

# **Erhaltung fruchtbaren und kulturfähigen Bodens bei Flächeninanspruchnahmen**

**Umweltministerium  
Baden-Württemberg**

**Luft  
Boden  
Abfall**



**Heft 10**



~~6.3.1/10~~  
IX,08  
002,010

# **Erhaltung fruchtbaren und kulturfähigen Bodens bei Flächeninanspruchnahmen**

**Untersuchung des Geologischen Landesamts Baden-Württemberg  
im Auftrag des  
Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft,  
Umwelt und Forsten  
Baden-Württemberg**

Forschungsprojekt Ordn.-Nr. 64-87.38:

Technische und organisatorische Voraussetzungen  
für die  
Erhaltung fruchtbaren und kulturfähigen Bodens  
bei Flächeninanspruchnahmen durch Überbauung,  
Versiegelung und sonstige Maßnahmen

Bearbeiter: F. Zwölfer, M. Geiß, P. Adam,  
K. Heinrichsmeier, H. Herrmann

20. FEB. 1995

Landesanstalt für Umweltschutz  
Baden-Württemberg

Inventar-Nr.: 89/122, 10  
z. Ex.

Herausgeber: Umweltministerium Baden-Württemberg  
Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart

Redaktion, Satz  
und Gestaltung: Geologisches Landesamt Baden-Württemberg

Herstellung: Steinmann Druckerei & Verlag GmbH  
Rimsinger Weg 18, 79111 Freiburg i. Br.

UM-9-94; 3. überarbeitete Auflage 1994

Diese Reihe wird auf Papier mit 100% Altpapieranteilen gedruckt

## Vorwort



Sparsamer und schonender Umgang mit dem Boden sind zentrale Anliegen bei jeder Form von Flächeninanspruchnahmen, sei es durch Überbauung, Rohstoffabbau oder sonstige Vorhaben.

Diesen Zielen tragen das Bodenschutzprogramm der Landesregierung und das Landesbodenschutzgesetz in besonderer Weise Rechnung. Zudem hat das Umweltministerium – damals noch als Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten – im Jahre 1987 beim Geologischen Landesamt Baden – Württemberg eine Untersuchung zum Bodenschutz bei Flächeninanspruchnahmen in Auftrag gegeben. Die Ergebnisse werden mit der vorliegenden Veröffentlichung einem weiten Kreis berührter Stellen, den Städten, Gemeinden und Genehmigungsbehörden sowie interessierten Bürgern zur Verfügung gestellt.

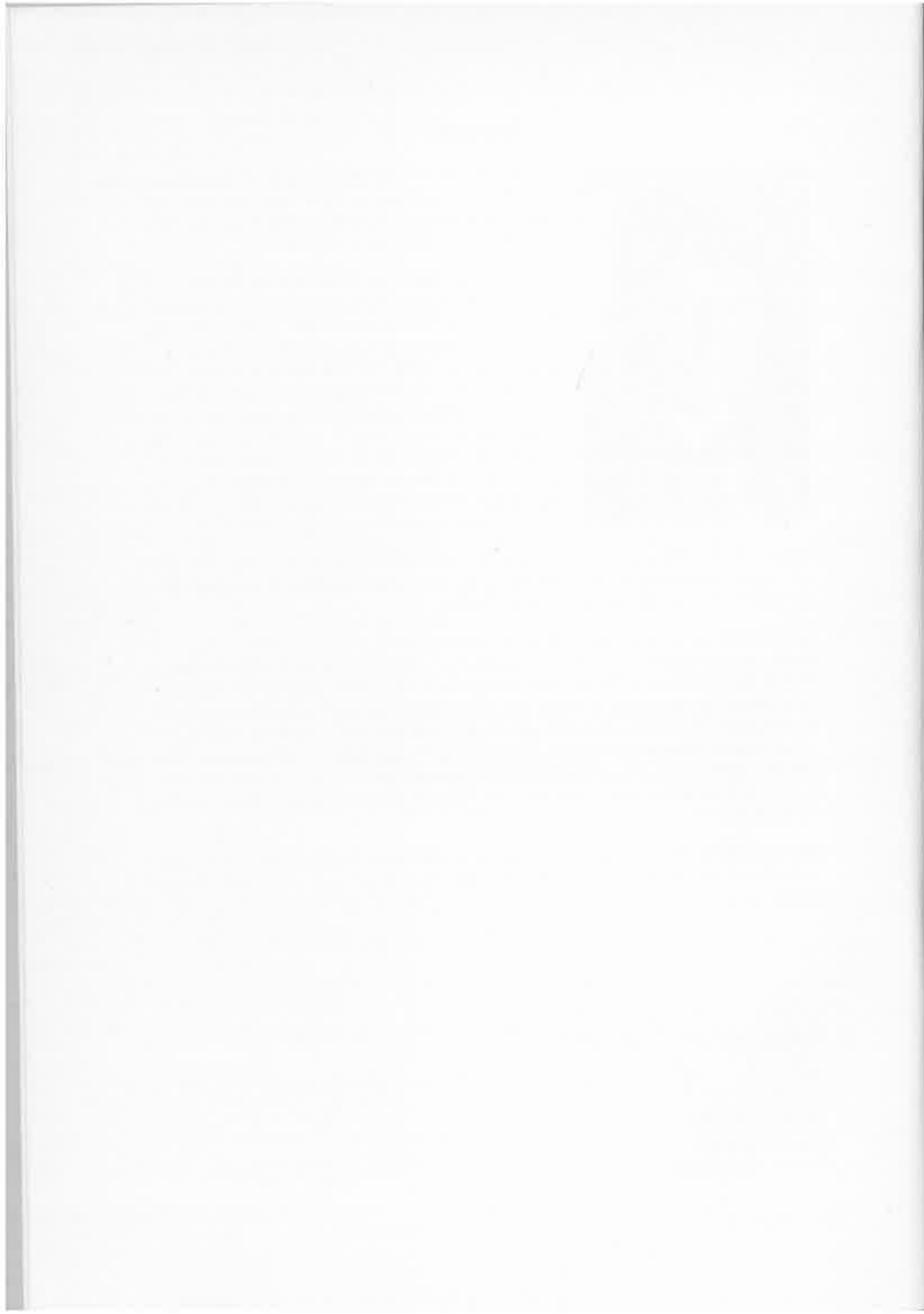
Damit soll erreicht werden, daß die zahlreichen wertvollen Anregungen und Hinweise bei den Trägern von Baumaßnahmen, Planern und Ausführenden Beachtung und Eingang in die Praxis des täglichen Baugeschehens finden.

Im Einzelfall kann der – nicht erst im Bodenschutzgesetz Baden – Württemberg (§ 4, Abs.2), sondern schon vom Bundesgesetzgeber vorgeschriebene (§ 202 BauGB) – Schutz des nicht vermehrbaren Umweltgutes Boden etwas höhere Kosten verursachen. Aber gerade die in jüngster Zeit im Lande bekanntgewordenen Bodenkontaminationen, die teilweise nur noch durch Bodenaustausch zu beheben sind, zeigen, wie wichtig der schonende Umgang mit humosem Oberboden und kulturfähigem Unterboden ist. Das gilt umso mehr, da in einem dichtbesiedelten Land wie Baden – Württemberg maßvolle Flächeninanspruchnahmen im Interesse der weiteren Entwicklung auch künftig nicht zu vermeiden sind.

Die Tatsache, daß bereits die dritte Auflage gedruckt werden muß, beweist, daß die Broschüre auf eine große Nachfrage bei interessierten Bürgern und betroffenen Stellen stößt.

A handwritten signature in black ink, reading "Harald B. Schäfer". The signature is written in a cursive, flowing style.

Harald B. Schäfer  
Umweltminister  
Baden – Württemberg



## Inhalt

	Seite
1	Einführung . . . . . 6
2	Eigenschaften und Vorkommen von fruchtbarem und kulturfähigem Boden . . . . . 7
2.1	Eignung als Kulturpflanzenstandort . . . . . 7
2.2	Empfindlichkeit gegen Umlagerungen . . . . . 8
2.2.1	Verdichtung . . . . . 8
2.2.2	Zerstörung der Grobporenkontinuität . . . . . 11
2.3	Regenerations- und Meliorationsfähigkeit umgelagerter Böden . . . . . 12
2.4	Gesamtbeurteilung verschiedener Böden . . . . . 12
2.5	Wichtige Vorkommen kulturfähiger Böden in Baden-Württemberg . . . . . 14
3	Gewinnung und Wiederverwendung des kulturfähigen Bodens . . . . . 15
3.1	Trennung verschiedener Bodenhorizonte und -schichten . . . . . 15
3.2	Allgemeine Grundsätze für die technische Durchführung der Kulturbodenarbeiten . . . . . 16
3.3	Gewinnung des Kulturbodens . . . . . 17
3.3.1	Abtrag des Mutterbodens . . . . . 17
3.3.2	Ausbau des kulturfähigen Unterbodens . . . . . 17
3.4	Zwischenlagerung des Kulturbodens . . . . . 18
3.4.1	Nachteile und Gefahren der Zwischenlagerung . . . . . 18
3.4.2	Anlage und Pflege von Mutterbodenmieten . . . . . 18
3.4.3	Zwischenlagerung von kulturfähigem Unterboden . . . . . 19
3.5	Wiederverwendung des kulturfähigen Bodens . . . . . 21
3.5.1.	Meliorationen mit geringmächtigem Bodenauftrag (<60 cm) . . . . . 21
3.5.2	Rekultivierung . . . . . 21
3.5.2.1	Mächtigkeit des Bodenauftrags . . . . . 21
3.5.2.2	Untergrund- und Geländegestaltung . . . . . 22
3.5.2.3	Vorgehen beim Bodenauftrag . . . . . 23
3.5.2.4	Landwirtschaftliche Erstbewirtschaftung und Meliorationen . . . . . 24
3.6	Zur fachtechnischen Planung von Rekultivierungsmaßnahmen . . . . . 24
4	Überlegungen zur staatlichen und privatwirtschaftlichen Regelung der Erhaltung und Wiederverwendung von kulturfähigem Boden . . . . . 27
	Literatur . . . . . 30
	Anhang I Ergebnisse von Kompressionsversuchen im Labor . . . . . 31
	Anhang II Ansaaten für die Begrünung von Mutterbodenmieten . . . . . 41
	Anhang III Begriffserklärungen . . . . . 43

# 1 Einführung

Im Bodenschutzprogramm '86 Baden-Württemberg wird dem Schutz des Mutterbodens und des kulturfähigen Unterbodens bei allen flächenbeanspruchenden Baumaßnahmen hohe Priorität zuerkannt. Auch das Bodenschutzgesetz Baden-Württemberg vom 24.6.1991 verpflichtet jedermann zu einem sparsamen und schonenden Umgang mit dem Boden (§4); Die Wiederverwendung von geeignetem Bodenaushub ist somit eine direkte Forderung des Gesetzes. Neben den spektakulären Tagesthemen des Bodenschutzes, die sich immer mehr auf Probleme der Schadstoffbelastung konzentrieren, droht diese Forderung in Vergessenheit zu geraten. Ihre Bedeutung und Aktualität sollte jedoch gerade angesichts des wieder zunehmenden Bauflächenbedarfs nicht unterschätzt werden. In Baden-Württemberg wurden im Jahre 1993 ca. 13 Millionen t oder etwa 9 Millionen m<sup>3</sup> Bodenaushub auf Hausmüll-, Erd- und Bauschuttdeponien abgelagert. Dieser Bodenaushub tritt nun in der Statistik als „beseitigter Abfall“ und in der Landschaft meist als fremdartige Erhebung auf. Bei schonendem Umgang mit dem Bodenaushub hätten mit einem Teil der auf Deponien abgelagerten Menge Flächen von mehreren 100 ha rekultiviert oder durch Bodenauftrag verbessert werden können.

Die Erhaltung und Wiederverwendung von kulturfähigem Bodenaushub ist kein Selbstzweck. Sie dient der Rekultivierung von Flächen mit zerstörtem Boden wie Kiesgruben, Steinbrüchen, Deponien, aufgelassenen Straßen u.a. Sie ermöglicht aber auch eine Verbesserung geringwertiger, flachgründiger Böden. Solche Maßnahmen sind nicht nur im Hinblick auf land- und forstwirtschaftliche Nutzungsinteressen zu begrüßen, sie stellen auch einen wesentlichen Beitrag zum Grund- und Hochwasser-

schutz dar. Die vor Schadstoffeintrag schützende Deckschicht über grundwasserführenden Kiesen oder Festgesteinen wird ebenso wie die Wasserspeicherkapazität und damit die abflußdämpfende Wirkung der Böden bei hochwasserwirksamen Regenereignissen entscheidend erhöht und verbessert. Insofern trägt ein fachgerechter Bodenauftrag zur Erhaltung und Verbesserung der nach dem Bodenschutzgesetz schützenswerten Bodenfunktionen bei. Hinzu kommt, daß die Wiederverwendung von Bodenaushub für Rekultivierungen und Bodenverbesserungen teure Deponieflächen einsparen hilft, also nicht nur die Landschaft, sondern auch öffentliche und private Finanzen schont. Kurz gesagt: Wenn schon Flächen verbraucht werden und Boden sein „Heimatrecht“ verliert und ausgebaut wird, dann ist es ein Gebot der Ökologie und Ökonomie, kulturfähigen Bodenaushub sinnvoll wiederzuverwenden.

Nicht jeder Bodenaushub ist für die Wiederverwendung geeignet, also „kulturfähig“. Auch kulturfähiger Boden kann durch unsachgemäßes Vorgehen bei der Umlagerung irreparable Schäden erleiden. Anfall und Wiederverwendung des Kulturbodens sollten räumlich und zeitlich aufeinander abgestimmt sein. Zu große Transportwege sind aus Gründen der Wirtschaftlichkeit und Umweltbelastung nicht vertretbar, lange Zwischenlagerungszeiten erhöhen den Flächenbedarf. Diese vielschichtige, bodenkundliche, technische und organisatorische Fragen umfassende Problematik ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Sie basiert auf Gelände- und Laboruntersuchungen des Geologischen Landesamts, auf langjährigen, bei der Beratungstätigkeit des Amtes gesammelten Erfahrungen in Rekultivierungsfragen, auf Literaturrecherchen und Umfragen bei Behörden und Unternehmen.



## 2 Eigenschaften und Vorkommen von fruchtbarem und kulturfähigem Boden

Der Begriff „kulturfähiger Boden“ ist von den großräumigen Rekultivierungsmaßnahmen im Tagebau des rheinischen Braunkohlenreviers her bekannt. Auf den mit sandig-kiesigem Material verkippten Abbauflächen, den sogenannten Rohkippen, soll dort durch Auftrag von kulturfähigem Boden wieder eine landwirtschaftliche oder forstwirtschaftliche Nutzung ermöglicht werden, also wieder Kulturland gewonnen werden. Die Ansprüche an die Beschaffenheit des kulturfähigen Bodens sind dabei je nach der beabsichtigten Nutzung recht unterschiedlich. Bei landwirtschaftlicher Nutzung sind weitgehend steinfreie Löß- und Lößlehmschichten vorgeschrieben, bei forstwirtschaftlicher Nutzung kommen auch Gemische aus sandig-kiesigen Abraumschichten mit Löß oder anderen bindigen Bodenarten in Betracht (Richtlinien 1973 a, b).

Daß im Braunkohlenrevier nur Löß und Lößlehm für landwirtschaftliche Rekultivierungen verwendet wird, hat seine Ursache in der bekannten Fruchtbarkeit der Lößböden, ist aber nur deshalb möglich, weil dort Löß in ausreichenden Mengen vorkommt. In anderen Tagebauen sind diese Voraussetzungen nicht gegeben, es muß dort mit den ursprünglich vorhandenen Böden vorlieb genommen werden: Beim Gipsabbau sind es häufig tonige Keuperböden (KNAUF o. J.), beim Kiesabbau im Alpenvorland kiesige Moränenböden (AMSLER u. a. 1987). Auch diese Böden sind kulturfähig, wie die erzielten Rekultivierungserfolge erkennen lassen.

Die Beispiele zeigen, daß in Abhängigkeit von der geplanten Nutzung der Auftragsfläche und den örtlichen Gegebenheiten ganz verschiedene Bodensubstrate als kulturfähig bezeichnet werden. Löß steht dabei infolge seiner großen Verbreitung, seiner oft großen Mächtigkeit und seiner günstigen Eigenschaften an erster Stelle; kulturfähiger Boden muß also nicht Boden im pedologischen Sinne sein, Lockergesteine kommen ebenso in Frage.

Eine umfassende Definition des Begriffs lautet:

*Kulturfähig sind Boden- und Lockergesteinsschichten, die ein geeignetes Substrat für Kulturpflanzen darstellen und bei einer Umlagerung diese Eigenschaft nicht verlieren bzw. in absehbarer Zeit wieder gewinnen.*

Beurteilungskriterien sind also die Eignung als Kulturpflanzenstandort, die Empfindlichkeit gegen Umlagerungen und die Regenerationsfähigkeit nach der Umlagerung. Sie werden im nächsten Abschnitt behandelt.

### 2.1 Eignung als Kulturpflanzenstandort

Bei mineralischen Bodenschichten ist die Bodenart entscheidend: von ihr hängen Wasser- und Nährstoffversorgung sowie Durchlüftung und Durchwurzelbarkeit in starkem Maße ab. In der Reihe Sand-Lehm-Ton stellen Lehmböden mit 15–25% Tonanteilen das ökologische Optimum dar, bei der Bewertung durch die Bodenschätzung erzielen sie die höchste Punktzahl (maximal 100). Neben Lehm ist auch tonarmer Schluff bei nicht zu dichter Lagerung ein gut geeignetes Substrat, weshalb selbst Rohlöß ohne Bodenbildung als Kulturpflanzenstandort brauchbar ist. Von geringerer Qualität sind Sande, Tone und steinige Bodenarten; stark steinige Böden und Skelettböden mit Stein- oder Kiesgehalten über 45 Gew.% sowie Festgesteine sind ungeeignet. Bei der Beurteilung ist jedoch folgendes zu berücksichtigen:

1. *Die Eignung ist vom Klima abhängig:* Im niederschlagsreichen Schwarzwald sind grusig-sandige Böden trotz ihrer geringen Wasserhaltekapazität ertragreiche Grünlandstandorte, in Trockengebieten des Rheintals wären sie ohne künstliche Bewässerung landwirtschaftlich kaum zu nutzen. Würde man die im Rheintal fruchtbaren Lößböden auf den Schwarzwald „umsiedeln“, so entstünden dort infolge Erosion und Bodenvernäsung landbauliche Grenzstandorte.
2. *Die Eignung ist vom Zweck der Wiederverwendung, also von der geplanten Nutzungsart abhängig:* Steinige Lehmböden und schwere Tonböden können ertragreiche Wiesen oder wüchsige Wälder tragen, für den Ackerbau sind sie problematisch. Sandböden liefern hohe Erträge im Spargel- und Tabakbau, als Weizen- oder Zuckerrübenstandorte sind sie uninteressant.

Organische Bodenschichten (Torfe) stellen zwar in ungestörter Lagerung am Ort ihrer Entstehung oft geeignete Kulturpflanzenstandorte dar, sind aber nach einer Umlagerung nur als Bodenverbesserungsmittel zu verwenden (Einmischung in den Oberboden).

Obwohl die Bodenart in der Praxis zunächst das wichtigste Kriterium ist, um über die Wiederverwendung von Bodenaushub zu entscheiden, dürfen **chemische Eigenschaften** nicht außer acht gelassen werden. Insbesondere Waldböden sind oft stark versauert und bedürfen dann einer Aufkalkung oder Vermischung mit kalkhaltigen Bodenschichten. Vor allem in Siedlungsnähe oder im Einflußbereich von

Emittenten ist auf eine eventuelle Schadstoffbelastung zu achten. Schadstoffbelastungen können das Pflanzenwachstum beeinträchtigen und eine Gefahr für die Nahrungskette und das Grundwasser darstellen.

## 2.2 Empfindlichkeit gegen Umlagerungen

Neben der Korngrößenzusammensetzung der festen Bodenteilchen, der Bodenart, bestimmt ihre räumliche Anordnung, also das **Bodengefüge**, die ökologischen Eigenschaften, insbesondere den Wasser- und Lufthaushalt sowie die Durchwurzelbarkeit eines Bodens. Jede Bodenumlagerung stellt einen starken Eingriff in das Bodengefüge dar. Gefügestörungen sind daher das Hauptproblem bei allen Rekultivierungen und Meliorationen durch Bodenauftrag. Dabei ist zu unterscheiden zwischen der Verdichtung (Abnahme des Porenvolumens) und der Zerstörung des zusammenhängenden Hohlraumsystems, der Porenkontinuität. Letztere stellt sich auch bei verdichtungsfreier Umlagerung oft erst nach langen Zeiträumen wieder ein.

### 2.2.1 Verdichtung

(1) Bei Bodenverdichtungen werden die für Durchlüftung und Wurzelwachstum wichtigen weiten Drän- oder Grobporen (Luftkapazität) am stärksten betroffen.

Abb. 1 zeigt ein charakteristisches Beispiel der im Anhang (Tab. A2) zusammengestellten Ergebnisse von Kompressionsversuchen im Labor. Sie lassen folgende Gesetzmäßigkeiten bei der Bodenverdichtung unter den gewählten Versuchsbedingungen erkennen:

- das Volumen der **weiten Grobporen** (= Luftkapazität LK) nimmt immer ab, oft sogar stärker (im Beispiel um 15,5 %) als das Gesamtporenvolumen (6,7 %)
- das Volumen der **engen Grobporen** kann zu- oder abnehmen (im Beispiel Abnahme um 1,5 %)
- das Volumen der **Mittelporen** nimmt meist zu (im Beispiel um 9,6 %)
- das Volumen der **Feinporen** bleibt meist fast unverändert, selten ist eine Zunahme festzustellen.

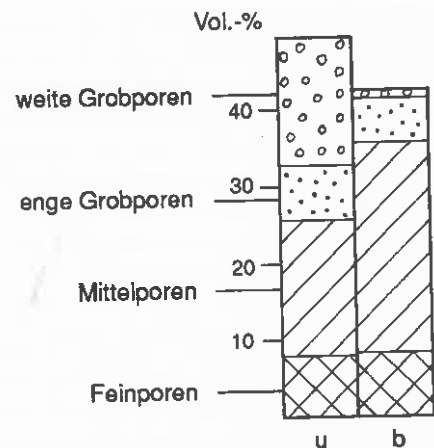


Abb. 1: Änderung des Gesamtporenvolumens und der Porengrößenverteilung durch Verdichtung ungestörter Proben aus dem Oberboden einer Lößpararendzina

u = unbelastet; b = belastet (60 N/cm<sup>2</sup>)\*

\*1 N (Newton)/cm<sup>2</sup> = 0,1 bar (entspricht 0,1 kg/cm<sup>2</sup>)

(2) Starke Bodenverdichtungen führen auch zu einer Abnahme der engen Grobporen und der Mittelporen (nutzbare Feldkapazität nFK)\*.

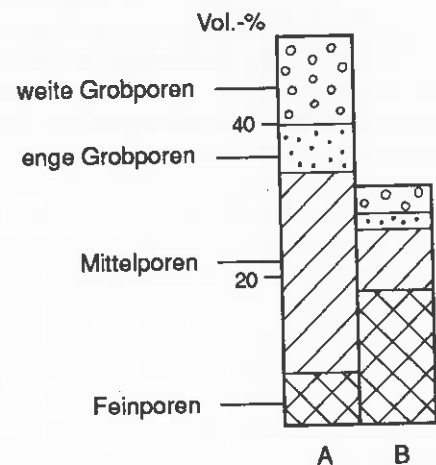


Abb. 2: Gesamtporenvolumen und Porengrößenverteilung in einem ungestörten (A) und in einem umgelagerten Löß (B) am Kaiserstuhl

\* Die nutzbare Feldkapazität ist der pflanzenverfügbare Anteil der Wassermenge, die ein grundwasserfreier Boden maximal speichern kann und entspricht etwa dem Volumen der Mittelporen und engen Grobporen.

Die im Laborversuch bei statischer Belastung erreichte Bodenverdichtung stellt nicht die maximal mögliche Verdichtung dar. Das Gesamtporenvolumen (GPV) liegt bei stärkster Belastung um 40 % und darüber, nur in seltenen Fällen deutlich darunter. In

Auftragsböden aus Löß und Lößlehm treten jedoch häufig GPV unter 40% auf, im Extremfall wurden 31% gefunden (Abb. 2). Bei einer „rekultivierten“ (!) Fläche aus schwach lehmigem Sand, auf der eine Baumpflanzung vollständig abstarb, konnte sogar ein minimales GPV von 25% festgestellt werden (unveröffentlichte Daten des Geologischen Landesamtes). Auch SCHRÖDER (1988) weist nach, daß in rekultivierten Lößböden die GPV deutlich unter 40% liegen können.

Abb. 2 zeigt, daß bei starker Bodenverdichtung neben der LK auch die nFK abnehmen kann, während das Feinporenvolumen (Totwasser) zunimmt. Die Standortseigenschaften eines so verdichteten Bodens sind nicht nur durch Luftmangel, sondern infolge geringer nFK auch durch Wassermangel in Trockenperioden gekennzeichnet.

(3) Die Verdichtungsgefährdung ist von der Bodenart abhängig.

Da zwischen Korn- und Porengröße in dicht gelagerten Böden eine enge Beziehung besteht, ist zu erwarten, daß das Grobporenvolumen in verdichteten Böden mit abnehmender Korngröße zunehmend kritische Werte unterschreitet.

Bei den Kompressionsversuchen im Labor wurde in allen Lehmen und Schluffen nach der stärksten Belastung (60 N/cm<sup>2</sup>) eine sehr geringe bis geringe Luftkapazität (<5%) festgestellt (s. Anhang I). Nur im Sand war auch nach der stärksten Belastung die Luftkapazität noch hoch (Abb. 3). Dieses Ergebnis entspricht der bekannten Tatsache, daß bei dichter Lagerung die Luftkapazität in Schluff-, Lehm- und Tonböden gering ist, in Sandböden dagegen hoch (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1989).

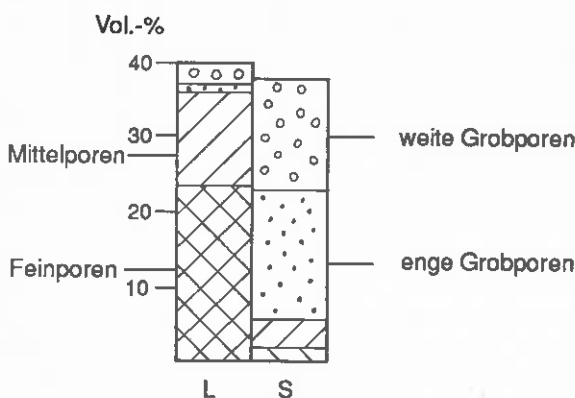


Abb. 3: Gesamtporenvolumen und Porengrößenverteilung eines Lehmbodens (L) und eines Sandbodens (S) nach starker Belastung (60 N/cm<sup>2</sup>, vgl. Tab. A 9)

Einen Überblick über die Porengrößenverteilung der wichtigsten Bodenarten bei geringer und hoher Lagerungsdichte gibt Abb. 4 (AG Bodenkunde 1982). Danach ist die Beeinträchtigung des Wasser- und Lufthaushalts durch Dichtlagerung

- bei Sanden gering (eine gewisse Dichtlagerung ist sogar erwünscht)
- bei lehmigen Sanden mäßig (mittlere Luftkapazität)
- bei Schluffen und Lehmen hoch (geringe Luftkapazität)
- bei tonigen Lehmen und Tonen sehr hoch (sehr geringe Luftkapazität und deutliche Abnahme der nutzbaren Feldkapazität).

Daß bei extremer Verdichtung alle Bodenarten außer reinen Sanden ihre Eignung als Kulturpflanzenstandort verlieren können, darauf wurde schon im Absatz (2) dieses Kapitels hingewiesen.

(4) Bei der Umlagerung aufgelockerte Böden sind verdichtungsempfindlicher als ungestörte Böden mit höherer Lagerungsdichte.

Bekanntlich ist die Tragfähigkeit, d.h. der Widerstand gegen Zusammendrückung bzw. Verdichtung bei frisch geschütteten Böden ebenso wie bei einem frisch gepflügten Acker besonders gering: Je lockerer ein Boden ist, desto empfindlicher reagiert er auf Belastungen. Daher bewirkt die erste Überfahrt auf einem frisch geschütteten Boden die größte Abnahme des Gesamtporenvolumens. Dies zeigen auch die Kompressionsversuche: Die Porenvolumenabnahme durch Belastung ist bei gestörten Proben mit höherem Ausgangsporenvolumen deutlich größer als bei ungestörten Proben mit geringerem Ausgangsporenvolumen. Dieser Zusammenhang erscheint selbstverständlich. Es erhebt sich jedoch die Frage, ob durch Umlagerung oder sonstige Maßnahmen aufgelockerte Böden nach gleicher Beanspruchung im Endeffekt ein geringeres Porenvolumen oder eine ungünstigere Porengrößenverteilung aufweisen als ungestörte Böden mit höherer Vorverdichtung.

Abb. 5 zeigt, daß diese für die Praxis so bedeutsame Frage nicht pauschal zu beantworten ist: Auch nach starker Belastung ist das Porenvolumen gestörter Bodenproben meist noch etwas höher als das Porenvolumen ungestörter Proben. Die Luftkapazität als pflanzenbaulich entscheidendes Kriterium der Bodenverdichtung ist jedoch sehr stark reduziert und in keinem Fall höher, in 2 Fällen (A2 = Löß, C2 = Aue-

lehm) sogar deutlich geringer als bei ungestörten Proben. Diese beiden Proben haben die geringsten Tongehalte der Untersuchungsreihe (A2 = 7 %, C2 = 18 %), ihr Gefüge ist kohärent, ihre hohe ursprüngliche Luftkapazität (12 %) beruht also nicht auf einer Porenvergrößerung durch Aggregation wie bei tonreicheren Böden, sondern ist in erster Linie biogen

(Wurzeln, Bodentiere), und die Grobporen sind vor allem beim Löß durch Kalkausfällungen stabilisiert. Hier wirken sich daher mechanische Eingriffe durch Homogenisierung im Labor ebenso wie durch Umlagerungen für Rekultivierungszwecke besonders stark aus.

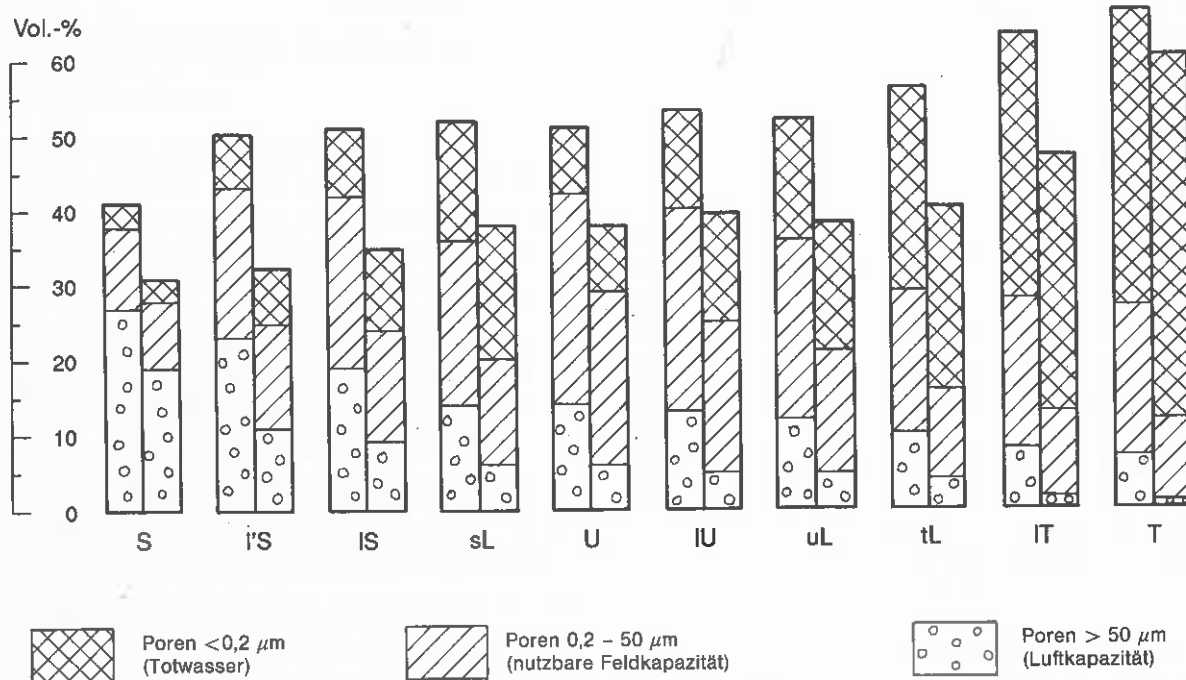


Abb. 4: Porengrößenverteilung verschiedener Bodenarten bei geringer (1. Säule) und hoher (2. Säule) Lagerungsdichte

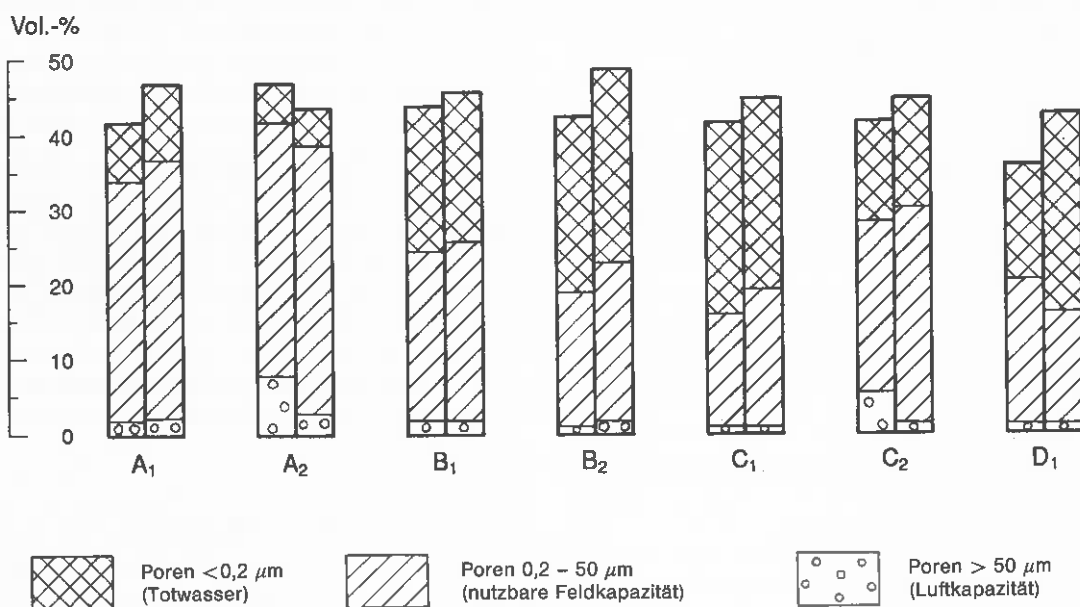


Abb. 5: Gesamtporenvolumen und Porengrößenverteilung ungestörter (1. Säule) und gestörter (2. Säule) Bodenproben nach Belastung mit 60 N/cm<sup>2</sup> bei pF 1,8 (vgl. Tab. A2 bis A9) \*

\* Der pF-Wert ist ein Maß für die Saugspannung, unter der das Bodenwasser steht: pF = log cm WS (WS = Wassersäule)