

Im Kanton Aargau ist gegenwärtig eine Fläche von einigen hundert ha vom Sand- und Kiesabbau betroffen. Gesamtschweizerisch lässt sich eine Fläche von einigen tausend ha abschätzen.

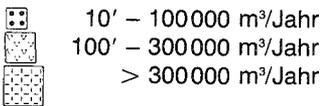
In den aargauischen Abbaustätten dürften die jährlich neubeanspruchten Flächen bei 30 bis 40 ha liegen. Die gesamtschweizerischen Erhebungen nennen 300 bis 400 ha Landverbrauch bei einer Gesamtabbaumenge von 30 bis 35 Mio m³. In der BRD werden vergleichsweise 5000 ha Kulturland beansprucht, bei einer jährlichen Abbaumenge von ca. 400 Mio Tonnen Kies (was ca. 200 bis 250 Mio m³ entspricht).

Geographische Verteilung des Abbaus

Die bedeutendsten, d.h. die wirtschaftlich am günstigsten abbaubaren Kiesvorkommen liegen in den Ebenen der grossen Flüsse des schweizerischen Mittellandes. Im Kanton Aargau sind das die Ebenen der Aare, des Rheins, der Reuss und der Limmat (s. Abb. 4). Sie stellen bevorzugtes Kulturland dar und können zugleich am rationellsten bewirtschaftet werden.



Figur 4: Geographische Verteilung der grösseren Abbaustätten im Kanton Aargau



Die Gewinnung von Kies und Sand aus Lagerstätten wie Moränen, Deckenschottervorkommen, etc. erfolgt in erster Linie in den Gebieten, in denen keine oder nur spärliche spät- und nacheiszeitliche Flussablagerungen vorkommen. Moränen weisen generell beträchtliche Anteile an Lehm und Blöcken auf, die eine zusätzliche mechanische Aufbereitung notwendig machen (Waschung, Zerkleinerung, Separation, etc.). Deckenschotter sind mindestens randlich mehr oder weniger stark verkitet und müssen ebenfalls aufbereitet werden.

Gesetzliche Grundlagen und Bewilligungspraxis bezüglich Materialabbau

Folgende gesetzliche Grundlagen sind beim Materialabbau zu berücksichtigen:

- Schweizerisches Zivilgesetzbuch vom 10. Dezember 1907
- Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung (Gewässerschutzgesetz) vom 8. Oktober 1971
 - Art. 29 Grundwasserschutz
 - Art. 31 Grundwasserschutzareale
 - Art. 32 Materialentnahmen
- Allgemeine Gewässerschutzverordnung vom 19. Juni 1972
 - Art. 11 Sanierungsplan
- Eidgenössisches Raumplanungsgesetz vom 1. Januar 1980
 - Art. 24¹ Ausnahmen ausserhalb der Bauzonen
- Einführungsgesetz zum Eidg. Gewässerschutzgesetz vom 11. Januar 1977
 - § 21 Abfallverwertung und Abfallbeseitigung
 - § 34 ff Grundwasserschutz
- Baugesetzgebung des Kantons Aargau vom 2. Februar 1971
 - § 10 Begriffe Bauten
 - § 125 Bauten in den Land- und Forstwirtschaftsgebieten
 - § 150 Bewilligungspflicht
 - § 151 Baugesuch
- Kanton Aargau: Dekret über den Abbau von Steinen und Erden vom 19. August 1980
- Richtlinien zur Ausscheidung von Grundwasserschutzgebieten und Grundwasserschutzzonen

Das Bewilligungsverfahren wickelt sich wie folgt ab:

Das Abbaugesuch (Baugesuch) wird vom Gesuchsteller über die Gemeinde an die Baugesuchszentrale und von dort an die federführende Abteilung Gewässer geleitet. Diese leitet ein Vernehmlassungsverfahren bei betroffenen Interessenbereichen ein (s. Abb. 1). Die mit Auflagen versehene Bewilligung der kantonalen Instanzen wird wiederum an die Gemeinde zur öffentlichen Auflage und nachfolgenden Eröffnung an die Gesuchsteller geleitet. Die Kontrolle resp. Überwachung des Abbaues und der Rekultivierung erfolgt durch die Gemeinde (Baupolizeifunktion) und den Kanton. Private Organisationen wie der Fachverband Sand und Kies z.B. können beigezogen werden.

Bedeutungsvoll ist die Tatsache, dass im Kanton Aargau bei Materialentnahmen nach den Vorschriften des Abbaudekretes gehandelt werden muss. Es bezweckt den Schutz der Landschaft vor dauernder Verunstaltung und die landschaftsgerechte Wiederherrichtung von sich in Abbau befindlichen oder aufgelassenen Stellen. Zur Erreichung dieser Ziele ist eine Beschränkung der Abbaustellen durch gemeinsamen Abbau vorgeschrieben. Ferner darf der Abbau nur im Rahmen eines Gesamtplanes, der Bestimmungen über Abbau, Reihenfolge des Abbaus, Wiederherrichtung, Etappierung, etc. enthält, erfolgen.

Der Schutz der landwirtschaftlichen Interessen wird gegenwärtig von den für die Bewilligung von Abbaugesuchen zuständigen Behörden wahrgenommen. Diese haben darüber zu befinden, ob eine Ausbeutung überhaupt zuzulassen und in welchem Ausmass kulturfähiger Boden wiederherzustellen ist.

DER BODEN

Definition

Der Boden ist der schmale Grenzbereich der Erdoberfläche, in dem sich Lithosphäre, Hydrosphäre, Atmosphäre und Biosphäre überlagern. Der Boden stellt das mit Wasser, Luft und Lebewesen durchsetzte, unter dem Einfluss der Umweltfaktoren entstandene und im Ablauf der Zeit sich weiterentwickelnde Umwandlungsprodukt mineralischer und organischer Substanzen dar, welches in der Lage ist, höheren Pflanzen als Standort zu dienen. Der Boden bildet damit die Grundlage für das Leben von Mensch und Tier.

Die Entstehung der Böden

Unter dem Einfluss und durch das Zusammenwirken der Umweltfaktoren Muttergestein, Klima, Lebewesen (Flora, Fauna, Mikroorganismen) und Relief laufen an der Erdoberfläche komplexe Vorgänge ab, welche im Laufe von langen Zeiträumen zu einer breiten Palette verschiedenster Bodentypen führen.

- Das Muttergestein wird physikalisch, chemisch und biologisch zerkleinert, abgebaut und umgewandelt; es verwittert.
- Abgestorbene Lebewesen pflanzlicher und tierischer Herkunft werden von Bodentieren und Mikroorganismen zersetzt, umgewandelt und dem Boden einverleibt; sie werden zu Humus.
- Ausgangsstoffe und Produkte der Verwitterung und Humifizierung werden in und auf dem Boden, in Lösung oder als Partikel, verlagert.
- Im Kontakt miteinander werden die Bodenbestandteile durch Kittstoffe, welche teilweise biologischen Ursprungs sind, miteinander verbunden; im Nahbereich bildet sich eine neue Anordnung, ein bodeneigenes Gefüge (Krümel, Bröckel).

Aufbau des Bodens

Durch das Zusammenwirken aller Bodenbildungsvorgänge entsteht eine charakteristische Abfolge von mehr oder weniger scharf gegeneinander abgegrenzten Schichten, welche man in der Fachsprache Bodenhorizonte nennt. Die ganze Abfolge der Horizonte von der Oberfläche bis zum unzersetzten Muttergestein nennt man Bodenprofil. Dieses dehnt sich als Einzelboden horizontal soweit aus, als sich die Bedingungen der Bodenbildung (Umweltfaktoren) gleich bleiben.

Horizonte werden nach den kennzeichnenden Bodenbildungsvorgängen und dem entsprechenden Aufbau unterschieden und mit Buchstabensymbolen gekennzeichnet:

- A Oberboden, Ackerkrume, humusreich, dunkel, belebt, meist gut gekrümelt; Hauptwurzelraum,
- B Unterboden, humusarm, hell bis rostfarbig, in Verwitterung begriffen,
- C Muttergestein, von der Bodenbildung noch nicht erfasst.

Bestandteile des Bodens

Der Boden ist aus mineralischem und organischem Material aufgebaut und enthält eine beträchtliche Menge an Bodenlebewesen. Je nach Verwitterungszustand und Alter besteht der mineralische Anteil aus petrogenen, d.h. aus dem Muttergestein ererbten Mineralkörnern und/oder aus pedogenen, d.h. durch die Bodenbildungsprozesse gebildeten Mineralien. Zu den letzteren gehören vor allem Tonmineralien und Rost (Eisenoxide verschiedenster Ausprägung).

Das gesamte organische Material des Bodens umfasst lebende, abgestorbene und in Zersetzung begriffene Lebewesen, Wurzeln, Bodentiere, Mikroorganismen, etc. als Humusbildner, sowie die Endprodukte der Abbau- und Umwandlungsvorgänge, die Humusstoffe. Lebewesen, Humusbildner, Humusstoffe machen im Oberboden schweizerischer Mittellandböden je nach Bewirtschaftung zwischen 2 und 10 Gewichtsprozent oder zwischen 50 und 250 Tonnen pro Hektar aus.

Bodeneigenschaften

Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt

Den ganzen Boden durchzieht ein komplexes Porensystem, welches den Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt des Bodens massgeblich bestimmt. Nach ihrem Durchmesser unterscheidet man

- Grobporen > 30 μm
- Mittelporen 0,2-30 μm
- Feinporen < 0,2 μm

In den Grobporen ist das Bodenwasser leicht beweglich. Nach einem Niederschlag werden sie durch die Erdgravitation rasch entleert und dienen sodann der Bodendurchlüftung (Gasaustausch: Sauerstoffzufuhr, Kohlensäurewegfuhr).

In den Mittelporen wird das Wasser durch Adsorptions- und Kapillarkräfte festgehalten. Dieses Wasser dient dem Nährstofftransport und steht der Pflanze zur Verfügung. Bei anhaltender Trockenheit verdunstet dieses Wasser mit der Zeit.

In den Feinporen wird das Wasser mit so grosser Energie festgehalten, dass es der Pflanze nicht mehr zur Verfügung steht und auch bei Trockenheit nicht verdunstet (Saugspannung > 15 bar). Die Pflanzen welken.

Böden mit hohem Tongehalt weisen einen hohen Anteil an Feinporen und einen geringen Anteil an Grobporen auf. Sie neigen daher zu Vernässung und Sauerstoffmangel. Ausserdem sind solche Böden schwer erwärmbare, es sind kalte Böden.

Mechanische Eigenschaften

Ein Einheitsvolumen Boden setzt sich aus einer gasförmigen, einer flüssigen und einer festen Phase zusammen. Der prozentuale Anteil jeder Phase ist abhängig von der physikalisch-chemischen Zusammensetzung sowie von der Bewirtschaftungsart des Bodens. So ist z.B. die erwünschte Krümelstruktur keine permanente Eigenschaft eines Bodens. Sie kann durch organische Düngung, Begrünung und Kalkung verbessert, durch ungünstige Einflüsse wie Bodenbearbeitung im nassen Zustand und Nicht-mehr-Nutzen aber auch zerstört werden. Schwere Maschinen können die ganze Wurzelzone des Bodens verdichten (Verminderung des Luftvolumens und der Wasserdurchlässigkeit). Zur Wiederherstellung der Fruchtbarkeit derart geschädigter Böden werden meist mehrere Jahre benötigt.

Nährstoffhaushalt

Tonmineralien, Humusstoffe und Tonhumuskomplexe sind Ionenaustauscher, welche Pflanzennährstoffe zu binden, zu speichern und wieder abzugeben vermögen. Je höher der Gehalt dieser Bestandteile ist, desto höher ist die Nährstoffspeicherkapazität eines Bodens; je saurer der Boden ist, desto geringer wird diese Fähigkeit. Nährstoffe aus Pflanzenrückständen und anderen abgestorbenen Lebewesen werden beim Abbau durch die Mikroorganismen freigesetzt und stehen sodann für die Pflanzenernährung wieder zur Verfügung. Bei intensiver landwirtschaftlicher Nutzung müssen die mit der Ernte exportierten Nährstoffe allerdings durch Düngung ersetzt werden, damit nicht eine Verarmung und Reduktion der Fruchtbarkeit eintritt.

Funktionen des Bodens

Grundlage der pflanzlichen Produktion

Der Boden als Standort höherer Pflanzen ist die Grundlage der pflanzlichen Produktion in Land- und Forstwirtschaft. Der Boden ist die Basis für die Landesversorgung mit Nahrungsmitteln sowie für die Bereitstellung von Bau- und Brennstoffen. Dieser Funktion des Bodens kommt in Krisenzeiten, da die Zufuhren aus dem Ausland unterbunden sind, eine erhöhte Bedeutung zu.

Grundwasserschutz

Im Stoffhaushalt der Ökosphäre spielt der Boden eine wichtige Rolle als Reinigungs- und Puffersystem. Im Boden werden organische Schmutzstoffe abgebaut und mineralisiert; gelöste und suspendierte Stoffe werden zurückgehalten, so dass das Sickerwasser nach der Bodenpassage in der Regel als sauberes Grundwasser zur Verfügung steht.

Den Böden über Schotterfluren kommt in dieser Hinsicht eine besondere Bedeutung zu, da vor allem Schotterablagerungen als Grundwasserleiter und -speicher dienen. Beide genannten Funktionen können optimal nur Böden erfüllen, welche

- über einen ungestörten Wasser-, Luft- und Wärmehaushalt sowie einen ausgewogenen Nährstoffhaushalt verfügen,
- neutral bis schwach sauer sind,
- biologisch aktiv und
- ausreichend mächtig sind (s. nächstes Kapitel über Kriterien der Bodenqualität; pflanzennutzbare Gründigkeit).

BODENQUALITÄT UND LANDWIRTSCHAFTLICHE NUTZUNGSEIGNUNG

Qualitätskriterien

Bei der Beurteilung des Bodenprofils werden vor allem folgende Punkte beachtet:

- Oberfläche
Darunter fallen die Erosion, Ablagerung und Aufschüttung, das Lokalklima und die Neigung.
- Bodengerüst
Hier wird die organische Substanz, der Tongehalt und die Bodenart beurteilt.
- Bodengefüge
Die Krümelung ist ein Massstab für den geordneten Wasser- und Lufthaushalt.
- Pflanzennutzbare Gründigkeit
Diese gibt die Mächtigkeit der durchwurzelbaren Feinerde an. Bei den normal durchlässigen bis schwach stauenden Böden ist sie gleichzeitig ein Mass für das Speichervermögen von leicht verfügbarem Wasser.

Tabelle 2 Einteilung der Böden nach der pflanzennutzbaren Gründigkeit

Gründigkeit	Mächtigkeit in cm
sehr tiefgründig	> 100
tiefgründig	70 – 100
mässig tiefgründig	50 – 70
ziemlich tiefgründig	30 – 50
flachgründig	10 – 30
sehr flachgründig	< 10

- Chemismus
Dieser umfasst u.a. das Säure-Basen-Verhältnis (pH) und das Nährstoffspeichervermögen.
- Wasserhaushalt
Es wird die Durchlässigkeit für Sickerwasser, das Wasserspeichervermögen bei normal durchlässigen und die Art des Sickerwasserstaus bei langsam durchlässigen Böden sowie die Höhe des Grundwasserspiegels festgestellt.
- Gasaustausch
Bei diesem Kriterium wird die Möglichkeit zur Erneuerung der Bodenluft abgeschätzt.

Die Eignung des Bodens kann abgeleitet werden, indem man diesen Bodeneigenschaften die Ansprüche der Kulturen gegenüberstellt.

Eigenschaften, Nutzungsqualität und Verbreitung der Böden auf Kiesunterlage

Eigenschaften

Im Gegensatz zur sehr grossen Variation der Böden in der Schweiz, die auf die mannigfachen klimatischen, topographischen und geologischen Verhältnisse unseres Landes zurückzuführen ist, trifft man auf den lockeren Schottern Böden mit recht einheitlichen Eigenschaften an. Kennzeichnende Merkmale sind die ungehemmte Durchlässigkeit, das sandig-lehmige, meist wenig kieshaltige Gerüst im Oberboden sowie der kiesige, tonhaltige, frische Unterboden.

Auf den nacheiszeitlich entstandenen Schotterterrassen der Flusstäler entwickeln sich oft sogenannte Parabraunerden. Ihre Besonderheit ist die augenfällige Horizontierung des Profils. Parabraunerden weisen einen an Ton verarmten grau-braunen Oberboden und einen tonangereicherten orange-braunen Unterboden mit gut sichtbaren Tonhäuten auf. Unter landwirtschaftlichen Kulturen sind Parabraunerden neutral bis schwach sauer. Die oberste Krumschicht umfasst einen Mullhumus mit 2 bis 3 % organischer Substanz und einem stabilen Krümelgefüge. Die Bodenmächtigkeit beträgt 70 bis 100 cm. Unter Wald dagegen findet man meistens eine schwache Moderhumusaufgabe, und die Profile sind bedeutend stärker versauert. Ausnahmsweise können Parabraunerden als Folge der eingewaschenen Tone gehemmt durchlässig sein. Begleittypen auf Schotter sind gelegentlich auch durch Erosion junggebliebene, kiesige, flachgründige Kalkbraunerden, deren Gerüst meist sehr sandhaltig und tonarm und deren Wasserspeicherkapazität deutlich geringer ist als die der Parabraunerde.

Nutzungsqualität

Böden auf Schotter, insbesondere die tiefgründig verwitterten Parabraunerden, können zusammen mit den günstigen klimatischen und topographischen Verhältnissen als bevorzugte Standorte für die landwirtschaftliche und forstliche Nutzung bezeichnet werden. Sie eignen sich insbesondere für eine vielseitige Fruchtwechselwirtschaft, d.h. Ackerbau mit Kunstfutterbau. Die ackerbauliche Bewirtschaftung ist wenig behindert, da sich nach Niederschlagsperioden rasch wieder eine günstige Feuchtigkeit in der Ackerkrume einstellt. Das lockere Gefüge bleibt auch bei hohem Mechanisierungsgrad erhalten. Einschränkungen sind bei nur mässig tiefgründigen bis flachgründigen, kiesigen Parabraunerden und Kalkbraunerden vorhanden: Insbesondere im regenärmeren Nordosten des Landes können sie örtlich trockenheitsanfällig sein.

Tiefgründig verwitterte Parabraunerden auf Schotterterrassen, insbesondere jene mit feinerdereicher, lössartiger Auflage, gelten als die wertvollsten Ackerböden der Schweiz. Beim Güterabtausch werden sie in der Regel mit dem höchstmöglichen Wert punktiert. Ihre Vorzüge äussern sich sowohl für den einzelnen Landwirt wie

auch für die Öffentlichkeit. Der Landwirt kann von ihren vielseitigen Nutzungsmöglichkeiten sowie von ihrer dauerhaften, geringen Schwankungen unterworfenen, hohen Ertragsfähigkeit profitieren. Für die Öffentlichkeit fallen keine Bodenverbesserungskosten an, wie das beispielsweise bei Nassböden durch Entwässerung der Fall ist. Die tiefgründigen, gut filtrierenden, biologisch aktiven Parabraunerden eignen sich für die Verwertung von Klärschlamm.

Auch im Waldbau zählen die sauren Parabraunerden zu den bevorzugten Standorten. Die hervorzuhebende waldbauliche Qualität äussert sich dabei im grossen Baumartenspielraum, ferner in der grossen natürlichen Produktionsfähigkeit und der guten Befahrbarkeit. Weniger tiefgründige kiesige Braunerden auf Schotter sind gelegentlich etwas trockenheitsanfällige Standorte. Zu erwähnen sind auch die Schotterböden der tieferen Flusstäler, welche regelmässig überschwemmt werden und zeitweise einen hohen Grundwasserstand aufweisen. Die auf solchen Böden stockenden Auewälder zeichnen sich durch ihre botanische Eigenart aus.

Verbreitung

Gemäss landwirtschaftlicher Bodeneignungskarte der Schweiz 1:300 000 sind in den Ebenen des tieferen Mitellandes rund 100 000 ha Parabraunerden, Braunerden und Kalkbraunerden auf Schotter der Nacheiszeit zu finden. Kartographische Untersuchungen von Schotterböden in detaillierterem Massstab liegen in verschiedenen Regionen vor, z.B. für Schotterterrassen des Rheins, der Reuss, der Aare und der Emme, ferner auch z.T. der Rhone, des Tessins und des Inns, kleinflächig auch der Thur und der Glatt.

Aus diesen repräsentativen Untersuchungen geht hervor, dass die tiefgründige Parabraunerde als bevorzugter Fruchtwechselboden sehr unterschiedliche Verbreitung aufweisen kann. Während ihr Anteil beispielsweise auf den Reusstalterrassen zwischen Bremgarten und Mühlau weniger als 5% der Talböden ausmacht, findet man auf den Schotterterrassen des Rafzerfeldes oder des Birrfeldes einen Anteil von mehr als 50%. Ein Verzeichnis der bodenkundlich untersuchten Regionen mit den dazugehörigen Ergebnissen ist beim Bodenkartierungsdienst der Eidg. Forschungsanstalt Reckenholz, 8046 Zürich, erhältlich.

RECHTLICHER SCHUTZ DES BODENS

Im Sinne des Zivilgesetzbuches (Art. 667 ff) ist der Boden nur als Liegenschaft (Sache) gewertet. Die rechtlichen «Regeln» beziehen sich demnach nur auf den Besitz des Bodens und dessen Handel.

Im Raumplanungsgesetz ist der Boden hingegen im Einführungsartikel als ein Gut definiert, dem Sorge getragen werden soll. Als natürliche im Gesamtinteresse stehende Lebensgrundlage soll der Boden für die verschiedenen Nutzungsarten ausgewogen aufgeteilt werden.

Das Umweltschutzgesetz sieht in mehreren Artikeln, insbesondere in Art. 33–35, den Schutz der Fruchtbarkeit des Bodens vor Luftverunreinigungen, umweltgefährdenden Stoffen vor. Nicht geschützt hingegen ist der Boden vor Verdichtung und Erosion.

Das eidgenössische Gesetz zur Erhaltung des bäuerlichen Grundbesitzes sagt in Art. 5, dass die Kulturlandfläche nach Möglichkeit der Landwirtschaft zu erhalten sei. Das ist ebenfalls ein Wunsch, der jedoch konkret in der Praxis kaum berücksichtigt wird. Dagegen ist das eidg. Forstgesetz in dieser Hinsicht bindend. Art. 31 sagt verbindlich, dass die Waldfläche sich nicht verringern dürfe. Der Gesetzgeber hat sich daher um den Waldboden selbst und um dessen Eigenschaften nicht zu kümmern.

Die eidg. Bodenverbesserungsverordnung umschreibt in Art. 59 die Bewirtschaftungspflicht meliorierter Grundstücke. Dabei handelt es sich jedoch vor allem um die Erhaltung und den Unterhalt der Bodenverbesserungswerke und darum, Zweckentfremdung zu vermeiden. Ein quantitativer und qualitativer Schutz des Bodens ist somit praktisch nicht vorhanden.

Im aargauischen kantonalen Baugesetz ist in § 116 eine grundsätzliche Aussage über die Erhaltung zusammenhängender und leistungsfähiger landwirtschaftlicher Nutzflächen enthalten. Zudem gilt nach § 129 des nämlichen Gesetzes der Abbau von Kies als eine Baute, welche nur ausnahmsweise aus wichtigen Gründen bewilligt werden kann, wenn die öffentlichen Interessen es gestatten.

Das seit dem 1. Januar 1982 in Kraft stehende aargauische Landwirtschaftsgesetz enthält in § 8 einen Grundsatz zum Schutze bevorzugter landwirtschaftlicher Flächen, indem Gebiete, die sich für den landwirtschaftlichen Pflanzenbau besonders eignen, vorrangig der Landwirtschaft zu erhalten seien. Dieser Grundsatz ist im Rahmen der Raumplanung und aller raumwirksamen Tätigkeit von den verantwortlichen Behörden wahrzunehmen und zu beachten. Eine direkte Grundeigentümerverbindlichkeit kann jedoch nicht abgeleitet werden.

KIESABBAU ALS EINGRIFF

Verluste an landwirtschaftlichem Kulturland

Die Form des Abbaus bestimmt den Flächenverlust.

- Mit keinem Flächenverlust ist nur dort zu rechnen, wo erneuerbare Ressourcen, z.B. Flussgeschiebe und Hangschutt, verarbeitet werden.
- Ausgedehnte Flächenverluste sind dort zu verzeichnen, wo wannen- oder muldenförmig abgebaut und nur teilweise aufgefüllt wird, wobei ausgedehnte Böschungsf lächen entstehen.
- Klein gehalten werden kann der Flächenverlust nur beim haldenförmigen Abbau, unter teilweiser Wiederauffüllung.

Verluste an Bodenmaterial

Mengenverluste entstehen in erster Linie durch den Abtransport von Abdeckmaterial (Humus bzw. Oberboden und Unterboden). Ferner kann bei der Umlagerung und Umschüttung im Rahmen der Abdeckung von Kieskörpern ebenfalls ein Mengenverlust eintreten.

Qualitätsverluste

Strukturverluste (Gefüge) entstehen vor allem durch zu hohe, langandauernde und schlecht angelegte oder schlecht entwässerte Humusdeponien. Die Einbusse wirkt sich nicht nur auf die Struktur, sondern auch auf die biologische Aktivität aus. Bezüglich seiner Filterwirkung kann Kies nicht durch ein beliebiges Auffüllmaterial ersetzt werden. Problematisch sind ferner die Art und Weise des Auffüllvorganges (vergleiche nächstes Kapitel: Planung) sowie die Heterogenität des Auffüllmaterials (nächstes Kapitel: Qualität des Auffüllmaterials).

Gefährdung des Grundwassers

Die Reduktion der potentiellen Einsickerungsfläche für die Niederschläge, welche das Grundwasser anreichern, geht einher mit der veränderten, allenfalls eingeschränkten Filterwirkung des Auffüllmaterials. Im Gegensatz zum gewachsenen Kieskörper kann die Durchlässigkeit bzw. die Sickergeschwindigkeit und die für die Reinigung notwendige Verweildauer in der aufgefüllten Deponie kaum zuverlässig festgestellt werden. Inhaltsstoffe aller Art, darunter auch toxische, können aus dem

Deponiekörper ins Grundwasser gelangen, dies insbesondere dann, wenn das Auffüllmaterial nicht vollständig den Anforderungen der Deponieklasse I (Sauberes Aushub- und Ausbruchmaterial) entspricht.

Eingriff in die Landschaft

Siehe nächstes Kapitel «Rekultivierung», Abschnitt Landschaftsaufbau.

REKULTIVIERUNG

Begriff

Unter Rekultivierung wird die Wiederherstellung und Neugestaltung eines durch natürliche Ereignisse oder durch menschliche Eingriffe in seinem Originalzustand veränderten Areals verstanden. Im engeren Sinne bedeutet Rekultivierung die Wiederherstellung und Eingliederung eines solchen Areals in einen dem Originalzustand nahekommenden Zustand der ursprünglichen, meist landwirtschaftlichen Nutzung. Es stehen drei Grundkonzepte zur Wahl:

- Vollständige Auffüllung à niveau: Hierbei wird vor allem die Wiederherstellung landwirtschaftlich nutzbarer Flächen bezweckt, wobei möglichst die ursprüngliche Gestalt und das bisherige Ausmass erreicht werden sollten.
- Teilauffüllung. Durch die Bildung von Wannsen, Trögen, sowie durch das Zurückversetzen von Terrassen, wird Auffüllmaterial eingespart.
- Keine Auffüllung: Werden Abbaustellen sich selbst überlassen, können sich biologisch schützens- und erhaltenswerte Standorte bilden. Im Rahmen von Planungen können solche Stellen vorgesehen werden (Renaturierungen).

Ziele der Rekultivierung

Das Ziel der Rekultivierung für die landwirtschaftliche Nutzung ist die Wiederherstellung bzw. Neuschaffung eines Areals, das

- hinsichtlich seines Ertragspotentials (Bodenqualität, Klimaverhältnisse) dem ursprünglichen Zustand entspricht,
- eine Geländeform aufweist, die eine rationelle Bewirtschaftung ermöglicht
- eine Eingliederung in das umliegende Gebiet gewährleistet,
- der ursprünglichen Fläche und Nutzungsmöglichkeit entspricht.

Ein weiteres Ziel der Rekultivierung besteht hinsichtlich des Grundwasserschutzes. Durch die technisch richtige Rekultivierung und angepasste Bewirtschaftung (Bodennutzung, Fruchtfolge, Düngung, Einsatz von Pflanzenschutzmitteln) soll eine Gefährdung des Grundwassers vermieden werden.

Problem des Materialmangels

Wie erwähnt, wird heute gesamthaft mehr Material abgebaut als eingefüllt werden kann (s. Tabelle 1), so dass sich die Leerräume vergrössern. Eine Änderung dieser Situation ist vorderhand nicht abzusehen. Konsequenterweise muss daher im Bewilligungsverfahren festgelegt werden, ob eine Abbaustelle vollständig, teilweise oder gar nicht aufzufüllen ist. Ein wesentliches Kriterium zu dieser Entscheidung stellt die

Beurteilung des Abbaugbietes hinsichtlich dessen landwirtschaftlicher Bedeutung dar. Gebiete mit bevorzugten landwirtschaftlichen Böden müssen vollumfänglich wieder hergestellt werden.

Als weitere Konsequenz aus dieser Situation sollten Bewirtschaftungspläne hinsichtlich der Auffüllung erarbeitet und durchgesetzt werden. In der Praxis bedeutet das, dass Firmen, die über Auffüllmaterial verfügen, dieses gemeinsam nach Plan ablagern. Damit wird erreicht, dass prioritär aufzufüllende Abbaustellen innerhalb nützlicher Frist der landwirtschaftlichen Nutzung zurückgegeben werden können.

Qualität des Auffüllmaterials

Grundlage jeder Rekultivierungsplanung muss die Abklärung der geologischen und hydrologischen Verhältnisse sein. Je nach Resultat dieser Vorarbeiten sind die Auffüllungsmaterialarten festzulegen. Hierbei kann auf die vom Bundesamt für Umweltschutz publizierten Deponierichtlinien verwiesen werden. Darin werden die potentiellen Auffüllmaterialien in Klassen eingeteilt.

Material der Deponieklasse I umfasst ausschliesslich inertes Material ohne nachteiligen Einfluss auf das Sickerwasser mit der wichtigsten Stoffgruppe: Aushub- und Ausbruchmaterial ohne Torf und Humus und ohne wasserbeeinträchtigende Anteile.

Material der Deponieklasse II beinhaltet weitgehend inertes Material, dessen Sickerwasser den Vorschriften der Abwassereinleitungen entspricht, mit der Stoffgruppe Abbruchmaterial ohne wesentliche, wasserbeeinträchtigende Anteile (Ziegel, Steine, Beton, Holz, Torf, Strassenaufbruch mit Belag, etc.).

Material der Deponieklasse III ist jenes Material, dessen Sickerwasser den Anforderungen an Einleitungen in Kanalisationen entspricht, wie Siedlungsabfälle (Kehricht, Sperrgut) und deren Verbrennungsrückstände oder schwach ölverschmutztes Erdreich.

Material der Deponieklasse IV ist der Sondermüll.

Beim Kies- und Sandabbau, der normalerweise über grundwasserführende Zonen stattfindet, darf nur Material der Deponieklasse I und ausnahmsweise, wenn es die lokalen Verhältnisse zulassen, auch Material der Deponieklasse II abgelagert werden.

Alle anderen Ablagerungsstoffe bedingen zusätzliche Schutzmassnahmen und sollten nur in Materialentnahmestellen ausserhalb der Grundwassergebiete abgelagert werden. Sie kommen also als Auffüllmaterialien für Kiesentnahmestellen nicht in Frage.

Inerte Auffüllmaterialien (Deponieklasse I) weisen grosse Unterschiede bezüglich der relevanten Materialeigenschaften auf (Dichte, Porosität, Bindigkeit, Durchlässigkeit, etc.), welche in der Materialart begründet sind (Lehm, Gehängeschutt, Moränenmaterial, Felstrümmer, etc.). Die ursprünglichen Verhältnisse, wie sie in einem mehr oder weniger homogenen Schotterkörper hinsichtlich Filterverhalten, Stoff- und Gasaustausch, Skelettaufbau, etc. bestanden, können nach erfolgter Auffüllung nie mehr die gleichen sein. In diesem Sinne stellen jeder Abbau und jede Auffüllung irreversible Eingriffe dar.

Landschaftsaufbau

Der Abbau von Sand- und Kiesvorkommen erfolgt meist in eckigen Formen, welche bedingt sein können durch

- Besitzverhältnisse (Parzellen),
- raumwirksame Grössen (korrigierte Gewässer, Verkehrsträger),
- abbaubedingte Faktoren (Erschliessung, Abbaugeräte),
- gesetzliche und planerische Einschränkungen (Forstgesetz, Zonenplan).

Nach erfolgtem Abbau bleiben demnach meist harte, unnatürliche Geländeformen zurück.

Die Rekultivierung soll diesen Zustand in einen natürlicheren zurückführen. Als Mittel stehen zur Verfügung

- Vollständige Wiederauffüllung,
- Einbezug benachbarter Gebiete, wie auch Waldflächen,
- Aufhebung gewisser Abbaugelände.

Verantwortlichkeit

Neben der richtigen Technik der Rekultivierung muss man sicherstellen, dass die vorgesehenen Massnahmen folgerichtig durchgeführt werden. Das ist nur durch eine dem Projekt angepasste Organisation zu gewährleisten. Dazu sind eindeutige Verantwortlichkeiten notwendig. Entsprechend dem in andern Unternehmen bewährten Muster ist die folgende Gliederung empfehlenswert:



Kurz umrissen würden den einzelnen Gremien – unter der kundigen Aufsicht von Sachverständigen – die folgenden Aufgaben zufallen:

Ausführungskommission. Sie trägt die Verantwortung für das Gelingen des Werkes. Sie entwirft das technische Projekt, setzt die Projektleitung ein und führt die Oberaufsicht über die Einhaltung der Rekultivierungsbedingungen. Sie legt die jährliche Rekultivierungsetappe und den Rekultivierungsablauf terminlich fest. Die personelle Zusammensetzung richtet sich nach der Grösse des Unternehmens. In der Regel sollten auch Körperschaften des öffentlichen Rechts in der Kommission Einsitz nehmen.

Projektleitung. Sie führt die Kontrolle über die Durchführung des genehmigten technischen Projektes und der Anordnungen der Ausführungskommission durch.

Örtliche Bauleitung. Sie führt die Arbeiten gemäss den Anweisungen der Projektleitung aus.

Planung

Grundsätzliches

Die Planung der Rekultivierung hat vor Beginn des Abbaus zu erfolgen. Dabei sind

- die Qualität des Bodens im ursprünglichen Zustand anhand der genannten Kriterien durch landwirtschaftliche Fachstellen zu ermitteln und festzuhalten (Bodenkartierung, etc.),
- ein generelles Projekt für die Rekultivierung auszuarbeiten und vorzulegen.
- die Rahmenbedingungen für die zukünftige Bewirtschaftung durch die kantonalen Fachstellen im Einvernehmen mit den interessierten Kreisen festzulegen.

Hinsichtlich einer zufriedenstellenden Rekultivierung genügt es nicht, nur den Endzustand darzustellen. Es ist vielmehr die Etappierung, d.h. die zeitliche Koppelung vom Abbau über die Auffüllung zur Rekultivierung und späteren landwirtschaftlichen Nutzung darzustellen. Dieser Forderung wird im Rahmen des Bewilligungsverfahrens, wie es im Kanton Aargau praktiziert wird, Genüge getan. Die sorgfältige Rekultivierung nimmt drei Jahre in Anspruch. Diesem Umstand ist bei der Planung Rechnung zu tragen.

Sicherstellung des Bodenmaterials

Der abgetragene Boden, d.h. Oberboden (Ackerkrume) und Unterboden, sind für die Rekultivierung sicherzustellen und separat zu deponieren. Folgende Publikationen geben Aufschluss über die fachmännische Erstellung von Deponien:

- Humusdeponie und Rekultivierung. Merkblatt 1 der Abteilung Landwirtschaft, Strukturverbesserungen, Kanton Aargau, 1979
- Merkpunkte zur Erstellung von Humusdeponien und zur Rekultivierung von Depo-
nie- und Auffüllflächen von F. Jäggli und E. Frei, 1977
- Fachverband Sand und Kies FSK-Dokumentation «Planung und Instandstellung»,
1978

Technik der Rekultivierung

Allgemeines

Um die Ziele der Rekultivierung von landwirtschaftlich nutzbarem Gelände (vgl. Abschnitt «Verluste an Bodenmaterial») zu erreichen, sind zwei Forderungen zu erfüllen:

- Aufbau eines normal durchwurzelbaren und sickerfähigen Bodens,
- Ableitung des überschüssigen Niederschlagswassers durch Neigung der Geländeoberfläche, Einbau einer Sickerschicht unter die Bodenschüttung. Nötigenfalls ist eine Detailentwässerung zu erstellen.

Rekultivierungshöhen

Da die Wegfuhr von Abdeckmaterial verboten ist, ist auch eine Zufuhr im grösseren Rahmen in der Regel nicht möglich. Abdeckmaterial guter Qualität ist daher Mangelware. Man muss mit der an Ort und Stelle vorhandenen Menge auskommen. Damit möglichst grosse Flächen für die landwirtschaftliche Nutzung wieder rekultiviert werden können, ist mit diesem Material rationell, sparsam und schonend umzugehen.

Da das Ertragspotential eines rekultivierten Bodens dem ursprünglichen, natürlich gewachsenen Boden entsprechen soll, muss die Schichthöhe bei der Rekultivierung der Mächtigkeit des A- und B-Horizontes vor der Abdeckung entsprechen. Es ist im gesetzten Zustand ein Meter Mächtigkeit anzustreben. Bei unterschiedlicher Gründigkeit soll ein entsprechender Ausgleich vorgenommen werden.

Je nach Skelettgehalt des Abdeckmaterials und Setzungserscheinungen sind Zuschläge von 20 bis 30 % zu machen.

Zeitlicher Ablauf und Ausführung

Als Rekultivierungstechnik ist grundsätzlich eine Methode zu wählen, die auch unter ungünstigen Verhältnissen anwendbar ist und die Ansprüche an einen landwirtschaftlichen Kulturboden erfüllt. Im Hinblick darauf hat sich folgende jahreszeitliche Gliederung der verschiedenen Arbeitsgänge als vorteilhaft erwiesen.

- Erstellen der Rohdeponie (1 bis 2 m unter Terrain), während des ganzen Jahres durchführbar. Ist die Möglichkeit des Abflusses infiltrierenden Wassers nicht gegeben, so hat man eine etwa 30 cm hohe aus Kies bestehende Sickerhilfe einzubauen.
- Auftragen des Unterbodens (ab 100 bis 30 cm unter Terrain), durchzuführen ab Mitte April bis spätestens Ende August. Eine Bepflanzung dieses Materials (Voraktivierung) ist notwendig.
- Auftragen der Ackerkrume (ab 30 bis 60 cm unter Terrain), durchzuführen ab Anfang Mai bis Mitte Juli mit sofortiger Dauerbegrünung.

Inbezug auf das Einbringen des Materials der Rohdeponie bestehen aus landwirtschaftlicher Sicht ausser einer Flächenneigung keine besonderen Ansprüche. Für die Ableitung des überschüssigen Niederschlagswassers ist eine Oberflächenneigung von 5% vorzusehen. Der Unterboden darf weder schichtweise aufgetragen noch verdichtet werden. Er muss in einem Arbeitsgang geschüttet und anschliessend zur biologischen Voraktivierung bepflanzt werden. Die Endhumusierung, d.h. das Auftragen der Ackerkrume, darf erst nach dieser biologischen Voraktivierung erfolgen. Anschliessend ist unverzüglich zu begrünen. Das detaillierte Ausführungsprojekt ist zusammen mit den entsprechenden Fachstellen auszuarbeiten (vergleiche Abschnitt «Verantwortlichkeit»).

2. Jahr der Rekultivierung

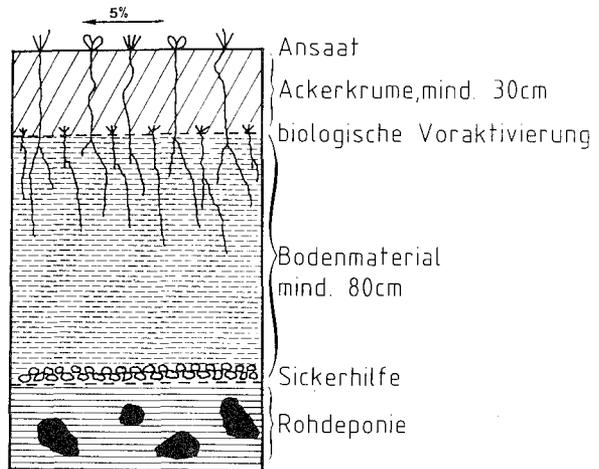
Ohne die Zwischenfrucht zu entfernen wird unter grösstmöglicher Bodenschonung humusiert und sofort eine Gras-Kleemischung eingesät.

1. Jahr der Rekultivierung

Die lose geschüttete Zwischenschicht aus durchlässigem Material wird durch Düngung und Anbau einer Zwischenfrucht aktiviert.

Abschluss der Rohdeponie

Die abgeschlossene Deponie wird mit einem Minimalgefälle von 5% ausplaniert. Sie reicht etwa 1,5 m unter die fertige Terrainhöhe.



Figur 5: Schema der Rekultivierung mit zeitlichem Ablauf

Besteht das Material der Rohdeponie aus Tunnelausbruch, dann sollte die Sickerhilfe erst auf einen feineren Deponiekörper von 150 cm Bruchmaterial zu liegen kommen.

FOLGERUNGEN UND THESEN

- Der Kiesabbau stellt einen bedeutenden, meist irreversiblen Eingriff in den gewachsenen Boden dar. Es ist zu fordern, dass gesetzliche Grundlagen zum generellen Schutz von landwirtschaftlich bevorzugten Böden geschaffen werden.
- Im Rahmen der Wiederherstellung landwirtschaftlichen Kulturlandes sind folgende Forderungen zu erfüllen:
 - Beurteilung der Bodenqualität vor dem Abbau durch eine anerkannte Fachstelle
 - Ausarbeitung eines speziellen Rekultivierungsprojektes
 - Intensive Begleitung und Kontrolle des Rekultivierungsvorganges
- Bewilligungen zum Kiesabbau sind nur zu erteilen nach erfolgter Festsetzung des Umfanges und der Art der Nachnutzung, im speziellen der landwirtschaftlichen Nutzung. Dabei ist grundsätzlich das beanspruchte landwirtschaftliche Kulturland sowohl bezüglich des Umfanges wie auch der Qualität wieder herzustellen, wobei die Gewähr einer fachgemässen Rekultivierung gegeben sein soll.
- In Anbetracht der Tatsache, dass Kies in seiner Menge begrenzt ist und dass sich zunehmend Schwierigkeiten und Probleme hinsichtlich seines Abbaus ergeben, müsste vermehrt ein materialgerechtes Denken einsetzen. Dieses hochwertige Material soll in erster Linie für spezielle Bauzwecke eingesetzt werden. Gleichzeitig müssen Alternativ- bzw. Substitutionsmaterialien gesucht und zur Anwendungsreife geführt werden.

TECHNISCHES MERKBLATT ÜBER DIE REKULTIVIERUNG

Ziel

Dieses Merkblatt dient der praktischen Anleitung zur Wiederherstellung landwirtschaftlicher Nutzflächen. Nachdem die Verpflichtung zur Rekultivierung zerstörten Kulturlandes in den einzelnen Kantonen sehr unterschiedlich geregelt ist, sollen für deren technische Durchführung hiemit Normen vorgelegt werden. Die Wiederherstellung von Boden für Aufforstungen fällt in den Zuständigkeitsbereich der Forstwirtschaft.

Bodenkundliche Definitionen

Ackerkrume = Oberboden = A-Horizont ist die oberste ca. 30 cm mächtige, humushaltige, durchwurzelte Bodenschicht, in der sich hauptsächlich die chemischen und biologischen Prozesse abspielen.

Abdeckung = Unterboden = B-Horizont ist die darunter liegende ca. 1 m mächtige, humusarme, weniger stark durchwurzelte und damit biologisch weniger aktive Schicht.

Untergrund = C-Horizont ist die ausserhalb des Wurzelraumes liegende Schicht ohne biologische Aktivität. Er ist das Ausgangsmaterial des darüber liegenden Bodens.

Vorbereitende Handlungen

Vorsorgliche Beweissicherung. Vor Inangriffnahme grossflächiger Eingriffe (Kiesabbau, Leitungs- und Strassenbau) empfiehlt es sich, durch eine der Eidg. Forschungsanstalten (8046-Zürich-Reckenholz, 1260-Nyon-Changins) eine bodenkundliche Aufnahme des bestehenden Zustandes erstellen zu lassen.

Abtrag und Zwischenlagerung der Ackerkrume

Zur erfolgreichen Rekultivierung hilft mit, wenn bereits Abtrag und Zwischenlagerung der Ackerkrume sachgerecht erfolgen. Schädigung des Humusmaterials kann eintreten durch:

- | | | |
|--------------------|---|----------------------------------|
| – Druck | mechanische Verformung
statische Belastung | Gefügeschaden |
| – Wasserüberschuss | ungenügende Entwässerung | Unterbindung der
biologischen |
| – Luftmangel | ungenügende Belüftung | Aktivität |

Um diesen Schäden vorzubeugen, sind die nachfolgenden Massnahmen zu beachten:

Ungenügende Entwässerung

Die Oberfläche des Depots hat eine Neigung von 5 % aufzuweisen, um eine allfällige Ansammlung von Oberflächenwasser zu vermeiden. Auf einer schwerdurchlässigen Depotfläche ist ein Entwässerungssystem vorzusehen. Der Drainabstand soll 15 m betragen. Die Entwässerung muss an eine Vorflut angeschlossen werden, um die Abflussmöglichkeit des Sickerwassers sicherzustellen.

Mechanische Verformung des Oberbodens

Druckschäden infolge mechanischer Verformung sind zu vermeiden. Die Ackerkrume soll nur vom abgetrockneten Boden abgetragen werden. Die Schüttung soll möglichst nicht flächig, sondern mit Moorraupe durch Rückwärtsauftrag ausgebracht werden. Druckschäden infolge statischer Belastung sind ebenfalls zu vermeiden. Die Höhe des Zwischenlagers sollte nach der Setzung nicht mehr als 2 m betragen. Bei einer Absackung von rund einem Drittel entspricht das einer aktuellen Schütthöhe von 2,5 m.

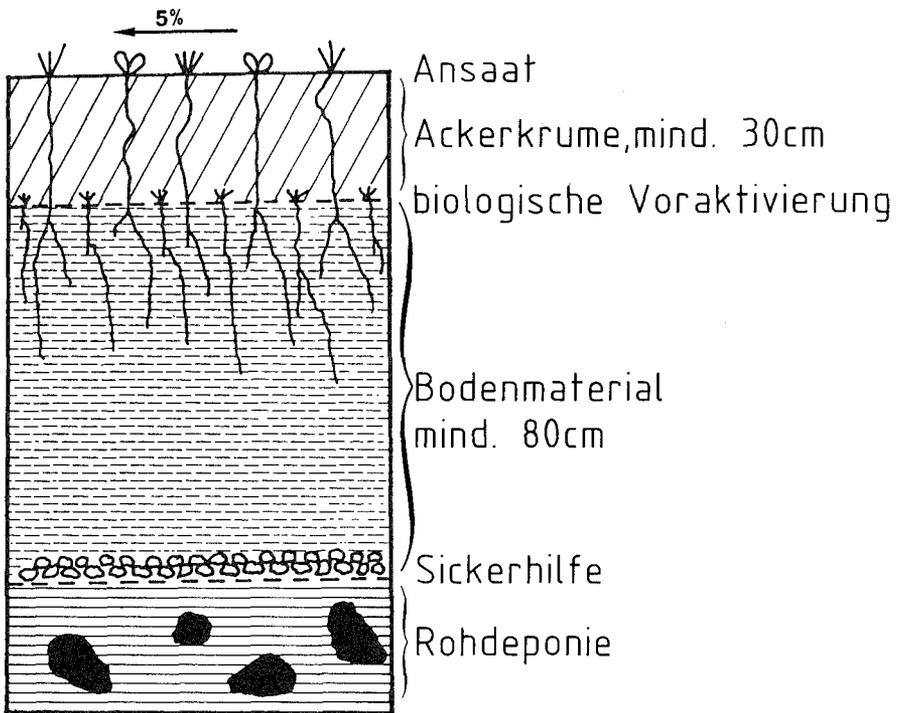
Wasser und Lufthaushalt im Zwischenlager

Das Zwischenlager soll möglichst sofort nach dessen Erstellung zur Förderung der **biologischen Aktivität** angesät werden. Es darf keinesfalls unbewachsen überwintern. Der Abtrag der Ackerkrume sollte sich daher auf die Zeit zwischen Anfang März und Ende September beschränken. Zur Ansaat eignen sich mehrjährige, artenreiche Kleegrasmischungen. Zwischenlager, die erst nach Mitte August angesät werden können, sollen mit Rübsen, Gelbsenf oder Ölrettich als Gründüngung bestellt werden. Die Ansaat der Kleegrasmischung wird dann erst im kommenden Frühjahr vorgenommen.

Rekultivierung

Einbringung des Untergrundes oder der Rohdeponie

Der Untergrund kann aus nicht angetastetem Gesteinsmaterial, C-Horizont, oder aus Deponiegut bzw. Auffüllmaterial bestehen. Verdichtungen sind zu vermeiden. Sind solche durch häufiges Befahren trotzdem entstanden, so sind sie mittels Tieflockerer zu behandeln. Ferner ist das Auffüllmaterial nach Möglichkeit so einzubringen, dass Niederschlagswasser nicht auf dem Deponiekörper stehen bleibt. Der Oberfläche soll ein Gefälle zur Vorflut von 5 % gegeben werden. Die oberste Lagerschicht bzw. Oberfläche ist als Sickerhilfe zu errichten (siehe Abbildung) und muss blockig bis kiesiges Material enthalten.



Pflanzenbaugerechte Rekultivierung

Auftrag der Abdeckung = Unterboden

Auf die Sickerschicht werden mindestens 80 cm Abdeckung aufgetragen. Wenn kein Abdeckungsmaterial vorhanden ist, kann durchlässiges Aushubmaterial der Klasse I verwendet werden. Diese Schicht ist rückwärts zu schütten und nicht zu befahren. Nach erfolgter Düngung wird eine winterharte Zwischenfrucht (Raps) zur Überwinterung angebaut. Das Abdeckmaterial ist ein wesentlicher Bestandteil jeglicher Rekultivierung, und ist deshalb mit gleicher Sorgfalt wie die Ackerkrume zu behandeln. Nassstellen sind vor dem Auftrag der Ackerkrume zu sanieren.

Auftrag der Ackerkrume = Oberboden

Im darauffolgenden Frühjahr wird die deponierte Ackerkrume über den bepflanzen Unterboden in einer minimalen Mächtigkeit von 30 cm gleichmässig aufgebracht. Dabei muss jede Verdichtung vermieden oder behoben werden. Nach der Saatbeet-

herrichtung und der Düngung, welche mit landwirtschaftlichen Maschinen innerhalb der Vegetationsperiode zu erfolgen hat, ist unverzüglich eine Klee gras- oder eine Gras-Luzerne-Mischung anzubauen. Normalerweise genügen Standardmischungen. Nach Ende August hat diese Begrünung durch eine winterharte Zwischenfrucht zu erfolgen. Die Fläche darf keinesfalls über den Winter brach liegen und soll während mindestens drei Jahren nicht umgepflügt werden.

Baupisten

Der von Maschinen und Fahrzeugen verdichtete Unterboden muss auf mindestens 60 cm Tiefe aufgerissen und gelockert werden. Hierauf ist analog zu Kapitel **Auftrag der Abdeckung** vorzugehen.

LITERATUR

Kanton Aargau. Dekret über den Abbau von Steinen und Erden (Abbaudekret) vom 19. August 1980, in Kraft getreten am 1. Januar 1981

Schweizerisches Zivilgesetzbuch vom 10. Dezember 1907

Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer gegen Verunreinigung (Gewässerschutzgesetz) vom 8. Oktober 1971, in Kraft gesetzt am 1. Juli 1972

Bundesgesetz über die Raumplanung (Raumplanungsgesetz) vom 22. Juni 1979

Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz) vom 7.10.1983

Allgemeine Gewässerschutzverordnung vom 19. Juni 1972, Stand vom 1. Januar 1976

Einführungsgesetz zum eidgenössischen Gewässerschutzgesetz vom 2. Dezember 1973, in Kraft getreten am 1. Januar, bzw. 1. Juli 1974

Bundesgesetz betr. die Forstpolizei vom 11. Oktober 1902, Art. 31 und das Bundesgesetz des Jahres 1876 über die Gebirgswalderhaltung

Bundesgesetz über die Förderung der Landwirtschaft und die Erhaltung des Bauernstandes (Landwirtschaftsgesetz) vom 3. Oktober 1951. Stand am 1. Oktober 1974

Kanton Aargau. Gesetz über die Erhaltung und Förderung der Landwirtschaft (Landwirtschaftsgesetz) vom 11. November 1980, in Kraft getreten am 1. Januar 1982

Kanton Aargau. Dekret über Bodenverbesserungen vom 5. Mai 1970, in Kraft getreten am 30. Mai 1970

Kanton Aargau. Baugesetz vom 2. Februar 1971, in Kraft getreten am 1. Mai 1972

Kanton St. Gallen. Gesetz über die Raumplanung und das öffentliche Baurecht (Baugesetz) vom 6. Juni 1972

Nachtragsgesetz zum Baugesetz vom 6. Juni 1972, datiert vom 24. November 1982, in Kraft ab 1. September 1983

Kanton Zürich. Gesetz über die Raumplanung und das öffentliche Baurecht (Planungs- und Baugesetz) vom 7. September 1975

Allgemeine Gewässerschutzverordnung vom 19. Juni 1972

Kanton Aargau, Abt. Landwirtschaft, Strukturverbesserungen: Merkblatt 1 vom 30. Oktober 1979 über Humusdeponie und Rekultivierung

FSK – Schweiz. Fachverband für Sand und Kies, Nidau. FSK-Dokumentation. Zusammenstellung von Vorschriften und Richtlinien für den Abbau von Sand und Kies. Abbau, Grundwasserschutz und Abbauplanung vom 18. Mai 1972. Wiederherstellung, Gestaltung, Instandstellung für landwirtschaftliche Nutzung vom 21. November 1978

Jäggli F. und E. Frei (1977). Merkpunkte zur Erstellung von Humusdeponien und zur Rekultivierung von Deponie- und Auffüllflächen. Mitt. f.d. Schweiz. Landw. 9, 25, 181-184

Jäggli F. (1979) in Wegleitung für den Gewässerschutz in der Landwirtschaft. Bundesamt für Landwirtschaft, Bundesamt für Umweltschutz, Eidg. Meliorationsamt und Eidg. Landwirtschaftliche Forschungsanstalten.

Verordnung über die Unterstützung von Bodenverbesserungen und Landwirtschaftlichen Hochbauten (Bodenverbesserungsverordnung) vom 14. Juni 1971

Richtlinien über allgemeine Anforderungen an Standort, Anlage, Betrieb und Kontrolle von geordneten Deponien. Bundesamt für Umweltschutz, Bern, März 1976

Alther E.W. (1983): Gesetzliche Verankerung von Massnahmen zum Schutze des Bodens aus quantitativer Sicht. Bulletin BGS 7, 54–61.

Bardet L. (1983): Aspects juridiques de la protection du sol. Bulletin BGS 7, 51–53.