

Technische Verwertung von Bodenaushub

Ein Beitrag zum sparsamen und schonenden Umgang mit dem Boden

*Studie im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg
November 1993*

Bearbeiter:

*Dipl.-Geol. W.-D. Hagelauer
HNK Ingenieurgesellschaft, 69190 Walldorf*

*Dipl.-Geol. Dr. G. Wolff
Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz
74354 Besigheim*

Inhalt

1 EINLEITUNG	3
2 TECHNISCHE VERWERTUNG	4
2.1 PRÜFSCHRITTE ZUR BEURTEILUNG DER VERWERTUNGSEIGNUNG.....	4
1. Schritt: Vorauswahl.....	4
2. Schritt: Generelle Eignungsprüfung (GEP).....	8
3. Schritt: Spezielle Eignungsprüfung (SEP) und Sonderprüfungen (SOP).....	9
2.2 DOKUMENTATION	13
2.3 ABLAUSCHEMA MIT ANWENDUNGSBEISPIELEN	13
Beispiel 1: Lößlehm.....	14
Beispiel 2: Eiszeitliche Fließerde	16
Beispiel 3: Auenlehm.....	18
Beispiel 4: Kalkstein (aus Tunnelausbruch).....	20
Beispiel 5: Bedarf an Erdstoffen für technische Zwecke am Beispiel Deponiebau	22
3 GEWINNUNG, AUFBEREITUNG UND LAGERUNG VON BODENAUSHUB	24
3.1 FESTGESTEINE	24
3.2 LOCKERGESTEINE.....	26
3.2.1 Fein- und gemischtkörnige Böden	26
3.2.2 Grobkörnige Böden	28
ANHANG A GEOLOGISCHER LEITFADEN	29
STRATIGRAPHISCHE SCHICHTENFOLGE DER GESTEINE BADEN-WÜRTTEMBERGS.....	29
FAZIELLE GESTEINSAUSBILDUNG UND WECHSELFOLGEN, GESTEINSAUSLAUGUNG	30
ANLAGE 1: KARTE NATURRÄUMLICHE GLIEDERUNG VON BADEN-WÜRTTEMBERG:.....	31
ANLAGE 2.1: KRISTALLIN - TRIAS	32
ANLAGE 2.2: JURA - TERTIÄR.....	34
ANLAGE 2.3: TERTIÄR - QUARTÄR	36
ANHANG B VERWERTUNGSLEITFADEN.....	38
ANLAGE 3.1: FESTGESTEINE DES GRUNDGEBIRGES	39
ANLAGE 3.2: FESTGESTEINE DES DECKGEBIRGES.....	41
ANLAGE 3.3: LOCKERGESTEINE.....	43
ANHANG C KRITERIENKATALOG: QUALITÄTSANFORDERUNGEN UND AUSSCHLUßKRITERIEN	45
C 1 FESTGESTEINE	45
C 1.1 Magmatische und metamorphe Gesteine (Verwertungsgruppen M 1 und M 2).....	46
C 1.2 Sedimentgesteine.....	48
C 2 LOCKERGESTEINE	69
C 2.1 Tone, Schluffe und Lehme, kies- und steinfrei (Verwertungsgruppen L 1 und L 2)	72
C 2.2 Tone, Schluffe und Lehme, sandig-kiesig und/oder steinig (Verwertungsgruppe L 3).....	79
C 2.3 Sande und Kiese (Verwertungsgruppen L 4 und L 5).....	82
C 2.4 Organische und organogene Lockergesteine (Verwertungsgruppe L 6).....	95
ANLAGE 4: BEISPIELE VON KÖRNUINGSLINIEN BINDIGER LOCKERGESTEINE BADEN-WÜRTTEMBERGS (LEICHT VERÄNDERT AUS [C. 1-5]).....	96

ANHANG D LITERATURVERZEICHNIS.....	98
VERZEICHNIS DER BUNDES-BAUORGANISATIONEN UND BAUORGANISATIONEN BADEN-WÜRTTEMBERGS	98
A GESETZE, VERORDNUNGEN.....	99
B VORSCHRIFTEN, NORMEN, RICHTLINIEN, MERKBLÄTTER (MINERALISCHE ROHSTOFFE UND BAUSTOFFE).....	99
C FACHLITERATUR, LEHRBÜCHER, KARTENWERKE (MIT ERLÄUTER.), VERÖFFENTLICHUNGEN, SONSTIGE BEITRÄGE	109
<i>C.1 Regionale Geologie von Baden-Württemberg.....</i>	<i>109</i>
<i>C.2 Mineralische Rohstoffe und Baustoffe.....</i>	<i>110</i>
VERZEICHNIS DER BUNDES-BAUORGANISATIONEN	113
VERZEICHNIS DER BAU-ORGANISATIONEN BADEN-WÜRTTEMBERGS	114
 ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....	 115
 TABELLENVERZEICHNIS	 115

1 Einleitung

Ziel der vorliegenden Schrift ist es, das Spektrum der generellen technischen Verwertbarkeit der in Baden-Württemberg vorkommenden oberflächennahen Fest- und Lockergesteine aufzuzeigen.

Mit einschlägigen Hinweisen auf die von den Verwertern dieser Stoffe geforderten Qualitätsmerkmale wurde die Grundlage für einen objektiven Eignungsnachweis geschaffen. Untersuchungsprogramme und Beurteilungskriterien für die einzelnen Gesteine bieten Hilfestellungen bei der praktischen Durchführung von Eignungsprüfungen.

Angaben zu einer materialgerechten Gewinnung, Aufbereitung und Lagerung von Bodenaushub zielen auf eine Qualität schonende und Qualität erhaltende Behandlung der zur Verwertung bestimmten Materialien.

Die Studie wurde im Auftrag des Umweltministeriums Baden-Württemberg durch Dipl.-Geol. W.-D. Hagelauer von der HNK Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Hydrogeologie 69190 Walldorf und durch Dipl.-Geol. Dr. G. Wolff, Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz, 74354 Besigheim erarbeitet.

Die Arbeiten wurden intensiv begleitet und unterstützt durch einen Projektbeirat, dem folgende Personen und Stellen angehörten:

- **Dipl.-Ing. K. Gekeler** / Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg e.V., 73760 Ostfildern (Nellingen)
- **Dipl.-Ing. M. Nimmesgern** / Forschungs- und Materialprüfungsanstalt Baden-Württemberg (FMPA), 70569 Stuttgart-Vaihingen
- **Dipl.-Ing. G. Röger** / Baustoff- und Bodenprüfstelle, Referat 42 T, 71638 Ludwigsburg
- **Dipl.-Ing. H.-J. Kirchholtes** / Amt für Umweltschutz, Abtlg. 3, Sachgebiet 5, 70182 Stuttgart
- **Dipl.-Ldw. Dr. L. Menge** / Umweltministerium Baden-Württemberg, Referat 44 (Bodenschutz), 70182 Stuttgart
- **Dipl.-Agr. Biol. Dr. G. Turian** / Regierungspräsidium Stuttgart, Referat 74 (Bodenschutz), 70174 Stuttgart
- **Dipl.-Ing. agr. Dr. W. Vogl** / Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz, Referat Bodenschutz, 88212 Ravensburg
- **Dipl.-Ing. agr. M. Lehle** / Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Referat 51 (Bodenschutz), 76187 Karlsruhe.

Es ist beabsichtigt, die Untersuchungsergebnisse in einer weiteren vom Umweltministerium geförderten beispielhaften Erprobungsphase umzusetzen.

2 Technische Verwertung

2.1 Prüfschritte zur Beurteilung der Verwertungseignung

Ausschlaggebend für die Bereitschaft potentieller Abnehmer zur Verwertung von Bodenaushub ist dessen Qualität. Ein Einsatz für technische Zwecke kann nur dann vorausgesetzt werden, wenn entsprechende Qualitätsgarantien vorliegen. Diese verständlichen Anforderungen zwingen zu einer verwertungsorientierten Prüfung und Beurteilung des in Frage kommenden Materials. Die Beurteilung muß mit entsprechender **Sachkenntnis** bereits vor Anfall des Bodenaushubs durchgeführt werden und im Vorfeld einer Vermittlung an Interessenten vorliegen.

Die Prüfung der Verwertbarkeit von Bodenaushub als Baustoff oder Rohstoff erfolgt zweckmäßigerweise in einzelnen Prüf- und Verfahrensschritten, um eine organisatorisch und wirtschaftlich sinnvolle Staffelung des Untersuchungs- bzw. Kostenaufwands zu erreichen.

Dem Eignungsnachweis zur Verwertung sollte dabei ein möglichst einheitliches Beurteilungsschema zugrunde liegen. Für jeden Schritt werden deshalb zunächst standardisierte Untersuchungsparameter und Beurteilungskriterien aufgezeigt. Diese können je nach Erfordernis durch zusätzliche Untersuchungen ergänzt werden.

In der Praxis wird es sich aufgrund wechselnder Vorgaben als sinnvoll erweisen, den Untersuchungsablauf nicht streng schematisch einzuhalten, sondern dem Einzelfall flexibel anzupassen. Allgemein sollte jedoch die nachstehend beschriebene Abfolge angestrebt werden:

1. Schritt: Vorauswahl

Bei der Vorauswahl werden zunächst sämtliche verfügbaren, geotechnischen Daten und bereits bekannte vorhabenrelevante Größen (Basisdaten) sowie die nachstehend näher beschriebenen Leitfäden (Geologischer Leitfaden: Anlagen 2.1-2.3; Verwertungsleitfaden: Anlagen 3.1-3-3) für eine Beurteilung herangezogen. Konkrete Materialuntersuchungen sind bei diesem Schritt noch nicht erforderlich.

Die Vorauswahl ermöglicht eine frühzeitige Abschätzung der Verwertbarkeit des Bodenaushubs. Sie dient als Grundlage für eine **sachverständige Entscheidung**, ob weitere Schritte zur Eignungsbewertung, bei denen mit Kosten verbundene Untersuchungen vorgenommen werden müssen, sinnvoll sind.

Mit Hilfe der nachstehend beschriebenen Teilschritte (Unterkapitel a bis d) lassen sich, je nach Qualität und Umfang der Basisdaten, solche Gesteine weitgehend ausgrenzen, für die kaum eine Möglichkeit zur technischen Verwertung besteht. Verwertungsfähiger Bodenaushub dagegen kann schon hier grob generellen Einsatzbereichen ("Verwertungsschiene") zugeordnet werden.

a) Erhebung der Basisdaten

Bereits durch Ortskenntnis und/oder **sachkundige Auswertung** vorhandener Karten (z.B. Geologische Karten, Bodenkarten, Baugrunderkarten) läßt sich unter Berücksichtigung projektspezifischer Daten auf Art und ungefähre Materialbeschaffenheit des anfallenden Bodenaushubs schließen.

Diese Basisdaten sollten im allgemeinen folgende Angaben umfassen:

- Materialherkunft, ggf. Anbieter, Zeitpunkt des Massenanfalls
- Größe der Fläche, Gründungstiefe und ungefähre Menge (t oder m³)
- Gewinnungsart (gebaggert, ausgebrochen, gesprengt etc.)
- ggf. generelle Angaben zur Baugrundsituation aus der Bauleitplanung
- eventuelle Verunreinigungen
- Beschreibung der Hauptgesteinsart (Festgesteine) bzw. des Hauptanteils (Lockergesteine)
- bei Lockergesteinen Beschreibung der Nebenanteile und Nebenbestandteile
- Verwitterungsgrad (bei Festgesteinen)
- Beschaffenheit (bei Lockergesteinen)
- ggf. geologische und bodenkundliche Bezeichnung.

b) Auswahl der Verwertungsgruppe (VG)

Fest- und Lockergesteine können aus verwertungsorientierter, technischer Sicht zu sogenannten **Verwertungsgruppen (VG)** zusammengefaßt werden (prinzipielle Einteilung siehe Tab.1). Diese hier neu eingeführte Einteilung der Gesteine in Verwertungsgruppen stellt eine maßgebliche Vereinfachung bei der Vorauswahl möglicher technischer Einsatzgebiete dar. So werden z.B. Materialien mit so **unterschiedlicher geologischer Genese** wie Geschiebemergel, Lößlehme, Auenlehme, Beckentone und Residualtone sowie **unterschiedlicher, geotechnischer Eigenschaften** (Bodengruppen TL, TM, TA) in **eine Verwertungsgruppe (L 1)** eingestuft, für die zunächst ein bestimmtes Spektrum unterschiedlicher Verwertungen (Einsatzspektrum) in Frage kommt.

Eine **näherungsweise Eingruppierung** anfallender Fest- und Lockergesteine in Verwertungsgruppen ist generell auf zwei Arten möglich:

- Liegen Informationen über die geologische Herkunft des Aushubmaterials vor (z.B. Auenlehm, Fließerde, Gipskeuper) kann die Verwertungsgruppe mit dem **Geologischen Leitfaden** in Anhang A (S. 33) bestimmt werden.
In diesem stratigraphisch aufgebauten Leitfaden sind die in Baden-Württemberg vorkommenden Festgesteine einzelnen, die Lockergesteine teilweise auch mehreren Verwertungsgruppen zugeordnet. Nähere Angaben zum Gebrauch des Geologischen Leitfadens sind im Anhang A zu finden.
- Liegen anhand der Basisdaten bereits Anhalte hinsichtlich der petrographischen oder bodenmechanischen Gesteinsbeschaffenheit vor (z.B. Kalkstein, Sand, Ton), kann die Verwertungsgruppe alternativ aus dem gesteinskundlich/geotechnisch gegliederten **Verwertungsleitfaden** (Anhang B) ersehen werden.

Eine **eindeutige Zuordnung** von Bodenaushub zu einer **konkreten** Verwertungsgruppe kann jedoch nur anhand der Ergebnisse durchgeführter, geotechnischer Untersuchungen vorgenommen werden (siehe 2. und 3. Schritt).

Tab. 1: Prinzipielle Einteilung der Gesteine in Verwertungsgruppen (exakte Zuordnung siehe Anlagen 2 und 3)

Gesteinsarten		Gesteine (Beispiele)	Verwertungsgruppe *	
Fest-gestein	Metamorphe Gesteine	Gneis	M 1	
	Magmatische Gesteine Tiefengesteine (Plutonite) Ergußgesteine (Vulkanite) Ganggesteine	Granit, Syenit Basalt, Porphyry Granophyr	M 2	
	Sediment-gesteine	Klastische Sedimente	Ton-, Schiefer-tonsteine Tonmergel-, Silt(Schluff-)steine	S 1
			Sandsteine, Arkosen Grauwacken, Brekzien Konglomerate	S 2
		Chemische Sedimente	Kalk-, Kalkmergelsteine Dolomitsteine, Sinterkalksteine	S 3
			Gips-, Anhydritstein Steinsalz	S 4
	Biogene Sedimente	Schillkalksteine, Riffkalksteine Ölschiefer-tonsteine	S 5	
Locker-gestein	Feinkörnige Lockergesteine	Tone sowie Ton-Schluff-Sand-Gemische (= Lehme), kies- und steinfrei	L 1	
		Schluffe, kies- und steinfrei	L 2	
	Gemischtkörnige Lockergesteine	Tone, Schluffe und Lehme, sandig-kiesig und/oder steinig	L 3	
	Grobkörnige Lockergesteine	Sande	L 4	
		Kiese	L 5	
	Humose, organische und organogene Lockergesteine	Ober(Mutter-)boden, Torf, Mudden	L 6	
* M = Magmatische und metamorphe Gesteine S = Sedimentgesteine L = Lockergesteine				

c) Auswahl der Verwertungsmöglichkeiten mit dem Verwertungsleitfaden

Für jede Verwertungsgruppe gibt der Verwertungsleitfaden (Anlagen 3.1 - 3.3) einen Überblick über das zunächst in Frage kommende Einsatzspektrum.

Es wird dabei ganz allgemein zwischen einer Verwertung als Baustoff und einer solchen als Rohstoff unterschieden.

Aufschüttungen sowie Auf- und Verfüllungen (z.B. im Landschaftsbau, in Steinbrüchen, im Tage- und Untertagebau) zählen in der Regel nicht als technische Verwertung. Sie fallen im folgenden (Abb.1, Anlage 3.3) unter den Begriff "Sonstige Verwertung".

Bei der Verwertung von Bodenaushub werden je nach Einsatzgebiet (Bau-, Rohstoff) unterschiedlich hohe Anforderungen an die natürlichen und technischen Materialeigenschaften gestellt. Hieraus kann generell zwischen zwei unterschiedlichen Verwertungskategorien K I und K II differenziert werden:

Verwertungskategorie K I: Baustoff

Hier kann die Verwertungseignung des Bodenaushubs primär aus seinen natürlichen Eigenschaften abgeleitet werden. Eine Aussage über die Einsatzmöglichkeiten als (Erd-)Baustoff ist in der Regel bereits nach den Ergebnissen der generellen Eignungsprüfung (2. Schritt, s.u.) möglich.

Eine solche Verwertung liegt im allgemeinen dann vor, wenn das Material als nicht weiter technisch zu klassifizierender Baustoff eingesetzt wird, wie z.B. als:

- Dammschüttmaterial im Verkehrswegebau und im Hochwasserschutz (Stützkörper)
- Hinterfüll- und Überschüttmaterial
- Verfüllmaterial für Leitungsgräben
- Filter- und Dränageschichten
- Bodenaustauschmaterial zur Bauwerksgründung
- Dammschüttmaterial für Lärm- und Sichtschutzwälle.

Verwertungskategorie K II: hochwertiger Baustoff, Rohstoff

Die Verwertungseignung des Bodenaushubs ist hier anhand seiner natürlichen **und** (verfahrens-) technischen Eigenschaften nachzuweisen. Die erforderlichen, zusätzlichen Untersuchungen sind weiter unten (3. Schritt: Spezielle Eignungsprüfungen und Sonderprüfungen) beschrieben.

Eine solche Verwertung bezieht sich auf qualitativ hochwertige, klassifizierte (Erd-)Baustoffe oder auf industrielle Roh- bzw. Grundstoffe.

Einsatzbeispiele hierfür sind:

für Festgesteine:

- Natursteine (Mineralstoffe) für den Tiefbau und Verkehrswegebau
- Naturwerksteine
- Zuschlag für Beton und Mörtel
- Roh- und Grundstoffe für die Stahlindustrie und die chemische Industrie.

für Lockergesteine:

- Erdbaustoffe (Verkehrswege-, Deponiebau, Hochwasserschutz)
- Zuschlag und Zusatzstoffe für Beton und Mörtel
- Trag- und Frostschutzschichten im klassifizierten Verkehrswegebau
- Rohstoffe für die Baustoffindustrie (z.B. Zement-, Ziegelindustrie).

Bei entsprechender Menge und Qualität des Bodenaushubs kann es wirtschaftlich sinnvoll sein, zu prüfen, ob bei einer nachweislichen Eignung für Verwertungskategorie K I zusätzlich eine solche für Verwertungskategorie K II vorliegt.

d) Klärung der Materialanforderungen mit dem Kriterienkatalog

Im Kriterienkatalog (Anhang C) sind die im Verwertungsleitfaden genannten Einsatzmöglichkeiten ausführlich beschrieben. Er enthält darüber hinaus wichtige verwertungsspezifische Qualitätsanforderungen und Ausschlußkriterien. Unter Verwendung der Basisdaten lassen sich damit die Erfolgsaussichten einer technischen Verwertung vergleichsweise zuverlässig prognostizieren.

Je nach Aussicht auf einen Verwertungserfolg ist am Ende dieses Teilschritts sachverständig zu entscheiden, inwiefern weitere, mit Kosten verbundene Untersuchungsschritte notwendig bzw. empfehlenswert sind.

2. Schritt: Generelle Eignungsprüfung (GEP)

Liegen nach der Vorauswahl ausreichende Anhaltspunkte für eine Verwertungseignung vor, werden durch Erkundungsmaßnahmen, Versuche und Fachdokumentationen (geotechnische Erkundung) die **natürlichen Eigenschaften** (petrographisch, granulometrisch, bodenphysikalisch) des Bodenaushubs ermittelt.

Die hierbei notwendigen Untersuchungen überschreiten in der Regel den Rahmen einer herkömmlichen, geotechnischen **Baugrunderkundung** nicht.

Die Zahl der Proben sowie der Untersuchungsparameter richtet sich unter anderem nach

- der Gesamtmenge des Bodenaushubs
- dem Umfang und der Qualität der vorliegenden Basisdaten
- einem eventuell bereits angestrebten Verwertungsziel (gem. Anforderungen des Kriterienkatalogs).

Im Rahmen der GEP liefern folgende Untersuchungen und Bestimmungen die Grundlage zur Beurteilung der Verwertungseignung:

Festgesteine:

- fachtechnische, petrographische Gesteinsbeschreibung, z.B. gemäß TP Min-StB
- petrographisch-gewinnungstechnische Bezeichnung nach [B-125], Felsgruppe, Verwitterungsgrad.

Lockergesteine:

- Bodenart nach DIN 4022
- Bodengruppe nach DIN 18 196
- Bodenklasse nach DIN 18 300
- Korngrößenverteilung nach DIN 18 123
- Konsistenzgrenzen und Zustandsform nach DIN 18 122
- natürlicher Wassergehalt nach DIN 18 121
- Kalkgehalt nach DIN 18 129, organische Bestandteile (Glühverlust) nach DIN 18 128
- Einbau- und Verdichtungsfähigkeit (Proctorversuch) nach DIN 18 127.

Die generelle Verwertungseignung ist dann gegeben, wenn die Versuchsergebnisse die im Kriterienkatalog genannten, jeweiligen Anforderungen erfüllen.

Für Versuche an Lockergesteinen genügen im Normalfall gestörte Bodenproben der Güteklasse 3 (gemäß DIN 4021). Für die Untersuchung einer Bodenprobe auf alle oben genannten Parameter sind etwa 3 - 5 Tage zu veranschlagen. Werden nur einzelne Versuche durchgeführt, können diese 1 - 3 Tage in Anspruch nehmen. Für die Komplettuntersuchung einer Lockergesteinsprobe liegt der Kostenrahmen mit den derzeit üblichen Preisen je nach Bodenart bei etwa DM 500,-- bis 1.000,--. Für Einzelversuche fallen Kosten zwischen DM 30,-- bis 500,-- an.

Nach den Ergebnissen der GEP ist in der Regel eine Zuordnung von Gesteinen zu Einsatzbereichen im Baustoffsektor (**Verwertungskategorie K I**) möglich.

3. Schritt: Spezielle Eignungsprüfung (SEP) und Sonderprüfungen (SOP)

Für konkrete Angaben zur Verwertung als hochwertiger, qualifizierter Baustoff sowie als technischer Rohstoff (**Verwertungskategorie K II**) sind in der Regel ausführliche Prüfungen (siehe Kriterienkatalog, Anhang C) notwendig.

Spezielle Eignungsprüfung (SEP)

Hierbei werden weitere natürliche Eigenschaften (z.B. Mineralbestand, Chemismus), zusätzlich jedoch auch **technische Eigenschaften** (Druckfestigkeit, Verwitterungs- und Frostbeständigkeit, Bearbeitbarkeit etc.) bestimmt.

Diese meist zeit- und kostenintensiven Spezialuntersuchungen kommen in der Regel nur für größere Mengen sortenreinen Materials und/oder für Bodenaushub mit Aussichten auf hochwertige Einsatzmöglichkeiten in Frage.

Frühzeitige Untersuchungen sind empfehlenswert, damit bei terminlichen Vorgaben die Versuchsergebnisse (Versuchsdauer: mehrere Tage bis Wochen) fristgerecht für eine Bewertung vorliegen.

Die Untersuchungskosten können je nach Gesamtmenge und Verwertungsziel stark schwanken. Für Einzelproben können Kosten von mehreren hundert bis einigen tausend DM anfallen.

Bei bindigen Lockergesteinen werden für bodenmechanische Untersuchungen unter Umständen Proben der Güteklassen 1 und 2 (ungestörte Proben nach DIN 4021) verlangt.

Zusammen mit den Untersuchungsergebnissen der GEP ergeben sich aus den Untersuchungen der SEP unter Berücksichtigung der jeweiligen Qualitätsanforderungen des Anhang C (Kriterienkatalog) unter anderem folgende qualitativen Aussagen zur Verwertungseignung:

Fest- und Lockergesteine

- Eignungsnachweis als Mineralstoffe im Verkehrswegebau
- Eignungsnachweis als Zuschlagstoff für Beton und Mörtel
- Rohstoffeignung hinsichtlich Mineralbestand (Modalbestand)
- Rohstoffeignung hinsichtlich Chemismus

nur Festgesteine

- Eignungsnachweis als Naturwerkstein

nur Lockergesteine

- Eignungsnachweis als Abdichtungsmaterial (z.B. Deponien, Hochwasserdämme)
- Eignungsnachweis als Baustoff für große Erdbauwerke (Standicherheit).

Sonderprüfungen (SOP)

In Einzelfällen können für die Verarbeitung besonders hochwertiger Rohstoffe (z.B. Keramik- und Zementindustrie) **verfahrensspezifische Eigenschaften** verlangt werden, die oft innerhalb einer Branche von Betrieb zu Betrieb wechseln. Hierfür sind eventuell zusätzliche, firmenspezifische Sonderprüfungen erforderlich, die nicht selten von den jeweiligen Interessenten selbst vorgenommen werden. Diese schließen z.B. die Untersuchung spezieller chemischer Parameter oder auch Eignungsversuche an Mischungen mit werkseigenen Rohstoffen ein.

Mit den zusammengeführten Ergebnissen aus Vorauswahl, GEP und SEP (+ ggf. SOP) sind umfassende und spezifische Angaben zur Verwertung als Baustoff und/oder Rohstoff möglich.

Die **Aussagekraft der einzelnen Untersuchungsschritte** (Vorauswahl, GEP, SEP; ggf. SOP) hinsichtlich der Verwertungseignung ist zwischen den einzelnen Verwertungsgruppen unterschiedlich. Grund dafür ist, daß Verwertungsgruppen qualitativ gleichartige Gesteine unter dem

Aspekt bestimmter Verwertungsanforderungen zusammenfassen. Letztere sind jedoch von Verwertungsgruppe zu Verwertungsgruppe verschieden (siehe Kriterienkatalog Anhang C).

Dies wird besonders bei den Verwertungsgruppen deutlich, für welche neben einer Baustoffverwertung auch ein Rohstoffeinsatz in Frage kommt. Eine Baustoffeignung (Verwertungskategorie KI) kann im allgemeinen nämlich bereits anhand der Ergebnisse der GEP beurteilt werden. Dagegen setzt z.B. eine Bewertung der Rohstoffqualität (Verwertungskategorie K II) in der Regel eine SEP (und ggf. SOP) voraus.

Anhaltspunkte hierzu gibt Tab. 2:

Tab. 2: Aussagemöglichkeiten bei Verwertungsuntersuchungen

Verwertungs- gruppe	Verwertungskategorie K I Baustoffe		Verwertungskategorie K II Hochwertige Baustoffe und Rohstoffe		
	Untersuchungsschritt		Untersuchungsschritt		
	Vorauswahl	GEP	Vorauswahl	GEP	SEP, ggf. SOP
M1, M2 S1 - S5	+	++	- bis + *	+	+++
L1 und L2	+	++	- bis + *	+ bis ++ *	+++
L3	+	++	meist -	+	+++
L4 und L5	+	++	- bis + *	+	+++
L6	++	entfällt	entfällt		
- keine, oder nur sehr eingeschränkte Aussage möglich + grobe Aussage möglich ++ zuverlässige Aussage möglich +++ spezielle Aussage möglich * je nach Qualität der Basisdaten bzw. Einsatzbereich					

Untersuchungsprogramm

Umseitig sind für alle Verwertungsgruppen die erforderlichen Basisdaten der Vorauswahl sowie die Standardparameter für die GEP aufgelistet. Die Angaben zur SEP stellen einen Auszug von Parametern, Untersuchungen und Eignungsprüfungen für Baustoffe und bedeutende Rohstoffe dar. Dabei sind beispielhaft Untersuchungsprogramme für einige wichtige Bau- und Rohstoffe aufgeführt.

Tab. 3: Untersuchungsprogramm für Bodenaushub:

	Verwertungsgruppe (VG)	Festgestein					Lockergestein							
		Basisdaten- und Prüfungen	M1, M2	S1	S2	S3	S4	S5	L1	L2	L3	L4	L5	L6
1. Schritt	Vorauswahl (Basisdaten)	Herkunft, Anbieter	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Menge (ca.), Zeitpunkt	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Gewinnungsart	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Hauptgesteinsart/ Hauptbodenart (grob)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Nebenbestandteile (grob)							x	x	x	x	x	x
		Beschaffenheit							x	x	x	x	x	x
		Verwitterungsgrad (grob)	x	x	x	x	x	x						
		Geologische / Boden- kundliche Bezeichnung	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2. Schritt	Generelle Eignungsprüfung (GEP)	Korngrößenverteilung	(x)		(x)	(x)			x	x	x	x	x	
		natürlicher Wassergehalt							x	x	x	(x)	(x)	(x)
		Plastizitätsgrenzen							x	x	(x)			
		Kalkgehalt							(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	
		Glühverlust							(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	x
		Proctardichte, opt. Wassergehalt	(x)		(x)	(x)			(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	
		Gesteinsbezeichnung, Felsgruppe	x	x	x	x	x	x						
3. Schritt	Spezielle Eignungsprüfung (SEP)	Mineralbestand						● ○	● ○	○				
		Chemische Analyse		▲		▲		● ▲	● ▲					
		Wasserdurchlässigkeit						○	○	○				
		Scherparameter						○	○	○				
		Mineralstoff-Eignungsprüfungen nach TP Min-9B, T 1-6	■		■	■						■	■	
		Zuschlag-Eignungsprüfungen nach DIN 4226	■		■	■						■	■	
	Sonder- prüfungen (SOP)	ggf. zusätzliche grob- und feinkeramische Untersuchungen		●					●	●				
ggf. zusätzliche zementchemische Untersuchungen			▲		▲			▲	▲					
Beispiele für Untersuchungsprogramme (3. Schritt):								<ul style="list-style-type: none"> ● grobkeramischer Rohstoff ○ Deponie-Basisabdichtung ■ Mineralstoff für Frostschuttschicht und Tragschicht ■ Mineralstoff für Zuschlag ▲ Rohstoff für Zementherstellung 						
		<ul style="list-style-type: none"> x erforderlich (x) bei Bedarf erforderlich 												

2.2 Dokumentation

Sämtliche Untersuchungsergebnisse sind in möglichst einheitlicher Form zu dokumentieren.

Die Basisdaten aus der Vorauswahl sowie die Analysenergebnisse der GEP und SEP sollten in standardisierte Erfassungsformulare übernommen werden. Die Untersuchungsbefunde der ermittelten Parameter sind detailliert und nachvollziehbar zu dokumentieren sowie übersichtlich gegliedert als Anlagen beizufügen.

Die sich aus den Untersuchungen ergebenden Verwertungsmöglichkeiten können in einem knappen Ergebnisbericht, bei kleinem Untersuchungsumfang evtl. tabellarisch, zusammengefaßt werden.

2.3 Ablaufschema mit Anwendungsbeispielen

Die im Kapitel 2.1 beschriebenen Untersuchungs- und Bewertungsschritte werden nachfolgend anhand eines Ablaufschemas (Abb. 1) und durch praktische Anwendungsbeispiele verdeutlicht.

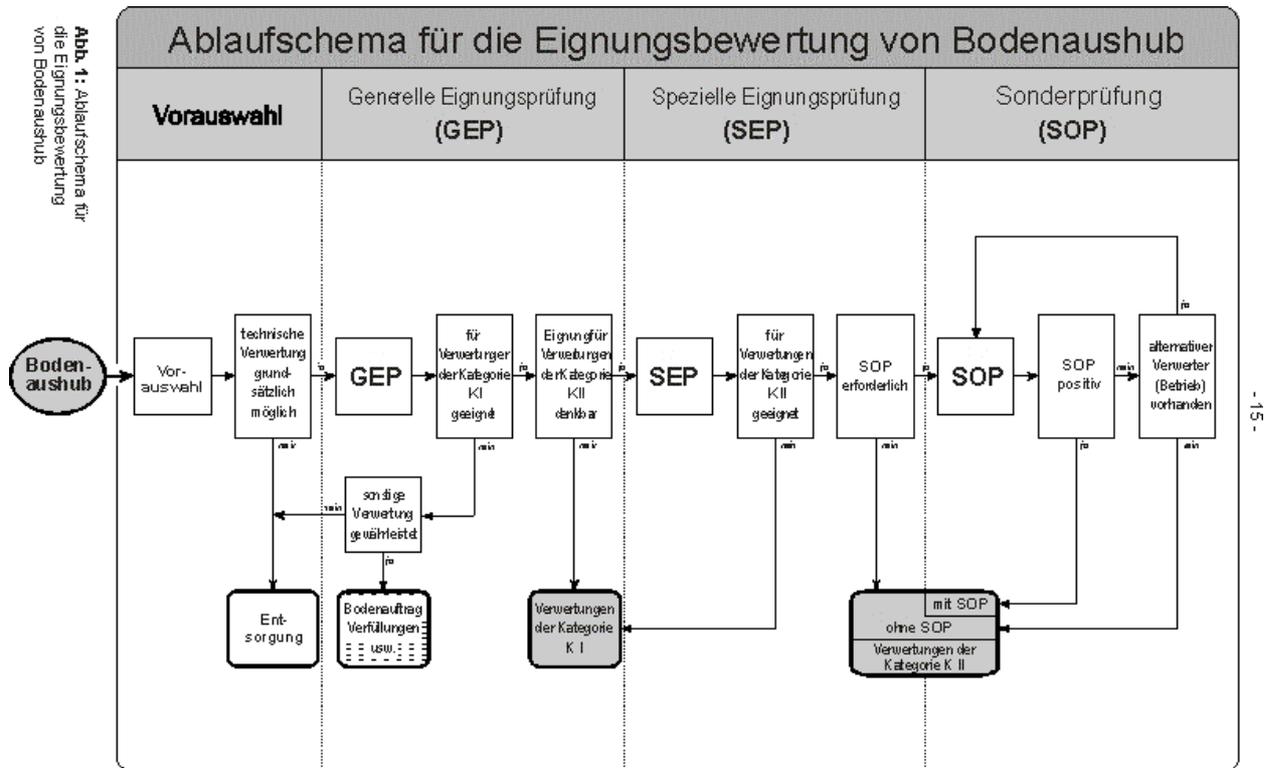
Mit jedem dieser Prüfschritte erhöht sich der organisatorische und finanzielle Aufwand. Deshalb ist nach Abschluß eines Untersuchungsschrittes eine **sachkundige und kritische Bewertung** der gewonnenen Ergebnisse erforderlich. Auf dieser Grundlage ist dann zu entscheiden, inwiefern weitere, mit Kosten verbundene Untersuchungen erfolversprechend und damit sinnvoll sind.

Ziel ist ein qualitätsgerechter und aus wirtschaftlicher Sicht optimaler Einsatz des Aushubmaterials.

Die nachstehenden Anwendungsbeispiele behandeln exemplarisch einige in Baden-Württemberg häufig vorkommende Lockergesteine sowie ein weitverbreitetes Festgestein (Kalkstein).

Jedes dieser Beispiele steht dabei stellvertretend für weitere, dort aufgeführte Gesteine. Die Beispiele sind entsprechend den Entscheidungspfaden des Ablaufschemas (Abb. 1) aufgebaut.

Abb. 1: Ablaufschema für die Eignungsbewertung von Bodenaushub (ablauf.cdr):



Beispiel 1: Lößlehm

Dieses Beispiel betrachtet ein in bestimmten Regionen Baden-Württembergs verbreitetes, eiszeitlich entstandenes Lockersediment mit einem weitgefächerten Verwertungsspektrum. Aufgrund eines vergleichsweise homogenen Kornspektrums ist der Einsatz von Lößlehm sowohl im Baustoff- als auch im Rohstoffsektor in den Verwertungskategorien K I und K II möglich.

Im Beispiel kann dieses Bodenmaterial aufgrund günstiger natürlicher Eigenschaften (Kornverteilung, Wassergehalt, Plastizität, Wasserdurchlässigkeit gem. GEP und SEP) sowie (verfahrens-)technischer Eignungen (Mineralbestand, Chemismus gem. SEP und SOP) als hochwertiger Erdbaustoff und industrieller Rohstoff eingesetzt werden.

Bei Kies- und Steinfreiheit sowie in relativ trockenem Zustand können in der Regel folgende Locker-gesteine ähnlich günstig beurteilt werden: Zersetzte Trias- und Jura-Ton(mergel-)steine wie z.B. Röttone, Bunte Mergel (km3), Schwarzer Jura β (Turneri-Tone), Brauner Jura Æ (Opalinuston), Beckentone der Molassegebiete, Filderlehm.

Abb. 2: Anwendungsbeispiel Lößlehm:

Beispiel 1: Lößlehm																																	
1. Schritt	Vorauswahl	<p>Basisdaten:</p> <table border="0"> <tr> <td>Herkunft:</td> <td>Baugekiet Nord</td> </tr> <tr> <td>Menge:</td> <td>ca. 3000 m³</td> </tr> <tr> <td>Gewinnung:</td> <td>gebaggert</td> </tr> <tr> <td>Hauptanteil:</td> <td>Ton</td> </tr> <tr> <td>Nebenanteil:</td> <td>Schluff, Feinsand</td> </tr> <tr> <td>Nebenbestandteile:</td> <td>keine</td> </tr> <tr> <td>Beschaffenheit:</td> <td>trocken</td> </tr> <tr> <td>Geologische Bezeichnung:</td> <td>Lößlehm</td> </tr> </table>	Herkunft:	Baugekiet Nord	Menge:	ca. 3000 m ³	Gewinnung:	gebaggert	Hauptanteil:	Ton	Nebenanteil:	Schluff, Feinsand	Nebenbestandteile:	keine	Beschaffenheit:	trocken	Geologische Bezeichnung:	Lößlehm															
Herkunft:	Baugekiet Nord																																
Menge:	ca. 3000 m ³																																
Gewinnung:	gebaggert																																
Hauptanteil:	Ton																																
Nebenanteil:	Schluff, Feinsand																																
Nebenbestandteile:	keine																																
Beschaffenheit:	trocken																																
Geologische Bezeichnung:	Lößlehm																																
		<p style="text-align: right;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwertungsgruppe nach Anhang A/B: L1 oder L2 • technische Verwertung grundsätzlich möglich <p style="text-align: right;">➔ <i>generelle Eignungsprüfung (GEP) erforderlich</i></p>																															
2. Schritt	Generelle Eignungsprüfung (GEP)	<p>Natürliche Eigenschaften:</p> <table border="0"> <tr> <td>Bodenart (DIN 4022):</td> <td>Ton, schluffig, schwachfeinsandig</td> </tr> <tr> <td>Bodengruppe (DIN 18 195):</td> <td>TM</td> </tr> <tr> <td>Konsistenz:</td> <td>steifplastisch</td> </tr> <tr> <td>Bodenklasse:</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Frostempfindlichkeitsklasse:</td> <td>F 2</td> </tr> <tr> <td>Einkaufähigkeit:</td> <td>bis D = 98 %</td> </tr> <tr> <td>Verdichtbarkeitsklasse:</td> <td>V 3</td> </tr> <tr> <td>Verwertungsgruppe:</td> <td>L 1</td> </tr> </table>	Bodenart (DIN 4022):	Ton, schluffig, schwachfeinsandig	Bodengruppe (DIN 18 195):	TM	Konsistenz:	steifplastisch	Bodenklasse:	4	Frostempfindlichkeitsklasse:	F 2	Einkaufähigkeit:	bis D = 98 %	Verdichtbarkeitsklasse:	V 3	Verwertungsgruppe:	L 1															
Bodenart (DIN 4022):	Ton, schluffig, schwachfeinsandig																																
Bodengruppe (DIN 18 195):	TM																																
Konsistenz:	steifplastisch																																
Bodenklasse:	4																																
Frostempfindlichkeitsklasse:	F 2																																
Einkaufähigkeit:	bis D = 98 %																																
Verdichtbarkeitsklasse:	V 3																																
Verwertungsgruppe:	L 1																																
		<p style="text-align: right;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • für Verwertungen der Kategorie K I geeignet, z. B. Dammschüttmaterial, Abdichtungsmaterial nach RStBtlag, Verfüllung Leitungsgräben, Landschaftsbau • Eignung für Verwertungen der Kategorie K II denkbar <p style="text-align: right;">➔ <i>spezielle Eignungsprüfung (SEP) erforderlich</i></p>																															
3. Schritt	Spezielle Eignungsprüfung (SEP)	<p>Natürliche / technische Eigenschaften:</p> <table border="0"> <tr> <td rowspan="6">Mineralbestand</td> <td>Quarz:</td> <td>49,5 %</td> </tr> <tr> <td>Feldspat:</td> <td>4,0 %</td> </tr> <tr> <td>Kaolinit:</td> <td>7,5 %</td> </tr> <tr> <td>Illit:</td> <td>12,0 %</td> </tr> <tr> <td>Montmorillonit:</td> <td>24,5 %</td> </tr> <tr> <td>Calzit:</td> <td>2,5 %</td> </tr> <tr> <td rowspan="7">Chem. Analyse</td> <td>SiO₂:</td> <td>74,7 %</td> </tr> <tr> <td>Al₂O₃:</td> <td>11,3 %</td> </tr> <tr> <td>Fe₂O₃:</td> <td>5,5 %</td> </tr> <tr> <td>MgO:</td> <td>1,4 %</td> </tr> <tr> <td>CaO:</td> <td>0,8 %</td> </tr> <tr> <td>Na₂O + K₂O:</td> <td>4,0 %</td> </tr> <tr> <td>H₂O:</td> <td>2,3 %</td> </tr> <tr> <td>Wasserdurchlässigkeit:</td> <td colspan="2">k = 3,2 · 10⁻⁷ m/s</td> </tr> </table>	Mineralbestand	Quarz:	49,5 %	Feldspat:	4,0 %	Kaolinit:	7,5 %	Illit:	12,0 %	Montmorillonit:	24,5 %	Calzit:	2,5 %	Chem. Analyse	SiO ₂ :	74,7 %	Al ₂ O ₃ :	11,3 %	Fe ₂ O ₃ :	5,5 %	MgO:	1,4 %	CaO:	0,8 %	Na ₂ O + K ₂ O:	4,0 %	H ₂ O:	2,3 %	Wasserdurchlässigkeit:	k = 3,2 · 10 ⁻⁷ m/s	
Mineralbestand	Quarz:	49,5 %																															
	Feldspat:	4,0 %																															
	Kaolinit:	7,5 %																															
	Illit:	12,0 %																															
	Montmorillonit:	24,5 %																															
	Calzit:	2,5 %																															
Chem. Analyse	SiO ₂ :	74,7 %																															
	Al ₂ O ₃ :	11,3 %																															
	Fe ₂ O ₃ :	5,5 %																															
	MgO:	1,4 %																															
	CaO:	0,8 %																															
	Na ₂ O + K ₂ O:	4,0 %																															
	H ₂ O:	2,3 %																															
Wasserdurchlässigkeit:	k = 3,2 · 10 ⁻⁷ m/s																																
		<p style="text-align: right;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • für Verwertungen der Kategorie K II geeignet, z. B. Deponie-Abdichtungsmaterial, Rohstoff für Grobkeramik (Mauerziegel) <p style="text-align: right;">➔ <i>Sonderprüfungen (SOP) bei Interesse (Ziegelei X) erforderlich</i></p>																															
	Sonderprüfungen (SOP)	<p>Verfahrenstechnische Eigenschaften:</p> <p>Misch- und Brennversuche bei Ziegelei XYZ</p>																															
		<p style="text-align: right;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwertung verfahrenstechnisch möglich • Mindest-Anliefermenge nach Absprache 																															

Beispiel 2: Eiszeitliche Fließerde

Fließerden sind oft ein heterogenes Gemisch unterschiedlicher Korngrößen. Die Verwertungseignung dieser gemischtkörnigen Böden hängt stark vom jeweiligen Kornspektrum und Wassergehalt ab, wobei aufgrund des enthaltenen Grobkornanteils selbst im günstigen Falle oftmals nur ein Baustoffeinsatz der Verwertungskategorie K I in Betracht kommt.

Der Untersuchungsaufwand beschränkt sich deshalb nur auf einzelne Parameter der GEP (z.B. Wassergehalt, Kornverteilung); weitere Untersuchungen nach SEP sind in der Regel nicht sinnvoll.

Böden mit ähnlich eingeschränkter Verwertungseignung sind: Kiesig-steinige Verwitterungsböden von Festgesteinen, Geschiebelehm, Hangschuttböden, verlehnte Talschotter und -kiese.

Abb. 3: Anwendungsbeispiel eiszeitliche Fließe:

Beispiel 2: Eiszeitliche Fließerde				
1. Schritt	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">Vorauswahl</td> <td> <p>Basisdaten:</p> <p>Herkunft: Hangabdeckung Nord</p> <p>Menge: ca. 300 m³</p> <p>Gewinnung: gebaggert</p> <p>Hauptanteil: Ton, Schluff</p> <p>Nebenanteil: Sand, Kies</p> <p>Nebenbestandteile: Steine</p> <p>Beschaffenheit: trocken</p> <p>Geologische Bezeichnung: quartärer Keuper-Hangschutt</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p style="text-align: center;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwertungsgruppe nach Anhang A/B: L3 • technische Verwertung grundsätzlich möglich <p style="text-align: center;">➔ generelle Eignungsprüfung (GEP) erforderlich</p> </td> </tr> </table>	Vorauswahl	<p>Basisdaten:</p> <p>Herkunft: Hangabdeckung Nord</p> <p>Menge: ca. 300 m³</p> <p>Gewinnung: gebaggert</p> <p>Hauptanteil: Ton, Schluff</p> <p>Nebenanteil: Sand, Kies</p> <p>Nebenbestandteile: Steine</p> <p>Beschaffenheit: trocken</p> <p>Geologische Bezeichnung: quartärer Keuper-Hangschutt</p>	<p style="text-align: center;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwertungsgruppe nach Anhang A/B: L3 • technische Verwertung grundsätzlich möglich <p style="text-align: center;">➔ generelle Eignungsprüfung (GEP) erforderlich</p>
Vorauswahl	<p>Basisdaten:</p> <p>Herkunft: Hangabdeckung Nord</p> <p>Menge: ca. 300 m³</p> <p>Gewinnung: gebaggert</p> <p>Hauptanteil: Ton, Schluff</p> <p>Nebenanteil: Sand, Kies</p> <p>Nebenbestandteile: Steine</p> <p>Beschaffenheit: trocken</p> <p>Geologische Bezeichnung: quartärer Keuper-Hangschutt</p>	<p style="text-align: center;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwertungsgruppe nach Anhang A/B: L3 • technische Verwertung grundsätzlich möglich <p style="text-align: center;">➔ generelle Eignungsprüfung (GEP) erforderlich</p>		
2. Schritt	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">Generelle Eignungsprüfung (GEP)</td> <td> <p>Natürliche Eigenschaften:</p> <p>Bodenart (DIN 4022): Ton, schluffig, sandig, stark kiesig, Steine</p> <p>Bodengruppe (DIN 18 196): GU*</p> <p>Konsistenz: Zwischenmittel steif</p> <p>Bodenklasse: 4</p> <p>Frostempfindlichkeitsklasse: F 3</p> <p>Einkaufähigkeit: bis D = 98 %</p> <p>Verdichtbarkeitsklasse: V 2</p> <p>Verwertungsgruppe: L 3</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p style="text-align: center;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • für Verwertungen der Kategorie K I geeignet, z. B. Dammschüttmaterial (Verkehrswegebau), Lärm- und Sichtschutzwälle, Verfüllung von Leitungsgräben, Bauwerkshinterfüllung, Landschaftsbau, Verfüll- und Versatzmaterial <p style="text-align: center;">➔ keine Eignung für Verwertungen der Kategorie K II</p> </td> </tr> </table>	Generelle Eignungsprüfung (GEP)	<p>Natürliche Eigenschaften:</p> <p>Bodenart (DIN 4022): Ton, schluffig, sandig, stark kiesig, Steine</p> <p>Bodengruppe (DIN 18 196): GU*</p> <p>Konsistenz: Zwischenmittel steif</p> <p>Bodenklasse: 4</p> <p>Frostempfindlichkeitsklasse: F 3</p> <p>Einkaufähigkeit: bis D = 98 %</p> <p>Verdichtbarkeitsklasse: V 2</p> <p>Verwertungsgruppe: L 3</p>	<p style="text-align: center;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • für Verwertungen der Kategorie K I geeignet, z. B. Dammschüttmaterial (Verkehrswegebau), Lärm- und Sichtschutzwälle, Verfüllung von Leitungsgräben, Bauwerkshinterfüllung, Landschaftsbau, Verfüll- und Versatzmaterial <p style="text-align: center;">➔ keine Eignung für Verwertungen der Kategorie K II</p>
Generelle Eignungsprüfung (GEP)	<p>Natürliche Eigenschaften:</p> <p>Bodenart (DIN 4022): Ton, schluffig, sandig, stark kiesig, Steine</p> <p>Bodengruppe (DIN 18 196): GU*</p> <p>Konsistenz: Zwischenmittel steif</p> <p>Bodenklasse: 4</p> <p>Frostempfindlichkeitsklasse: F 3</p> <p>Einkaufähigkeit: bis D = 98 %</p> <p>Verdichtbarkeitsklasse: V 2</p> <p>Verwertungsgruppe: L 3</p>	<p style="text-align: center;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • für Verwertungen der Kategorie K I geeignet, z. B. Dammschüttmaterial (Verkehrswegebau), Lärm- und Sichtschutzwälle, Verfüllung von Leitungsgräben, Bauwerkshinterfüllung, Landschaftsbau, Verfüll- und Versatzmaterial <p style="text-align: center;">➔ keine Eignung für Verwertungen der Kategorie K II</p>		
3. Schritt	entfällt			
Sonderprüfungen (SOP):	entfallen			

Beispiel 3: Auenlehm

Bereits im Rahmen der Vorauswahl muß oft festgestellt werden, daß Auenlehme infolge inhomogener Zusammensetzung (organische, teilweise torfige Beimengungen, wechselnder Sandgehalt) sowie ungünstiger Konsistenz (durch hohe Wassersättigung oft weich oder breiig) für eine technische Verwertung kaum oder nicht in Frage kommen.

Im Hinblick auf mögliche Verwertungen sind ähnlich ungünstig zu beurteilen: Heterogene, künstliche Auffüllungen sowie bindige Lockergesteine von weicher bis breiiger Konsistenz.

Abb. 4: Anwendungsbeispiel Auenlehm:

Beispiel 3: Auenlehm				
1. Schritt	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">Vorauswahl</td> <td> <p>Basisdaten:</p> <p>Herkunft: RÜB, GewannTalgrund</p> <p>Menge: ca. 600 m³</p> <p>Gewinnung: gekaggert</p> <p>Hauptanteil: Schluff</p> <p>Nebenanteil: Ton</p> <p>Nebenbestandteile: Pflanzenreste, Torf</p> <p>Beschaffenheit: wasser gesättigt, kreig</p> <p>Geologische Bezeichnung: Auenlehm, organisch</p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p style="text-align: center;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwertungsgruppe nach Anhang A/B: L6 • keine technische Verwertung möglich • derzeit keine sonstige Verwertung möglich <p style="text-align: center;">➔ Entsorgung</p> </td> </tr> </table>	Vorauswahl	<p>Basisdaten:</p> <p>Herkunft: RÜB, GewannTalgrund</p> <p>Menge: ca. 600 m³</p> <p>Gewinnung: gekaggert</p> <p>Hauptanteil: Schluff</p> <p>Nebenanteil: Ton</p> <p>Nebenbestandteile: Pflanzenreste, Torf</p> <p>Beschaffenheit: wasser gesättigt, kreig</p> <p>Geologische Bezeichnung: Auenlehm, organisch</p>	<p style="text-align: center;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwertungsgruppe nach Anhang A/B: L6 • keine technische Verwertung möglich • derzeit keine sonstige Verwertung möglich <p style="text-align: center;">➔ Entsorgung</p>
Vorauswahl	<p>Basisdaten:</p> <p>Herkunft: RÜB, GewannTalgrund</p> <p>Menge: ca. 600 m³</p> <p>Gewinnung: gekaggert</p> <p>Hauptanteil: Schluff</p> <p>Nebenanteil: Ton</p> <p>Nebenbestandteile: Pflanzenreste, Torf</p> <p>Beschaffenheit: wasser gesättigt, kreig</p> <p>Geologische Bezeichnung: Auenlehm, organisch</p>	<p style="text-align: center;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwertungsgruppe nach Anhang A/B: L6 • keine technische Verwertung möglich • derzeit keine sonstige Verwertung möglich <p style="text-align: center;">➔ Entsorgung</p>		
2. Schritt	<p>Generelle Eignungsprüfung (GEP)</p> <p>entfällt</p>			
3. Schritt	<p>Spezielle Eignungsprüfung (SEP)</p> <p>entfällt</p>			
Sonderprüfungen (SOP)	<p>entfallen</p>			

Beispiel 4:Kalkstein (aus Tunnelausbruch)

Hier handelt es sich um eine große Menge sortenreinen Festgesteins (Weißjura-Kalksteine), welches als Baustoff der Verwertungskategorie K I (gemäß GEP) eingesetzt werden kann, zusätzlich jedoch einen hochwertigen Baustoff und industriellen Rohstoff der Verwertungskategorie KII darstellt.

Im Beispiel wurde nach den Untersuchungen gem. SEP eine Eignung als Tragschichtmaterial und Betonzuschlag nachgewiesen. Eine Sonderprüfung (SOP) bei einem Zementwerk erbrachte jedoch verfahrenstechnisch zu hohe SiO_2 -Gehalte (Kieselknollen). Das Material wurde daraufhin als gebrochener Naturstein zur Herstellung von Schottertragschichten verwendet.

Eine ähnlich günstige Verwertungseignung als hochwertiger Bau- und/oder als Rohstoff kann Tunnelausbruch z.B. aus Schichten des Unteren und Oberen Muschelkalks aufweisen.

Abb. 5: Anwendungsbeispiel Kalkstein (Tunnelausbruch)

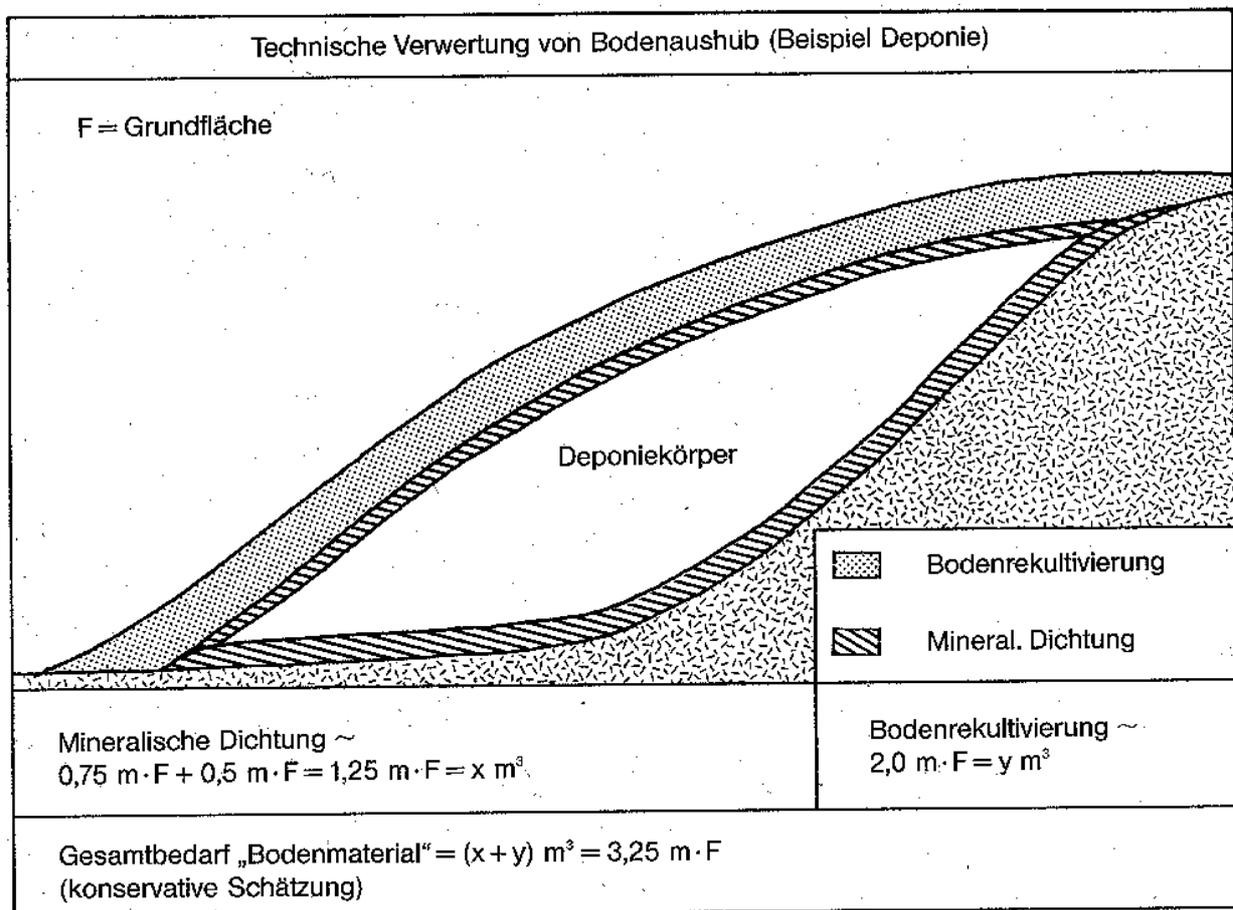
Beispiel 4: Kalkstein (Tunnelausbruch)																		
1. Schritt	Vorauswahl	<p>Basisdaten:</p> <table border="0"> <tr> <td>Herkunft:</td> <td>Eisenbahntunnel Albstadt</td> </tr> <tr> <td>Menge:</td> <td>ca. 35.000 m³</td> </tr> <tr> <td>Gewinnung:</td> <td>gesprengt, gefräst</td> </tr> <tr> <td>Hauptanteil:</td> <td>Kalkstein</td> </tr> <tr> <td>Nebenteil:</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Verwitterungsgrad:</td> <td>WU</td> </tr> <tr> <td>Beschaffenheit:</td> <td>hart, trocken</td> </tr> <tr> <td>Geologische Bezeichnung:</td> <td>Weißjura δ-Kalkstein</td> </tr> </table> <p style="text-align: right;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verwertungsgruppe nach Anhang A/B: S 3 • technische Verwertung grundsätzlich möglich <p style="text-align: right;">➔ generelle Eignungsprüfung (GEP) erforderlich</p>	Herkunft:	Eisenbahntunnel Albstadt	Menge:	ca. 35.000 m ³	Gewinnung:	gesprengt, gefräst	Hauptanteil:	Kalkstein	Nebenteil:	-	Verwitterungsgrad:	WU	Beschaffenheit:	hart, trocken	Geologische Bezeichnung:	Weißjura δ-Kalkstein
Herkunft:	Eisenbahntunnel Albstadt																	
Menge:	ca. 35.000 m ³																	
Gewinnung:	gesprengt, gefräst																	
Hauptanteil:	Kalkstein																	
Nebenteil:	-																	
Verwitterungsgrad:	WU																	
Beschaffenheit:	hart, trocken																	
Geologische Bezeichnung:	Weißjura δ-Kalkstein																	
2. Schritt	Generelle Eignungsprüfung (GEP)	<p>Natürliche Eigenschaften:</p> <table border="0"> <tr> <td>Felsgruppe:</td> <td>KA</td> </tr> <tr> <td>Frostempfindlichkeitsklasse:</td> <td>F 1</td> </tr> <tr> <td>Einkaufsfähigkeit:</td> <td>bis D ≥ 103 %</td> </tr> <tr> <td>Verdichtkalksteinsklasse:</td> <td>V 1</td> </tr> <tr> <td>Verwertungsgruppe:</td> <td>S 3</td> </tr> </table> <p style="text-align: right;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • für Verwertungen der Kategorie K I geeignet, z. B. Dammschüttmaterial, Verkehrsdämme, Tragschichtmaterial (ländlicher Wegebau), Verfüll- und Versatzmaterial • Eignung für Verwertungen der Kategorie K II denkbar <p style="text-align: right;">➔ spezielle Eignungsprüfung (SEP) erforderlich</p>	Felsgruppe:	KA	Frostempfindlichkeitsklasse:	F 1	Einkaufsfähigkeit:	bis D ≥ 103 %	Verdichtkalksteinsklasse:	V 1	Verwertungsgruppe:	S 3						
Felsgruppe:	KA																	
Frostempfindlichkeitsklasse:	F 1																	
Einkaufsfähigkeit:	bis D ≥ 103 %																	
Verdichtkalksteinsklasse:	V 1																	
Verwertungsgruppe:	S 3																	
3. Schritt	Spezielle Eignungsprüfung (SEP)	<p>Natürliche / technische Eigenschaften:</p> <table border="0"> <tr> <td>Mineralbestand:</td> <td>gemäß Analyse</td> </tr> <tr> <td>Chemische Zusammensetzung:</td> <td>gemäß Analyse</td> </tr> <tr> <td>Eignung nach TP Min-StB (Naturwerkstein, Mineralstoff):</td> <td>Ergebnisse der Schlagprüfung (DIN 52 115), Druckprüfung (DIN 52 105) und Frost-Tau-Wechsel (DIN 52 104)</td> </tr> <tr> <td>Eignung nach DIN 4226, T3 (Zuschlag für Beton und Mörtel):</td> <td>Ergebnisse der Zuschlag-Prüfung</td> </tr> </table> <p style="text-align: right;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • für Verwertungen der Kategorie K II geeignet, z. B. Tragschichtmaterial, Zuschlag für Beton und Mörtel • Eignung als Zement-Rohstoff denkbar <p style="text-align: right;">➔ Sonderprüfungen (SOP) bei Interessent (Zementwerk X) erforderlich</p>	Mineralbestand:	gemäß Analyse	Chemische Zusammensetzung:	gemäß Analyse	Eignung nach TP Min-StB (Naturwerkstein, Mineralstoff):	Ergebnisse der Schlagprüfung (DIN 52 115), Druckprüfung (DIN 52 105) und Frost-Tau-Wechsel (DIN 52 104)	Eignung nach DIN 4226, T3 (Zuschlag für Beton und Mörtel):	Ergebnisse der Zuschlag-Prüfung								
Mineralbestand:	gemäß Analyse																	
Chemische Zusammensetzung:	gemäß Analyse																	
Eignung nach TP Min-StB (Naturwerkstein, Mineralstoff):	Ergebnisse der Schlagprüfung (DIN 52 115), Druckprüfung (DIN 52 105) und Frost-Tau-Wechsel (DIN 52 104)																	
Eignung nach DIN 4226, T3 (Zuschlag für Beton und Mörtel):	Ergebnisse der Zuschlag-Prüfung																	
Sonderprüfungen (SOP)	Sonderprüfungen (SOP)	<p>Verfahrenstechnische Eigenschaften:</p> <table border="0"> <tr> <td>Chemische Analyse bei Zementwerk X</td> </tr> </table> <p style="text-align: right;">➔ Beurteilung</p> <ul style="list-style-type: none"> • kein Rohstoffeinsatz bei Zementwerk X möglich (zu hoher SiO₂-Gehalt) • kein Alternativ-Verwerter (anderes Zementwerk) vorhanden <p style="text-align: right;">➔ Einsatz als Tragschichtmaterial bei Tiefbaufirma Y vorgesehen</p>	Chemische Analyse bei Zementwerk X															
Chemische Analyse bei Zementwerk X																		

Beispiel 5: Bedarf an Erdstoffen für technische Zwecke am Beispiel Deponiebau

Die ständige Ausweitung von Abbauf lächen zeigt, daß auf dem Rohstoffsektor ein aktueller Bedarf besteht. Gleiches gilt für den Baustoffbereich, wo durch ständige Fortentwicklung der technischen Anforderungen an Haltbarkeit und Sicherheit zunehmend auf qualifiziertere Materialien zugegriffen wird.

Beispielsweise kommt im Deponiebau entsprechend der gängigen Standards bei der Herstellung von Schichten zur Abdichtung und Bodenrekultivierung ausschließlich speziell geeignetes Bodenmaterial zum Einsatz. Dessen Mengenbedarf kann bei Neuplanungen vereinfacht über die technischen Vorgaben (Mindestmächtigkeiten der Dichtungsschichten und der Schichten zur Bodenrekultivierung) und die jeweilige Deponiegrundfläche abgeschätzt werden.

Abb. 6: Abschätzung des Mengenbedarfs an Bodenaushub für Deponie-Neuplanungen:



Bei laufendem Deponiebetrieb dagegen orientiert sich eine Massenbilanzierung, je nach Ausführungsgrad, am Flächenanteil der noch herzustellenden Dichtungs- und Rekultivierungsschicht. Letztere müssen neben den Qualifikationen für rekultivierbare Böden (vgl. Heft 10 "Luft, Boden, Abfall" des Umweltministeriums Baden-Württemberg) projektbezogene technische Anforderungen (z.B. hinsichtlich Einbaubarkeit, Empfindlichkeit gegenüber Setzungen und Verdichtungen, Stand-

sicherheit und Erosionsstabilität in Böschungsbereichen, Wasserdurchlässigkeit, Plastizität) erfüllen.

Bei der Herstellung von Deponien werden infolge der vergleichsweise großen Flächeninanspruchnahme große Mengen an Mineralstoffen für technische Zwecke benötigt. Deshalb ist es zweckmäßig und vor allem wirtschaftlich, entsprechend geeignetes Bodenmaterial frühzeitig zu sichern und vorzuhalten. In diesem Zusammenhang ist zu berücksichtigen, daß Flächen, die zu einem späteren Zeitpunkt den Flächen der ersten Betriebsabschnitte angegliedert werden sollen, zur Zwischenlagerung der benötigten Erdbaustoffe genutzt werden können. Vorausschauende Deponieplanungen zeichnen sich durch die Integration solcher Verwertungskonzepte aus.

3 Gewinnung, Aufbereitung und Lagerung von Bodenaushub

3.1 Festgesteine

Gewinnung

Die großtechnische Gewinnung von Hartgesteinen als **Natursteine** erfolgt üblicherweise im Tagebau. Das Material wird dabei überwiegend in der kombinierten Bohr- und Sprengtechnik (Wandsturzverfahren) gewonnen. Es handelt sich um eine zerstörende Gewinnung mit lade- und brechergerechter Zerkleinerung durch Großbohrlochsprengungen.

Weichgesteine wie Tonmergelsteine, Tonsteine und Gips werden dagegen meist mit Reißraupen und Hydraulikbaggern gewonnen.

Naturwerksteine werden mittels schonender, zerstörungsfreier Verfahren (vorsichtige Schießarbeiten, Steinspaltgeräte, Sägen, tlw. Brennschneiden) abgebaut.

Bei **Tunnel- und Tiefbaumaßnahmen** wird Festgestein z.T. bergmännisch mittels Voll- und Teilschnittmaschinen ausgebrochen oder durch Lockersprengungen, Reißraupen und Felsmeißel gelöst und mit Spezialbaggern gewonnen.

Zum Abtransport dienen Radlader und Schwerlastkraftwagen (sogen. SLKW wie Knick- und Muldenkipper), in Naturwerksteinbetrieben oft Gabelstapler.

Aufbereitung

Die industrielle Aufbereitung von **Natursteinen** erfolgt in mehreren Schritten:

- Vorzerkleinern in der Vorbrechanlage (stationär, mobil)
- Herunterbrechen auf gewünschte Korngröße in der Nachbrechanlage (meist stationär)
- Klassieren des Korngemischs in einzelne Lieferkörnungen (meist stationär)
- bei Bedarf Mahlen des Natursteins bis zu mehlfeinen Körnungen (Füller).

Das Zerkleinern bis auf die gewünschte Korngröße geschieht in einer oder in mehreren Stufen durch trockenes Brechen (Backen-, Rund-, Walzen-, Prall-, Hammerbrecher) oder Mahlen in einem Wasser- oder Luft-Trägermedium (Wälz-, Kugel-, Stabmühlen). Je nach Zerkleinerungsgrad (dieser entspricht dem Verhältnis von Anfangs- zu Endkorngröße) und der Endkorngröße unterscheidet man unterschiedliche Verfahren (Grobbrechen, Feinbrechen, Schrotten, Feinmahlen, Feinstmahlen, Kolloidmahlen).

Das auf die gewünschte Korngröße heruntergebrochene Material wird durch Sieben und/oder Waschen von unerwünschtem Feinstaub oder Verunreinigungen befreit.

Nach Klassierung in einzelne Kornfraktionen (meist mittels Schwingsiebe, aber auch Rund-, Luftstrahl-, Schwing- oder Taumelsiebe) erfolgt die Einlagerung der Korngemische (Bunker oder Silos).

Naturwerksteine werden im Steinbruchbetrieb teilweise noch durch Zersägen und Bearbeiten von Flächen (mit abnehmender Rauigkeit: bossiert, gekrönelt, gebeilt, scharriert, geschliffen oder poliert) vor dem Verkauf weiterverarbeitet.

Für eine technische Verwertung von Festgesteinsausbruch aus Baumaßnahmen können die Gesteine entsprechend den produktionstechnischen Vorgaben des Verwerterers bereits bei der Gewinnung durch Zerkleinern, Separieren und Sortieren bis zu einem gewissen Maß auf der Baustelle aufbereitet werden. Die produktspezifische Aufbereitung (Brechen, Klassieren) muß in großtechnischen Anlagen erfolgen.

Lagerung

Witterungsbeständige Festgesteine (Hartgesteine) können im allgemeinen unter Einhaltung von Standsicherheitskriterien ohne besondere Schutzmaßnahmen auf Halde gelagert werden.

Veränderlich feste Gesteine (erweichbare Festgesteine = Weichgesteine) hingegen zerfallen und verwittern unter dem Einfluß der Atmosphären schnell und können bei ungeschützter Lagerung die Eigenschaften von Lockergesteinen annehmen. Dies führt, besonders bei Ton- und Mergelgesteinen, zu einer Qualitätsminderung (z.B. verminderte Einbauqualität als Dammbaustoff oder unerwünschte Aufweichung als Zementrohstoff). Der Entfestigungsprozeß kann bei Schutz vor Durchfeuchtung und Frost reduziert werden.

Zwischenlager für unbelastetes Aushubmaterial sind auf ausreichend standsicheren Flächen zu errichten. Abdichtende Platzbefestigungen müssen mit einem Quergefälle angelegt werden, so daß abfließende Oberflächenwässer nicht in das abgelagerte Material eindringen können. Auf Halde oder Miete gelagertes Material kann durch oberflächliches Verdichten und Glattwalzen bis zu einem gewissen Grad vor Verwitterungseinflüssen geschützt werden. Die Haldenoberfläche sollte zur Entwässerung mit einer Querneigung von mindestens 2 % angelegt werden.

Bei der Anlage von Vorrats- und Zwischenlagern ist aus baurechtlicher Sicht zu beachten, daß Schüttungen über 2 m Höhe bzw. 200 m³ Kubatur genehmigungspflichtig sind. Genehmigungsprobleme gibt es in der Regel ferner in:

- ausgewiesenen oder beantragten Trink- und Heilwasserschutzgebieten,
- der Nähe von Trinkwassergewinnungsanlagen für die öffentliche Wasserversorgung ohne Schutzgebiet (vorläufige oder fachtechnisch abgegrenzte Schutzgebiete beachten),
- Hochwasserschutzbecken und Überschwemmungsgebieten,
- Schutz- und Regenerationsgebieten (z.B. Naturschutzgebieten).

3.2 Lockergesteine

3.2.1 Fein- und gemischtkörnige Böden

Gewinnung

Fein- und gemischtkörnige Bodenarten werden je nach Verwendungszweck und Betriebsbedingungen mit allen bekannten Gewinnungsgeräten wie Greifer- oder Löffelbaggern, Rad- und Kettenladern (tlw. mit Reißhaken versehen) sowie z.T. mit Schaufelradbaggern gewonnen. Lockern, Lösen und Laden erfolgt in der Regel in einem Arbeitsschritt.

Für eine technischen Verwertung ist Bodenaushub möglichst sortenrein (z.B. durch schichtenweisen Abtrag) zu gewinnen. Angaben über geologische Schichtgrenzen können ggf. einem vorliegenden Baugrundgutachten entnommen oder durch eine Vorerkundung (Schürfgruben) zu Beginn des Baugrubenaushubs gewonnen werden. Der Aushub und besonders auch die Einlagerung bindiger, witterungsempfindlicher Böden ist, soweit baubetrieblich vereinbar, auf die Witterung abzustimmen (Minimierung schädlicher Aufweichungen während Regenperioden); dies gilt besonders bei einer geplanten Zwischenlagerung des Aushubmaterials (vgl. unten).

Aufbereitung

Die **Baustoffaufbereitung** fein- und gemischtkörniger Böden in speziellen Anlagen ist technisch meist aufwendig. Der Aufbereitungserfolg hängt von der Kornzusammensetzung und der Plastizität sowie vom natürlichen Wassergehalt ab. Ein bisher technisch noch nicht immer zufriedenstellend gelöstes Problem ist besonders die Aufbereitung kohäsiver (bindiger), gemischtkörniger Lockergesteine.

Bei trockenem Bodenmaterial werden klassierende Verfahren (Abtrennungen über Schwingsiebe oder Vibrationsroste) meist mit gutem Erfolg angewendet. Mit steigendem Wassergehalt nimmt die Kohäsion des Gemisches zu und der Wirkungsgrad herkömmlicher Anlagen wird stark herabgesetzt (Verstopfen der Aufgabetrichter, Kugelbildungen auf den Siebböden).

Eine weitere, jedoch mit hohem maschinellen Aufwand verbundene Aufbereitungsmöglichkeit bindigen, weichen Bodenaushubs besteht durch Zugabe von und Mischen mit wasserbindenden Mineralstoffen (z.B. Ziegelgrus, Kalk).

Die **Rohstoffaufbereitung** von feinkörnigen bis stückigen, steinfreien Lockergesteinen (Ton, Schluff, Lehm, zersetzte Ton- und Mergelgesteine) umfaßt die Zerkleinerung und Homogenisierung des Ausgangsmaterials.

In der Grobkeramischen Industrie wird dabei zwischen der Naß- und Trockenaufbereitung unterschieden.

Die Naßaufbereitung des erdfeuchten Rohstoffs geschieht in folgenden Schritten:

- Vorzerkleinerung, ggf. mit Entfernung schädlicher Bestandteile und Zugabe benötigter Zusatzstoffe
- weitere Aufbereitung zur Aufschließung durch Kollergang und Walzwerke unter Zugabe von Anmachwasser (kalt oder dampfförmig).

Bei der Trockenaufbereitung wird der Rohstoff in Trockentrommeln oder Öfen getrocknet, bevor er im Brecher, Kollergang und Walzwerk auf die erforderliche Korngröße gemahlen wird.

Lagerung

An die Zwischenlagerung feinkörniger und bindiger gemischtkörniger Lockergesteine werden aufgrund ihrer bodenphysikalischen Eigenschaften allgemein höhere Anforderungen an Planung, Durchführung und Unterhaltungsmaßnahmen gestellt. Da diese Böden witterungsempfindlich sind, gilt es durch entsprechende Schutzmaßnahmen die bei ihrem Einbau vorliegenden Verwertungsqualitäten über längere Zeiträume zu erhalten. Bindige Ablagerungen sind dabei vor allem vor **Durchfeuchtung, Austrocknung und Durchfrierung** zu schützen

Bei der Art ihrer Behandlung ist grundsätzlich zu unterscheiden, ob das Bodenmaterial als Kulturboden oder als Erdbaustoff bzw. als Rohstoff eingesetzt werden soll.

Bei Verwendung als Kulturboden ist eine Zwischenlagerung gemäß Heft 10 "Luft, Boden, Abfall" des Umweltministeriums Baden-Württemberg vorzunehmen.

Beim Einsatz als Erdbaustoff oder Rohstoff ist die Lagerung vorrangig auf die Erhaltung der Einbau- und Verdichtungsfähigkeit bzw. der Rohstoffqualität wie folgt abzustimmen:

- Schutz vor Vernässung (befestigte Lagerflächen mit Quergefälle); kein Einbau von weichem und breiigem Aushub (Konsistenzzahl $I_C \leq 0,75$) da kaum eine natürliche Austrocknung nach dem Einbau stattfindet.
- Unterschiedliche Bodenarten separat lagern; insbesondere keine Vermischung steinfreier Partien mit steinhaltigem Material.
- Lagenweiser Einbau mit Verdichtung der Einzellagen durch Befahren (LKW oder Raupe), zusätzliche Verdichtung (z.B. Stampffuß-, Schaffuß- oder Glattwalze) von hochwertigen Roh- und Erdbaustoffen (z.B. sortenreine, feinkörnige Böden) auf 92 - 95 % Proctordichte; Verdichten und Walzen von Abschlußflächen (Schutz vor Frost und Durchfeuchtung); die Oberflächen sind mit einem Quergefälle von ca. 4 % herzustellen.
- Begrünung besonders erosionsgefährdeten, kohäsionsarmen Bodenmaterials (z.B. tonarme Primärlösse); Abdeckung kleinerer Mieten durch Planen.

Zwischenlager aus bindigen Lockergesteinen bedürfen einer gewissen **Unterhaltung**, da die Oberfläche nach Frostperioden auflockert bzw. durch Austrocknung aufreißt und vermehrt Niederschlag in den Erdkörper eindringen kann. Nach den Wintermonaten ist die Oberfläche deshalb nachzuverdichten; nach langen Trockenperioden empfiehlt sich ein Aufreißen der Oberfläche mit anschließender Nachverdichtung.

3.2.2 Grobkörnige Böden

Gewinnung

Grobkörnige Lockergesteine (Sand und Kies) werden entweder im Trockenabbau (Radlader, Schleppkübelbagger, Schrapper) oder unter Wasser im Naßabbauverfahren (Schleppkübelbagger, Schwimm- und Saugbagger) gewonnen.

Aufbereitung

Beim Trockenabbau gelangt ein Teil des Materials direkt "von der Wand" ohne weitere Aufbereitung als "Baggergut" zum Abnehmer.

Der andere Teil wird nach Vorabtrennung des Überkorns > 63 mm in der Aufbereitungsanlage gereinigt, durch Sieben in die einzelnen Lieferkörnungen bis minimal 2 mm klassiert und in Silos aufgenommen. Das Überkorn kann in Backen- und Kegelbrechern zu Splitt und Brechsand weiterverarbeitet werden. Das bei der Kieswäsche anfallende, mit Trübstoffen und Feinstsand angereicherte Waschwasser wird in der Regel in den Baggersee oder bei Trockenbaggerung in Absetzbecken abgeleitet.

Die Aufbereitung des durch Naßabbauverfahren gewonnenen Materials entspricht im wesentlichen der beim Trockenabbau.

Lagerung

Da grobkörnige Lockergesteine weitgehend unempfindlich gegen Witterungseinflüsse sind, werden an ihre Lagerung keine besonderen Ansprüche gestellt.

Im Kieswerk erfolgt die Lagerung neben der Silierung auf großen, nach Kornklassen getrennten Halden. Die Lagerfläche sollte befestigt sein, um Materialverunreinigungen durch feinkörnige Anteile zu vermeiden.

Anhang A Geologischer Leitfaden

Stratigraphische Schichtenfolge der Gesteine Baden-Württembergs

Die stratigraphische Schichten- und Gesteinsabfolge der in Baden-Württemberg vorkommenden Fest- und Lockergesteine ist in Form eines tabellarischen, **geologischen Leitfadens** (Anlagen 2.1 -2.3) verdeutlicht und beschrieben.

In einem Säulenprofil, welches auch die Mächtigkeitsverteilung widerspiegelt, sind die **Festgesteine** (Anlagen 2.1 und 2.2) in Form eines generalisierenden Normalprofils dargestellt. Hierbei sind stratigraphisch bedeutende Schichtglieder und Leithorizonte (z.B. Trigonodusdolomit der Semi-partitus-Schichten, mo3) besonders gekennzeichnet und daneben die vorkommenden Gesteinsarten aufgeführt. Die **vorherrschende Gesteinsart ist fett**, der *untergeordnete Gesteinsanteil kursiv* gedruckt. Als weitere Beschreibungselemente sind die aus verwertungstechnischer Sicht eingeführten **Verwertungsgruppen (VG)** ausgewiesen. Es handelt sich hierbei um eine Zusammenfassung von Gesteinen unter dem Aspekt ihrer technischen Verwertbarkeit (nähere Beschreibung in Kap. 2.1).

Die **Lockergesteine** (Anlage 2.3) werden hauptsächlich flächenhaft nach Ablagerungs- und Bildungsräumen gegliedert. Eine Ausnahme bildet das Senkungsgebiet des Oberrheingrabens und der Voralpenraum, wo mächtige, vertikal gegliederte Schichtenfolgen entwickelt sind.

Die Vielfalt der Lockergesteine umfaßt zahlreiche Mischformen diverser Bodenarten (Ton- bis Kiesfraktion) unterschiedlichen Ablagerungsalters (Tertiär, Pleistozän, Holozän) und unterschiedlicher Ablagerungsform (z.B. fluviatil, äolisch, glazigen).

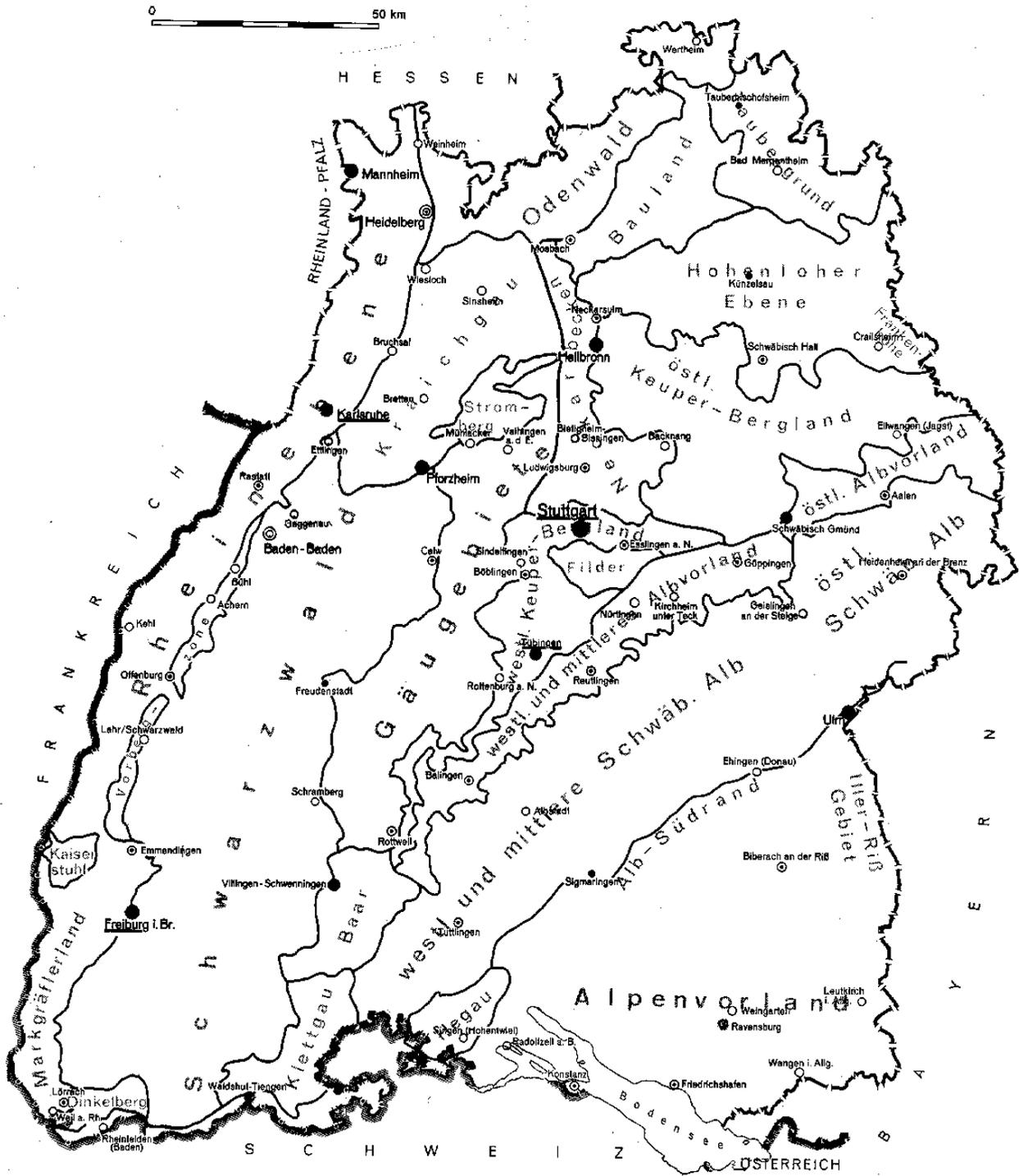
Fazielle Gesteinsausbildung und Wechselfolgen, Gesteinsauslaugung

Innerhalb der einzelnen Bildungsräume kann es durch räumliche Differenzierung des Ablageungsgebiets sowie aufgrund unterschiedlicher Sedimentationsbedingungen zu unterschiedlichen Gesteinsausbildungen (Fazies) kommen. Zur übersichtlichen Darstellung der regional-geologischen und faziellen Unterschiede wurde im geologischen Leitfaden deshalb eine zusätzliche Gliederung nach den bestehenden Naturräumen vorgenommen. Die naturräumliche Gliederung von Baden-Württemberg ist in Anlage 1 dargestellt.

So werden z.B. im Schilfsandstein (km²) unmittelbar neben mächtigen, rinnenförmigen Sandsteinablagerungen ("Flutfazies") sandig-schluffige Tonsteine in "Stillwasserfazies" angetroffen.

Diese faziellen Unterschiede können im Normalprofil nur untergeordnet berücksichtigt werden. Ihnen wurde jedoch einerseits in der regional-geologischen Gliederung der bestehenden Naturräume (Anlage 2.1 und Anlage 2.2) Rechnung getragen, andererseits sind laterale Fazieswechsel im Hauptgesteinsanteil bestimmter Komplexe in diesen Anlagen als mit einem Schrägstrich verbundene Gesteins-(/Verwertungs-)gruppen dargestellt (z.B. Sandstein- und Tonmergelsteinwechsel innerhalb des Schilfsandsteins: S2/S1). Dagegen wird ein stark differenzierter vertikaler Gesteinsaufbau (Wechselfolge) innerhalb einer Abfolge (z.B. Lettenkeuper) mit **WF** gekennzeichnet. Lösliche und dadurch potentiell auslaugbare Gesteine (z.B. Salinargesteine im Mittleren Muschelkalk, Sulfatgesteine im Gipskeuper oder im Mittleren Muschelkalk) sind gleichfalls gesondert ausgewiesen (S4).

Anlage 1: Karte Naturräumliche Gliederung von Baden-Württemberg:



Anlage 2.1: Kristallin - Trias

Geologischer Leitfaden Schichten- und Gesteinsabfolge mit Verwertungsgruppen		Schwarzwald	Odenwald	
T r i a s	K e u p e 	ko Oberer Keuper (Rät)	abgetragen	
		km 5 Knollenmergel		
		Oberer		
		km 4 Mittlerer Stubensandstein		
		Unterer		
		km 3a Obere Bunte Mergel		
		km 3s Kleselsandstein ② Kleselsandstein		
		km 3u Untere Bunte Mergel ① Rote Wand		
		km 2 Schilfsandstein		
		km 1 Gips-keuper ③ Estherienschichten ④ Engelhofer-Platte ⑤ Bleiglanzbank ⑥ Grundgips		
	M u s c h e l k a l k	ku Unterer Keuper (Lettenkeuper) ⑦ Grenzadolomit ⑧ Hauptdolomit ⑨ Untere Dolomite	VG	
		mo 3 ⑩ Trigonodusdolomit		
		mo mo 2 Oberer Muschelkalk		
		mo 1 ⑪ Haßmersheimer Mergel		
		mm Mittlerer Muschelkalk ⑫ Obere Dolomite ⑬ Steinsalzlager		
B u n t s a n d s t e i n	mu 3 Unterer Muschelkalk ⑭ orbicularis-Mergel ⑮ Schaumkalke ⑯ Liegende Dolomite	82		
	mu mu 2 Muschelkalk			
	mu mu 1 Muschelkalk			
	so Oberer Buntsandstein Röt-Tone Platten-sandstein			
	sm Mittlerer Buntsandstein Haupt-konglomerat unt. geröllfr. Zone (Bausandstein) Eck'sches Konglomerat			
P e r m	su Unterer Buntsandstein Bröckelschiefer	82		
	z Zechstein			
	r Rotliegendes			
K a r b o n	h	82		
	K Grundgebirge (Kristallin)			
V o r- K a r b o n		82		

		Anlage 2.1																							
Gäubeiete (Baar, Obere Gäue, Neckarbecken, Kraichgau) Westliches Keuperbergland Breisgau, Dinkelberg, Klettgau		Hohenloher Ebene, Bauland, Taubergrund, östliches Keuperbergland																							
		VG	VG																						
	Tonsteine, Sandsteine	S1,S2	Sandsteine	S2																					
	Ton-, Tonmergelsteine mit Steinmergelknollen	S1	Tonmergelsteine, tw. mit Steinmergelknollen	S1																					
	Sandsteine (Bw. Arkosen), im Wechsel mit Tonsteinen- und Steinmergeln in SW Gäubeiete (Klettgau): Tonsteine, Steinmergel	S2/S1 WF	Sandsteine z.T. kalkig im Wechsel mit Tonsteinen	S2/S1 WF																					
	► Ton-, Mergelsteine ► Sandsteine (g) ► Tonsteine, Steinmergelbänke /Lehrberg-Schichten ► Tonsteine (g), Gipsinseln	S1/S2,(S4)	► Sandsteine (g) ► Tonsteine, Steinmergelbänke (Lehrberg-Schichten) ► Tonsteine (g) mit Gipsinseln	S1,S2 (S4)																					
	Flutfazies: Sandsteine Normal (Stilwasser-)fazies: Tonsteine (sandig)	S2/S1	Flutfazies: Sandsteine Normal (Stilwasser-)fazies: Tonsteine (sandig)	S2/S1																					
	► Tonmergelsteine (g, Dolomitsinkchen) ► Dolomitsteinbank (mergelig) (g) ► Tonsteine mit Gipsinseln (Mit Gipsinseln) ► Ton-, Dolomitsteine (g) (Dunkelrote Mergel) ► Ton-, Dolomitsteine, mergelig (Bochinger Horizont) ► Gips/Anhydrit (g) (z.T. ausgelaugt), Ton-, Dolomitsteine	S1,(S4),S3 WF	► Tonmergelsteine (g, Dolomitsinkchen, Gipsinseln) ► Dolomit-, Sandsteine (g) ► Tonsteine mit Gipsinseln ► Ton-, Dolomitsteine (g) ► Tonmergel-, Ton-, Dolomitsteine (sandig) ► Gips/Anhydrit (g) (z.T. ausgelaugt), Ton-, Dolomitsteine	S1, S3,(S4),S2 WF																					
	Tonmergel-, Sand- (g), Kalk-, Dolomitsteine (g) (g)	S1,S2,S3 WF	Mergel-, Tonmergel-, Sand-, Dolomit-, Kalksteine	S1/S2,S3 WF																					
	► Dolomit- (g), Mergel-, Tonsteine (Serpentinschichten) ► Kalk-, Mergelsteine (dolomitsch) (Nooosus-Schichten) ► Kalk-sollth-, Mergelsteine (g) (Trochiten-Schichten) ► Dolomitsteine (g) ► Steinsalz, Anhydritsteine (z.T. ausgelaugt) (g) ► Dolomitsteine (Untere Dolomite) ► Mergel- (g), Dolomitsteine (orbicularis-Mergel) ► Kalk- (g), Dolomit-, Mergelsteine (Weidenkalk) ► Dolomit- (g), Mergelsteine (dol.) (Wellendolom.)	S3,S1	► Kalk-, Tonsteine (Oberer Hauptmuschelkalk mo2 + mo3) ► Kalk-, Tonsteine (Trochitenkalk mo)	S3,S1																					
		S3,(S4)	► Dolomitsteine ► Steinsalz, Anhydritsteine (z.T. ausgelaugt) ► Dolomitsteine	S3,(S4)																					
		S3,S1	► Tonmergel-, Kalksteine ► Kalk-, Dolomit-, Tonmergelsteine ► Tonmergel-, Dolomitsteine	S3,S1																					
VG			Tonsteine	S1																					
S1,S2			Sandsteine (plattig)	S2																					
S2	nicht zutage ausstreichend																								
S2,S1	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <p>LEGENDE</p> <table border="0"> <tr> <td></td> <td>M1 Metamorphite</td> <td>VG Verwertungsgruppe (siehe auch Anlagen 3.1-3.3)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>M2 Magmatite</td> <td>S3 Haupt-Festgesteinsanteile (S4) potentiell ausgelaugt</td> </tr> <tr> <td></td> <td>S1 Tonsteine, Tonmergelsteine S5 bituminöse Tonmergelsteine</td> <td>S4 Neben-Festgesteinsanteile (S4) potentiell ausgelaugt</td> </tr> <tr> <td></td> <td>S2 Sandsteine, z.T. geröllführend Konglomerate</td> <td>S2/S1 Haupt-Festgesteinsanteile je nach lateraler Ausbildung wechselnd</td> </tr> <tr> <td></td> <td>S3 Kalksteine Dolomitsteine</td> <td>⊙ ... ⊙ stratigraphisch wichtige Schichtglieder und Lithozonite mit Gesteinsbeschreibung</td> </tr> <tr> <td></td> <td>S4 Gips-/Anhydritsteine</td> <td>► Gesteinskomplex entsprechend stratigraphischer Untergliederung (z.T. Unterkarteneinheiten)</td> </tr> <tr> <td></td> <td>WF Wechselfolge unterschiedlicher Gesteine</td> <td></td> </tr> </table> </div>					M1 Metamorphite	VG Verwertungsgruppe (siehe auch Anlagen 3.1-3.3)		M2 Magmatite	S3 Haupt-Festgesteinsanteile (S4) potentiell ausgelaugt		S1 Tonsteine, Tonmergelsteine S5 bituminöse Tonmergelsteine	S4 Neben-Festgesteinsanteile (S4) potentiell ausgelaugt		S2 Sandsteine, z.T. geröllführend Konglomerate	S2/S1 Haupt-Festgesteinsanteile je nach lateraler Ausbildung wechselnd		S3 Kalksteine Dolomitsteine	⊙ ... ⊙ stratigraphisch wichtige Schichtglieder und Lithozonite mit Gesteinsbeschreibung		S4 Gips-/Anhydritsteine	► Gesteinskomplex entsprechend stratigraphischer Untergliederung (z.T. Unterkarteneinheiten)		WF Wechselfolge unterschiedlicher Gesteine	
					M1 Metamorphite	VG Verwertungsgruppe (siehe auch Anlagen 3.1-3.3)																			
					M2 Magmatite	S3 Haupt-Festgesteinsanteile (S4) potentiell ausgelaugt																			
					S1 Tonsteine, Tonmergelsteine S5 bituminöse Tonmergelsteine	S4 Neben-Festgesteinsanteile (S4) potentiell ausgelaugt																			
	S2 Sandsteine, z.T. geröllführend Konglomerate	S2/S1 Haupt-Festgesteinsanteile je nach lateraler Ausbildung wechselnd																							
	S3 Kalksteine Dolomitsteine	⊙ ... ⊙ stratigraphisch wichtige Schichtglieder und Lithozonite mit Gesteinsbeschreibung																							
	S4 Gips-/Anhydritsteine	► Gesteinskomplex entsprechend stratigraphischer Untergliederung (z.T. Unterkarteneinheiten)																							
	WF Wechselfolge unterschiedlicher Gesteine																								
M2																									
M2																									

Anlage 2.2: Jura - Tertiär

Geologischer Leitfaden Schichten- und Gesteinsabfolge mit Verwertungsgruppen			Westliche und mittlere Alb mit Vorland, Filderfläche	Östliche Alb mit Vorland	
Tertiär	Jungtertiär I	Pliozän p			
		Miozän m	Obere Süßwassermolasse (OSM)	VG	
			Brackwassermolasse (BM)	Urach-Kirchheimer Vulkangebiete: Melilite	M2
	Alttertiär	8 Burdigalium	Obere Meeresmolasse (OMM)	keine Ablagerungen	
		7 Aquitanium	Untere Süßwassermolasse (USM)		
		6 Chattium	Untere Meeresmolasse (UMM)		
		5 Rupellium			
	4 Laidorfium				
	3 Priabonium				
	2 Lutetium				
1 Ypresium					
Jura	Oberer Jura (Weißer Jura, Malm, w)	ζ3 Hangende Bankkalke	Kalksteine	Kalksteine	
		ζ2 Obere Weißjuramergel (Zementmergel)	Kalk-, Dolomit-, Mergelkalksteine	Kalk-, Dolomitsteine (z.T. oolithisch), Mergelkalksteine	
		ζ1 Liegende Bankkalke	Kalk-, Dolomitsteine	Kalk-, Dolomitsteine	
		ε2 Obere Felsenkalke	Kalk-, Dolomitsteine	Kalk-, Dolomitsteine (z.T. kieselig)	
		ε1	Zuckerkörniger Lochfels u. Dolom. ⊕	Kalk-, Dolomitsteine ⊕	Kalk-, Dolomitsteine (z.T. kieselig)
		δ4			
		δ3 Untere Felsenkalke			
		δ2	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalk-, Dolomitsteine ▶ Kalk-, Mergelsteine ▶ Kalksteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalk-, Dolomitsteine ▶ Kalk-, Dolomitsteine ▶ Kalk-, Kalkmergelsteine ▶ Kalksteine 	
		δ1	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalk-, Mergelsteine ▶ Mergel-, wenig Kalksteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalk-, Mergelsteine ▶ Mergel-, wenig Kalksteine 	
		γ3	γ2 Mittlere Weißjuramergel	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalk-, wenig Mergelsteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalk-, wenig Mergelsteine
	γ1	β2 Wohlgeschichtete Kalke	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalkmergel-, Kalksteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalkmergel-, Kalksteine 	
	β1	α2	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mergel-, Kalkmergel-, Sandmergelsteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mergel-, Kalkmergelsteine 	
	α	Untere Weißjuramergel	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ton-, wenig Kalkmergelsteine (z.T. oolithisch) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tonmergel-, wenig Kalkmergelsteine (z.T. oolithisch) 	
	Mittlerer Jura (Brauner Jura, Dogger, b)	ζ Ornatenton	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tonmergel-, Kalkmergel- (eisenoolithisch), Kalksteine ▶ Ton-, Tonmergel-, Kalk-, Kalkmergelst. (eisenoolithisch) 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalk-, Tonmergelsteine ▶ Kalk-, Kalkmergelsteine (z.T. eisenoolithisch) 	
		ε	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalksteine ⊕ ▶ Kalksand-, Sandmergel-, Tonmergelsteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tonmergel- (sandig), Kalksandsteine 	
		δ	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tonsteine, wenig Kalksteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sand-, Tonsteine 	
		γ2	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tonsteine, wenig Kalksandsteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sandsteine (z.T. eisenoolithisch) ⊕ 	
		γ1	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tonsteine, einzelne Sandsteine ⊕ 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tonsteine (sandig), Kalksand-, Sandsteine ⊕ 	
		β3	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tonmergel-, Sandmergelsteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tonmergel-, Kalkmergel-, Sandmergelsteine 	
		β2 Ludwigen-Schichten	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Schieferlertone-, Tonmergelsteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Schieferlertone-, Tonmergelsteine 	
		β1	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tonmergel-, Mergelkalksteine, wenig Kalksteine ▶ Tonmergelsteine (bituminös), Mergelkalksteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Tonmergel-, Mergelkalk-, wenig Kalksteine ▶ Tonmergelsteine (bituminös), Mergelkalksteine 	
		β	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Schieferlertone-, Tonmergel-, Mergelkalksteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Schieferlertone-, Tonmergelsteine 	
		α	Opalinuston	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mergel-, Mergelkalksteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mergel-, Kalksteine
	Unterer Jura (Schwarzer Jura, Lias, l)	ζ Jurensis-Mergel	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Mergelsteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ton-, Sandsteine 	
		ε Posidonienschiefer	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ton-, Tonmergel-, wenig Kalksteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sand-, Sandsteine 	
		δ Amaltheen-Tone costatum-Bänke	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalk-, wenig Tonsteine 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalk-, Sandsteine 	
		γ Numismalis-Mergel	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ton-, Sandsteine ⊕ 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sand-, Sandsteine 	
β2 Turner-Tone		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalksteine ⊕ 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalk-, Sandsteine 		
β1		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Ton-, Sandsteine ⊕ 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Sand-, Sandsteine 		
α2		<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalksteine ⊕ 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Kalk-, Sandsteine 		

Molassebecken des Alpenvorlandes (Alpenrand, Oberschwaben, Albsüdrand)		Anlage 2.2		
		Hochrhein/Oberrheinebene		
		VG	VG	
	Schotterablagerungen (Flächenalb)	L5	Sande, Kiese, Schluffe, Tone Torf- und Braunkohleeinschlüngen	L1-2, L4-5
	DSM Sand-, Sandmergel-, Mergel-, Tonsteine Konglomerate (Juranagefluh), Süßwasserkalkst. Hegau-Vulkangeb.; Melilithe, Phonolithe, Deckanfälle	S2,S3 M2	8 Mergel-, Sandsteine Kaiserstuhl-Vulkangebiet: Phonolithe, Essexite, Thephrite	M2
	BM Sandsteine, Konglomerate, Tonmergel, Süßwasserkalksteine	S2,S3	7 Tonmergel-, Kalkmergel-, Dolomit-, Sandsteine, Anhydrit	S1,S2,S3
	OMM Sand-, Sandmergelsteine, Konglomerate (Juranagefluh), Schilfkalksteine	S2,S3	6 „USM“: Tonmergel-, Kalksand-, Süßwasserkalk-, Dolomit-, Kalk-, Sandsteine Konglomerate, Anhydrit, Steinsalz	S1,S2 S3,S4
	USM Mergel-, Sand-, Süßwasserkalksteine, Konglomerate	S1,S2,S3	5 „UMM“: Tonmergel-, Kalksand-, Sandst., Konglomerate	S1,S2
VG			4 Mergel-, Kalksandst., Konglomerate, Anhydrit,	S1,S2,S4
			3 Kalkmergel-, Süßwasserkalk-, Dolomitmergelst. Konglomerate	S1,S3,S2
			2 Süßwasserkalksteine	S3
L3	UMM Tonmergel-, Sandsteine	S1,S2	1 Ton-, Sandsteine	S1,S2
			A Klettgau B Vorgergzone C Langenbrückener Senke	VG
S3,S1	nicht zutage ausstreichend		A: Kalk-, Dolomitsteine	
			A: Kalk-, Dolomitsteine	S3
			A: Kalk-, Dolomitsteine (z.T. kieselig)	
S3,S1			A: Kalkmergel-, Kalksteine	S3
S3,S1			A: Kalk-, wenig Mergelsteine B: Kalk-, Mergelsteine	S3,S1 S3,S1
S1,S3			A: Mergel-, Mergelkalk-, Kalkmergel-, Kalksteine B: Tonmergel-, Mergelkalk-, Kalksteine (z.T.oolithisch)	S1,S3 S1,S3
S1			A,B: Ton-, Tonmergel-, Mergelkalksteine (oolith.)	S1
S3,S1			A,B: Tonmergel-, Sandmergel-, Mergelkalk- (eisenoolithisch), Kalksteine (oolithisch)	S1,S3
S1,S3			A,B: Tonmergel-, Mergelkalk-(eisenoolithisch), Kalksand-, Kalksteine	S1,S3
S1,S2			A,B: Kalksand-, Sandkalk-(eisenoolithisch), Tonmergelsteine C: Ton-, Kalksandsteine (eisenoolithisch)	S3,S1 S1,S3
S1			A,B,C: Schieferlon-, Tonmergelsteine	S1
S1,S3			A,B,C: Kalkmergel-, Tonmergelsteine	S1
S3,S3			A,B,C: Schieferlon-, Tonmergel-, Mergelkalksteine	S4,S1
S1			A,B: Tonmergelsteine C: Tonmergel-, Mergelkalksteine	S1
S1,S3			A,B: Kalksteine C: Kalkmergel-, Tonmergelsteine	S3,S1
S1,S2		A,B,C: Ton-, Tonmergel-, Kalksteine	S1	
S3,S2		A,B: Kalk-, Mergelsteine C: Ton-, Mergelkalksteine	S3	
S2,S1		A,B: Kalk-, Mergelsteine C: Ton-, Mergelkalksteine	S3,S1	
S3,S2		A,B: Kalk-, Mergelkalksteine		

Anlage 2.3: Tertiär - Quartär

Geologischer Leitfaden Schichten- und Gesteins- abfolge mit Verwertungs- gruppen		Ebenen und Hochflächen der Festgesteinsgebiete (Gäugebiete, Höhen- lohe, Schwäb. Alb)		Flußtäler und Schichtstufenränder der Festgesteinsgebiete						
		VG		VG						
Tertiär	Quartär	Pliozän	Holozän	Postglazial	L6	<ul style="list-style-type: none"> - Flußbettablagerungen: Sande, Kiessande - Auenablagerungen (Hochwassersedimente): Auelehne: Tone, Schluffe, Feinsande - Auesande: Mittel-, Grobsande - Schuttkegel: Sande, Kiese, Steine, Blöcke, tlw. Lehm - Hangbildungen: Hanglehm: Ton-Schluff-Sand-Gemische - Hangschutt: Ton-Schluff-Kiessand-Stein-Gemische - Blocksturz, Rutschschollen, Rutschmassen: Felsblöcke, Steine - Festgesteinschutt sowie abgerutschte Schollen aus Locker- und Festgestein - Abschwemm-Massen: Schluffe, Sande, z.T. Kies und Steine - Kalktuffe (Sinterkalk): Süßwasserkalksteine 	L4-5 L1-2 L4 L4-5, L3 L3 L5 L2, L4-5 S3			
			Eiszeitliche Bildungs- räume	periglazial	periglazial	glazial/glazifluvial (Schwarzwald)				
							VG			
			Jungpleistozän	Würm-Glazial	<ul style="list-style-type: none"> - Rückstandslehm (Verwitterungslehm, -schluff): Tone, Schluffe mit Sand, Kiese, Steine - Löss und Lößlehm: Schluffe mit Ton und Feinsand 	L1-2, L3, L4-5 L1-2	<ul style="list-style-type: none"> - Hochflutlehm und -sande: Sande, Schluffe, Tone - Niederterrassenschotter: Kiessande, Sande, Gerölle - Hangschuttdecken und Fließerden: Ton-Schluff-Kiessand-Stein-Gemische - Blockschutt: Steine, Blöcke, Bergsturzschollen 	L4, L1-2 L4-5 L3 L5	<ul style="list-style-type: none"> - Moränenschutt, Terrassenschotter, Geschiebemergel: Kiessande, Gerölle, Blöcke, Ton-Schluff-Kiessand-Stein-Gemische - Beckenablagerungen: Sande, Schluffe, Tone 	L5 L3 L4, L1-2
				Riß-Würm-Interglazial			- Sauerwasserkalke (Travertin)	S3		
			Mittelpleistozän	Riß-Glazial	keine Ablagerungen		<ul style="list-style-type: none"> - Hochterrassenschotter: Kiessande, Sande, Gerölle - Hangschuttdecken (Fließerden): Ton-Schluff-Kiessand-Stein-Gemische 	L4-5 L3	Moränenschutt, Geschiebemergel: Kiessande, Gerölle, Blöcke, Ton-Schluff-Kiessand-Stein-Gemische	L5 L3
				Mindel-Riß-Interglazial			<ul style="list-style-type: none"> - lokale, interglaziale Akkumulationsschotter: Kiessande - Sauerwasserkalke 	L5 S3	keine Ablagerungen	
				Mindel-Glazial			lokale, interglaziale Akkumulationsschotter: Kiessande	L5		
				Haslach-Glazial						
				Günz-Glazial						
Donau-Kaltzeiten										
Tertiär	Pliozän			Höhenschotter: Kiessande, Gerölle	L5					

Alpenvorland		Oberheinebene								
	VG						VG			
- Auenablagerungen (Hochwassersedimente): Schluffe, Feinsande (Flußmügel) - Moore (Flach-, Hochmoore): Torfe		12,14 18	- Auenablagerungen (Hochwassersedimente) der Rhein- und Neckaraue sowie der Rheinzubringer: Tone, Schluffe, Feinsande - Schwemmfächer in der Ausmündung der Seitentäler: Sande, Kiese, Steine, Blöcke, tw. Lehm - Niedermoore am Fuß des Hochgestades und in veränderten Altäufen: Torfe, Mudden				11-2, 14, 13, 14-5 18			
glazial		glazifluvial (Riß-Iller-Platte)		periglazial						
	VG			Hochrhein, Söngau, Markgräflerland		Kaiserstuhl bis N Karlsruhe mit Vorbergzone		Rhein-Neckar-Gebiet		
					VG		VG			
Jungmoränen-Ablagerungen: Moränenschutt, Geschiebemergel		15,13	- Niederterrassenschotter: Sande und Kiese - Beckenablagerungen: Sande, Schluffe, Tone	14-5 14,11-2	Niederterrassenschotter: Kiessande	14-5	- Flugsanddecken: Feinsand - Vorbergzone: Löss(lehm) - Hochflutlehm, -sand - Kinzig-Murg-Rinne: Kiessande, Gerölle, Ton, Torf - Niederterrasse (Oberes Kieslager, OKL): Kiessande mit Tonlagen	14 11-2 11,14 14-5, 11,18 14-5	- Flugsanddecken: Feinsand - Hochflutlehm, -sand - Kinzig-Murg-Rinne: Kiessande, Gerölle, Ton Torf - Neckarschwemmfächer: Ton-Schluff-Kiessand-Stein-Gemische, Kiessande, Gerölle	14 11,14 14-5, 11,18 13 14-5
Altmoränen-Ablagerungen: Moränenschutt, Geschiebemergel		15,13	- Hochterrassenschotter: Sande und Kiese, Konglomerate - Lösslehm-Decken - Beckenablagerungen: Sande, Schluffe, Tone - Deckenschotter: Sande und Kiese	14-5 11-2 14,11-2 14-5	Deckenschotter: Sande und Kiese	14-5	nicht zutage ausreichend			
Altmoränen-Ablagerungen: Moränenschutt, Geschiebemergel		15,13	Deckenschotter: Sande und Kiese	14-5						
			Decken-Höhenschotter: Sande und Kiese	14-5	Söngauschotter: Sande und Kiese	14-5				

ANHANG B Verwertungsleitfaden

Der **Verwertungsleitfaden** (Anlagen 3.1 - 3.3) erlaubt einen groben Überblick über das für die einzelnen Verwertungsgruppen in Frage kommende Einsatzspektrum ("Verwertungsschiene"). Dabei wird generell zwischen einer Verwertung als Baustoff und einer solchen als Rohstoff unterschieden.

Die Einsatzspektren für **Baustoffe** (Verwertungskategorie K I und K II) sind:

für Festgesteine

- Erdbau (Verkehrs- und Hochwasserschutzdämme, Lärm- und Sichtschutzwälle; K I)
- Tiefbau (unsortierte Mineralstoffe für den ländlichen Wegebau; K I)
- sonstige Verwertung (Verfüll- und Versatzmaterial; K I)
- Natursteine (Mineralstoffe) für den Tiefbau (K II)
- Naturwerksteine (K II)
- Zuschlag für Beton und Mörtel (K II).

für Lockergesteine

- Erdbau (Verkehrswege- und Deponiebau, Hochwasserschutz; K I und K II)
- Tiefbau (unsortierte und sortierte Mineralstoffe für unterschiedliche Einsatzbereiche; K I und K II)
- Zuschlag und Zusatzstoffe für Beton und Mörtel (K II)
- sonstige Verwertung (Landschaftsbau, Verfüll- und Versatzmaterial).

Bei den mineralischen **Rohstoffen** (Verwertungskategorie K II) wird entsprechend der wirtschaftlichen Bedeutung unterschieden zwischen:

- Einsatz in der Baustoffindustrie
- Einsatz in sonstigen, wichtigen Industrien (chemische Industrie, Eisen- und Stahlindustrie).

Anlage 3.1: Festgesteine des Grundgebirges

		Gestein	Verwertungs- gruppe (VG)	Vorkommen (Gebiet)	Abbaugelände/ Lokalitäten (Beispiele)	Verwertungsleitfaden		
						Baustoff Verwertungskategorie K 1 (Erdbau, Tiefbau, sonstige Verwertung)	Bau- Naturwerkstein Dekorationsstein	
G r u n d g e b i r g e	M a g m a t i s c h e E r g u s s t e i n e (Vulkanite)	Phonolith Basalt	M2	Kaiserstuhl Hegau	Bötzingen Hewenegg	<p>Erdbau:</p> <p>Dammschüttmaterial (gebrochen):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verkehrsdämme - Hochwasserschutzdämme (Stützkörper) - Lärm- und Sichtschutzwälle <p>Tiefbau:</p> <p>Tragschichtmaterial (unsortiert) im ländlichen Wegebau</p> <p>Sonstige Verwertung:</p> <p>Verfüll- und Versatzmaterial: - Auffüllungen in Steinbrüchen, Tagebauen, Untertagebauen und -sponien</p>	- Werksteine als Bausteine (vorwiegend historisch) - Pflastersteine	
		Rhyolith (Porphy, Quarzporphyr)		Odenwald	Doosenheim Weinheim		- Pflastersteine	
		Granitporphyr Granophyr		Schwarzwald	Ottenhöfen Untermettingen Waldshut-Tiengen Reichenbach bei Lahr Gengenbach-Schwalbach			
	Tiefengesteine Ganggesteine (Plutonite)	Granitporphyr Granophyr		Schwarzwald	Granitporphyr: Schramberg-Rappen- felsen, Kappeldeck Granophyr: Tennenbronn Flußspat: Neuenbürg, Finstergrund, Reinerzau, St. Blasien Schwerspat: Neuenbürg, Freudenstadt, Oberwolfach			- Pflastersteine, Bordsteine
		Granodiorit Gabbro Diorit		Odenwald				Tief- und Hochbau:
		Syenit Granit		Schwarzwald	Granitstücke: Triberg-Granit Eisenbacher-Granit Schluchsee-Granit Alptal-Granit Blauen-Granit			- Werksteine für Fundamente, Wider- lager, Stützmauern - Werkstücke (Formsteine) für Sockel, Gesimse, Säulen, Treppenstufen - Dekorationssteine für Boden-, Wand- und Fassadenverkleidungen - Bordsteine, Pflastersteine - Skulptur-Rohsteine für großgedrigte Bildhauerei, Grab- und Denkmale
M e t a m o r p h e G e s t e i n e	Gneis	M1	Schwarzwald	Nord-, Zentral- und Südschwarzwälder Gneisgebiete		Tief- und Hochbau:		
						- Werk- und Dekorationssteine - Bordsteine		

Verwertung der Festgesteine des Grundgebirges		Anlage 3.1	
Zuschlag Verwertungskategorie K II		Rohstoff Verwertungskategorie K II	
Zuschlag für Beton und Mörtel	Naturstein für den Verkehrswegebau	Baustoffindustrie	sonstige Industrien
	<p>Hegau-„Basalt“</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tragschichtmaterial (gebrochen, sortiert): Schotter, Splitt - Gleisschotter 		
	<ul style="list-style-type: none"> - Tragschichtmaterial (gebrochen, sortiert): Schotter, Splitt - Gleisschotter 		
	<p>Tragschichtmaterial (gebrochen, sortiert): Schotter, Splitt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gleisschotter 	Mineral- und Erzlagerstätten	
		<p>Bindemittel-Industrie:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Flußspat: Synthetischer Anhydrit (Flußsäureherstellung) für Anhydritbinderproduktion; als Abbindeverzögerer in der Zementindustrie - Schwerspat: Schwerbetonzuschlag, Strahlenschutzbetonzuschlag 	<p>Bergbau- und Stahlindustrie: (überwiegend historisch)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Abbau und Verhüttung von Erzmineralien aus pegmatitischen, pneumatolytischen und hydrothermalen Erzgängen, z.B. <ul style="list-style-type: none"> - Blei-Zink-Erze - Kobalt-Nickel-Silber-Wismut-Uran-Kupfer-Erze - Eisenerze - Flußspat: <ul style="list-style-type: none"> - Stahlindustrie (Rohstahlerzeugung) - Chemische Industrie (Flußsäureherstellung) - Keramikindustrie (Keramikspat) - Schwerspat: <ul style="list-style-type: none"> - Chemische Industrie (Chemiespat) - Farbindustrie (Weißpigment, Füllspat, Mahlspat) - Medizin (Kontrastmittel)
<p>Zur Herstellung von Betonsplitt:</p> <p>Steingekörn, gebrochen und klassiert</p> <ul style="list-style-type: none"> - meist nur regionale Bedeutung - 	<ul style="list-style-type: none"> - Tragschichtmaterial (gebrochen, sortiert): Schotter, Splitt - Gleisschotter <ul style="list-style-type: none"> - meist nur regionale Bedeutung - 		
	<ul style="list-style-type: none"> - Tragschichtmaterial (gebrochen, sortiert): Schotter, Splitt - Gleisschotter <ul style="list-style-type: none"> - meist nur regionale Bedeutung - 		

Anlage 3.2: Festgesteine des Deckgebirges

		Gestein, Gesteinsgruppe	Verwertungs- gruppe (VG)	Vorkommen (stratigraphische Kurzzeichen vgl. Anl. 2.1, 2.2)	Regionale/ handelsübliche Bezeichnung (Beispiele)	Verwertung	
						Baustoff Verwertungskategorie K (Erdbau, Tiefbau, sonstige Verwertung)	
Deckgebirge	organogene Sedimentgesteine	kalkig bituminös	S5	ls	Jurasschiefer (Tafelsteins des Lias z)		
							Ölschieferonstein
	Chemische Sedimentgesteine	Eindampfungs- gesteine	S4	o mm			
							Kali-, Magnesiumsalz
							Steinsalz
	Ausfällungsgesteine Karbonatgesteine	S3	Eisenoolithstein (Braun-)Eisenstein	bß, bð			
							Dolomitstein
			Sub-/Sauerwasserkalkstein (Sinterkalk, Thermalinterkalk)	q e, o		Cannstatter Travertin Gaulinger Marmor	
							reih, dicht
			Kalkstein	tonig/mergelig	mu, mo, ku, l, b, w	Zementmergel	
				sandig	bß, by, o		
	Klastische Sedimentgesteine	Psephite (grobk.)	S2	km 3, sm, so		Kristallsandstein, Odenwaldsand- stein, Bausandstein, Felsandstein, Rötquarzit, Neckarsandstein (Pseudomorphosensandstein), Schiffsandstein, Rättsandstein, Stubensandstein (Spiegelsandstein), Donzdorfer Sandstein, Löffburger Platten (Plattensandstein)	
							Sandstein
		kalkig tonig	la, bß ku, km 2, km 3, km 4 r, au, sm, so				
		Psammite (mittelkörnig)	S2	h, r, z, km 4			
							Arkose (quarzitisch) Grauwacke
Pelite (feinkörnig)	S1	o, m l, b mu, ku, km 1, km 3, km 5					
					Silt(Schluff-)stein Tonmergelstein		
		Schieferonstein Tonstein	l, b, e km 4, km 5, ko mo, ku, km 1, km 2, km 3				

Erdbau:
Dammschüttmaterial
(gebrochen):
- Verkehrsdämme
- Hochwasserschutzdämme
(Stützkörper)
- Lärm- und Sichtschutzwälle

Tiefbau:
Tragschichtmaterial (unsortiert)
im ländlichen Wegebau

Sonstige Verwertung:
Verfüll- und Versatzmaterial:
- Auffüllungen in Steinbrüchen,
Tagebauen, Untertagebauen
und -deponien

Gipsleitfaden Verwertung der Festgesteine des Deckgebirges			Anlage 3.2	
Baustoff Verwertungskategorie K II			Rohstoff Verwertungskategorie K II	
Naturwerkstein Dekorationsstein	Zuschlag u. Zusatzst. für Beton u. Mörtel	Naturstein für den Verkehrswegebau	Baustoffindustrie	Sonstige Industrien
			Zur Herstellung von: Portland-Ölschieferzement	
Dekorationssteine für Boden- und Wandplatten, Fenster- bänke, Tischplatten, Treppen- stufen			Zur Herstellung von: Baukalken, Zement	
				- Chemische Industrie - Düngemittelindustrie
				- Chemische Industrie - Nahrungsmittelindustrie
			Zur Herstellung von: - Baugipsen, Gipsbaustoffen - Anhydritbinder	- Chemische Industrie - Bergbau: Bergbauanhydrit - Kunstgewerbe: Alabastergips
				- Stahlindustrie (historisch): Verhüttung sedimentärer Eisenlagerstätten
	Zuschlag (Steingekörn) für - Zement- und Gipsbeton (harte Dolomit-Varietäten)	Trag- und Frostschutz- schichtmaterial (nur harte Dolomit-Varietäten)	Zur Herstellung von: Dolomitmalken	- Eisenindustrie - Feuerfestindustrie - Chemische u. Glasindustrie
- Werksteine als Bausteine Dekorationssteine (Boden-, Wandplatten)				
- Werksteine als Bausteine - Werkstücke für Formsteine - Dekorationssteine - Pflastersteine	Zuschlag (Steingekörn) für - Zement- und Gipsbeton - Kalk-, Gips-, Zementmörtel Gesteinsmehl als Zusatzstoff	- Trag- und Frostschuttschicht- material (gebrochen, sortiert): Schotter, Splitt, Brechsand - Gleisschotter, Flußbausteine	Zur Herstellung von: - Bindemitteln (Baukalk, Zement) - Branntkalk	- Eisen- und Stahlindustrie - Chemische Industrie - Glasindustrie
			Zur Herstellung von Natur- zementen	
- Werksteine als Bausteine - Werkstücke für Formsteine - Pflastersteine (Klein-, Zier- pflaster) - Dekorationssteine für Boden- und Wandplatten - Skulptur-Rohsteine		- Tragschichtmaterial (gebrochen, sortiert): Schotter, Splitt		- Glasindustrie (Quarzsande) - Feuerfestindustrie
		Tragschichtmaterial (gebrochen, sortiert): Schotter, Splitt - nur regionale Bedeutung -		
		Tragschichtmaterial (gebrochen): Schotter, Splitt - nur regionale Bedeutung -	Zur Herstellung von: - Zement - Grobkeramik	
Dekorationssteine für Boden- und Wandplatten, Fenster- bänke, Tischplatten, Treppen- stufen u. dgl.				

Anlage 3.3: Lockergesteine

	Bodengruppe für bautechnische Zwecke (DIN 18 196)	Verwertungsgruppe (VG)	Kurzzeichen (DIN 18 196)	typische Beispiele	Verwertungsleitfaden				
					Baustoff Verwertungskategorie K I (Erdbau, Tiefbau, sonstige Verwertung)	Baust			
						Erdbau (Verkehrswegeb., Deponieb., Hochwassersch.)			
n organische und organogene Lockergesteine	Faulschlamm, Muddel	L6	F	Muddel, Faulschlamm					
	nicht zersetzte Torfe zersetzte Torfe		HN HZ	Niedermoor- und Hochmoortorfe			Gärtnereibedarf: Torfprodukte		
	kalkige, grob- bis gemischtkörnige Böden		OK	Kalk-, Tuff- und Wiesenkalk					
	humose, grob- bis gemischtkörnige Böden		OH	Mutterboden Paläoböden					
	organogene Schluffe		OU	Seckreide Kieselgur					
	organogene Tone		OT	Schluff, Klei Kohle Tone					
ch grobkörnige Böden (DIN 18 196)	Steine, Blöcke	L5	GE	Fluß- und Uferbankkiese	Erdbau: - Dammschüttmaterial für den Verkehrswegebau und Hochwasserschutz (Stützkörper) Tiefbau: - Hinterfüllung, Überschüttung von Bauwerken - Verfüllung von Leitungsgräben - Tragschichten (unsortiert) im ländlichen Wegebau - Gebäudedränung - Filter- und Dränageschichten - Sportstättenbau (Rasenetragschicht), Dränschicht, Tennisbelag - Reitplatzsande				
	Kiese		enggestufte Kiese				GW	Terrassenschotter	
			weitgestufte Kies-Sand-Gemische				GI		
		intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische							
	Sande	enggestufte Sande	L4	SE			Dünen- und Flugsande, Beckensande, Tertiärsande		
		weitgestufte Sand-Kies-Gemische		SW			Moränensande Terrassensande Granitgrus		
		intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische		SI					
	s gemischtkörnige Böden (DIN 18 196)	Kies-Schluff-Gemische	L3	GU, GU*			Moränenkiese Hangschutt, Fließberden	Erdbau: - Dammschüttmaterial: Verkehrsdamme, Lärm- und Sichtschuttwälle Tiefbau: - Hinterfüllung von Bauwerken - Tragschichten (unsortiert) im ländlichen Wegebau - Verfüllung von Leitungsgräben - Bodenaustausch zur Bauwerksgründung Sonstige Verwertung: Landschaftsbau (unterhalb Rekultivierungsschicht): - Aufschüttungen - Geländemodellierungen Verfüll- und Versatzmaterial: - Auffüllungen in Steinbrüchen, Tagebauen, Untertagebauen und -deponien	Verkehrswegebau: - Dammschüttmaterial für Verkehrsdamme (> 6 m Höhe) - Abdichtungsschicht für Straßen in Wasserschutzgebieten Hochwasserschutz: - Dammschüttmaterial für Staudämme, Flußdeiche
		Kies-Ton-Gemische		GT, GT*					
		Sand-Schluff-Gemische		SU, SU*					
		Sand-Ton-Gemische		ST, ST*					
	e feinkörnige Böden (DIN 18 196)	Schluffe (Kies- und steinfrei)	L2	UL			Löß (Primärlöß) Hochflutlehme		
mittelplastisch				UM	Seetone Beckenschluffe				
ausgeprägt zusammendrückbar				UA	vulkanische Lockergesteine				
Tone (Kies- und steinfrei)		leicht plastisch	L1	TL	Geschiebemergel Bändertone Lößlehme, Auenlehme				
		mittelplastisch		TM	Lößlehme, Beckentone, Seetone				
		ausgeprägt plastisch		TA	Beckentone, Auentone, Residualtone, Verwitterungstone				

Verwertung der Lockergesteine			Anlage 3.3														
Stoff Verwertungskategorie K II		Rohstoff Verwertungskategorie K II															
Zuschlag und Zusatzstoffe für Beton und Mörtel	Trag- und Frostschuttschichten im Verkehrswegebau	Baustoffindustrie	sonstige Industrien und Gewerbe														
<ul style="list-style-type: none"> - Belonzuschlag, (gebrochen, ungebrochen) - Asphaltzuschlag, (gebrochen, ungebrochen) 	<ul style="list-style-type: none"> - Tragschichten (sortiert) ungebrochen: Kies, Natursand - gebrochen: Schotter, Splitt, Brechsand - Frostschuttschichten (sortiert) ungebrochen: Kies, Natursand - gebrochen: Schotter, Splitt, Brechsand - Gleisschotter 	<p>Zur Herstellung von mineralisch gebundenen Baustoffen:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Betonbausteine, Betonwerksteine, Betonfertigteile wie Röhren, Dachsteine, Pflastersteine - Waschbeton - Kalksandsteine (Verblender, Hintermauersteine) - Gasbetonsteine (Blocksteine, Bauplatten) 	<ul style="list-style-type: none"> - Stahlindustrie: Schlackenbildner, Si-Metall, Ferrosilizium - Gießereien: Schieberfüller, Saure Massen, Silikasteine, Formgrundstoff - Glasindustrie: Glassande - Keramikindustrie: Grobkeramik (Magerungsmittel) - Emailindustrie: Email-Zusatzmittel - Kunststoffindustrie: Quarzmehl als Füllstoffe <p>Reinigen: Strahlmittel, Scheuermittel, Poliermittel Filtern: Wasser-, Luft-, Brunnenfilter Trennen: Wirbelschichtsanse Stützmittel (Erdölbohrungen) Haftmittel: Streusand, -splitt</p>														
<ul style="list-style-type: none"> - Mörtelzuschlag (gebrochen, ungebrochen) - Zementestrichzuschlag - Gesteinsmehle 	<ul style="list-style-type: none"> - Pflastersand (Bettungs-, Fugenmaterial) 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">L2</td> <td style="text-align: center;">UL</td> <td>Zur Herstellung von grobkeramischen Baustoffen: - Mauerziegel - Dachziegel</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">UM</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">UA</td> <td>Zur Herstellung von Traßzement</td> </tr> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">L1</td> <td style="text-align: center;">TL</td> <td>Zur Herstellung von: - Grobkeramik Irdengut (Mauer-, Decken-, Dachziegel) Sinterzeug (Klinker, Riemchen u. dgl.) Feuerfeste Steine</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">TM</td> <td>- Feinkeramik Irdengut (Irden-, Steingutfliesen und -geschirr)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">TA</td> <td>- Portlandzement - Bentonit-Abdichtungsplatten</td> </tr> </table>	L2	UL	Zur Herstellung von grobkeramischen Baustoffen: - Mauerziegel - Dachziegel	UM		UA	Zur Herstellung von Traßzement	L1	TL	Zur Herstellung von: - Grobkeramik Irdengut (Mauer-, Decken-, Dachziegel) Sinterzeug (Klinker, Riemchen u. dgl.) Feuerfeste Steine	TM	- Feinkeramik Irdengut (Irden-, Steingutfliesen und -geschirr)	TA	- Portlandzement - Bentonit-Abdichtungsplatten	<ul style="list-style-type: none"> - Heilmittelindustrie: medizinische Tonerden - Farbindustrie: eisenschüssige Tonböden (Ocker, Siena, Umbra)
L2	UL	Zur Herstellung von grobkeramischen Baustoffen: - Mauerziegel - Dachziegel															
	UM																
	UA	Zur Herstellung von Traßzement															
L1	TL	Zur Herstellung von: - Grobkeramik Irdengut (Mauer-, Decken-, Dachziegel) Sinterzeug (Klinker, Riemchen u. dgl.) Feuerfeste Steine															
	TM	- Feinkeramik Irdengut (Irden-, Steingutfliesen und -geschirr)															
	TA	- Portlandzement - Bentonit-Abdichtungsplatten															
<p>Bentonit (Montmorillonit-Ton) als thixotroper Beton-Zusatzstoff für Schlitzwände, Bodenabdichtungen</p>																	

ANHANG C Kriterienkatalog: Qualitätsanforderungen und Ausschlußkriterien

C 1 Festgesteine

Als Festgesteine gelten Gesteine mit einem inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt. Sie entsprechen dem Begriff "Fels" im bautechnischen Sinne (DIN 1054).

Die bautechnische Benennung und Beschreibung von Festgestein (Fels) ist in DIN 4022 festgelegt.

Festgesteine werden wie folgt klassifiziert:

- baustofftechnisch nach der Druckfestigkeit: (nach [C.2-13])
 - Hartgesteine > 180 N/mm²
 - Weichgesteine < 180 N/mm²
- bautechnisch nach Beanspruchungs- und Verwitterungsgrad (DIN 18 300):
 - leicht lösbarer Fels (Klasse 6)
 - schwer lösbarer Fels (Klasse 7)
- bautechnisch gemäß "Merkblatt über Felsgruppenbeschreibung für bautechnische Zwecke im Straßenbau" [B-125]:
 - als vereinfachende Zusammenfassung mehrerer Felsarten unter einem Kurzzeichen (Code siehe nachfolgende Gesteinsbeschreibungen)
 - zusätzlich nach unterschiedlichen Verwitterungsgraden:

VU (unverwittert) - Gestein zeigt keine Verwitterungserscheinungen bis höchstens Verfärbung an den Trennflächen

VA (angewittert) - Gestein ist weitgehend verfärbt und zeigt an den Trennflächen Entfestigung

VE (verwittert, entfestigt) - Gestein ist teilweise entfestigt, der ursprüngliche Gesteinsverband ist aber noch erhalten

VZ (zersetzt) - die mineralische Bindung des Gesteins ist verloren, so daß die Eigenschaften eines Lockergesteins vorliegen.

Geogenetisch werden Festgesteine in drei Gruppen unterteilt:

- Magmatische Gesteine*
- Metamorphe Gesteine*
- Sedimentgesteine.

*können unter dem Verwertungsaspekt in Baden-Württemberg zusammengefaßt werden

C 1.1 Magmatische und metamorphe Gesteine (*Verwertungsgruppen M 1 und M 2*)

C 1.1.1 Definitionen, Klassifikationen, Einsatzbereiche

Definitionen, Klassifikationen

Magmatische und metamorphe Gesteine werden genetisch wie folgt untergliedert:

Magmatische Gesteine: (Magmatite = Eruptiv- oder Erstarrungsgesteine) Code **MA** nach [B-125], Verwertungsgruppe **M 2**

- Gesteine, welche durch Kristallisation aus natürlichen Gesteinsschmelzen (Magma, Lava) entstanden sind.
Plutonite = Tiefengesteine
Vulkanite = Ergußgesteine.

Metamorphe Gesteine: (Metamorphite = Umwandlungsgesteine) Code **ME** nach [B-125], Verwertungsgruppe **M 1**

- Aus magmatischen oder Sedimentgesteinen durch Umkristallisation in festem oder teilmobilisiertem Zustand entstandene Gesteine.

Einsatzbereiche

Wirtschaftlich am bedeutendsten ist die Verwertung von magmatischen und metamorphen Gesteinen als Natursteine (Mineralstoffe) im Verkehrswegebau und als Naturwerksteine im Hochbau (Außenbau, Innenausbau) sowie Verkehrswegebau. Daneben dienen sie als Rohsteine für Bildhauerarbeiten sowie für Grab- und Denkmäler.

Magmatische Gesteine werden regional als Zuschlag für Beton und Mörtel ("Betonsplitt") verwendet.

Als industrielle Rohstoffe kommen magmatische und metamorphe Gesteine nicht in Betracht. Eine gewisse wirtschaftliche Bedeutung hingegen besitzen gangförmige, hydrothermale Mineral- und Erzlagerstätten innerhalb des Grund- und Deckgebirges.

C 1.1.2 Baustoff-Verwertung

Naturwerksteine

Als Naturwerksteine werden ausschließlich unverwitterte magmatische und metamorphe Gesteine mit homogenem, fein- bis mittelkörnigen Gefüge verarbeitet.

Je nach Einsatzbereich bestehen folgende spezifische **Qualitätsanforderungen**:

Außenbau:

- Werksteine mit Tragfunktion (z.B. Widerlager, Mauersteine) sowie Werksteine im Straßenbau (Bord-, Pflastersteine)
Druckfestigkeit (DIN 52 105)
Frostsicherheit (DIN 52 104)
- Fassaden- und Bodenplatten
Ausbruchfestigkeit (DIN 52 107)
Abriebfestigkeit (DIN 52 108)
Verwitterungsbeständigkeit (DIN 52 106).

Innenausbau:

- Bodenplatten, Fensterbänke, Türstürze, freitragende Treppen, Tischplatten
Biegezugfestigkeit (DIN 52 112).

Generell erweisen sich feldspathaltige Ergußgesteine wie z.B. Phonolithe und Nephilinbasalte, welche auch als sogenannte "Sonnenbrenner" bezeichnet werden, aufgrund ihrer Witterungsanfälligkeit als **ungeeignet**.

Zuschlag für Beton und Mörtel

Magmatische Gesteine können als gebrochener "Zuschlag mit dichtem Gefüge" zur Betonherstellung verwendet werden. Die qualitativen Gesteinsanforderungen sind in DIN 4226 festgelegt.

Im unverwitterten Zustand (Verwitterungsgrad VU) erfüllen sie bei homogenem und feinkörnigen Gefüge in der Regel die Anforderungen hinsichtlich Druckfestigkeit und Frostbeständigkeit. Die Gesteine enthalten in natürlichem, sauberen Zustand keine "schädlichen Bestandteile" im Sinne der DIN 4226 (z.B. abschlämmbare Bestandteile, Stoffe organischen Ursprungs, alkalilösliche Kieselsäure). Zusätzliche Angaben zu Qualitätsanforderungen mit zugehörigen Eignungsprüfungen enthält Kap. C 1.2.3.1 (Kalksteine).

In Baden-Württemberg hat die Verwendung gebrochener Festgesteine (Steingekörn) des kristallinen Grundgebirges als Betonzuschlag (sogenannter "Betonsplitt") nur begrenzte regionale Bedeutung.

Natursteine im Verkehrswegebau

Magmatische und vereinzelt auch metamorphe Gesteine eignen sich in unverwittertem Zustand (Verwitterungsgrad VU) infolge ihrer natürlichen Festigkeit als Naturstein für den Verkehrswegebau. Besonders brauchbar sind wiederum fein- bis mittelkörnige und homogene Varietäten (siehe oben, "Betonzuschlag").

Die **Qualitätsanforderungen** an die Gesteine sind geregelt in den

- "Technischen Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau" (TL Min-StB 83) sowie den
- "Technischen Prüfvorschriften für Mineralstoffe im Straßenbau" (TP Min-StB).

Art und Umfang von Eignungsnachweis und Güteüberwachung enthalten die

- "Richtlinien für die Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau" (RG Min-StB 83).

Nähere Angaben finden sich in Kap. C 1.2.3.1.

Grobkörnige und glimmerreiche Magmatite, schiefrige Metamorphite sowie "Sonnenbrenner"-Basalte sind aufgrund ihres geringen Widerstands gegen Schlagzertrümmerung und ihrer Witterungsempfindlichkeit **ungeeignet**.

C 1.2 Sedimentgesteine

Sedimentgesteine entstehen entweder durch Ablagerung von Verwitterungsprodukten, welche zuvor durch Wasser, Eis oder Wind transportiert und dabei häufig sortiert wurden oder durch Ausfällung und Eindampfung aus Meer- oder Seewasser (z.B. Gips, Salz).

Aus den zunächst meist locker gelagerten Sedimenten bildeten sich infolge Diagenese (Gesteinsverfestigung) Festgesteine.

Je nach ihrer Entstehung werden unterschieden:

Klastische Sedimentgesteine: (Trümmergesteine)

- bestehen aus verfestigten, vorwiegend aus physikalischer Verwitterung hervorgegangenen Gesteins- und/oder Mineralfragmenten. Die weitere Untergliederung erfolgt nach der Korngröße der Sedimentpartikel:
 - Psephite: grobkörnige Trümmergesteine mit Sedimentkorngrößen > 2 mm (z.B. Konglomerate)
 - Psammite: mittelkörnige Trümmergesteine mit Sedimentkorngrößen $0,02 - 2,0$ mm (z.B. Sandsteine)
 - Pelite: feinkörnige Trümmergesteine mit Sedimentkorngrößen $< 0,02$ mm (z.B. Tonsteine).

Chemische Sedimentgesteine:

- bestehen aus verfestigten, gefällten oder eingedampften Verwitterungsprodukten. Je nach Entstehungsart unterscheidet man:
 - Ausfällungsgesteine: bilden sich durch Ausfällung aus übersättigten Lösungen (z.B. Kalk-, Dolomitstein)
 - Eindampfungsgesteine: bilden sich aus eingedampften Lösungen (z.B. Steinsalz).

Organogene Sedimentgesteine:

- entstehen unter Mitwirkung von Organismen (Pflanzen, Tiere); man unterscheidet kalkig- und kieselig-organogene sowie bituminöse Sedimente.

C 1.2.1 Tonsteine, Schluffsteine, Tonmergelsteine (Verwertungsgruppen S 1 und S 5)

Definitionen

Die Gesteinsgruppe umfaßt die pelitischen Gesteine mit einer Korngröße der Sedimentpartikel < 0,02 mm. Sie bestehen im wesentlichen aus Tonmineralen, Quarz und Feldspat. Bei zusätzlicher Ablagerung chemischer und/oder mittelkörniger Sedimente entstehen Mischgesteine (z.B. Tonmergel, sandige Tone, Sandmergel).

Die Benennung der pelitischen Gesteine erfolgt

- nach der Korngröße der Sedimentpartikel
 - **Schluffsteine** Korngrößen 0,002 - 0,02 mm
 - **Schlufftonsteine** Korngrößen < 0,002 - 0,02 mm
 - **Tonsteine** Korngrößen < 0,002 mm
- nach der chemischen Zusammensetzung der Sedimentbestandteile z.B. gemäß Abb. 7, Kap. C 1.2.3.2
- nach dem Grad der Teilbarkeit bei Ausbildung eines Schichtgefüges (= Paralleltexur):
 - kompakte, massige **Tonsteine**
 - feingeschichtete bis blättrige **schiefrige Tonsteine** ("Schiefertone")
 - **Tonschiefer** sind metamorph überprägte (Schiefer-)Tonsteine und gehören strenggenommen nicht zu den Sedimentgesteinen.

Technische Klassifikation

Gemäß [B-125] werden die Gesteine unter dem Code **SF** (= feinkörnige Sedimentgesteine) zusammengefaßt.

Bautechnisch gehören sie zu den sogenannten **veränderlich festen** oder **erweichbaren Gesteinen**, welche verwitterungsempfindlich sind und deren Festigkeit stark vom Verwitterungsgrad und dem natürlichen Wassergehalt abhängig ist.

Einsatzbereiche:

- untergeordnet als Baustoff
- überwiegend als Rohstoff (keramische Industrie, Zementindustrie).

C 1.2.1.1 Baustoff-Verwertung

Als **Naturwerksteine** kommen pelitische Gesteine nur in Form kalkreicher, fester und feinstgeschichteter Tonmergel, z.B. als sogenannter "Tafelfleins" des Schwarzen Jura ã als Wandverkleidungen, Bodenplatten, Fensterbänke und Treppenstufen zum Einsatz.

Als **Natursteine** (Mineralstoffe im Verkehrswegebau) sind sie mangels Druckfestigkeit, Verwitterungsbeständigkeit und Frostsicherheit *ungeeignet*.

Im Erdbau können sie wegen ihrer Witterungs- und Frostanfälligkeit nur bedingt zur Erstellung technischer Erdbauwerke (Straßendämme, Hochwasserschutzdämme, Lärm- und Sichtschutzwälle) eingesetzt werden.

In zersetzter Form (Verwitterungsgrad VZ) sind sie bei geeigneter Qualität (vgl. Kap. C 2.1.1) im Deponiebau als Dichtungsmaterial verwendbar.

Technische Klassifikationen

- Veränderlichkeit in Wasser gemäß DIN 4022, Teil 1 (24-stündiger Wasserlagerungsversuch):
 - stark veränderlich: Probe ganz zerfallen und in Brei übergegangen
 - veränderlich: Probe zerfallen, aber Einzelbestandteile noch fest
 - mäßig veränderlich: Oberfläche der Probe aufgeweicht oder Teile bröckeln ab
 - nicht veränderlich: keine Veränderung festzustellen.
- Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 76: Gelöste Felsschüttböden gelten als frostempfindlich, wenn sie in Abhängigkeit von der Ungleichförmigkeitszahl U (ermittelt aus der Körnungslinie) folgende Gehalte an Feinteilen < 0,06 mm überschreiten:
 - 5 % bei $U > 15$
 - 15 % bei $U < 6$.

Bei Erdbauarbeiten kommt es im Zuge der Gewinnung der Festgesteine zu Auflockerungen, die bei der Verwertung entsprechend zu berücksichtigen sind (Massenangaben).

C 1.2.1.2 Rohstoff-Verwertung

Keramikindustrie

Pelitische Gesteine haben wirtschaftliche Bedeutung in der

- Grobkeramik-Industrie: Ton-, Schlufftonsteine für Mauersteine und Dachziegel
- Feinkeramik-Industrie: Kaolin-haltige Schiefertone für Feinkeramikprodukte und Sinterware; Spezialtone für hochwertige Feinkeramik.

Die Rohstoffeigenschaften werden geprägt durch die Menge, Art und Korngröße der vorhandenen Minerale. Eigenschaftsbestimmend ist dabei der in der Feinstfraktion < 0,002 mm enthaltene Anteil an:

- plastischen Tonmineralen (fehlgeordnete Kaolinite, Illite, Montmorillonite)
- unplastischen Tonmineralen (Kaolinite, Glimmer).

Qualitätsanforderungen bestehen an das Rohmaterial hinsichtlich:

- Korngrößenaufbau, Mineralbestand, Chemismus (vgl. auch Kap. C 2.1.2).

Das Rohmaterial kann durch Mischen mehrerer Rohstoffkomponenten optimiert und ggf. aufbereitet werden.

Qualitätsmerkmale des Produktes wie z.B. die Druck- und Bruchfestigkeit, Frostsicherheit, Brennfarbe, Riß- und Einschlußfreiheit, Wassersaugfähigkeit (u.a. gem. DIN 105, DIN 456) werden in der Regel empirisch durch Brennversuche mit unterschiedlichen Rezepturen ermittelt.

Als **Ausschlußkriterien** gelten folgende, ziegeltechnisch störende oder schädliche Rohstoffverunreinigungen:

- Eisenverbindungen wie Pyrit, Markasit, Eisenoxide- und -hydroxide (Trockenausblühungen)
- grobstückige Karbonate (Kalkabplatzer im Ziegel)
- Gips (Ausblühungen)
- Chloride (bei Gehalten bereits unter 1 % schwere Störungen im Ofenbetrieb)
- lösliche Sulfate (Ausblühungen, oft auch Frostschäden).

Zementindustrie

Ton- und Tonmergelsteine zählen nach Zerkleinerung und Aufbereitung zu den wesentlichen Hauptkomponenten bei der Zementherstellung. Sie enthalten die verfahrenstechnisch wichtigen Mineralgruppen SiO_2 , Al_2O_3 und Fe_2O_3 und werden zur Rohmehlherstellung verwendet (vgl. auch Kap. C 1.2.3.2).

C 1.2.2 Sandsteine, Arkosen, Grauwacken Brekzien, Konglomerate (Verwertungsgruppe S 2)

Definitionen

Die Gesteinsgruppe umfaßt die mittel- und grobkörnigen klastischen Sedimente (Psammite, Psephite) mit Korngrößen der Sedimentpartikel von 0,02 bis 63 mm. Diese sind durch kieselige (quarzitische), karbonatische oder tonige Bindemittel verkittet.

Die Einteilung der Gesteine stützt sich auf die Größe und Form der Körner (Klasten) sowie auf den Bindemittel-(Matrix-)Anteil, wobei man je nach Mengenanteil von einem korn- oder matrixgestützten Gefüge spricht.

Tab. 4: Einteilung der mittel- und grobkörnigen klastischen Sedimentgesteine

Gesteinsgruppe	Korngröße in mm	Kornform der Klasten		
		gerundet Korn-an-Korn-Gefüge	Matrixgefüge	eckig Korn-an-Korn-Gefüge
Psammite (mittelkörnig)	0,02 - 2,0	Sandsteine (fein - grob)	Grauwacken, Arkosen (> 25% Feldspat-Klasten)	Arenite (z.T. auch Matrixgefüge)
Psephite (grobkörnig)	2,0 - 63	Konglomerate	-	Brekzien

Technische Klassifikationen

Nach [B-125] werden die Gesteine nach der Art ihrer Kornbindung unter folgenden Gruppensymbolen zusammengefaßt:

SG (mittel- und grobkörnige Sedimentgesteine). Darunter fallen:

- Sandsteine: psammitische Sedimentgesteine (Korngröße 0,02 - 2,0 mm) mit tonigem oder karbonatischen Bindemittel; auch Quarzsandsteine (> 95% Quarz-kornanteil)
- Kalksandsteine: ausgeprägt kalkig gebundene Sandsteine
- Grauwacken: Mineral- (u.a. Quarz, Feldspäte) und Gesteinskomponenten von Sandfraktionsgröße in feinkörniger Matrix (Bindemittel)
- Arkosen: ausgeprägtes Matrixgefüge und > 25% Feldspäte im Klastenanteil
- Arenite: hoher Anteil von Gesteinsfragmenten im Klastenanteil
- Konglomerate/ Brekzien: psephitische Sedimentgesteine (Korngröße 2,0 - 63 mm) mit gerundeten/eckigen Klasten.

QU (quarzitische Gesteine):

- quarzitische Quarzsandsteine: quarzitisch (kieselig) gebundene Sandsteine mit Quarzkornanteil > 95 %
- Quarzite:
 - metamorphe Gesteine mit sehr hohem Quarzanteil (Quarzit im engeren Sinne)
 - Quarzgesteine mit sehr dichtem, tlw. rekristallisiertem Gefüge ("Zementquarzit", Quarzit im übertragenen Sinne).

Einsatzbereiche

Mittel- und grobkörnige Sedimentgesteine werden als Baustoffe in Form von Naturwerksteinen eingesetzt. Bei quarzitischer Bindung können sie als Natursteine (Mineralstoffe) im Verkehrswegebau sowie als Zuschlag (Betonspalt) verwendet werden, wobei dieser Einsatz wirtschaftlich oft nur regionale Bedeutung hat.

Qualitätsbestimmend für den bautechnischen Einsatz ist der Kornbestand sowie die Art und Zusammensetzung der Zementation. Im Innenausbau spielen daneben noch gewisse dekorative Gesteinsmerkmale eine Rolle.

Als Rohstoff werden besonders quarzitisches Quarzsandsteine (Vorkommen z.B. im Schwarzwald und Odenwald) in der Glas- und Feuerfestindustrie und in Gießereien verwendet.

C 1.2.2.1 Baustoff-Verwertung

Naturwerksteine

Sandsteine unterschiedlicher geologischer Herkunft (Buntsandstein, Keuper, Unterer und Mittlerer Jura) werden heute noch vereinzelt als Bausteine (Mauer-, Formsteine) und für Fassadenverkleidungen verwendet. Kalkig gebundene Sandsteine sind gesuchte Skulptur-Rohsteine für Bildhauerarbeiten.

Aufgrund der heute besonders in Ballungsräumen auftretenden Luftverunreinigungen (aggressive Rauchgase) unterliegen vor allem kalkig und tonig gebundene Sandsteine einer erhöhten, chemischen Zersetzung; kieselig gebundene Sandsteine haben diesbezüglich eine höhere Verwitterungsbeständigkeit.

Die erforderlichen Naturwerkstein-Eignungsprüfungen sind mit zugehörigen Prüfnormen im Kap. C 1.2.3.1 aufgeführt.

Zuschlag für Beton und Mörtel

Die Bau- und Baustoffindustrie setzt regional quarzitisches Sandsteine sowie Grauwacken und Quarzite als gebrochene Zuschlagstoffe mit dichtem Gefüge als sogen. "Betonsplitt" ein. Sind die genannten Gesteine unverwittert (Verwitterungsgruppe VU) und frei von betonschädlichen Verunreinigungen, erfüllen sie in der Regel die betontechnologischen Anforderungen (vgl. auch Kap. C 1.2.3.1 und C 2.3.1).

Natursteine im Verkehrswegebau

Im Verkehrswegebau werden unverwitterte (Verwitterungsgrad VU) quarzitisches Quarzsandsteine, Quarzite und bisweilen auch Grauwacken in gebrochener Form als Schotter- und Splittmaterial für Trag- und Frostschutzschichten eingesetzt.

Qualitätsanforderungen an die Mineralstoffe hinsichtlich Festigkeit und Schlagwiderstand sind in den TL Min-StB 83 (Tabelle 3) wie folgt festgelegt:

Tab. 5: Technische Qualitätsanforderungen an Sandsteine gemäß TL Min-StB 83

Mineralstoffgruppe	Rohdichte ρ_R (g/cm ³)	Würfeldruckfestigkeit σ_D (N/mm ²)	Widerstandsfestigkeit gegen Schlag	
			Schotter SD 10 (Gew.-%)	Splitt/Kies SZ _{8/12} (Gew.-%)
Grauwacke, Quarzit, Gangquarz, Quarzit. Sandstein	2,60 - 2,75 *	120 ** - 300	10 - 22 ***	12 - 27 ***
* Erfahrungswerte für Eignung, keine Anforderungen ** Mindestwert *** Höchstwert				

Weitere Hinweise zu Eignungskriterien und Prüfnormen finden sich in Kap. C 1.2.3.1 (Karbonatgesteine).

Ausgeschlossen von einer Verwertung sind:

- poröse Sandsteine (mangelnde Frostsicherheit infolge erhöhter Wasseraufnahmefähigkeit)
- grobkörnige Sandsteinvarietäten (oft zu geringe Widerstandsfähigkeit gegen Schlagbeanspruchung).

Für die Verwendung von **Felsausbruch** als Schüttmaterial wird auf die Angaben in Kap. C 1.2.3.1 (Karbonatgesteine) verwiesen.

C 1.2.2.2 Rohstoff-Verwertung

Der Rohstoffeinsatz konzentriert sich weitgehend auf quarzitisch (kieselig) gebundene Quarzsandsteine. Sie sind nach aufwendiger Aufarbeitung (Zerkleinerung) als SiO₂-Rohstoffe in der Glas- und keramischen Feuerfestindustrie verwendbar. Geeignet sind Sandsteine, die sich durch die Aufbereitung zu einem Quarzsand von

- bis zu 99,5 % SiO₂
- < 0,25 % Al₂O₃ und
- < 0,03 % Fe₂O₃

veredeln lassen.

Aufbereitete Quarzsande werden auch als Formsande in Gießereien eingesetzt (Qualitätsanforderungen siehe Kap. C 2.3.2, Sande und Kiese).

C 1.2.3 Kalksteine, Kalkmergelsteine, Dolomitsteine (*Verwertungsgruppe S 3*)

Definitionen

Die Gesteinsgruppe der Karbonate umfaßt Sedimentgesteine, welche durch Karbonatfällung mit anschließender Zementation entstanden sind. Neben reinem Kalkstein liegen infolge toniger und sandiger Beimengungen sowie chemischer Reaktionen häufig Mischgesteine vor.

Kalksteine besitzen eine sehr vielfältige geologische Klassifikation und Nomenklatur. Es bestehen Gliederungen und Benennungen z.B. nach:

Partikelgröße:

- Kalklutite mit Partikelgröße $< 0,063$ mm
- Kalkarenite mit Partikelgröße $> 0,063$ mm

Partikelart:

- Skelettfragmente, Ooide, Pelloide, Intraklasten, Onkolithe

Matrixart:

- mikritisch = feinkörnig ($< 0,004$ mm)
- sparitisch = grobkörnig/spätig (0,005 - 0,05 mm)

äußeren Kennzeichen:

- Gefügevarietäten wie z.B. Knollenkalke, Wellenkalke, Schaumkalke, wohlgebankte Kalke
- Farbvarietäten durch Beimengungen anderer Stoffe wie z.B. Ton, Bitumen, Kohle

geologisch-stratigraphischer Stellung:

- z.B. Trochitenkalk, Crinoidenkalk.

Dolomitstein entsteht entweder primär im Zuge der Karbonatgesteins-Diagenese oder sekundär durch postdiagenetische Dolomitisierung von Kalksteinkomplexen. Dolomite sind überwiegend fein- bis grobkörnig, aber auch mikrokristallin bis nahezu dicht. Durch Verwitterung erscheinen sie oftmals zellig, porig oder kavernös und neigen zu sandig-grusigem Zerfall. Zwischen reinen Kalk- und Dolomitsteinen gibt es alle Übergangsformen.

Mergelsteine sind Kalk-Ton-Mischgesteine. Je nach Stoffanteil existiert eine Reihe unterschiedlicher Mischformen (vgl. Abb. 7, S. 45).

Technische Klassifikation

Die genannten Gesteine werden gemäß [B-125] unter dem Gruppensymbol **KA** (= karbonatische Gesteine) zusammengefaßt.

Einsatzbereiche

Karbonatgesteine werden in der Bauindustrie und dem Baugewerbe als Baustoff in Form von Natursteinen und Naturwerksteinen eingesetzt.

Sie sind einer der wichtigsten Grundstoffe für viele großtechnische Verfahren der Eisen- und Stahlindustrie, sowie der Feuerfest- und der chemischen Industrie. Der Baustoffindustrie dienen sie als maßgeblicher Rohstoff zur Baustofferzeugung (Bindemittel, Branntkalk).

C 1.2.3.1 Baustoff-Verwertung

Naturwerksteine

Karbonatgesteine werden sowohl im Außenbau wie auch beim Innenausbau verwendet. Dabei werden generell nur harte und dichte Varietäten eingesetzt, wobei die Nachfrage nach Kalkstein deutlich dominiert.

Im **Außenbau** finden die Gesteine vornehmlich als roh bearbeitete, quaderförmige Bausteine (Haus-, Mauerbau), bisweilen auch als Pflastersteine Verwendung.

Für den **Innenausbau** werden sie als feingeschliffene und polierte Bodenbeläge, Treppen und Fensterbänke sowie als Tischplatten verarbeitet.

An karbonatische Naturwerksteine werden allgemein hohe *Qualitätsanforderungen* gestellt, insbesondere hinsichtlich:

- Gesteinsdichte (DIN 52 102)
- Frostbeständigkeit (DIN 52 104)
- Druck- und Kantenfestigkeit (DIN 52 105)
- Verwitterungsbeständigkeit (DIN 52 106)
- Schlag- und Abriebfestigkeit (DIN 52 107, DIN 52 108)
- Biegefestigkeit (DIN 52 112).

Eine genaue Gesteinsprüfung ist erforderlich, da bei mangelnder Eignung Schäden erst nach langer Zeit sichtbar werden und besonders Karbonat-Naturwerksteine im Außenbereich erhöhten Angriffen durch Immissionen ausgesetzt sind.

Zuschlag für Beton, Mörtel und Asphalt

Im Zuge steigender Nachfrage und knapperer Rohstoffressourcen gewinnen karbonatische Natursteine als Zuschlag zur Herstellung sogenannten "Splittbetons" sowie als Mörtel-Zuschlag zunehmend an Bedeutung.

Geliefert werden Zuschläge aus gebrochenem Karbonatgesteine ("Betonsplitt") in folgenden Lieferkörnungen/Korngruppen:

- Brechsand-Splitt-Gemische und Splitt (einfach gebrochen) : 0/5, 5/11, 11/22, 22/32
- Edelbrechsand (doppelt gebrochen): 0/2
- Edelsplitt (doppelt gebrochen): 2/5, 5/8, 8/11, 11/16, 16/22.

Wegen der für die Verarbeitung günstigen, kubischen Kornform werden bevorzugt Edelsplitt und Edelbrechsande eingesetzt (Anteil kubisch geformter Zuschlagskörner möglichst > 80 %).

Gesteinsmehle der Korngruppe 0/0,09 werden als sogen. "Füller" im bituminösen Straßenbau verarbeitet; ferner dienen sie als Zusatzstoffe bei der Betonherstellung.

Aufgrund der bestehenden *Qualitätsanforderungen* kommen nur feste und dichte Kalksteine (selten Dolomitsteine) ohne tonige und mergelige Bestandteile in Betracht.

Nach DIN 4226, Teil 1, bestehen u.a. Qualitätskriterien hinsichtlich:

Druckfestigkeit (gem. DIN 52 105):

- Regelanforderung: $\geq 100 \text{ N/mm}^2$ in durchfeuchtetem Zustand
- für Oberbeton bei Betonstraßen: $\geq 150 \text{ N/mm}^2$.

Frostbeständigkeit

- gemäß DIN 52 100, DIN 52 106:
 - max. Wasseraufnahme des Gesteins von 0,5 % und/oder eine Druckfestigkeit von mind. 150 N/mm^2 in durchfeuchtetem Zustand (nach [C.2-14])
- gemäß DIN 4226, T1:
 - Regelanforderung F (mäßige Durchfeuchtung des Betons): Absplitterung $\leq 4 \%$ (DIN 52 104, T1)
 - erhöhte Anforderung eF (starke Durchfeuchtung des Betons): Absplitterung $\leq 4 \%$
 - erhöhte Anforderung eFT: Absplitterung $\leq 2 \%$.

Anteil schädlicher Bestandteile:

- abschlämmbare Bestandteile je nach Zuschlagsgemisch 1,0 - 4,0 % (vgl. Tab. 18, S. 66)
- organische Verunreinigungen max. 0,5 %; für Sichtbeton oder Estrich tlw. weniger
- quellfähige und erhärtungsstörende Bestandteile:
 - Sulfatgehalte (berechnet als SO_3) $< 1 \%$
 - wasserlösliches Chlorid max. 0,02 %
 - alkalilösliche Kieselsäure in Opalsteinen und Flinten sind zu überprüfen.

Aufgrund mangelnden Abnutzungswiderstandes (Druckfestigkeit) sowie wegen der Polierbarkeit ist ein Einsatz von Kalkstein als Zuschlagstoff für den Oberbeton von Betonfahrbahnen sowie für Asphalt-Deckschichten erfahrungsgemäß **auszuschließen**.

Die geforderten Rohstoff-Qualitätsprüfungen können **nicht** an labormäßig hergestellten Proben durchgeführt werden. Für eine amtliche Zulassung müssen diese vor Prüfungen in einer großtechnischen Anlage aufbereitet werden.

Natursteine im Verkehrswegebau

Gebrochene Karbonatgesteine finden eine bedeutende und breitgefächerte Verwendung im Straßen-, Wege-, Bahn- und Wasserbau.

Als **Mineralstoffe für den Straßen- und Wegebau** werden hauptsächlich die in Tab. 6 aufgeführten Produkte mit zugehörigen einsatzspezifischen Lieferkörnungen verwendet:

Tab. 6: Einsatzbereiche von Karbonatgesteinen als Mineralstoffe im Verkehrswegebau

Produkt	Lieferkörnung(en) in mm	Einsatzbereiche
Straßenschotter Splitt Brechsand	32/45, 45/56 5/11, 11/22, 22/32 0/2	ungebundene und hydraulisch gebundene Tragschichten, Frostschutzschichten, Zuschlag für Binderschicht und Decke (Unterbeton)
Edelsplitt Edelbrechsand Füller (Gesteinsmehl)	2/5, 5/8, 8/11, 11/16, 16/22 0/2 0/0,09	Zuschlag für Binderschicht und Decke (Unterbeton) mit erhöhter Anforderung
korngestufte Mineralgemische ("Mineralbeton")	0/32, 0/45, 0/56	ungebundene und hydraulisch gebundene Tragschichten, Frostschutzschichten
Schroppen	> 56	Packlagen im Unterbau

Die Zusammensetzung der Mineralstoffgemische ist in den "Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau" (ZTVT-StB 86/90) festgelegt. Die Sieblinie der Gemische für Schottertragschichten muß dabei innerhalb festgelegter Sieblinienebene liegen.

Die zu verwendenden Karbonatgesteine müssen den *Qualitätsanforderungen* der TL Min-StB 83 genügen. Die Eignungsprüfungen sind in den TP Min-StB, die Güteüberwachungen in den RG Min-StB 83 geregelt. Für Frostschutz-/Tragschichten gelten in Baden-Württemberg darüber hinaus die Regelungen der ETV-StB-BW 89 (Anlage 8; Wasserschluckwert, Proctordichte, Sandäquivalent, Wasseraufnahme, Natursandanteil)

Die wichtigsten generellen Anforderungen sind:

- hohe Gefügefestigkeit d.h. nur feinkörnige, harte und dichte Gesteine (Prüfnormen: Schlagprüfung DIN 52 115, Druckversuch DIN 52 105)
- hohe Verwitterungs- und Frostbeständigkeit, d.h. geringe Wasseraufnahmefähigkeit (Prüfnormen: DIN 52 104, DIN 52 106)
- Raumbeständigkeit
- möglichst günstiges Zerkleinerungsverhalten (dichte, mikrokristalline Matrix).

Als erforderliche Festigkeitskriterien für Kalk- und Dolomitsteine zur Schotter- und Splittproduktion nennen die TL Min-StB 83 :

Tab. 7: Technische Qualitätsanforderungen an Karbonatgesteine gemäß TL Min-StB 83

Mineralstoffgruppe	Rohdichte ρ_R (g/cm ³)	Würfeldruckfestigkeit σ_D (N/mm ²)	Widerstandsfestigkeit gegen Schlag	
			Schotter SD 10 (Gew.-%)	Splitt/Kies SZ _{8/12} (Gew.-%)
Kalkstein, Dolomitstein	2,65 - 2,85 *	80 - 100 **	16 - 30 ***	17 - 28 ***
* Erfahrungswert für Eignung, keine Anforderung ** Mindestwert *** Höchstwert				

Weitere Qualitätsprüfungen und Ausschlußkriterien siehe Kap. "Betonzuschlagstoffe".

Karbonatgesteine können als Felsausbruch (Einschnitte, Tunnelbaumaßnahmen) für **Damm-schüttungen** verwendet werden. Hierbei bestehen nach ZTVE-StB 76, Abs. 3.7 sowie [C.2-19] folgende Anforderungen:

- Steingröße maximal $\frac{2}{3}$ der zulässigen Schütthöhe
- Einbau groben Felsgestücks > 150 mm nur im unteren Teil von Dämmen bis 1,0 m unter Planum
- für obersten Meter der Felsschüttung Steingröße ≤ 150 mm und Verbesserung durch Zugabe ergänzender Korngemische.

Es hat sich als wirtschaftlich erwiesen, kleine Mengen von Blöcken über $0,1 \text{ m}^3$ auszusortieren und am Dammfuß einzubauen. Bei großem Anfall von Felsblöcken sind diese bis zu einer maximalen Steingröße von 250 mm zu zerkleinern.

Zur **Hinterfüllung und Überschüttung** von Bauwerken (z.B. Brücken, Stützmauern) können gemäß [B-2] Gemische aus gebrochenem Gestein der Lieferkörnung 0/100 verwendet werden; der Gehalt an Feinteilen (< 0,06 mm) ist dabei auf 15 Gew.-% begrenzt.

Im **Bahnbau** werden nur ausgesprochene Hartkalksteine (hohe Frost- und Druckbeständigkeit) als Gleisbettungsschotter (Lieferkörnung 25/65) eingesetzt. Ferner werden gebrochene Karbonatsteine bei der Herstellung von Planumsschutzschichten verwendet; entsprechende Qualitätsanforderungen sind in der Bundesbahnvorschrift TL 918 62 geregelt.

Im **Wasserbau** werden Hartkalksteine (Druckfestigkeit > 80 N/mm^2) als Ufer- und Wasserbau- steine sowie als Schüttsteine (Steinwurf) zur Böschungssicherung in folgenden Größenklassen eingesetzt (nach [C.2-1]):

- Klasse I: 10 - 15 cm Kantenlänge (KL)
- Klasse II: 15 - 25 cm KL
- Klasse III: 15 - 45 cm KL
- Klasse IV: 20 - 60 cm KL
- Klasse V: 35 - 100 cm KL.

C 1.2.3.2 Rohstoff-Verwertung

Kalk- und Dolomitstein wird als Rohstoff (Grundstoff) in den verschiedensten Industriezweigen entweder als natürlicher Rohstein ("Rohkalkstein") oder in gebrannter bzw. gesinterter Form ("Branntkalk") verwendet.

Dolomit wird als Rohstein, in halbentsäuerter und vollentsäuerter Form sowie als Sinterdolomit eingesetzt.

Entsprechend der wirtschaftlichen Bedeutung werden Karbonatgesteine von folgenden Verbrauchergruppen verwertet:

Baustoffindustrie

Die Baustoffindustrie benötigt Karbonatgesteine überwiegend zur Herstellung von mineralischen Bindemitteln.

Einsatzmöglichkeiten innerhalb der Mischreihe Karbonate - Tone zeigt Abb. 7. (tabelle.cdr)

	95	85	75	65	% Kalk (CaCO ₃)		35	25	15	5
Hochprozentiger Kalkstein	Mergeliger Kalk	Mergelkalk	Kalkmergel	Mergel			Tonmergel	Mergelton	Mergeliger Ton	Hochprozentiger Ton (Kaolin)
	5	15	25	35	% "Ton" (= Nichtcarbonat)		65	75	85	95
	10		25	30	40		75	90		
Weißkalk	Wasserkalk		Zementkalk	Roman- kalk	Portlandzement		Ziegelton		Feuer- fester Ton	
	90		75	70	60		25		10	
	% CaCO ₃									

Abb. 7: Nomenklatur und technische Verwertung der Kalk-, Ton- und Mergelsteine in der Baustoffindustrie (verändert nach CORRENS, [C.2-8])

Nachstehend sind die wichtigsten Produktgruppen mit zugehörigen Rohstoff-Qualitätsanforderungen aufgeführt.

Baukalke werden als "Bindemittel, deren analytische Hauptbestandteile die Oxide des Calciums (CaO), Magnesiums (MgO), Siliciums (SiO₂), Aluminiums (Al₂O₃) und Eisens (Fe₂O₃) sind" definiert (DIN 1060). Sie werden aus Kalkstein, aber auch aus Dolomitstein oder Kalkmergelstein durch Brennen unterhalb der Sintergrenze (1.000 - 1.200 °C) erzeugt.

Aus Kalksteinen bzw. dolomitischem Gestein werden sogenannte Luftkalke, aus Kalkmergelsteinen hydraulisch erhärtende Kalke hergestellt.

Einen Überblick über Baukalk-Arten sowie die aus den einzelnen Rohstoffen gewonnenen Handelsformen gibt Tab. 8.

Tab. 8: Baukalke und Baukalk-Rohstoffe

Baukalk-Art		Rohstoff	Handelsform	
			gebrannt, ungelöscht	gemahlen und gelöscht
Luftkalke		Kalkstein	Weißfeinkalk Weißstückkalk	Weißkalkhydrat
		Calciumcarbid (Acetylenherstellung)		Carbidkalkhydrat
		Dolomitstein	Dolomitfeinkalk	Dolomitkalkhydrat
Hydraulisch Erhärtende Kalke	Wasserkalke	mergeliger Kalkstein	Wasserfeinkalk	Wasserkalkhydrat
	Hydraulische Kalke	Kalkmergelstein		Hydraulischer Kalk
	Hochhydraulische Kalke	Kalkmergelstein, mergeliger Kalk + Puzzolane und/oder latent hydraulische Stoffe		Hochhydraulischer Kalk

Zur Baukalkherstellung werden an den Rohkalkstein folgende **Qualitätsanforderungen** gestellt (nach [C.2-3]):

CaCO₃

- mind. 85 Gew.-%, für hochwertige Branntkalke 95 - 98 Gew.-%

Fe₂O₃

- wegen Gefahr von Bildung färbender Ausblühungen sollen für die Herstellung von Kalkhydrat Fe₂O₃-Gehalte von 0,8 Gew.-% nicht überschritten werden

MgO

- bei Einsatz von Hartbranntkalk (gesinterter Branntkalk) möglichst < 1,15 Gew.-%
- bei Herstellung/Verwendung von Weißfeinkalk < 4,5 Gew.-%
- bei Herstellung/Verwendung von Weißkalkhydrat < 6 Gew.-%

SO₄²⁻

- bei Einsatz von Feinweißkalk < 0,6 Gew.-%
- bei Einsatz von Kalkhydrat < 0,75 Gew.-%

Matrix

- für den Einsatz in Kalkbrennanlagen sollte der Kalkstein möglichst feinkörnig bis mikrokristallin sein; grobspätige oder marmorartige Kalksteine zerrieseln beim Brennen

t_U -Wert

- Zeitspanne für einen 80 %igen Umsatz von Branntkalk zu Kalkhydrat (= Maß für die Reaktionsfähigkeit von Branntkalken)
Folgende t_U -Werte werden je nach Rohstoffeinsatz verlangt:
 - für Kalke zur Herstellung von Kalksandstein: $t_U = 2 - 8$ min.
 - für Kalke zur Porenbetonherstellung: $t_U = 10 - 20$ min.
 - für Kalke zur Bodenstabilisierung: $t_U < 20$ min.

Zement ist nach DIN 1164 ein "feingemahlene, hydraulisches Bindemittel für Mörtel und Beton, das im wesentlichen aus Verbindungen von Calciumoxid mit Siliciumdioxid, Aluminiumoxid und Eisenoxid besteht, die durch Sintern oder Schmelzen entstanden sind." Die wesentlichen Reaktionspartner von Zement sind Calciumsilikate und -aluminat, welche mit Wasser Hydrate bilden und die Verfestigung bewirken.

Je nach Art des Zements sind Rohstoffe (z.B. Kalk- und Kalkmergelsteine, Ton, Tonstein, Tonmergelstein, Lehm sowie Gips- und Anhydritstein), Herstellung, Zusammensetzung und Eigenschaften verschieden.

Das Vorprodukt bei der Zementherstellung ist der durch Brennen erhaltene, granuliert Zementklinker (Portlandzementklinker), dessen wesentliche Ausgangsstoffe Kalkstein (CaO-Träger) und Tonstein (SiO₂, Al₂O₃ und Fe₂O₃-Träger) sind. Günstig als Rohstoff sind Kalkmergelsteine, welche bereits in etwa die gewünschte Klinkerzusammensetzung besitzen (sogen. "Naturzemente"). Die Änderung der chemischen Zusammensetzung der natürlichen Rohstoffgemische erfolgt durch sogenannte Korrekturstoffe (z.B. Quarzsand, Kiesabbrand, Eisenerz).

Die in ihren Eigenschaften unterschiedlichen Zementarten werden durch Mischung von Portlandzementklinker mit anderen Rohstoffen (Hüttensand, Flugasche, Füller, natürliche Hydraulite etc.) und anschließendem Mahlen hergestellt.

Nach DIN 1164 genormte Zemente ("Normzemente") sind: Portlandzement (PZ), Eisenportlandzement (EPZ), Hochofenzement (HOZ), Traßzement (TrZ) sowie Portlandölschieferzement (PÖZ).

Qualitätsanforderungen bestehen an die Rohstoffe vor allem hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung. Bei der Eingangsprüfung werden folgende chemischen Parameter ermittelt:

- CaO, MgO, Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃, Na₂O, K₂O, P₂O₅, Cl⁻, SO₃ sowie der Glühverlust.

Bei der Herstellung von Zement wird eine optimale chemische Zusammensetzung angestrebt. Zur Beurteilung des chemischen Bestands von Rohstoffen, Rohmehl und Klinker verwendet man chemische Kennwerte, welche als sogen. Kalkstandard (KST), Silikatmodul (SM) und Tonerdemodul (TM) bezeichnet und in der Regel vom Verwerter errechnet werden.

An die chemisch-mineralogische Zusammensetzung des ofenfertigen Rohmehls (= gemahlener natürlicher Rohstoff wie z.B. Kalkstein, Kalkmergelstein, Tonstein) werden im wesentlichen folgende Anforderungen gestellt:

- 77 - 80% CaCO₃ (incl. max. 3% MgCO₃)

- Verhältnis $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 3 : 1$ bis $6 : 1$ (günstig sind hohe SiO_2 -Gehalte)
- max. 3% Alkalioxide (K_2O , Na_2O)
- verfahrenstechnisch schädlich sind SO_3 - und P_2O_5 -Gehalte
- bei $\text{KST} = 100$ liegt ein optimaler CaO -Gehalt vor
- bei $\text{SM} = 2,0 - 2,7$ ist der Rohstoff gut einsetzbar
- bei $\text{TM} = 1,5 - 2,5$ liegt eine günstige Rohstoffzusammensetzung vor.

Aus verfahrenstechnischen Gründen gelten für Zement-Rohstoffe folgende **Ausschlusskriterien**:

- sekundär dolomitierte Kalksteine können eine Überschreitung des zulässigen MgO -Gehaltes von 5% im Klinker bewirken
- kieselige Einlagerungen (z.B. Kieselknollen in "Linsenkalken" des Weißjura ä - î) wirken sich nachteilig auf den Brech- und Mahlvorgang aus und verändern das Brennverhalten ungünstig
- generell schädlich sind SO_3 - und P_2O_5 -Gehalte.

Eisen- und Stahlindustrie

In diesen Branchen wird in erster Linie ungebrannter sowie auch gebrannter Kalkstein als Zuschlagstoff bei der Roheisen- und Stahlherstellung entsprechend Tab. 9 eingesetzt.

Dolomitstein spielt bei der Produktion eine untergeordnete Rolle.

Tab. 9: Einsatzbereiche von Kalk- und Dolomitstein in der Eisen- und Stahlindustrie

Industriezweig	Kalkstein		Dolomitstein		
	ungebrannt	gebrannt	ungebrannt	vollentsäuert	gesintert
Hüttenindustrie (Hochofenwerk)	Splitt und Steinmehl als Zuschlagstoff zur Roheisenerzeugung (Schlackenbildner, Kühlmittel) Kalksteinmehl zur Herstellung von Feinerzpellets auf dem Sinterband	untergeordnet Verwendung von Branntkalk als Zuschlagstoff und Kalkhydrat auf dem Sinterband	als Schlackenbildner zur Roheisenherstellung	auf dem Sinterband (Feinerzpellets)	geformt (Steine) und ungeformt (basische Massen für Stampf-, Flick- und Gießmassen) zur feuerfesten Auskleidung von Schmelz- und Gießaggregaten
Stahlindustrie (Stahlwerk)	untergeordnet stückiger Kalk zur Bewegung und Kühlung des Stahlbads	"Stahlwerkkalk" zur Bewegung und Kühlung des Stahlbads und zur Eliminierung von Schwefel und Phosphor		im Thomas-Konverter anstelle von Branntkalk	

Die Eisen- und Stahlindustrie verlangt als Zuschlagstoffe hochwertige Kalksteinprodukte. Besonders Stahlwerkkalke müssen höchsten Anforderungen genügen; etwas geringer sind die Qualitätserfordernisse bei der Hochofenverhüttung.

Die **Qualitätsanforderungen** an Kalkstein für den Direkteinsatz (Rohkalkstein) bzw. für den Einsatz als Branntkalk zeigt Tab. 10 (aus [C.2-3]).

Tab. 10: Rohstoff-Qualitätsanforderungen an Kalksteine für die Eisen- und Stahlindustrie

Industriezweig	Handelsform	empfohlene chemische Zusammensetzung in Gew.-%							
		CaO	CaCO ₃	MgO	MgCO ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	S
Hochofenwerk Rohkalkstein	stückiger Kalkstein, Splitt, Steinmehl		mögl. hoch		(+)	max.1		(-)	
Branntkalk (Gehalt im Rohkalkstein)	Stückkalk, Kalkhydrat	wie bei Stahlerzeugung							
Stahlwerk Rohkalkstein	Splitt, tlw. stückiger Kalkstein		mögl. hoch						
Branntkalk (Gehalt im Rohkalkstein)	Stückkalk 8-60 mm Feinkalk bis 3 mm (weich gebrannt)	mögl. hoch > 95%		<1,75		0,9-1,2	0,2	0,3	<0,02
(+) bestimmte Gehalte erwünscht (je nach Verfahrensweise) (-) störend (je nach Verfahrensweise)									

Feuerfestindustrie

Die Feuerfestindustrie verwendet Dolomitstein zur Herstellung von Feuerfestprodukten für Hochofen- und Stahlwerke (Auskleidung der Schmelz- und Gießaggregate).

Die **Qualitätsanforderungen** an den Rohdolomitstein beziehen sich auf chemische sowie petrographische Eigenschaften. Eignungskriterien sind hierbei:

- MgO-Gehalt > 19 Gew.-%
- Anteil an Fremdoxiden, siehe Tab. 11
- das Mengenverhältnis von SiO₂ : R₂O₃ (= Al₂O₃ + Fe₂O₃), siehe Tab. 11
- möglichst feine Kristallstruktur (Sinterfähigkeit)
- max. 20 % Porenvolumen (Sinterfähigkeit).

Je nach chemischer Zusammensetzung können Rohdolomitsteine dabei zur Herstellung folgender Feuerfestprodukte verwendet werden (aus [C.2-3]):

Tab. 11: Rohstoff-Qualitätsanforderungen an Dolomite für die Feuerfestindustrie

Feuerfestprodukt	Gehalte in Gew.-%		
	MgO	Gesamt-Fremd-oxide	SiO ₂ : R ₂ O ₃
Hochwertige direktgebundene (keramische) und teer- oder pechgebundene geformte Erzeugnisse	> 19	< 1,5 (= im Sinter < 3)	1 : ~ 2
ungeformte Flick- und Stampfmassen	> 19	< 3 (= im Sinter < 6)	~ 1 : 1
sonstige Feuerfestprodukte (nur nach Stabilisierung des Rohdolomits möglich)	> 15	> 3	~ 2 : 1

Als optimal zur Herstellung von hochwertigen Feuerfestprodukten gelten nach [C.2-3]:

- Fe₂O₃ - Gehalte von 0,2 - 0,5 %
- Al₂O₃ - Gehalte von 0,2 - 0,3 %
- SiO₂-Gehalte zwischen 0,2 - 0,5 % in gleichmäßiger Verteilung
- Porositäten bis 10 %, in Ausnahmen bis 20 %; höherporöse Dolomite (Porosität bis max. 35 %) können durch Mahlen und Pelletieren sinterfähig aufbereitet werden.

Chemische Industrie

Die chemische Industrie verwendet sowohl ungebrannte wie auch gebrannte Kalk- und Dolomitsteinerzeugnisse als Ausgangsstoffe für eine Fülle unterschiedlicher Produkte.

Einen Überblick über die wichtigsten Einsatzbereiche gibt Tab. 12, in welcher entsprechende **Qualitätsanforderungen** an den Rohstoff mit aufgeführt sind.

Tab. 12: Einsatzbereiche von Kalk- und Dolomitstein in der chemischen Industrie

Industriezweig (Verbraucher)	Kalkstein		Dolomitstein	
	ungebrannt	gebrannt	ungebrannt	vollentsäuert
Soda-Industrie	als Vorstoff zur Soda-fabrikation (max. 3 % SiO ₂ ; max. 1,5 % Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ ; max. 0,02 % S; max. 6 % MgCO ₃)	zur Herstellung von: Soda, Pottasche, Ätz-natron (im Rohkalkstein < 0,75 % SiO ₂)		als Hydrat zur Neutra-lisation von H ₂ SO ₄ - Abwässern
Carbid-Industrie		zur Herstellung von: Kalziumcarbid (im Roh-kalkstein max. 0,9-1,2 % SiO ₂ ; MgO < 0,6 %), Karbidekalk, Acetylen		
Düngemittel-Industrie	als Vorstoff zur Kalk-ammon- und Kalk-sal-peterproduktion	zur Herstellung von: Kalkammonsalpeter, Kalksalpeter, Kalk-stickstoff		
sonstige chemische Indu-strien		zur Herstellung von: Ammoniak, Chlorkalk (im Rohkalkstein <0,75 % SiO ₂ ; <0,4 % Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ ; <0,75 % MgO), organischen Säuren		
Petrochemische Industrie (Raffinerien)		zur Erdöl-Raffination (Öle, Schmiermittel)		
Kunststoff-, Gummi-und Farb-Industrie	in gemahlener Form als Füllstoff	zur Herstellung von Kalkfarben, Wollastonit-Synthese	als Füller (gemahlen)	
Futtermittel-Industrie	Futterkalk			
Zellstoff- und Papier- Industrie, Kosmetik- Industrie	Ausgangsprodukt zur Herstellung von Cal-ciumhydrogensulfid (Zelluloseproduktion)	Calciumcarbonat-Prä- zipitat (hochreines Ca- CO ₃) als Füllstoff	hochreiner, weißer, ge-mahlener Dolomit-stein als Füller und Extender	

Sonstige Industrien

Ungebrannte und gebrannte Kalk- und Dolomitsteinerzeugnisse werden in zahlreichen weiteren Industriezweigen eingesetzt.

In Tab. 13 sind die Einsatzbereiche, z.T. mit entsprechenden *Qualitätsanforderungen*, aufgeführt.

Tab. 13: Einsatzbereiche von Kalk- und Dolomitstein in unterschiedlichen Industriezweigen

Industrie- zweig (Verbraucher)	Kalkstein		Dolomitstein		
	ungebrannt	gebrannt	ungebrannt	teil- entsäuert	vollentsäuert
Glasindustrie	als Kalksand (0,1 - 0,5 mm) zur Glas-herstellung (max. 0,2 % Fe ₂ O ₃ ; keine Cr- und Mn-Oxide; max.6 % MgC-O ₃)		Dolomit-Glassand (80 % < 0,1 mm) als MgO-Lieferant zur Herstellung von Glaswolle		
Zucker-Industrie	stückiger Kalkstein zur Branntkalk-herstellung	hochreiner Branntkalk, Kalkmilch als Scheidenschlamm			zur Auskleidung von Brennöfen
Gerbereien, Färbereien		Gerbmittel, Textilfaserzubereitung			
Steinkohle-Bergbau	Staubsperrern (max. 3 % SiO ₂)				
Landwirtschaft	Dünge- und Futterkalk	Düngebranntkalk, Löschkalk (zur Regulierung des Ca-Haushalts und des pH-Werts des Bodens, Kalkmilch zur Stallhygiene)	Düngemittel (Regulierung des Mg-Haushalts und des pH-Werts von Böden), Weidelanddünger		Düngemittel (Regulierung des Mg-Haushalts des Bodens)
Forst- und Teichwirtschaft	Düngekalk Neutralisation übersäuerter Gewässer	Schädlingsbekämpfung, pH-Wert-Regulierung			
Umweltschutz	Trinkwasseraufbereitung, Abwasserreinigung	zur Trink- und Brauchwasseraufbereitung: Kalkmilch (Entcarbonisierung), Kalkhydrat (Aufhärtung) Abwasserreinigung (Bindung von Phosphaten, organischen Schadstoffen, wirkt bakterizid) Konditionierung von Klärschlämmen Abgasreinigung mit Branntkalk und Kalkhydrat (Bindung von SO ₂ --> REA-Gips)		zur Wasserreinigung	

C 1.2.4 Gips, Anhydrit, Steinsalz (*Verwertungsgruppe S 4*)

Definitionen und Einsatzbereiche

Sulfatgesteine (Gips, Anhydrit) bzw. Salinar-(Salz-)gesteine gehören zu den Eindampfungsgesteinen oder Evaporiten; sie bilden eine Untergruppe der chemischen Sedimente.

Gipsstein:

- Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) mit geringen Nebenanteilen (Anhydrit (CaSO_4), Ton und Karbonate).

Anhydritstein:

- über 90 % Anhydrit mit geringen Nebenanteilen (z.B. Gips, Ton, Karbonate, vereinzelt Steinsalz).

Gips-Anhydrit-Mischgesteine:

- natürliche Gemische aus Gips- und Anhydritstein; oft auch teilweise vergipster Anhydritstein.

Alabaster:

- sehr reines Gipsgestein mit verzahntem Gipskorngefüge.

Halbhydrat:

- technisch gebrannter, dehydrierter Gips.

Steinsalz:

- überwiegend marin, teilweise kontinental gebildete Salinarablagerung.

Durch ihre Löslichkeit unterliegen Sulfat- und Salinargesteine im Grundwassereinfluß stark der Ab- und Auslaugung. Bei Wasserkontakt wird Anhydritgestein zunächst in Gips umgewandelt. Nach vollständiger Auslaugung sind nur noch unlösliche, meist umgelagerte Gesteinsanteile (Residualgesteine, z.B. Tone, Schluffe) zu finden.

Gips und Anhydrit werden als Rohstoffe in der Baustoffindustrie zur Herstellung von Baugipsen, Putzen, Gipsbaustoffen, Spezialgipsen und Anhydritbindern verwendet. Sie werden außerdem in größeren Mengen in der Zementindustrie, im Bergbau und in geringerem Umfang in der chemischen Industrie eingesetzt.

C 1.2.4.1 Rohstoff-Verwertung

Gipsstein

Für die technische Verwertung gelten nachfolgende *Qualitätsanforderungen* (aus [C.2-3]).

Zur **Baugips**-Herstellung:

- Gipsgehalte > 80 %
- Gehalte an löslichen Salzen ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$, NaCl , MgCl_2 , MgSO_4) $\leq 0,02$ % (Gefahr von Ausblühungen, Abnahme der Biegefestigkeit)
- Gehalt an Karbonat und freiem Quarz ≤ 5 % (Gefahr von Absprengungen)
- Anhydritgehalt ≤ 5 %
- Ton- und Tonsteingehalte zwischen 5 % bis max. 10 %; (Gefahr von Gipseinfärbungen, ungünstiges Trocknungsverhalten).

In der **Zementindustrie** wird dem Zementklinker beim Mahlen ca. 5 - 8 % Gipsstein mit mindestens 70 % Reinheitsgrad als Abbindeverzögerer zugesetzt. Je nach Anlage werden auch Gips-Anhydrit-Mischgesteine verwendet.

Für die Herstellung von **Spezialgipsen** (Formgipse in der Keramischen und Ziegelindustrie, Modell-, Dental- und Verbandsgips) wird ein Reinheitsgrad von > 95 % sowie eine reinweiße Farbe verlangt.

Anhydritstein

Anhydritstein wird in der Zementindustrie anstelle von Gipsstein bzw. Gips-Anhydrit-Mischgesteinen als Abbindeverzögerer sowie im Bergbau als sogen. "Bergbauanhydrit" eingesetzt.

Für seine Verwertung bestehen folgende *Qualitätsanforderungen*:

- Anhydritgehalt ≥ 90 %
- Gipsgehalt von Bergbauanhydrit ≤ 2 %.

C 2 Lockergesteine

Lockergesteine besitzen keinen inneren mineralischen Zusammenhalt. Sie bestehen aus unverfestigten Sedimenten (Lockersedimenten), physikalischen Verwitterungs- und Zersetzprodukten von Festgesteinen oder aus Lösungsrückständen.

Lockergesteine liegen überwiegend als Gemische aus feineren und gröberen Verwitterungskomponenten vor. Ausgeprägt feine oder grobe sortierte Lockergesteine werden vorwiegend in entstehungstypischen geologischen Formationen und begrenzten Bildungsräumen angetroffen (z.B. Löß-lehmdecken, Flugsanddünen, Schotterterrassen).

Im baugrundtechnischen Sinne werden natürlich entstandene Lockergesteine als **gewachsene Böden** bezeichnet (DIN 1054); diesen werden die künstlich **geschütteten Böden** gegenübergestellt. Gewachsene Böden werden je nach Anteil der enthaltenen Korngrößen < 0,06 mm (Feinteile) weiter untergliedert in:

- nichtbindige Böden: Feinteilgehalt ≤ 15 % (Gewichts-%)
- bindige Böden: Feinteilgehalt > 15 %
- organische Böden: bei Gehalten an pflanzlichen und tierischen Beimengungen von ≥ 3 % bei nichtbindigen Böden und von ≥ 5 % bei bindigen Böden.

Eine weitere bautechnische Klassifikation der Lockergesteine in sogenannte **Bodengruppen** wird in DIN 18 196 vorgenommen. Die Norm gruppiert Böden nach folgenden Merkmalen:

- Korngrößenbereiche, Korngrößenverteilung (Bestimmung nach DIN 18 123)
- plastische Eigenschaften (DIN 18 122)
- organische Bestandteile (DIN 18 128).

Bei der Klassifikation wird nur der Korngrößenbereich bis 63 mm berücksichtigt. Für die Bezeichnung werden Gruppensymbole aus zwei Großbuchstaben benutzt. Folgende Kennbuchstaben für Haupt- und Nebenbestandteile werden verwendet:

- G = Kies (**G**rant)
- O = **o**rganische Beimengungen
- S = **S**and
- H = Torf (**H**umus)
- U = **S**chluff
- F = **F**aulschlamm, **M**udde
- T = **T**on

Kennbuchstaben für kennzeichnende Eigenschaften sind:

nach der Korngrößenverteilung:

- E = **e**nggestufte Korngrößenverteilung
- W = **w**eitgestufte Korngrößenverteilung
- I = **i**ntermittierend gestufte Korngrößenverteilung

nach den plastischen Eigenschaften:

- L = **l**eicht plastisch
- M = **m**ittelpastisch
- A = **a**usgeprägt plastisch bzw. **z**usammendrückbar

Grobkörnige Böden:

- ≤ 5 % Feinteile; Klassifikation nach der Korngrößenverteilung; zugehörige Boden-
gruppen GW, GE, GI, SW, SE und SI (z.B. GE = enggestufter Kies)

Feinkörnige Böden:

- ≥ 40 % Feinteile; Klassifikation nach den plastischen Eigenschaften; zugehörige Bo-
dengruppen UL, UM, UA, TL, TM und TA (z.B. TA = ausgeprägt plastischer Ton)

Gemischtkörnige Böden:

- zwischen 5 - 40 % Feinteile; Klassifikation nach der Korngrößenverteilung (Hauptbo-
denart sowie Art und Anteil des Feinkorns). Je nach Massenanteil des Feinkorns wird
weiter unterteilt:
 - - 5 - 15 % Feinteile: gering schluffig/tonig (zugehörige Boden-
gruppen: GU, GT,
SU, ST)
 - - 15 - 40 % Feinteile: hoch schluffig/tonig (zugehörige Boden-
gruppen: GU*,
GT*, SU*, ST*).

Die Benennung und Beschreibung der unterschiedlichen **Bodenarten** erfolgt nach DIN 4022. Die Norm unterscheidet reine und zusammengesetzte Bodenarten, welche nach Haupt- und Nebenanteilen benannt werden. Bei der ergänzenden Beschreibung werden zusätzliche Merkmale wie Kalkgehalt, Kornform, Farbe und Geruch mit erfaßt.

Hinsichtlich ihrer **Frostsicherheit** werden Lockergesteine nach ZTVE-StB 76 wie folgt in Frostempfindlichkeitsklassen eingeteilt:

Tab. 14: Klassifikation der Frostempfindlichkeit von Lockergesteinen nach ZTVE-StB 76

Frostempfindlichkeitsklasse	Frostempfindlichkeit	Bodengruppe (DIN 18 196)	
F 1	nicht frostempfindlich	grobkörnige Böden GW,GI,GE und SW,SI,SE	
F 2	gering bis mittel frostempfindlich	feinkörnige Böden	gemischtkörnige Böden
		TA, TM OT, OH, OK	GU, GT SU, ST ggf. F 1, siehe S. 63
F 3	sehr frostempfindlich	TL UL, UM OU	GU*, GT* SU*, ST*

Für das **Verfüllen von Leitungsgräben** in der Verfüllzone (OK Leitungszone bis OK Planum) gliedert die ZTV A-StB 89 (Tabelle 2) die Lockergesteine entsprechend ihrer Wasser- und damit Witterungsempfindlichkeit nach Bodengruppen in folgende Verdichtbarkeitsklassen:

Tab. 15: Verdichtbarkeitsklassen nach ZTV A-StB 89

Verdichtbarkeitsklasse	Bodenart	Bodengruppe (DIN 18 196)
V 1	nicht bindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden	GW, GI, GE, SW, SI, SE GU, GT, SU, ST
V 2	bindige, gemischtkörnige Böden	GU*, GT*, SU*, ST*
V 3	bindige, feinkörnige Böden	UL, UM, TL, TM

Bodengruppen der Verdichtbarkeitsklasse V 1 sind insgesamt leichter verdichtbar als die Böden der Verdichtbarkeitsklassen V 2 und V 3. Bei letzteren muß für eine gute Verdichtbarkeit der Einbauwassergehalt etwa dem optimalen Wassergehalt beim Proctorversuch entsprechen. Böden der Bodengruppen HN, HZ, F, OU, OT, OK und TA sind für das Verfüllen von Leitungsgräben nicht geeignet.

DIN 18 300 (Erdarbeiten) gliedert Lockergesteine nach Gewichtsanteilen der vorhandenen Korngrößen, nach der technischen Lösbarkeit und dem Gehalt organischer Bestandteile in 5 **Bodenklassen**:

Klasse 1:

Humoser **Oberboden (Mutterboden)**

Klasse 2:

Fließende Bodenarten von breiiger und flüssiger Konsistenz

Klasse 3:

Leicht lösbare Bodenarten: Grobkörnige Böden der Gruppe GE, GW, GI, SE, SW und SI sowie gemischtkörnige Böden der Gruppe GU, GT, SU und ST (bis 15 % Feinteile); dazu höchstens 30 % Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt (= Würfel von ca. 22 cm Kantenlänge)

Klasse 4:

Mittelschwer lösbare Bodenarten: Feinkörnige Böden der Gruppen UL, UM, TL und TM sowie gemischtkörnige Böden der Gruppen SU*, ST*, GU* und GT* (bindige Böden mit > 15 % Feinteilen und leichter bis mittlerer Plastizität); Konsistenz weich bis fest; höchstens 30 % Steine von über 63 mm Korndurchmesser bis zu 0,01 m³ Rauminhalt

Klasse 5:

Schwer lösbare Bodenarten: Böden der Klasse 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 % Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt. Nicht mehr als 30 % Steine von 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt (= Würfel mit ca. 46 cm Kantenlänge); ausgeprägt plastische Böden der Gruppe UA und TA mit Konsistenz weich bis fest.

C 2.1 Tone, Schluffe und Lehme, kies- und steinfrei (*Verwertungsgruppen L 1 und L 2*)

Definitionen

Tone, Schluffe und Lehme sind fein- und feinstklastische Lockergesteine. Sie zählen bautechnisch zu den "feinkörnigen Böden" (DIN 4022).

Aus verwertungstechnischer Sicht wird in diesem Kapitel nur kies- und steinfreier Bodenaushub bis max. 2 mm Korngröße betrachtet (= Verwertungsgruppen L 1 und L 2). Tone, Schluffe und Lehme mit Kies- und Steinanteilen (= Verwertungsgruppe L 3) werden im nachfolgenden Kapitel C 2.2 behandelt.

Tone sind feinstklastische Sedimente (Korngröße < 0,002 mm) mit überwiegend silikatischem Mineralbestand. Je nach Tonmineralzusammensetzung variieren ihre physiko-chemischen Eigenschaften und technischen Einsatzmöglichkeiten stark. Charakteristische Eigenschaften der Tone sind:

- Quell- und Schrumpfvermögen bei Wasseraufnahme bzw. -abgabe
- rheologische Eigenschaften (Plastizität, Gießfähigkeit)
- thixotropes Verhalten (Sol-/Gelzustand)
- Ionenaustauschfähigkeit.

Tonige, primäre Verwitterungsböden hoch Feldspat-haltiger Gesteine mit einem überwiegenden Anteil des Tonminerals Kaolinit werden als **Kaoline** bezeichnet.

Schluffe kennzeichnen feinklastische Sedimente der Korngröße 0,002 - 0,06 mm.

Nach der Kornfraktion wird gemäß DIN 4022 weiter unterteilt in:

- Grobschluff: 0,02 - 0,06 mm
- Mittelschluff: 0,006 - 0,02 mm
- Feinschluff: 0,002 - 0,006 mm.

Schluffe haben silikatische, z.T. auch karbonatische Mineralanteile.

Lehme stellen eine primär bodenkundliche Bezeichnung für Sand-Ton-Schluff-Gemische dar.

Im geotechnischen Sprachgebrauch existiert der Begriff "Lehm" zur Benennung eines Dreistoffsystems nicht.

Als geologisch-geogenetische Bezeichnung wird "Lehm" zusammengesetzt mit anderen Begriffen verwendet (z.B. Auenlehm, Hanglehm, Geschiebelehm).

Im Roh- und Baustoffbereich ist der Begriff "Lehm" fest eingeführt (z.B. Lehmgruben der Ziegeleien, Lehmbausteine, Lehmverputz), so daß er in diesem Zusammenhang auch hier verwendet wird.

Lösse sind eiszeitliche, äolische Sedimente. Man unterscheidet zwischen kalkhaltigem, unverwittertem (Primär-)Löß und verwittertem, entkalkten Lößlehm. Der Korngrößenbereich liegt hauptsächlich im Feinsand/Grobschluff- (Löß), bei zunehmender Verwitterung auch im Tonbereich (Lößlehm). Löß besteht überwiegend aus Quarz, wechselnden Karbonatanteilen und aus Feldspat. Schwemmlösse sind karbonatfreie, abgespülte und umgelagerte Lößböden. Die typische Kornverteilung einiger Löß- und Lößlehmproben zeigt Anlage 4.1.

Sandlöß ist eine Varietät des Lösses mit mindestens 20 % Sand (meist grober Feinsand); bei Sandgehalten > 60 % zählt er zu den gemischtkörnigen Böden.

Auenlehme, Hochflutlehme sind Hochwasserablagerungen in den Talauen. Sie sind teilweise humos und karbonathaltig (Karbonatgehalte > 25 % = Auenmergel). Charakteristische Körnungslinien von Auenlehmen sind in Anlage 4.1 aufgezeigt.

Beckenton ist der Absatz feinsten Partikel kaltzeitlicher Eisrandseen. Sie werden wegen ihrer unterschiedlich gefärbten Feinschichtung auch als Bändertone bezeichnet. Einige Körnungslinien von Beckentonen Baden-Württembergs zeigt Anlage 4.1.

Einsatzbereiche

Feinkörnige Böden dienen als **Erdbaustoffe** im Verkehrswegebau, beim Hochwasserschutz sowie im Deponie- und Landschaftsbau. Untergeordnet werden sie im Lehmbau zur Herstellung von Lehmsteinen (Adobe) und als Lehmmörtel verwendet.

Als **Rohstoff** werden sie vor allem in der Baustoffindustrie zur Herstellung keramischer Produkte eingesetzt (Grob-, Fein- und Feuerfestkeramik). Daneben besteht ein Bedarf für die Zementindustrie (Herstellung des Zementklinkers). Untergeordnet werden Tone als medizinische Tonerden und eisenschüssige Tone zur Farbmittelherstellung verwendet.

C 2.1.1 Baustoff-Verwertung

Hochbau

Lehme waren früher ein wichtiger Ausgangsstoff für getrocknete Lehmbausteine (= Adobe). In durchfeuchteter Form wurde der Lehm auch als Mörtel verwendet.

Bei den heutigen Lehmbauweisen, welche insgesamt geringe Bedeutung besitzen, wird zwischen Massivlehm (Lehmziegel, Stampflehm), Strohlehm mit eingemischtem Häcksel oder Stroh sowie Leichtlehm unterschieden.

Verkehrswegebau, Hochwasserschutz

Im Verkehrswegebau, beim Hochwasser-, Schall- und Sichtschutz werden feinkörnige Erdbaustoffe zur Herstellung homogener **Dammbauwerke** verwendet. An die Erdbauwerke werden, besonders bei Verkehrs- und Staudämmen definierte Anforderungen u.a. hinsichtlich Standsicherheit, Verformungsverhalten, Wasserdurchlässigkeit und Filterstabilität gestellt; hierfür müssen die zu verwendenden Erdbaustoffe bestimmten *Qualitätsanforderungen* entsprechen.

Diese beziehen sich im wesentlichen auf folgende, im Labor zu ermittelnde bodenmechanische Kenngrößen:

- Korngrößenverteilung (DIN 18 123)
- Kalkgehalt (DIN 18 129)
- organische Bestandteile (DIN 18 128)
- Plastizitätsgrenzen (DIN 18 122)
- Wassergehalt (DIN 18 121) und Zustandsform in Verbindung mit den Plastizitätsgrenzen
- Verdichtungsfähigkeit (Proctorversuch, DIN 18 127)
- Scherfestigkeit (DIN 18 137); nur für Standsicherheitsberechnungen bei großen Dämmen (z.B. Höhe > 6 m nach [B-122, Kap. 3, Abs. 13])
- Wasserdurchlässigkeit (DIN 18 130) bei Staudämmen.

Anhand der ermittelten Kennwerte ist zu beurteilen, ob der Erdbaustoff folgende Anforderungen gemäß [B-2, B-77, B-122] erfüllt:

- Verdichtbarkeit auf $D_{Pr} \geq 95$ % (Bereich 0,5 m unter Planum bis Dammsohle bei Dammhöhe > 2 m)
- Verdichtbarkeit auf $D_{Pr} \geq 97$ % (Bereich Planum bis 0,5 m unter Planum)
- Luftgehalt $n_a \leq 12$ %
- Wasserdurchlässigkeitsbeiwert $k_f \leq 10^{-7}$ m/s bei Staudämmen (Dichtungskörper).

Verdichtungsfähigkeit und Tragfähigkeit geschütteter bindiger Böden hängen entscheidend vom Wassergehalt, der Plastizität und der Korngrößenzusammensetzung des Bodenmaterials ab. Im Gelände wird der Verdichtungsgrad von Schüttungen durch Dichtebestimmungen (DIN 18 125 in Verbindung mit dem Proctorversuch), die Tragfähigkeit mittels Plattendruckversuchen (DIN 18 134) geprüft.

Die Wasserdurchlässigkeit ist vorwiegend vom Tongehalt, aber auch vom Verdichtungszustand abhängig und wird labormäßig nach DIN 18 130 ermittelt.

Feinkörnige Böden fallen je nach Bodengruppe in die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 oder F 3 (vgl. Tab. 14, S. 54). Gemäß DIN 18 300 sind sie je nach Zustandsform und Steingehalt den Bodenklassen 2, 4 oder 5 zuzuordnen.

Zum Straßenbau in Wasserschutzgebieten wird Material aus bindigen Böden als **Abdichtungsschicht** verwendet. Gemäß den "Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten" (RiStWag) müssen die Böden dafür folgende Bedingungen erfüllen:

- Korngröße $\leq 0,02$ mm: Anteil ≥ 15 %
- Korngröße $\leq 0,06$ mm: Anteil ≥ 20 %.

Ersatzweise gilt ein k_f -Wert $\leq 10^{-7}$ m/s für den verdichteten Boden als ausreichend.

Organische und organogene Böden mit einem Glühverlust > 10 % sind gemäß diesen Richtlinien von der Verwendung **ausgeschlossen**.

Für das **Verfüllen von Leitungsgräben** werden bindige feinkörnige Böden der Bodengruppen UL, UM, TL und TM gemäß den "Zusätzlichen Technischen Vertragsbestimmungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen" (ZTV A-StB 89) in die Verdichtbarkeitsklasse V 3 eingruppiert (vgl. Tab. 15, S. 55). Sie können bei einem natürlichen Wassergehalt nahe dem optimalen Einbauwassergehalt aus dem Proctorversuch in der Verfüllzone (= Bereich oberhalb der Leitungszone bis OK Planum) eingebaut werden.

Ein Einbau von ausgeprägt plastischen Tonen mit quellbaren Bestandteilen (Bodengruppe TA) ist dabei **ausgeschlossen**.

Zur **Hinterfüllung und Überschüttung** von Bauwerken (z.B. Brücken, Stützmauern) ist feinkörniges Bodenmaterial nur bedingt geeignet. Es kann gem. ZTVE-StB 76 nur in Ausnahmefällen (keine schädlichen Verformungen oder ungünstigen Lastfälle für das Bauwerk) mit Zustimmung des Auftraggebers eingesetzt werden.

Böden mit quellfähigen, zerfallsempfindlichen oder baustoffaggressiven Bestandteilen sind von dieser Verwendung generell **ausgeschlossen**.

Deponiebau

Im Deponiebau werden feinkörnige Böden zur Herstellung von Basis-, Zwischen- und Endabdichtungen eingesetzt. Dafür wird möglichst homogenes Material verwendet, dessen Körnungsabstufung einen Austrag von Feinteilen (Suffusion) verhindert. Bei stückigem Material dürfen nach dem Einbau unzerkleinerte Bodenstücke nicht größer als 32 mm sein.

Je nach Deponietyp (Erdaushub- und Bauschutt-, Inertstoff-, Hausmüll-, Sondermülldeponie) werden an die mineralischen Dichtungsmaterialien unterschiedlich hohe Qualitätsanforderungen gestellt.

Gemäß der "Technischen Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen" (TA Siedlungsabfall vom 01.06.1993) sowie der "Technischen Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen" (TA Sonderabfall vom 23.05.1991) bestehen für mineralische Abdichtungssysteme (Basisabdichtung, Oberflächenabdichtung für Deponieklassen I und II) folgende **Qualitätsanforderungen**:

- Kornabstufung muß Suffusionsbeständigkeit (kein Austrag von Feinteilen) sowie geringe Rißanfälligkeit gewährleisten
- Anteil an Feinstkorn ($\leq 0,002$ mm) ≥ 20 %
- Gehalt an Tonmineralien ≥ 10 %
- Karbonat(CaCO_3 -)anteil im Mittel ≤ 15 %
- feinverteilte, organische Substanz ≤ 5 %
- Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 95$ % ("nasse" Seite der Proctorkurve), bzw. Luftporenanteil $n_a \leq 5$ %
- Wasserdurchlässigkeit:
 - bei Basisabdichtungen: $k_f \leq 5 \cdot 10^{-10}$ m/s (hydraulischer Gradienten $i = 30$)
 - bei Oberflächenabdichtungen:
 - gemäß TA Siedlungsabfall: $k_f \leq 5 \cdot 10^{-9}$ m/s (hydraulischer Gradienten $i = 30$)
 - gemäß TA Sonderabfall: $k_f \leq 5 \cdot 10^{-10}$ m/s (hydraulischer Gradienten $i = 30$).

Kulturböden

Auf die qualitative Eignung von Bodenaushub als Kulturboden wird nicht näher eingegangen. Hier wird auf das Heft 10 "Erhaltung fruchtbaren und kulturfähigen Bodens bei Flächeninanspruchnahmen" aus der Reihe "Luft, Boden, Abfall" des Umweltministeriums Baden-Württemberg verwiesen.

C 2.1.2 Rohstoff-Verwertung

Grobkeramische Industrie

Für grobkeramische Produkte (Dach-, Mauer- und Deckenziegel) sind wichtige Rohstoff-Eignungskriterien in Kap. C 1.2.1.2 (Tonsteine) aufgeführt. Diese gelten entsprechend für die als Rohstoff einzusetzenden feinkörnigen Böden.

In der Ziegelindustrie werden - oftmals empirisch - Mischungen aus verschiedenen Ausgangsmaterialien hergestellt. Hierzu bestehen produktabhängige allgemeine Erfahrungswerte für günstige Korngrößen- und Mineralzusammensetzungen, wobei aus ziegeltechnischer Sicht generell eine möglichst ausgewogene Kornverteilung angestrebt wird. Bereiche günstiger Korngrößenzusammensetzung für unterschiedliche Produkte zeigt Abb. 8. (hag02.cdr)

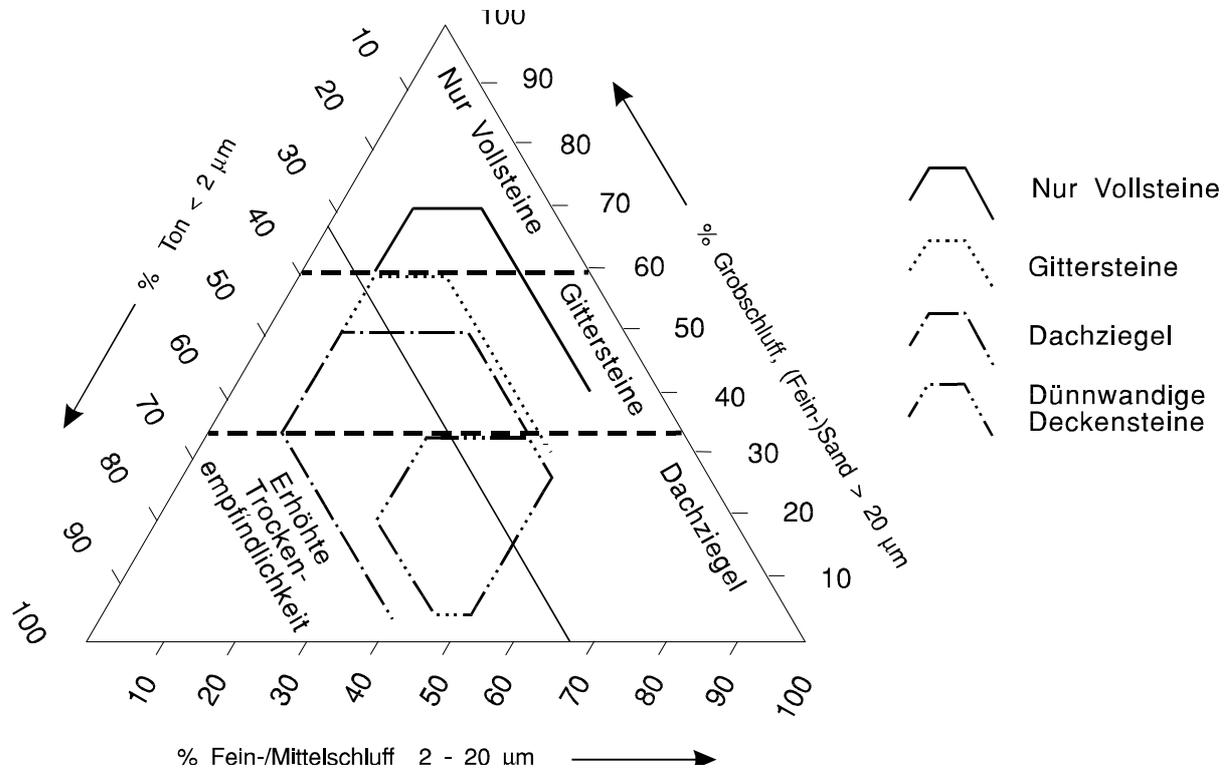


Abb. 8: Abgrenzung der Bereiche günstiger Korngrößenzusammensetzung von Ziegeltonen (verändert nach [C.2-17])

Zur Ermittlung des Mineralbestands werden folgende Minerale, meist mit der Röntgen-Diffraktometrie (Röntgenbeugungsanalyse), bestimmt:

- Kaolinit, Illit, Montmorillonit, Quarz, Feldspat

Bei der chemischen Analyse werden folgende Parameter ermittelt:

- SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , Glühverlust.

Durch **Trocknungs- und Brennversuche** erhält man weitere, wichtige Aussagen über die Rohstoffeigenschaften.

Trocken- und Brennschwindung hängen maßgeblich von der Art und Menge der enthaltenen plastischen und unplastischen Tonminerale < 0,002 mm ab. Zu hohe Anteile an quellfähigen Tonmineralen (Montmorillonite) bewirken z.B. eine unerwünscht große Gesamtschwindung.

Ein weiteres Kriterium ist das Temperaturverhalten der Minerale, welches auf brenntechnische Parameter wie Schmelzpunkt (Sinterfähigkeit), stabile Gitterphasen, Gaswegsamkeit und Erweichungsintervall einwirkt.

Auf störende oder schädliche Rohstoffbestandteile bei der Ziegelherstellung wurde bereits in Kap. C 1.2.1.2 eingegangen.

Durch Zusatzstoffe kann die Rohstoffqualität verbessert, bzw. können schädliche Bestandteile neutralisiert werden. Als Magerungsmittel für sehr tonreiche Rohstoffe dienen z.B. Lehme, sandige Schiefertone, kalkfreie Sande oder Ziegmehl. Gegen Ausblühungen durch lösliche Sulfate (z.B. Gips) wird dem Rohstoff im Produktionsprozeß Bariumkarbonat zugesetzt.

Feinkeramische Industrie

An Rohstoffe für feinkeramische Produkte der Bauindustrie werden erhöhte Qualitätsansprüche hinsichtlich Zusammensetzung und Reinheit gestellt.

Neben Quarz wird ein hoher Anteil plastischer Tonminerale gefordert. Maßgeblich für die gewünschte Brennfarbe sind die Gehalte an Fe_2O_3 und/oder TiO_2 . Allgemein gilt:

- weiß/cremefarben brennende Tone: $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 1 \%$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 < 1,6 \%$
- gelbbrennende Tone: TiO_2 - Gehalt $>$ Fe_2O_3 - Gehalt (Mengenverhältnis $\sim 2 : 1$)
- rotbrennende Tone: $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 7 \%$.

Auch bei den feinkeramischen Rohstoffen wird durch Mischung mehrerer Komponenten eine Standardisierung der Rohmasse angestrebt ("Standardtone").

Feuerfestindustrie

Feuerfesttone ("Spezialtone") zeichnen sich durch hohe Schmelztemperaturen aus.

Je nach Schmelztemperatur unterscheidet man:

- feuerfeste Tone: Schmelztemperatur $> 1.580 \text{ }^\circ\text{C}$
- hoch-feuerfeste Tone: Schmelztemperatur $> 1.790 \text{ }^\circ\text{C}$.

Je nach Grundchemismus werden unterschieden:

- "saure", SiO_2 -reiche Tone (Form- und Klebsandtone)
- "basische", Al_2O_3 -reiche Tone (Schamotte-Rohstoff, Bindetone).

Die Feuerfestigkeit und Plastizität wird durch einen hohen Anteil fehlgeordneten Kaolinites ("Fi-reclay-Mineral") erreicht. Der Anteil an Alkali- und Erdalkalioxygenen (K_2O , Na_2O , bzw. CaO , MgO) sollte maximal 3 % betragen.

Zementindustrie

Wie Ton- und Tonmergelsteine (vgl. Kap. C 1.2.1.2), werden auch Tone und Lehme bei der Zementherstellung verfahrenstechnisch als SiO_2 , Al_2O_3 und Fe_2O_3 -Träger eingesetzt.

C 2.2 Tone, Schluffe und Lehme, sandig-kiesig und/oder steinig (Verwertungsgruppe L 3)

Definitionen

Tone, Schluffe und Lehme mit sandig-kiesigen und steinigen Bestandteilen stellen ein Gemenge aus feineren Verwitterungsprodukten (Ton, Schluff, Sand) und gröberem, z.T. sehr groben Komponenten (Kies, Steine, Blöcke) dar.

Sie zählen bautechnisch (DIN 4022) zu den "gemischtkörnigen Böden" (fein- und grobkörnige Mineralkomponenten).

Sie weisen meist ein vergleichsweise weites Körnungsspektrum auf. Oft liegt ein unsortiertes Gemenge aus Feinkornkomponenten mit Gesteinsgrus und bisweilen grobem Gesteinsschutt vor.

Geschiebelehm (Moränenablagerungen) stellt ein Gemisch aus Gesteins- und Mineralbruchstücken in einer bindigen, karbonatfreien Grundmasse dar; er ist ungeschichtet, schlecht sortiert und enthält Korngrößen von der Tonfraktion bis zu Blöcken. **Geschiebemergel** besitzt im Gegensatz zu Geschiebelehm eine karbonathaltige Grundmasse.

Hangschutt bezeichnet eiszeitliche Frostschuttbildungen an steilen Hängen, welche zu mehr als 50 % aus wenig gerundeten Gesteinskomponenten (Kies-, Stein- und Blockfraktion) bestehen und sandig-schluffige sowie tonige Beimengungen enthalten. **Hanglehm** ist ein bindiges Lockergestein aus Ton, Schluff und Sand mit weniger als 50 % Kies und Steinen.

Fließerden sind periglaziale Bildungen, die durch kaltzeitliches Bodenfließen (Solifluktion) entstanden sind. Sie gerieten dabei bereits bei flachen Geländeneigungen (ab 1 %) in Bewegung und wurden z.T. über weite Entfernungen transportiert. Fließerden stellen in der Regel ein schlecht sortiertes Gemisch aus Ton, Schluff und Sand z.T. mit grusig-kiesigen und steinigen Gesteins- und Mineralbruchstücken dar.

Technische Klassifikationen

Gemäß DIN 1054 und DIN 18 196 sind gemischtkörnige Lockergesteine wie folgt einzuteilen:

Tab. 16: Einteilung nichtbindiger und bindiger, gemischtkörniger Böden nach DIN 1054 und DIN 18 196

Boden (DIN 1054)	Bodengruppe (DIN 18 196)
nichtbindige, gemischtkörnige Böden (bis max. 15 % Feinteile)	GU, GT, SU, ST
bindige, gemischtkörnige Böden (über 15 % bis max. 40 % Feinteile)	GU*, GT*, SU*, ST*

In der Praxis werden gemischtkörnige Böden mit Feinteilgehalten von 10 - 15 % auch als schwach bindige Bodenarten bezeichnet.

Bindige, gemischtkörnige Böden, deren bodenmechanisches Verhalten vom Feinkorn geprägt wird, werden gemäß DIN 4022 nach dem Feinkornanteil benannt, jedoch nach DIN 18 196 entsprechend der Korngrößenverteilung klassifiziert (z.B. ein Ton-Schluff-Sand-Kies-Gemisch mit 35 % Feinteilen: "Ton, schluffig, stark kiesig, sandig" der Bodengruppe GT*).

Bindige, gemischtkörnige Böden, deren Feinkorngehalt nicht das bodenmechanische Verhalten des Bodens prägt (z.B. GU*) sowie nichtbindige, gemischtkörnige Böden werden nur nach der Korngrößenverteilung benannt und klassifiziert.

Einsatzbereiche

Aushub aus gemischtkörnigen Böden wird entsprechend seinen kennzeichnenden Eigenschaften (nichtbindig/bindig) unterschiedlich verwertet. Als (Erd-)Baustoff wird er vor allem im Verkehrswegebau eingesetzt. Bindiges, kies- und steinarmes Bodenmaterial kann zudem u.U. im Deponie-bau und Hochwasserschutz verwendet werden.

Wirtschaftlich weitgehend unbedeutend ist der Einsatz als Rohstoff.

C 2.2.1 Baustoff-Verwertung

Die Verwertung als Erdbaustoff wird bei diesen Böden in erster Linie vom Mischungsverhältnis von Fein- und Grobkorn sowie vom Wassergehalt, der Korngrößenzusammensetzung und der Plastizität des Feinkorns bestimmt.

Bindige, gemischtkörnige Böden

Die Verwendung ausgeprägt bindiger, gemischtkörniger Bodenarten (Bodengruppen GU*, GT*, SU*, ST*) ist ähnlich der der feinkörnigen Bodenarten.

Gemäß DIN 18 300 fallen die Böden je nach Steingehalt in die Bodenklasse 4 oder 5. Nach [B-2] sind sie in die Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (sehr frostempfindlich) einzustufen.

Werden sie als Dammbaustoffe für den **Verkehrswegebau** und **Hochwasserschutz** eingesetzt, gelten die in Kap. C 2.1.1 aufgeführten Kriterien.

Als **Dichtungsschicht** beim Straßenbau in Wasserschutzgebieten gelten gemäß RiStWag die in Kap. C 2.1.1 genannten Eignungskriterien.

Für das **Verfüllen von Leitungsgräben** in der Leitungszone sind diese Böden gemäß [B-5] in die Verdichtbarkeitsklasse V 2 (vgl. Tab. 15, S. 55) einzuordnen. Das Bodenmaterial kann als Füllboden verwendet werden, wenn sein Wassergehalt etwa dem optimalen Wassergehalt beim Proctorversuch entspricht.

Als **Hinterfüll- und Überschüttböden** für Bauwerke sind diese Materialien gemäß [B-2, B-132] nur "bedingt geeignet" und unter den in Kap. C 2.1.1 genannten Bedingungen verwendbar.

Für den Einsatz als **Deponie-Abdichtungsschicht** ist gemäß [B-139] zu beachten, daß stückiges (steiniges) Material homogen sein muß und unzerkleinerte Bodenstücke nach Einbau maximal

32 mm groß sein dürfen (gilt auch für zersetzte, stückige Tonsteine, Schluffsteine und Tonmergelsteine, vgl. Kap. C 1.2.1.1).

Nichtbindige, gemischtkörnige Böden

Zu dieser Gruppe zählen feinteilarme Böden der Bodengruppen GU, GT, SU, ST.

Ihr Einsatzspektrum konzentriert sich auf:

- Schüttmaterial für Staudämme, Flußdeiche (nur in Verbindung mit Außen- oder Innendichtung)
- Verfüllmaterial für Rohrleitungsgräben (Verdichtbarkeitsklasse V 1, vgl. Tab. 15, S. 55)
- Hinterfüll- und Überschüttmaterial von Bauwerken ("geeignet" gem. [B-2, B-132]).

Sie fallen nach DIN 18 300 je nach Steinanteil in die Bodenklasse 3 oder 5.

Werden sie als Dammbaustoffe im **Verkehrswegebau** eingesetzt, gelten nach [B-2, B-122] folgende Anforderungen:

- Verdichtbarkeit auf $D_{Pr} \geq 97 \%$ (Bereich 0,5 m unter Planum bis Dammsohle bei Dammhöhe > 2 m)
- Verdichtbarkeit auf $D_{Pr} \geq 100 \%$ (Bereich Planum bis 0,5 m unter Planum)
- Luftporengehalt $n_a \leq 12 \%$ (hohlraumarmer Einbau).

Die Böden fallen in die Frostempfindlichkeitsklasse F 2 (gering bis mittel frostempfindlich). Zusätzlich ist hierbei jedoch die Ungleichförmigkeitszahl U zu beachten. Dieser Wert ($U=d_{60}/d_{10}$) kennzeichnet die Steilheit der Körnungslinie und ist indirekt ein Maß für die Gleichmäßigkeit der Korngrößenverteilung.

Eine Zugehörigkeit zur Klasse F 2 ist dann gegeben, wenn folgende Feinteilgehalte ($< 0,06$ mm) überschritten sind:

- bei Böden mit $U \geq 15$: 5 %
- bei Böden mit $U \leq 6$: 15 % (der zulässige Feinteilgehalt für $6,0 < U < 15,0$ kann linear interpoliert werden).

Treffen die Kriterien nicht zu, fallen die Böden in die Klasse F 1 (nicht frostempfindlich).

C 2.2.2 Rohstoff-Verwertung

Eine Rohstoffverwertung gemischtkörniger Bodenarten mit nennenswerter wirtschaftlicher Bedeutung konzentriert sich auf stark sandige, lehmige Böden. Unsortierte Gemische feinkörniger Böden mit wechselnden Sand-, Kies- und Steingehalten werden aufgrund ihrer Heterogenität als Rohstoffe in der Regel nicht eingesetzt.

Sandlöß wird in der Ziegelindustrie bisweilen als Magerungsmittel verwendet.

C 2.3 Sande und Kiese (Verwertungsgruppen L 4 und L 5)

Definitionen

Sande und Kiese (grobklastische Lockergesteine) sind Produkte der physikalischen Verwitterung, welche durch Wasser- oder Windtransport häufig sortiert wurden. Die Einzelkörner bestehen aus Gesteins- und/oder Mineralfragmenten, welche eckig-kantig, kantengerundet oder gerundet sein können. Mehr oder weniger reine Kies- und Sandlagerstätten (z.B. Seifen) sind durch Selektion nach Mineraleigenschaften (Härte, Dichte) und/oder Transportmechanismen (Korngröße) entstanden. Oftmals handelt es sich bei den natürlichen Vorkommen jedoch um Kies-Sand-Gemische unterschiedlicher Zusammensetzung.

Technische Klassifikation

Nach den **baugrundtechnischen** Eigenschaften zählen Sande und Kiese gemäß DIN 1054 zu den "nichtbindigen Böden".

Nach DIN 4022 werden sie als "grobkörnige Böden" bezeichnet, sofern ihr Feinteilgehalt 5 % nicht überschreitet.

Die **technisch-wissenschaftliche** Einteilung erfolgt nach unterschiedlichen Prinzipien:

- nach den **granulometrischen** Eigenschaften (Korngröße, Kornform) werden natürlich vorkommende Kiese und Sande wie folgt eingeteilt (DIN 4022):

Tab. 17: Benennung von Sanden und Kiesen nach Korngröße und Kornform (DIN 4022 und [B-145])

Benennung nach Korngröße	Korngrößenbereich (mm)	Benennung nach Kornform	
		Gerundet	kantig
Blöcke	über 200	Blöcke	
Steine	über 63 - 200	Gerölle, Geschiebe, Steine	
Kieskorn Grobkies Mittelkies Feinkies	über 2 bis 63 über 20 bis 63 über 6,3 bis 20 über 2,0 bis 6,3	Grobkies Mittelkies Feinkies	Grobgrus Mittelgrus Feingrus
Sandkorn Grobsand Mittelsand Feinsand	über 0,06 bis 2,0 über 0,6 bis 2,0 über 0,2 bis 0,6 über 0,06 bis 0,2		

- in der **Bauindustrie** werden Bausande und Baukiese oft entsprechend ihrem Verwendungszweck oder der Gewinnungsart bezeichnet, wobei nach der Kornform zwischen natürlichem Rundkorn und künstlich gebrochenem Brechkorn unterschieden wird. Folgende Bezeichnungen sind geläufig:

- **Betonkies und Beton-/Mörtel-/Estrichsande:** klassierte, ungebrochene und gebrochene Zuschlagstoffe für Beton, Mörtel, Putz und Estrich
- **Tragschicht-/Frostschutz- Kies(sand):** Kies-Sand-Gemische mit definierter, tragfähiger und frostsicherer Kornzusammensetzung
- **Bettungs-/Fugensand: ("Pflastersand")** Sand und Kiessand als Bettungs- und Fugenmaterial für Pflasterungen
- **Wandkies, Baggergut:** natürliche, unklassierte, trocken- ("von der Wand") oder naßgebagerte Kiessande
- **Filterkies(sand):** Kies-Sand-Gemische mit frostsicherem, filterstabilem Kornaufbau.

Gemäß DIN 18 300 (VOB/C - Erdarbeiten) fallen Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit einem Gehalt an Feinteilen < 5 % (Bodengruppen GW, GI und GE sowie SW, SI und SE) in die Bodenklasse 3. Böden der genannten Bodengruppen zählen nach ZTVE-StB 76 zur Frostempfindlichkeitsklasse F 1 ("nicht frostempfindlich", vgl. Tab. 14, S. 54).

Als Verfüllmaterial für Leitungsgräben sind grobkörnige Böden sämtlicher Bodengruppen gemäß ZTV A-StB 89, Tabelle 2, in die Verdichtbarkeitsklasse V 1 ("leicht verdichtbar", vgl. Tab. 15, S. 55) zu gruppieren.

Einsatzbereiche

Die **Bauindustrie (Baugewerbe)** verwendet Kies und Sand im Verkehrswegebau als Erdbaustoff (Dammschütt-, Grabenverfüll-, Hinterfüll- und Überschüttmaterial), zur Herstellung von Frostschutz- und Tragschichten, als Filterschicht- und Bodenaustauschmaterial sowie als Zuschlag für die Herstellung von Baustellenbeton (direkt auf der Baustelle).

Die **Baustoffindustrie** setzt Kies und Sand als Zuschlag zur Herstellung von werk- oder fahrzeuggemischtem Transportbeton sowie als Rohstoff und/oder Zuschlag zur Fertigung mineralisch gebundener Baustoffe, wie z.B. Kalksandstein, Gasbeton, Betonbausteine, Betonwerksteine und Betonformteile, ein.

Als **Industriesande** werden reine Quarzsande und -kiese im Produktionsprozeß oder als Rohstoffe in der Eisen- und Glasindustrie, der chemischen Industrie und Feuerfestindustrie sowie in Gießereibetrieben verwendet. Sie dienen außerdem in verschiedenen gewerblichen Bereichen als Strahl-, Filter-, Stütz- und Haftmittel.

Industriesande werden vorwiegend durch Aufbereitung tertiärer Quarzsande sowie triassischer und jurassischer Quarzsandsteine (vgl. Kap. C 1.2.2.2) gewonnen.

C 2.3.1 Baustoff-Verwertung

Erdbaustoff

Sande und Kiese werden im **Verkehrswegebau** zur Schüttung von Straßendämmen (zugehörige Bauanforderungen in [B-2]) und Bahndämmen (Bauanforderungen in [B-122]) verwendet.

Wegen ihrer Frostsicherheit und Witterungsunempfindlichkeit stellen grobkörnigen Böden allgemein einen unproblematischen Erdbaustoff dar. Ihre Verdichtbarkeit hängt maßgeblich von der Kornzusammensetzung und -abstufung, von der Kornform und vom Wassergehalt ab.

Für die **Hinterfüllung und Überschüttung** von Bauwerken (z.B. Brücken) sowie für die **Verfüllung von Leitungsgräben** werden Sande und Kiese gemäß [B-132) bzw. [B-2] jeweils als "geeignete" Bodenarten ausgewiesen.

Im **Hochwasserschutz** kann grobkörniges Bodenmaterial als Dammbaustoffe für Stau- oder Hochwasserdämme (Stützkörper) in Verbindung mit einer Außen- oder Innendichtung verwendet werden.

Zuschlag für Beton

Sand und Kies stellen nach DIN 4226, T1 "natürliche Zuschläge mit dichtem Gefüge" dar und werden im Normalbeton in der Regel als Rundkorn eingesetzt. Grobkörnungen > 32 mm können nachzerkleinert und als Brechkorn weiterverarbeitet werden.

Sand und Kies werden nach der Gewinnung durch Waschen von abschlämmbaren Bestandteilen gereinigt und mittels Siebanlagen nach Korngruppen bzw. Lieferkörnungen klassiert (vgl. Kap. 3.2.2).

Für ungebrochene und gebrochene Produkte gelten nach DIN 4226 bzw. TL Min-StB 83 für Betonzuschlag (Normalbeton) folgende Korngruppeneinteilungen mit zugehörigen, maximal zulässigen Schlämmkornanteilen < 0,06 mm:

Tab. 18: Korngruppen/Lieferkörnungen und maximaler Schlämmkornanteil für Betonzuschlag (Normalbeton) nach DIN 4226 und TL Min-StB 83

Gestein/Produkt		Bezeichnung der Korngruppe/ Lieferkörnung	Korngrößenbereich (mm)		maximaler Schlämmkornanteil (Gew.-%)
ungebrochen	gebrochen		DIN 4226	TL Min-StB 83	
	Gesteinsmehl	Füller 0/0,09	0 - 0,09		-
Natursand	Brechsand Edelbrechsand	Natursand 0/2 Brechsand 0/2 Edelbrechsand 0/2	bis 4 bis 4 bis 4	bis 2 bis 2 bis 2	4,0
Kies	Splitt Edelsplitt	Kies 2/4, 4/8, 8/16, 16/32, 32/63	4 - 32	2 - 63	0,5 - 3,0
		Splitt 5/11, 11/22, 22/32	4 - 32	2 - 32	1,0
		Edelsplitt 2/5, 5/8, 8/11, 11/16, 16/22	4 - 32	2 - 22	1,0 - 3,0
Grobkies	Schotter	Schotter 32/45, 45/56	über 32 über 32	32 - 56	1,0

Sande sollen als Zuschlag einen stetigen Kornaufbau besitzen; der Anteil unter 0,25 mm Korngröße soll max. 6 - 8 %, derjenige der Korngruppe 1 - 2 mm max. 86 % betragen.

Kiese dürfen weder tonige, mergelige oder angewitterte, noch stark Wasser saugende, frostempfindliche Gesteinskomponenten enthalten.

Nach DIN 4226 werden an Zuschläge mit dichtem Gefüge für Normalbeton folgende Anforderungen gestellt (vgl. auch Kap. C 1.2.3.1):

- Kornform: der Anteil ungünstig geformter Körner (Prüfnorm DIN 52 114) darf in Korngruppen > 8 mm nicht mehr als 50 % betragen
- Druckfestigkeit: der geforderte Wert von $\geq 100 \text{ N/mm}^2$ wird bei quarzreichen Sanden Kiesen im allgemeinen erfüllt
- Frost- und Witterungsbeständigkeit: ist bei quarzreichen Sanden und Kiesen i.d.R. in ausreichendem Maße vorhanden; im Zweifelsfall Bestimmung nach DIN 52 104, bzw. DIN 4226, T3
- Anteil schädlicher Bestandteile:
 - abschlämbare Bestandteile siehe Tab. 18
 - organische Bestandteile max. 0,5 %
 - erhärtungsstörende Anteile siehe Kap. C 1.2.3.1.

Für Zuschläge mit erhöhten und speziellen Anforderungen können u.a. zusätzliche Qualitätsnachweise erforderlich werden hinsichtlich:

- Frost-Tausalzbeständigkeit gemäß TP Min-StB 83, Teil 4.4
- Beständigkeit gegen starke Frosteinwirkung gemäß DIN 52 104
- Hitzbeständigkeit gemäß TP Min-StB 83, Teil 4.5.1.

Zuschlag für Mörtel und Estrich

Bei den Mörtelarten wird unterschieden zwischen Mauer- und Putzmörtel. Die entsprechenden Zuschläge werden in der Bauindustrie als Mauersande und Putzsande bezeichnet.

Estrichsande sind Zuschläge für Estrich.

Mauersande als Zuschläge für Mauermörtel (DIN 1053, T1 - T3) sollen ein breites Körnungsspektrum mit Anteilen von 24 - 40 % der Körnung 0,06 - 0,5 mm besitzen. Das Größtkorn beträgt 2 mm, der Anteil an abschlämmbaren Bestandteilen < 0,06 mm maximal 8 %. Die Kornform sollte möglichst kubisch sein.

Putzsande für Putzmörtel (DIN 18 550) sollen 10 - 40 % Massenanteile der Körnung 0,09 - 0,25 mm aufweisen; der zulässige Schlämmkornanteil < 0,06 mm beträgt 5 %. Als Größtkorn sind bei Feinputz 1 - 2 mm, bei Grobputzen je nach Putzart 2, 4 und 8 mm zugelassen. Eine gedrungene Kornform wird zwingend gefordert.

Estrichsande (DIN 18 560, T1 - T6) dürfen einen Schlämmkornanteil von maximal 3 % besitzen. Der Massenanteil der Korngrößen 0,06 - 2 mm ist auf 70 % begrenzt. Das Größtkorn beträgt je nach Estrichart 4 oder 8 mm. Estrichsande dürfen keinerlei organische Beimengungen enthalten.

Zur Herstellung von **Waschbeton** werden als Zuschlag häufig Kiese aus dem Körnungsbereich 8/16 verwendet.

Zur Herstellung von **kunstharzgebundenen Baustoffen** wie z.B. Kunstharzmörtel und Kunststoff-Industrieestrichen dienen Quarzsande und -mehle als Kunstharz-Füllstoffe. Die eingesetzten Quarzsande sollen eine stetige Sieblinie und eine besonders gut gerundete Kornform besitzen, um ein hohes Fließvermögen zu gewährleisten.

Frostschuttschichten im Verkehrswegebau

Im **Straßen- und Wegebau** wird bei nicht frostsicherem Untergrund/Unterbau die unterste Tragschicht des Oberbaus (1. Tragschicht) als ungebundene Frostschuttschicht ausgeführt. Sie verhindert durch ihre dränierende Wirkung Frostschäden im Oberbau.

Frostschuttschichten bestehen aus:

- Kies-Sand-Gemischen sowie aus Kies oder Sand, ggf. mit Zusatz von gebrochenen Mineralstoffen
- Schotter-Splitt-Sand-Gemischen oder Splitt-Sand-Gemischen.

Diese Mineralstoffgemische müssen frostunempfindlich sein und auch in verdichtetem Zustand eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit aufweisen. Zudem muß ein ausreichender Anteil feiner Körnung vorliegen, um ein Eindringen frostempfindlichen Bodens zu verhindern.

Unsortierte, natürliche Kiessande (z.B. Baggergut) dürfen keine tonig-mergeligen (frostempfindlichen) Bestandteile enthalten und müssen eine geeignete Kornabstufung aufweisen.

Die verwendeten Mineralstoffe müssen hinsichtlich Verwitterungs-, Frost-, Raum- und Schlagbeständigkeit den TL Min-StB entsprechen (Prüfnormen gemäß TP Min-StB, vgl. Kap. C 1.2.3.1).

Die zulässigen Korngrößenzusammensetzungen für Frostschutzschichten sind bundeseinheitlich in den ZTVT-StB 86/90 geregelt. Es bestehen folgende *Qualitätsanforderungen*:

- zulässige Baustoffgemische:
 - Kiese und Kies-Sand-Gemische der Bodengruppen GE, GI und GW (DIN 18 196), ggf. Zugabe von Brechkorn
 - Sande und Sand-Kies-Gemische der Bodengruppen SE, SI und SW, ggf. Zugabe von Brechkorn
 - Gemische aus Splitt und Brechsand 0/5 - 0/32 sowie Gemische aus Schotter-Splitt-Brechsand 0/45 und 0/56, ggf. Zugabe von Natursand
- Anteil der größten Kornklasse (= alle Korngrößen zwischen der größten und zweitgrößten Prüfkorngröße) einschließlich Überkornanteil $\geq 10 \%$
- Überkornanteil $\leq 10 \%$
- für die oberen 20 cm der Frostschutzschicht gelten verschärfte Anforderungen (ZTVT-StB 86/90, Abschn. 2.1.4)
- zulässiger Feinkornanteil ($< 0,06 \text{ mm}$) in eingebautem Zustand $\leq 5 \%$ (bei Grundwasser bis OK Planum) bzw. $\leq 7 \%$ (bei tiefem Grundwasserstand)
- die Kornzusammensetzung muß so beschaffen sein, daß die in den ZTVT-StB 86/90, Abschnitt 2.1.2.3.2 vorgegebenen Verdichtungsgrade und Verformungsmoduln auf OK Frostschutzschicht erreicht werden können.

Die "Ergänzungen zu den Technischen Vertragsbestimmungen im Straßenbau Baden-Württemberg -ETV-StB-BW 89 -", Ausgabe 1989, legen darüber hinaus zusätzlich fest:

- die Körnungslinie für Frostschutzschichten aus Kies-Sand-Gemischen 0/32 - 0/56 mit oder ohne Zusatz von Kalkgestein muß innerhalb eines festgelegten Sieblinienbereichs liegen (vgl. Anlage 4 der ETV-StB-BW 89). Maximaler Feinteilgehalt ($< 0,06 \text{ mm}$) vor dem Einbau $\leq 5 \%$, in eingebautem Zustand $\leq 6 \%$
- für Frostschutzschichten aus Schotter-Splitt-Sand-Gemischen 0/32, 0/45 und 0/56 gelten fest-gelegte Sieblinienbereiche (siehe Anlagen 5 und 6 der ETV-StB-BW 89). Maximaler Feinteilgehalt vor dem Einbau $\leq 5 \%$, in eingebautem Zustand $\leq 7 \%$
- der Sandgehalt für die aufgeführten Gemische muß in der Eignungsprüfung mindestens 20 % betragen.

Kies- und Schottertragschichten im Verkehrswegebau

Tragschichten stellen den unteren Teil des Oberbaus zwischen Untergrund/Unterbau und Decke dar. Sie können ohne Bindemittel (ungebunden) oder hydraulisch bzw. bituminös gebunden ausgeführt werden. Tragschichten sind Bestandteil des frostsicheren Oberbaus.

Hinsichtlich qualitativer Anforderungen müssen die Mineralstoffe den Vorgaben der DIN 18 135 sowie den TL Min-StB 83 (mit Prüfnormen der TP Min-StB) genügen und gemäß RG Min-StB güteüberwacht sein.

Kiestragschichten bestehen nach ZTVT-StB 86/90 aus sortierten Kies-Sand-Gemischen, ggf. unter Zusatz von gebrochenen Mineralstoffen. Als Baustoffgemische sind zu verwenden:

- Kies-Sand-Gemische der Lieferkörnung 0/32, 0/45 oder 0/56, ggf. unter Zusatz von gebrochenen Mineralstoffen. Die Sieblinie muß innerhalb des in der ZTVT-StB 86/90 (Abs.2.2.4, Bilder 2.1-2.3) ausgewiesenen Sieblinienbereichs liegen.

Schottertragschichten bestehen nach ZTVT-StB 86/90 generell aus sortierten Schotter-Splitt-Sand-Gemischen oder aus Splitt-Sand-Gemischen. Als Baustoffgemische sind einzusetzen:

- Schotter-Splitt-Sand-Gemische 0/45 oder 0/56 sowie Splitt-Sand-Gemische 0/32. Die gültigen Sieblinienbereiche gehen aus den ZTVT-StB 86/90 (dortige Bilder 2.4 - 2.6) hervor.
- Nach den ETV-StB-BW 89 entsprechen die zulässigen Sieblinienbereiche für Tragschichten 0/32 0/56 denen der entsprechenden Frostschutzschichten. Bestehen die Frostschutz-/Tragschichten aus Kalkstein, müssen die zusätzlichen Anforderungen gemäß Anlage 8 der ETV StB-BW 89 erfüllt werden.

Allgemein müssen Mineralstoffe für Frostschutz- und Tragschichten den in den Abschnitten 2.1 und 2.2 der ZTVT-StB 86/90 geforderten Verdichtungsgraden und Tragfähigkeiten nach dem Einbau genügen.

Tragschichten aus unsortiertem Gestein für ländliche Wege

Im ländlichen Wegebau können nach den ZTV-LW 87 Tragschichten aus unsortiertem Gestein (Sand, Kies, Felsgestein, Mineralstoffe aus Vorsiebmaterial, Gesteinsabraum, Felsschutt) verwendet werden.

Folgende *Qualitätsanforderungen* sind dabei zu berücksichtigen:

- ausreichende Verwitterungsbeständigkeit (DIN 52 106)
- ausreichende Festigkeit und Verdichtbarkeit entsprechend dem Verwendungszweck
- Größtkorn \leq Hälfte der vorgesehenen Tragschichtdicke.

Bettungs- und Fugenmaterial für Pflasterungen ("Pflastersand")

Gemäß DIN 18 318 [B-71] sind als Bettungs- und Fugenmaterial folgende Mineralstoffgemische zu verwenden:

- Sand, Kiessand, Brechsand und Splitt, welche den *Qualitätsanforderungen* der TL Min-StB bzw. der DIN 4226 T1 (Betonzuschlag) entsprechen
- abschlämmbare Bestandteile $\leq 5 \%$
- geeignete Lieferkörnungen: Sand 0/2 oder 0/4; Splitt 1/3 oder 2/5; kornabgestuftes Brechsand- Splitt-Gemisch 0/5.

Planumsschutzschichten im Bahnbau

Im Bahnbau wird bei nicht ausreichend beanspruchbarem Unterbau/-grund (z.B. Lockergesteins-Untergrund, nicht verwitterungsbeständiger Fels) ein Teil der Frostschutzschicht als Planumsschutzschicht ausgeführt. Sie wird unter dem Schotterbett angeordnet und soll sowohl die Gebrauchsfähigkeit des Unterbaus/Untergrunds erhalten als auch ein Eindringen von Feinteilen in das Schotterbett verhindern. Sie erfüllt somit eine Trag-, Filter-, Abdicht- und Frostschutzfunktion.

Dementsprechend werden an einsatzfähige Mineralstoffgemische nach den "Vorschriften für Erdbauwerke (VE) - DS 836" sowie den "Technischen Lieferbedingungen - Mineralstoffgemische für Planumsschutzschichten TL 918 62" der Deutschen Bundesbahn folgende *Qualitätsanforderungen* gestellt:

- Mineralstoffe (gebrochen und/oder ungebrochen) müssen verwitterungsbeständig, widerstands- fähig und frei von organischen und grundwasserschädlichen Bestandteilen sein
- Sieblinie innerhalb Grenzpunkten der TL 918 62, Anlage 1
- Ungleichförmigkeitszahl $U \geq 15$
- Frostsicherheit gemäß Frostkriterium nach CASAGRANDE (Erläuterungen in [B-122, EzVE 6])
- Filterstabilität gegen Gleisschotter gemäß Filterregel nach TERZAGHI (Erläuterungen in [B-122, EzVE 6])
- zulässiger Wasserdurchlässigkeitsbeiwert bei Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100\%$: $k_f \leq 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$.

Filterkörper im Verkehrswegebau

Im Straßenbau werden zur Dränung einstufige oder mehrstufige Filterkörper angeordnet. Zugelassen sind nach ZTVE-StB 76 Mineralstoffe der Bodengruppen GW, GE und GI sowie SW, SE und SI.

Bei Bauwerkshinterfüllungen ist zur Herstellung der filterstabilen Entwässerungsschicht unmittelbar an der Rückwand des Bauwerks nur Material der Bodengruppe GW zu verwenden.

Die Anforderungen an Filtermaterial für Entwässerungsanlagen im Bahnbau sind im Anhang EzVE 8 der DS 836 geregelt.

Filterschichten zur Gebäudedränung (DIN 4095)

Dränungen an baulichen Anlagen dienen zur Entwässerung des Bodens. Sie sollen das Entstehen von drückendem Wasser verhindern. Die Dränschicht muß gegenüber dem Baugrund filterstabil sein (Vermeidung von Verschlammung des Filters). Man erreicht dies entweder durch Stufenfilter (filterstabile Filterschicht, Sickerschicht) oder durch Mischfilter (filterstabile Sickerschicht). Die Filter bestehen aus Sanden, Kiesen und Kiessanden.

Mischfilter können gemäß DIN 4095 aus sandigem Kies 0/32 entsprechend der Sieblinie B 32 (DIN 1045) aufgebaut werden.

Für **Stufenfilter** kann als Filterschicht ein Filtersand 0/4, als Sickerschicht sandiger Kies 4/32 und als Dränrohrummantelung Grobkies 32/63 verwendet werden.

Dränfilter im Wasserbau (DIN 19 700)

Im Talsperren-, Fluß- und Deichbau verwendet man Dränfilter zur Entspannung des Sickerwassers im Damm- bzw. Stützkörper. Das Filtermaterial muß filterstabil sein, wobei zur Erhöhung der Filterfestigkeit Vliese eingesetzt werden. Als Mischfilter werden Kiessand-Korngemische 0/16 oder 0/32, als Stufenfilter entsprechend aufeinander abgestimmte Sande und Kiese verwendet.

Sportstättenbau (DIN 18 035)

Im Sportstättenbau wird bei nicht ausreichend durchlässigem Untergrund unter der Rasentragsschicht eine **Dränschicht** angeordnet.

Die Baustoffe für Dränschichten müssen nach DIN 18 035, Blatt 4, folgenden **Qualitätsanforderungen** genügen:

- witterungsbeständig, keine löslichen und/oder pflanzenschädlichen Bestandteile
- Kornverteilung innerhalb definiertem Sieblinienbereich (DIN 18 035, Blatt 4, Bild 2)
- abschlämbare Bestandteile ($< 0,002 \text{ mm}$) $\leq 2 \%$; Feinteile ($< 0,06 \text{ mm}$) $\leq 10 \%$
- modifizierter Wasserschluckwert (Prüfnorm DIN 18 035, Blatt 5) $\geq 0,01 \text{ cm/s}$.

An die über der Dränschicht aufgebrachte **Rasentragsschicht** (Gerüstbaustoff) werden folgende Anforderungen gestellt:

- abschlämbaren Bestandteile ($< 0,02 \text{ mm}$) $\leq 8 \%$; Größtkorn = 8 mm
- Korngrößenanteil $\geq 4 \text{ mm}$ max. 15 %
- Kornverteilung innerhalb definiertem Sieblinienbereich (DIN 18 035, Blatt 4, Bild 3).

Tennenflächen

Tennenflächen sind Sportflächen mit mineralischer, wasserdurchlässiger Deckschicht ohne künstliche Bindemittel. Der Tennenoberbau besteht unter dem eigentlichen Tennenbelag (Deckschicht) von oben nach unten aus einer Dynamischen Schicht, einer Tragschicht und einer Filter-

schicht (letztere verhindert ein Eindringen von Untergrund/Unterbau-Feinteilen in die Tragschicht).

Die *Qualitätsanforderungen* für die einzelnen Schichten sind in DIN 18 035, Blatt 5, festgelegt.

Reitplatzsande

Die obere Tretschicht von Reitplätzen besteht in der Regel aus einem Gemisch von Quarzsand 0/2 oder 0/4 und Schälspänen.

C 2.3.2 Rohstoff-Verwertung

Baustoffindustrie

Die Baustoffindustrie setzt Sande und Kiessande als Rohstoffe sowie bei der Herstellung mineralisch gebundener Baustoffe ein.

Als verfahrenstechnische Rohstoffe werden in erster Linie **Sande** mit einem hohen bis sehr hohen Quarz(SiO_2)-Anteil eingesetzt. Die Sandkörner sollten dabei generell folgende Materialeigenschaften besitzen:

- mechanische Festigkeit
- gedrungene Kornform
- Frostbeständigkeit.

Für die Fertigung von **Kalksandstein** (DIN 106) bestehen an Sande zur Herstellung von Verblendern (frostsicheres Sichtmauerwerk) folgende *Qualitätsanforderungen*:

- SiO_2 -Gehalt ≥ 90 %
- breites Kornverteilungsspektrum; Anteil Korngrößen $< 0,1$ mm 5 - 10 %; Größtkorn ca. 2 mm
- keine färbenden und erhärtungsstörenden Substanzen (Huminsäuren, Kohle, Holz, Eisenverbindungen oder Salze).

Für Hintermauersteine zur Ausführung von verputztem oder verblendetem Mauerwerk gelten folgende reduzierten Anforderungen:

- SiO_2 -Gehalt 20 - 50 % (quarzreicher "Normal"-Sand)
- möglichst breites Kornverteilungsspektrum
- Anteil Korngrößen $< 0,1$ mm ca. 10 %; Größtkorn 4 mm
- keine schädlichen Salze und Huminsäuren.

Kiese und Sande werden als Zuschlag zur Herstellung von zahlreichen Betonerzeugnissen (Betonbausteine: Leichtbeton-Vollsteine und -Hohlblocksteine, Betonwerksteine; Betonfertigteile: z.B. Rohre, Dachsteine und Verbund-Pflastersteine) verwendet. Die Qualitätsanforderungen an Beton-Zuschlag sind in Kap. C 2.3.1 beschrieben.

Die **grobkeramische Industrie** benutzt Quarzsande und Quarzmehle als Magerungsmittel für Ziegelrohstoffe, wobei Korngrößen bis 0,5 mm eingesetzt werden.

Sonstige Industrien und Gewerbe

Die außerhalb der Baustoffindustrie eingesetzten sogenannten **Industriesande** sind Quarzsande mit einem SiO_2 -Gehalt von über 98 %. Sie sind für die meisten Einsatzbereiche durch Aufbereitungsmaßnahmen in ihren physiko-chemischen Eigenschaften standardisiert. Neben den Industriesanden werden **Quarzkiese** bei der Eisenverhüttung und zur Herstellung von Silikaprodukten verwendet.

In der **Hüttenindustrie** dienen (Hochofen-) Quarzkiese als Schlackenbildner bei der Roheisengewinnung. Bevorzugt werden Korngemische von 5-25 mm mit einem möglichst hohen SiO_2 - und niedrigen Alkaligehalt.

Die **Feuerfestindustrie** und Gießereien setzen Quarzkiese und -sande mit SiO_2 -Gehalten > 93 % zur Erzeugung feuerfester Silikaprodukte ("saure Massen", Silikasteine) ein.

In **Gießereien** werden Formstoffe zur Herstellung von Gießformen benötigt. Als Formgrundstoff verwendet man in der Regel Formsande (Quarzsande), aus welchen mit Hilfe von anorganischen und organischen Bindemitteln die gewünschten Gießformen hergestellt werden.

An hochwertige Gießereisande werden folgende **Qualitätsanforderungen** gestellt:

- SiO_2 -Gehalt > 97 %
- Gehalt an $\text{Fe}_2\text{O}_3 < 0,1$ %, an $\text{Al}_2\text{O}_3 < 0,5$ %
- Korngrößen $< 0,02$ mm (Schlämmkornanteil) max. 0,1 %
- überwiegend kantengerundete Kornform und glatte Kornoberfläche, Korngefüge monokristallin
- Sinterbeginn > 1.500 °C
- frei von karbonatischen Bestandteilen
- definierte Korngrößenverteilung gemäß Tab. 19.

Tab. 19: Typische Quarzsandkörnungen für Gießerei-Sande (aus [C.2-3])

Kornklasse (mm)	Grobsand	Mittel- grobsand	Mittelsand	Mittel- feinsand	Feinsand	Feinst- sand
	Mengenanteil in %					
$> 1,0$	-	-	-	-	-	-
1,0 - 0,5	30	10	1	-	-	-
0,5 - 0,25	65	65	38	27	15	5
0,25 - 0,125	5	24	60	70	80	80
0,125 - 0,063	-	1	1	3	5	13
$< 0,063$	-	-	-	-	-	2

An die in der **Glasindustrie** eingesetzten Glassande werden sehr hohe *Qualitätsanforderungen* gestellt:

- SiO₂-Gehalte von 99,0 - 99,8 % ; maximale Schwankung von ± 0,2 % vom Mittelwert (hochwertige Glasschmelzsande)
- Al₂O₃-Gehalte zwischen 0,01 - 0,05 % ; Fe₂O₃-Gehalte zwischen 0,01 - 0,05 %
- Gehalt an glasschädlichen Mineralen (Schwerminerale wie Chromit, Disthen, Zirkon) < 0,1 %
- Korngrößenbereich 0,1 - 0,5 mm (Fein-/Mittelsand); maximal 1 % Unter- und Überkorn.

In der **chemischen Industrie** müssen Quarzsande folgenden *Qualitätsanforderungen* genügen:

Wasserglas-Fabrikation:

- Korngrößenbereich 0,1 - 0,5 mm
- SiO₂-Gehalt > 99 %
- Fe₂O₃-Gehalt < 0,05 %

Siliciumcarbid (SiC)-Herstellung:

- Korngrößenbereich 0,1 - 0,5 mm
- SiO₂-Gehalt von 99,5 %
- Al₂O₃-Gehalt von 0,2 % (schwarzes SiC)
- Al₂O₃-Gehalt von 0,05 % (grünes SiC).

Feingemahlener Quarzsand des Korngrößenbereichs 0,1 - 0,5 mm mit einem SiO₂-Gehalt > 95 % und einem Fe₂O₃-Gehalt < 0,05 % wird als **Quarzmehl** bezeichnet. Quarzmehle sind Rohstoffe für die Glas-, die Keramik- und die Email-Industrie.

Bei der **Kunststoffherstellung** werden Quarzmehle und Quarzgutmehle als Füllstoffe zur Verbesserung bestimmter Kunststoffeigenschaften verwendet.

An Quarzsande zur Herstellung von Füllstoffen bestehen folgende Qualitätsanforderungen:

Tab. 20: Anforderungen an Quarzmehle als Füllstoffe (aus [C.2-12])

Parameter	Quarzmehle DIN 55 926	Quarzgutmehle DIN 55 927
SiO ₂ -Gehalt	mind. 95 %	mind. 98 %
pH-Wert	5 - 8	6 - 9
wasserlösliche Bestandteile	0,2 - 0,5 %	max. 0,1 %
Glühverlust	0,3 - 0,5 %	max. 0,2 %
Glasphase	-	max. 5 %

Filter- und Haftmittel

Als **Luftfilter** für Schutzbauten werden Natur- und Brechsande für die Schüttung von Sandvorfiltern und -hauptfiltern verwendet. Die qualitativen Anforderungen sind in den "Technischen Forderungen für Filtersande (Juni 1981)" des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städteplanung (BMBau) geregelt. Für Filtersande werden folgende, entsprechend dem Qualitätsstandard der TL Min-StB 83 bzw. DIN 4226 hergestellten Lieferkörnungen eingesetzt [nach C.2-12]:

- Sand-Vorfilter: Natursand 1/2 oder 2/4; Brechsand 0,8/3 oder 2/5
- Sand-Hauptfilter: Brechsand (porös) 0,4/0,8.

In Wasserreinigungsanlagen werden für **Reinigungsfilter** in großem Umfang Filtersande und -kiese eingesetzt (Entsäuerung, Neutralisation, Filtration). Die Qualitätsvorgaben sind in DIN 19 623 genormt. Hinsichtlich Korngrößenzusammensetzung wird u.a. gefordert:

- Sieblinie mit $U \leq 1,5$
- Korngruppen $> 1 \text{ mm}$: Unter-/Überkornanteil $\leq 10 \%$
- Korngruppen $< 1 \text{ mm}$: Unter-/Überkornanteil $\leq 5 \%$.

Im **Brunnenbau** werden kornabgestufte Kies-Sand-Gemische zur Schüttung der Filterschicht (Filter- und Stützfunktion) verwendet. Gemäß DIN 4924 bestehen u.a. folgende **Qualitätsanforderungen**:

- reiner Quarzsand oder Quarzkies mit einem SiO_2 -Gehalt von rund 96 %
- organische Stoffe $\leq 0,5 \%$; artfremde Stoffe (Ton, Kalk, Glimmer, Feldspat, Eisen) $\leq 4 \%$
- Korngruppe 0,25 - 0,5 mm: Unter-/Überkornanteil $\leq 15 \%$, bei anderen Korngruppen $\leq 10\%$.

Nach DIN 4924 sind für Filtersande und -kiese folgende Lieferkörnungen üblich:

- Filtersande: 0,25/0,5 ; 0,5/1 ; 0,71/1,4 ; 1/2
- Filterkiese: 2/3,15 ; 3,15/5,6 ; 5,6/8 ; 8/16 ; 16/31,5.

Als **Streumittel** (Haftwertverbesserung bei Schienenfahrzeugen) werden Quarzsande verwendet. Bei der Deutschen Bundesbahn werden hierfür nur Natursand oder Brechsande aus natürlichem Gestein mit einem SiO_2 -Gehalt von mindestens 50 % und einer MOHS'schen Härte nicht unter 5 eingesetzt. Die Qualitätsanforderungen sind in der TL 918 224 festgelegt. Lieferkörnung ist die Korngruppe 0,8/1,6.

Winterstreusande sind abstumpfende Stoffe gegen winterliche Straßenglätte. Es werden folgende Mineralstoffe eingesetzt (aus [C.2-12]):

- im Normalfall Splitt bis ca. 8 mm
- auf Bergstraßen mit starker Schneedecke Splitt bis 16 mm
- Sand und Kies ohne bindige und schmierende Bestandteile.

Wirbelschichtssande dienen bei der Müllverbrennung zur Verwirbelung des Verbrennungsgutes mit der Verbrennungsluft um einen optimalen Verbrennungsvorgang zu erzielen.

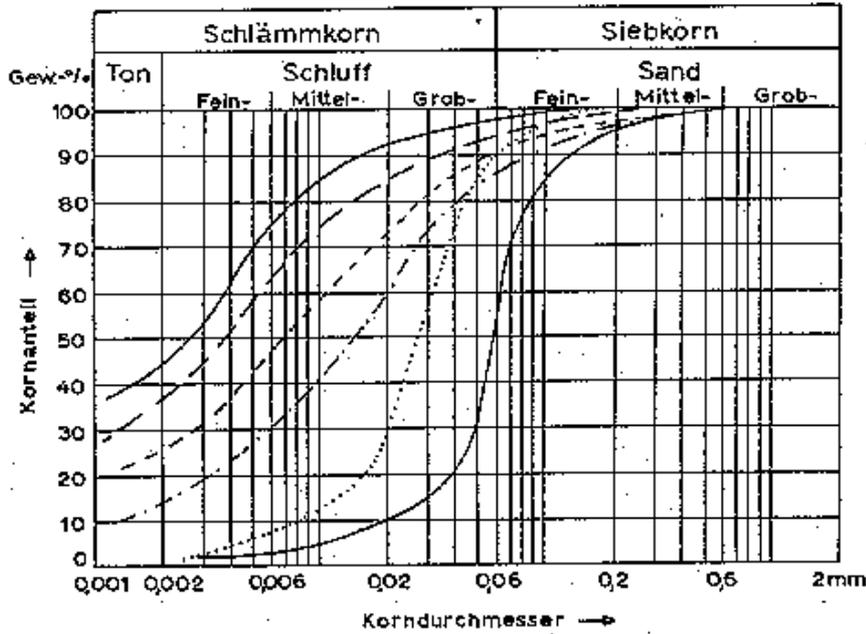
Folgende Qualitätsanforderungen werden gestellt (aus [C.2-12]):

- Sintergrenze > 1 200 °C
- Mittel- bis Grobsand mit Korngrößen zwischen 0,2 - 2 mm.

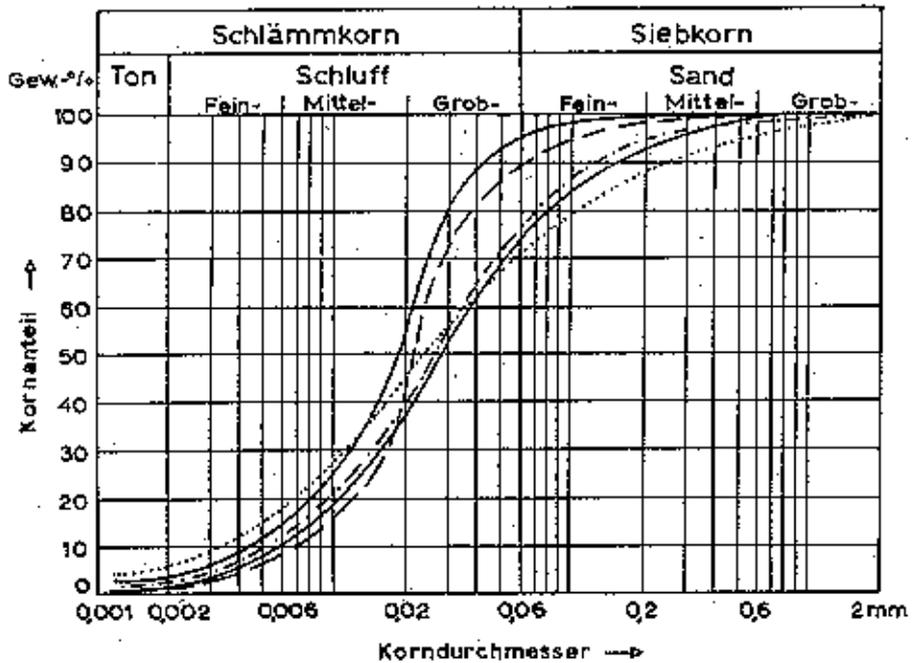
C 2.4 Organische und organogene Lockergesteine (*Verwertungsgruppe L 6*)

Diese Bodengruppe umfaßt Böden, welche ganz oder teilweise aus pflanzlichen und/oder tierischen Bestandteilen bestehen oder unter der Mitwirkung von Organismen gebildet wurden. Aus-
hub aus solchen Böden ist in der Regel für technische Zwecke unbrauchbar.

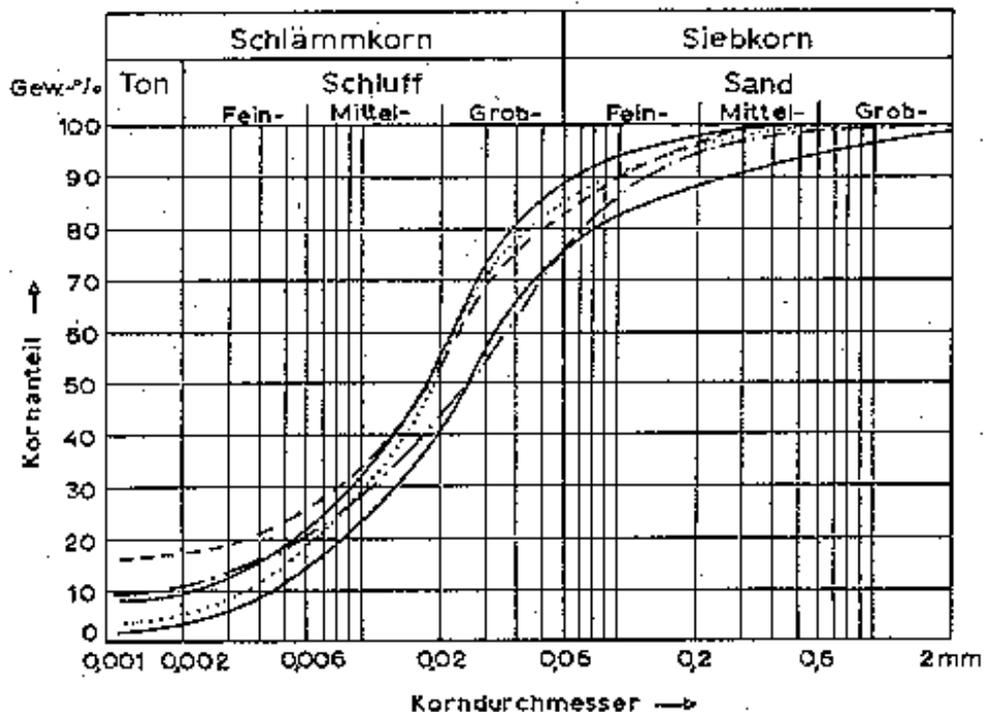
Anlage 4: Beispiele von Körnungslinien bindiger Lockergesteine Baden-Württembergs (leicht verändert aus [C. 1-5])



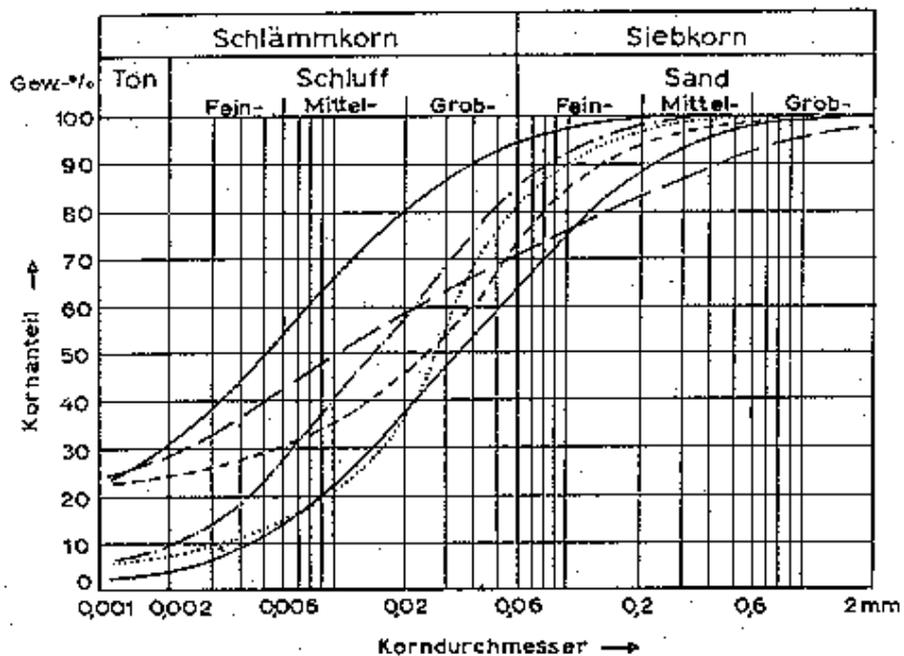
Kornverteilung einiger Proben aus Beckentonon Baden-Württembergs



Kornverteilung einiger Lößproben aus Baden-Württemberg



Kornverteilung einiger Lößlehmprouben aus Baden-Württemberg



Kornverteilung einiger Proben aus Auenlehmen Baden-Württembergs

Anhang D Literaturverzeichnis

Verzeichnis der Bundes-Bauorganisationen und Bauorganisationen Baden-Württembergs

Das Literaturverzeichnis stellt die zitierte Literatur sowie einen Auszug des wichtigsten Schrifttums zur Verfügung. Soweit nicht aus dem Titel ersichtlich, liefern zusätzliche thematisch relevante Schlagworte Hinweise auf den Inhalt der Literaturstelle.

Das Verzeichnis ist wie folgt gegliedert:

- A** Gesetze, Verordnungen (Bund, Land Baden-Württemberg)
- B** Vorschriften, Normen, Richtlinien, Merkblätter für mineralische Rohstoffe und Baustoffe
- C** Fachliteratur, Lehrbücher, Kartenwerke (mit Erläuterungen), Veröffentlichungen, sonstige Beiträge
- C.1** Regionale Geologie von Baden-Württemberg
- C.2** mineralische Baustoffe und Rohstoffe

In der Zusammenstellung werden folgende Abkürzungen verwendet:

FGSV	Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V.
FG	Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen
BASt	Bundesanstalt für Straßenwesen
DGEG	Deutsche Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V.
DB	Deutsche Bundesbahn
DVWK	Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.
GLA	Geologisches Landesamt
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe

Das Verzeichnis der Bau-Organisationen enthält die Anschriften wichtiger Verbände, Vereine, Anstalten sowie Gesellschaften und Vereinigungen unterteilt nach:

- Bundes-Bauorganisationen
- Bau-Organisationen in Baden-Württemberg

A Gesetze, Verordnungen

- 1; Europarat, Europäische Bodencharta, 1972, relevante Schlagworte: Bodenschutz, Bodenqualität, Bodennutzung, Bodenreserven
- 2; Bundesministerium des Inneren, Bodenschutzkonzeption der Bundesregierung (Drucksache 10/2977), 03/1988, Verlag Heger, Bonn, relevante Schlagworte: Umweltschutz, Bodenschutz, Bodenschutzpolitik
- 3; Bundesregierung, Zielfestlegung der Bundesregierung zur Vermeidung/Verringerung oder Verwertung von Bauschutt, Baustellenabfällen, Erdaushub und Straßenaufbruch (Entwurf), 02/1991, relevante Schlagworte: siehe Titel
- 4; Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg, Bodenschutzprogramm '86, Eigenverlag, relevante Schlagworte: Bodenzustand, Bodenmeßnetz, Bodenkarte, Bodendatenbank, Bodenprobenbank, Rohstoffkarte
- 5; Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg, Gesetz zum Schutz des Bodens (BodSchG), Baden-Württemberg, 06/1991, relevante Schlagworte: Bodenschutz, Bodenbelastung, Bodenüberwachung
- 6; Bundesregierung, Zweite allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Abfall) Teil 1: Technische Anleitung zur Lagerung, chemisch/physikalischen, biologischen Behandlung, Verbrennung und Ablagerung von besonders überwachungsbedürftige Abfällen (sogen. "TA Sonderabfall"), 05/1991, Bundesanzeiger Verlag, Köln, relevante Schlagworte: Deponien, bindiges Material für Deponieabdichtungssysteme
- 7; Bundesregierung, Dritte allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Abfallgesetz (TA Siedlungsabfall), Technische Anleitung zur Verwertung, Behandlung und sonstigen Entsorgung von Siedlungsabfällen, 06/1993, Bundesanzeiger Verlag, Köln, relevante Schlagworte: Deponieabdichtungssysteme, mineralische Dichtung, Material- und Prüfanforderungen, Feld- und Laborversuche

B Vorschriften, Normen, Richtlinien, Merkblätter (Minerale Rohstoffe und Baustoffe)

- 1; Umweltministerium Baden-Württemberg; Informationsschrift des Ministeriums für Umwelt Baden-Württemberg zur Entsorgung von Erdaushub, Straßenaufbruch und Bauschutt; 06/1988; relevante Schlagworte: Abfall/Wirtschaftsgut, Grenzwerte, Entsorgungskonzept, Verwertung, Deponierung
- 2; FGSV, Köln; Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau - ZTVE-StB 76 - (Berichtigte Fassung 1978); 1978; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Boden- und Felsklassifizierung, Baustoff, Frostempfindlichkeit, Lösen, Laden, Verdichten, Hinterfüllungen, Leitungsgräben, Bodenverbesserung, Prüfungen
- 3; Innenministerium Baden-Württemberg; Ergänzungen zu den Technischen Vertragsbedingungen im Straßenbau - Baden-Württemberg - (ETV-StB-BW 89); 1989; relevante Schlagworte: Frostschutzschichten, Tragschichten, Sieblinienbereiche
- 4; FGSV, Köln; Zusätzliche Technische Vorschriften für Tragschichten im Straßenbau (ZTVT-StB 86/90); 1990; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Frostschutzschichten, Kiesstragschichten, Schottertragschichten, Prüfungen, Bindemittel
- 5; FGSV, Köln; Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTVA-StB 89); 1989; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Aushubverfüllung, Einbau, Verdichtung, Füllboden, Verdichtbarkeitsklassen

- 6; FGSV, Köln; Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen im Straßenbau (ZTVV-StB 81); 1981; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Baustoffe, Baustoffgrenzen, Baumischverfahren, Bindemittel Zentralmischverfahren, Prüfungen
- 7; FGSV, Köln; Zusätzlich Technische Vorschriften und Richtlinien für Landschaftsbauarbeiten im Straßenbau (ZTVLa-StB 92); 1992; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Baugrundsätze, Prüfungen, Unterboden
- 8; FG, Köln; Technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Bodenverfestigungen mit Zement und hochhydraulischem Kalk im ländlichen Wegebau (TVV-LW); 1980; relevante Schlagworte: Wie "Straßenbau" ZTVV-StB 81
- 9; FGSV, Köln; Zusätzliche Technische Vorschriften und Richtlinien für die Befestigung ländlicher Wege (ZTV-LW 87); 1987; relevante Schlagworte: Aufbau, Frostschuttschichten, Tragschichten, Baustoffe, Anforderungen, Prüfungen
- 10; FGSV, Köln; Bodenerkundung im Straßenbau Teil 1: Richtlinien für die Beschreibung und Beurteilung der Bodenverhältnisse; 1968; relevante Schlagworte: Bodenverhältnisse, Bodenaufschlüsse, Kennwerte, Erdbau, Dämme
- 11; FGSV, Köln; Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wassergewinnungsgebieten (RiSt Wag); 1982; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Wasserschutzgebiete, Abdichtungsmaßnahmen, Dämme, Böschungen, Brücken, Abdichtungen
- 12; FGSV, Köln; Technische Lieferbedingungen für Mineralstoffe im Straßenbau (TL Min-StB 83); 1983; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Mineralstoffgruppen, Korngröße, Lieferkörnungen, Gewinnung, Aufbereitung, Reinheit, Verwitterungsbeständigkeit
- 13; FGSV, Köln; Richtlinien für die Güteüberwachung von Mineralstoffen im Straßenbau (RG Min-StB); 1983-1990; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Eignungsnachweis, Güteüberwachung, Mängel
- 14; FGSV, Köln; Technische Prüfvorschriften für Mineralstoffe im Straßenbau (TP Min-StB); 1982-1991; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Gewinnungsstätten, Proben, Stoffeigenschaften, Verwitterungsbeständigkeit, mechanische Beanspruchung, granulometrische Eigenschaften
- 15; FG, Köln; Richtlinien für die Anerkennung und Überwachung von Prüfstellen für bituminöse und mineralische Baustoffe und Baustoffgemische im Straßenbau (RAP Stra); 1972; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Fachpersonal, Geräteausstattung, Prüfstellen, Prüfberichte
- 16; FGSV, Köln; Technische Prüfvorschriften für Boden und Fels im Straßenbau (TP BF-StB); 02/1989; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Probenahme, bodenphysikalische Versuche
- 17; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 105, T 1-5 Mauerziegel; 1984, 1989; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Ziegelarten, Rohstoffe, Maße, Ziegeleigenschaften
- 18; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 106, T 1-3 Kalksandsteine; 09/1980; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Steinarten, Zuschlag-Eigenschaften
- 19; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 273, T 3 Ausgangsstoffe für Magnesia-Estriche; Füllstoffe; 05/1981; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Zuschlag, Sand
- 20; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 409 Tabellen zur Bestimmung der Vickershärte beider Prüfung an ebenen Oberflächen; 02/1987; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Naturwerkstein, Oberflächenprüfung, Eindruckhärte

- 21; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 456 Dachziegel; 08/1976; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Maße, Eigenschaften
- 22; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 482 Straßenbordsteine aus Naturstein; 09/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Formen, Maße
- 23; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 1045 Beton- und Stahlbetonbau; Bemessung und Ausführung; 07/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Zuschlag, Korngruppen, Lieferkornungen
- 24; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 1060, T 1 Baukalk; Begriffe, Anforderungen, Lieferung, Überwachung; 11/1982; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 25; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 1100 Hartstoffe für zementgebundene Hartstoff-Estriche; 10/1989; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Zuschlag, Hartgestein, Hartstoffgruppen
- 26; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 1164 T1 Portland-, Eisenportland-, Hochofen- und Traßzement; Begriffe, Bestandteile, Anforderungen, Lieferungen; 12/1986; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 27; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 1168 Baugipse; 01/1986; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Sorten, Verwendung
- 28; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4020 Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke; 10/1990; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, geotechnische Untersuchungen, Baugrund, Baustoffgewinnung, Untersuchungsverfahren, Ergebnisauswertung und -beurteilung, Bericht
- 29; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4021 Baugrund; Aufschluß durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben; 10/1990; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Aufschlußverfahren, Probenarten, Probenahme, Proben-Güteklassen
- 30; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4022, T 1 Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Bodenarten und Fels; Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben im Boden und Fels ; 09/1987; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Benennen und Beschreiben von Boden und Fels, Feldversuche, Schichtenverzeichnisse
- 31; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4022, T 2 Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnisse für Bohrungen im Fels (Festgestein); 03/1981; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Schichtenverzeichnisse, Kernbohrungen, Festgestein (Fels)
- 32; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4022, T 3 Baugrund und Grundwasser; Benennen und Beschreiben von Boden und Fels; Schichtenverzeichnisse für Bohrungen mit durchgehender Gewinnung von gekernten Proben im Boden (Lockergestein); 05/1982; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Schichtenverzeichnisse, Kernbohrungen, Lockergestein (Boden)
- 33; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4023 Baugrund- und Wasserbohrungen; Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse; 03/1984; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Bohrprofile, Kurzzeichen, Zeichen, Farbkennzeichnung für Boden und Fels
- 34; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4030 Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase; 11/1969; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Böden, betonangreifende Stoffe, Probenahme, Analysen, Grenzwerte

- 35; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4030, T 1 Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase; Grundlagen und Grenzwerte; 12/1989 (Entwurf); Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Betonangreifende Stoffe, Wirkung, Grenzwerte
- 36; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4030, T 2 Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase; Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben; 12/1989 (Entwurf); Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Probenahme, Referenzverfahren
- 37; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4094 Baugrund; Erkundung durch Sondierungen; 12/1990; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Rammsondierung, Böden, Lagerungsdichte, Eindringwiderstand, Bodenkenngrößen
- 38; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4095 Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung und Ausführung; 06/1987; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Sickerschicht, Filterschicht, Baustoffe, Mineralstoffe, Sand, Kies
- 39; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4102 Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Baustoffklassen, Brandverhalten, Kennzeichnungspflicht
- 40; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4165 Gasbeton-Blocksteine und Gasbeton-Plansteine; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Maße, Zuschlag, Quarzsand
- 41; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4226, T 1 Zuschlag für Beton; Zuschlag mit dichtem Gefüge; Begriffe, Bezeichnung und Anforderung; 04/1983; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Korngruppe, Lieferkörnung, Mineralstoffe, Kornzusammensetzung, Kornform, Festigkeit, Frostwiderstand, abschlämmbare Bestandteile
- 42; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4226, T 3 Zuschlag für Beton; Prüfung von Zuschlag mit dichtem oder porigem Gefüge; 04/1983; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Probenahme, Probenmenge, Prüfungen Korneigenschaften
- 43; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4226, T 4 Zuschlag für Beton; Überwachung (Güteüberwachung); 04/1983; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Eigen-, Fremdüberwachungsprüfungen
- 44; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4924 Filtersande und Filterkiese für Brunnenfilter; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Qualitätsanforderungen, Stoffzusammensetzung, Korngrößenverteilung
- 45; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 17 560 Ferrosilicium und Silicium; Technische Lieferbedingungen; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Rohstoffanforderungen, Chemismus
- 46; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 035, T 3 Sportplätze; Entwässerungen; 12/1978; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Dränschicht, Rasentragschicht, Baustoffe, Gerüstbaustoffe, Kornverteilungs-Grenzbereiche, Wasserdurchlässigkeit, Sande
- 47; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 035, T 4 Sportplätze; Rasenflächen, Anforderungen, Prüfung, Pflege; 10/1974; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Tragschicht, Filterschicht, Baustoffe, Wasserschluckwert, Körnungslinienbereiche
- 48; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 035, T 5 Sportplätze; Tennenflächen; Anforderungen, Prüfung, Pflege; 05/1973; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Filterschicht, Tragschicht, Tennenbelag, Sieblinienbereiche
- 49; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 121, T 1 Baugrund; Untersuchung von Bodenproben, Wassergehalt, Bestimmung durch Ofentrocknung; 04/1976; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Probemengen, Versuchsdurchführung, Auswertung

- 50; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 121, T 2 Baugrund, Versuche und Versuchsgeräte; Wassergehalt; Bestimmung durch Schnellverfahren; 09/1989; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Trocknungsverfahren, Geräte, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 51; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 122, T 1 Baugrund; Untersuchung von Bodenproben, Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen), Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze; 04/1976; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Probemengen, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 52; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 122, T 2 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte, Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen); Bestimmung der Schrumpfgrenze; 02/1987; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Probemengen, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 53; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 123 Baugrund; Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung der Korngrößenverteilung; 04/1983; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Probemengen, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 54; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 124 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung der Korndichte, Kapillarpyknometer, Weithalspyknometer; 09/1989; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Probemengen, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 55; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 125, T 1 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung der Dichte des Bodens; Laborversuche; 05/1986; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Probemengen, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 56; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 125, T 2 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung der Dichte des Bodens; Feldversuche; 05/1986; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Versuchsverfahren, Bodenarten, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 57; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 126 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung; 09/1989; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 58; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 127 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Proctorversuch; 05/1987; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Bodenarten, Probenmenge, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 59; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 128 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung des Glühverlusts; 11/1990; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Probemengen, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 60; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 129 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Kalkgehaltsbestimmung; 11/1990; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Probemengen, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 61; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 130, T 1 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts; Laborversuche ; 11/1989; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Probemengen, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 62; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 134 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Plattendruckversuch; 06/1990; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Probemengen, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 63; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 136 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit; Einaxialversuch; 03/1987; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Probemengen, Versuchsdurchführung, Auswertung

- 64; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 137, T 1 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung der Scherfestigkeit; Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen; 08/1990; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Probemengen, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 65; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 137, T 2 Baugrund; Versuche und Versuchsgeräte; Bestimmung der Scherfestigkeit; Triaxialversuch; 12/1990; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Begriffe, Geräte, Probemengen, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 66; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 196 Bodenklassifikation für Bautechnische Zwecke; 10/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Bodengruppen, Korngrößenbereiche, Korngrößenverteilung, plastische Eigenschaften, organische Bestandteile, fein-, gemischt- und grobkörnige Böden, Merkmale, Kriterien
- 67; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 299 VOB Verdingungsordnung für Bauleistungen Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV); Allgemeine Regelungen für Bauleistungen jeder Art; 12/1992; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Baustoffe, Liefern, Zulassung, Güte-, Maßbestimmungen, Prüfzeichen
- 68; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 300 VOB Teil C: ATV Erdarbeiten; 09/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Bodenklassen, Felsklassen, Lösungsfestigkeit
- 69; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 315 VOB Teil C: ATV Straßenbauarbeiten: Oberbauschichten ohne Bindemittel; 09/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Mineralstoffgemische, Prüfungen, Einbau, Verdichten
- 70; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 316 VOB Teil C: ATV Straßenbauarbeiten: Oberbauschichten mit hydraulischen Bindemitteln; 09/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Mineralstoffe, Zuschlag, Prüfungen
- 71; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 318 VOB Teil C: ATV Straßenarbeiten; Pflasterdecken, Plattenbeläge, Einfassungen; 12/1992; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Bettungsmaterial, Fugenmaterial, Verlegen, Verfugen
- 72; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 502 Pflastersteine; Naturstein; 12/1965; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Bezeichnung, Großpflastersteine, Kleinpflastersteine, Mosaikpflastersteine, Maße, Güteklassen
- 73; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 550, T 1 Putz; Begriffe und Anforderungen; 01/1985; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Zuschlag, Kornzusammensetzung, Sieblinienbereiche, Prüfungen
- 74; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 557 Werkmörtel: Herstellung, Überwachung und Lieferung; 05/1982; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Zuschlag, Kornzusammensetzung, Prüfungen
- 75; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 560, T 1 Estriche im Bauwesen; Begriffe, Allgemeine Anforderungen, Prüfungen; 08/1981; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Zuschlag, Kornzusammensetzung, Prüfungen
- 76; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 18 915 Vegetationstechnik im Landschaftsbau, Bodenarbeiten; 03/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Bodengruppen, Bodenbearbeitung, Prüfungen
- 77; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 50 018 Prüfung im Kondenswasser - Wechselklima mit schwefelhaltiger Atmosphäre; 06/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Rauchgasbeständigkeit, Verwitterungsbeständigkeit

- 78; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 50 103 Härteprüfung nach Rockwell; 02/1985; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Naturwerkstein, Oberflächenprüfung, Abnutzbarkeit
- 79; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 50 133 Härteprüfung nach Vickers; 02/1985; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Naturwerkstein, Oberflächenprüfung, Eindruckhärte, Abnutzbarkeit
- 80; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 50 150 Umwertungstabelle für Vickershärte, Brinellhärte, Rockwellhärte und Zugfestigkeit; 12/1976; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Naturwerkstein, Oberflächenprüfung, Eindruckhärte, Abnutzbarkeit
- 81; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 50 351 Härteprüfung nach Brinell; 02/1985; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Naturwerkstein, Oberflächenprüfung, Kugeldruckhärte, Abnutzbarkeit
- 82; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 51 028 Prüfung von Filtersanden für Schutzraumbelüftung; Bestimmung des Strömungswiderstandes; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Luftstromwiderstand, Kornzusammensetzung
- 83; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 51 063 Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe; Segerkegel (SK); Bestimmung des Kegelfallpunktes mit kleinen Segerkegeln; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Keramikbaustoff, Qualitätsprüfung
- 84; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 51 083 Prüfung keramischer Roh- und Werkstoffe; Chemische Analyse von Alumosilikaten der Feinkeramik; Bestimmung von Si-IV-Oxid-Gehalt; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 85; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 098 Prüfung von Gesteinskörnungen; Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebanalyse; 01/1990; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel, dazu: Begriffe, Geräte, Siebverfahren, Versuchsauswertung
- 86; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 099 Prüfung von Gesteinskörnungen; Prüfung auf Reinheit; 02/1989; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Abschlämbbare u. organische Bestandteile, mergelig-tonige Körner
- 87; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 100 Prüfung von Naturstein; Richtlinien zur Prüfung und Auswahl von Naturstein; 07/1939; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 88; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 100, T 2 Prüfung von Naturstein und Gesteinskörnungen; Gesteinskundliche Untersuchungen; Allgemeines und Übersicht; 11/1990; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 89; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 101 Prüfung von Naturstein und Gesteinskörnungen; Probenahme; 03/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Probenahmeverfahren, Entnahmestellen, Teilproben
- 90; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 102 Prüfung von Naturstein und Gesteinskörnungen; Bestimmung von Dichte, Trockenrohichte, Dichtigkeitsgrad und Gesamtporosität; 08/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel, dazu: Begriffe, Versuchsverfahren, Berechnungsverfahren
- 91; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 103 Prüfung von Naturstein und Gesteinskörnungen; Bestimmung von Wasseraufnahme und Sättigungswert; 10/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel, dazu: Begriffe, Proben, Versuchsdurchführung, Auswertung
- 92; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 104, T 1 Prüfung von Naturstein; Frost-Tau-Wechselversuch; Verfahren A - Q; 11/1982; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Widerstandsfähigkeit, Frost-Tau-Wechselbeanspruchung, Verfahren

- 93; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 104, T 2 Prüfung von Naturstein; Frost-Tau-Wechselversuch; Verfahren Z; 11/1982; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Widerstandsfähigkeit, Frost-Tau-Wechselbeanspruchung, Verfahren
- 94; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 105 Prüfung von Naturstein; Druckversuch; 08/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Druckfestigkeit, Bruchlast, Versuch, Auswertung
- 95; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 106 Prüfung von Naturstein; Beurteilungsgrundlagen für Verwitterungsbeständigkeit; 11/1972; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Versuchsanordnung, wasserlösliche Bestandteile
- 96; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 107 Prüfung von Naturstein; Schlagfestigkeit von Würfeln; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Versuchsanordnung, Würfelschlagfestigkeit
- 97; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 108 Prüfung anorganischer, nichtmetallischer Werkstoffe; Verschleißprüfung mit der Schleifscheibe nach Böhme, Schleifscheibenverfahren; 08/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Versuchsanordnung, Abnutzbarkeitswert
- 98; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 109 Prüfung von Naturstein; Widerstandsfähigkeit von Schotter gegen Schlag und Druck; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Versuchsanordnung, Schlagfestigkeitswert
- 99; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 111 Prüfung von Naturstein; Kristallisationsversuch mit Natriumsulfat; 03/1990; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Verwitterungsbeständigkeit, Versuchsverfahren, Versuchsauswertung
- 100; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 112 Prüfung von Naturstein; Biegefestigkeit; 08/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Versuchsanordnung, Gefügeanisotropie, Biegefestigkeit
- 101; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 113 Prüfung von Naturstein; Bestimmung des Sättigungswertes; 03/1965; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Versuchsanordnung, Wasseraufnahme, Überdruck, Frostfestigkeit
- 102; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 114 Prüfung von Gesteinskörnungen; Bestimmung der Kornform mit dem Kornform-Meßschieber; 08/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Kornformklasse, Verfahren, Gerät, Versuch, Auswertung
- 103; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 115, T 1 Prüfung von Gesteinskörnungen; Schlagversuch, Schlagprüfgerät; 08/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Versuchsanordnung, Prüfgeräte
- 104; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 115, T 2 Prüfung von Gesteinskörnungen; Schlagversuch an Schotter; 08/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Versuchsdurchführung, Zertrümmerungsgrad, Auswertung, Prüfbericht
- 105; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 115, T 3 Prüfung von Gesteinskörnungen; Schlagversuch an Splitt und Kies; Kornklasse 8/12,5 mm; 08/1988; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Versuchsdurchführung, Zertrümmerungsgrad, Auswertung, Prüfbericht
- 106; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; 08/1988; DIN 52 116 Prüfung von Gesteinskörnungen; Bestimmung der Bruchflächigkeit; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: Kornoberfläche, Verfahren, Geräte, Versuch, Auswertung
- 107; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 342 Prüfung von Rohstoffen zur Glasherstellung; Chemische Analyse von Quarzsanden mit mind. 98 Gew.-% Si-IV-Oxid-Gehalt; relevante Schlagworte: siehe Titel

- 108; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 616 Bestimmung der Wasserdampfdurchlässigkeit von Bau- und Dämmstoffen; 11/1987; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 109; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 52 617 Bestimmung des Wasseraufnahmekoeffizienten von Baustoffen; 05/1987; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 110; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 66 131 Bestimmung der spezifischen Oberfläche von Feststoffen durch Gasadsorption nach Brunauer, Emmett und Teller (BET); Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 111; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 66 132 Bestimmung der spezifischen Oberfläche von Feststoffen durch Stickstoffadsorption; Einpunkt-Differenzverfahren nach Haul und Dümbgen; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 112; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 66 141 Darstellung von Korn- (Teilchen)größenverteilungen; Potenznetz; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 113; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 66 144 Darstellung von Korn- (Teilchen)größenverteilungen; Logarithmisches Normalverteilungsnetz; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 114; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 66 145 Darstellung von Korn- (Teilchen)größenverteilungen; RRSB-Netz; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 115; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 66 216 Bestimmung der spezifischen Oberfläche pulverförmiger Stoffe mit Durchströmungsverfahren; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 116; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 101 Bestimmung der Ritzhärte der Oberfläche nach Mohs; 10/1985; Beuth-Verlag Berlin; relevante Schlagworte: MOHS'sche Härteskala
- 117; DGEG, Essen; Einaxiale Druckversuche an Gesteinsproben (DGEG-Empfehlung Nr. 1); Eigenverlag; relevante Schlagworte: Verformungseigenschaften, Versuch, Auswertung
- 118; DGEG, Essen; Dreiaxiale Druckversuche an Gesteinsproben (DGEG-Empfehlung Nr. 2); Eigenverlag; relevante Schlagworte: Festigkeits-, Verformungseigenschaften, Versuch, Auswertung
- 119; DGEG, Essen; Punktlastversuche an Gesteinsproben (DGEG-Empfehlung Nr. 5); Eigenverlag; relevante Schlagworte: Gesteinsfestigkeit, Labor-, Geländemethode, Versuch, Auswertung
- 120; DGEG, Essen; Indirekter Zugversuch an Gesteinsproben-Spaltzugversuch (DGEG-Empfehlung Nr. 10); Eigenverlag; relevante Schlagworte: Versuchsanordnung, Auswertung
- 121; DGEG, Essen; Quellversuche an Gesteinsproben (DGEG-Empfehlung Nr. 11); Eigenverlag; relevante Schlagworte: Versuchsanordnung, Auswertung
- 122; DB, BZA München; Vorschriften für Erdbauwerke (VE) - DS 836 (mit EzVE 1 - 14); 1987; Eigenverlag; relevante Schlagworte: Erdbauwerke, (Erd-)Baustoffe, Einbau, Verdichtung, Planumsschutzschichten, Frostschutzschichten, Prüfungen
- 123; DB, BZA München; Mineralstoffgemisch für Planumsschutzschichten - Technische Lieferbedingungen - TL 918 62; 04/1983; Eigenverlag; relevante Schlagworte: Korngrößenverteilung, Filterstabilität, Wasserdurchlässigkeit, Prüfungen, Überwachung
- 124; DB, BZA München; TL 918 224 Streumittel zur Haftwertverbesserung; 05/1978; Eigenverlag; relevante Schlagworte: Haftwert

- 125; FGSV, Köln; Merkblatt über Felsgruppenbeschreibung für bautechnische Zwecke im Straßenbau; 1980; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Klassifizierung, Verwitterungsgrad, Trennflächengefüge, Felsbeschreibung, Codierung
- 126; FG, Köln; Merkblatt für die Probenahme für bodenphysikalische Versuche im Erdbau (RS-StB 9/38 - 56.05-01/9001 F 73 vom 28.02.1973); 1972; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Probenarten, Probengröße, Probenteilung, Probenmischung, Probenahme
- 127; FG, Köln; Vorläufiges Merkblatt für die Durchführung von Probeverdichtungen; 1968; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Versuchsfeld, Probeverdichtung, Prüfungen, Auswertung
- 128; FG, Köln; Merkblatt für die Bodenverdichtung im Straßenbau; 1972; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Bodenarten, Probeverdichtung, Verdichtungsgeräte, Geräteinsatz, Prüfungen
- 129; FG, Köln; Merkblatt für die Untersuchung von Bodenverdichtern (Standard-Gerätetest); 1979; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Versuchsböden, Versuchsbahn, Meßprogramm, Verdichtungsleistung
- 130; FG, Köln; Merkblatt für die Bodenverbesserung und Bodenverfestigung mit Kalken; 1979; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: geeignete Bodengruppen, Einbaufähigkeit, Verdichtbarkeit, Boden-Kalk-Gemische, Mischverfahren, Prüfungen
- 131; FG, Köln; Merkblatt für die Bodenverfestigung mit Zement; 1984; Erich Schmidt Verlag, Berlin; geeignete Boden- und Felsarten, Zementarten, Mischverfahren, Prüfungen
- 132; FG, Köln; Merkblatt für die Hinterfüllung von Bauwerken; 1977; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Hinterfüllböden, Überschüttböden, Einbau, Verdichtung
- 133; Köln; 1985; Merkblatt über die Verwendung von industriellen Nebenprodukten im Straßenbau, Teil: Wiederverwendung von Baustoffen; FGSV, Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Gewinnung, Aufbereitung, Lagerung, Stoffgruppen, Verwendungsbereiche, Anforderungen, Prüfungen
- 134; FGSV, Köln; Merkblatt für Flächenbefestigungen mit Pflaster und Plattenbelägen; 1989; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Unterbau, Frostschuttschicht, Tragschicht, Bettungsmaterial
- 135; Köln; 1980; Merkblatt für die Herstellung von Tragschichten ohne Bindemittel; FG, Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Mineralstoffgemische, Einbau, Verdichtung, günstiger Wassergehalt, Proctordichte
- 136; FGSV, Köln; Merkblatt für die gebirgsschonende Ausführung von Spreng- und Abtragsarbeiten an Felsböschungen; 1984; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Felsabtrag, Maschinenabtrag, Abtragssprengung, Haufwerk, Klufkörper
- 137; Verein deutscher Gießereileute; Merkblatt P 25: Prüfung von Formgrundstoffen; Probenahme und Probenteilung; 09/1974; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 138; Verein deutscher Gießereileute; Merkblatt P 26: Prüfung von Formgrundstoffen; Bestimmung der stofflichen Eigenschaften; 12/1976; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 139; Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA); Merkblatt M 3: Die geordnete Ablagerung von Abfällen; 10/1989; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Deponie-Basisabdichtung, bindige Erdstoffe, Wasserdurchlässigkeit, Einbaufähigkeit
- 140; FGSV, Köln; Hinweise für die Verwendung von Sanden im Straßenbau; 1987; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: siehe Titel

- 141; BAST, Bergisch Gladbach; Ausstattung der Prüfstellen für die Ausführung von Eignungsprüfungen, Eigenüberwachungsprüfungen und Kontrollprüfungen bei Erdarbeiten (BAST - E 11); 1976; Erich Schmidt Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Aufgabenstellung, personelle Besetzung, Geräteausstattung, Raumbedarf
- 142; FG, Köln, Kommission I; Empfehlungen für die Verwendung von hartem, gebrochenem Fels in Dammschüttungen; 1974; relevante Schlagworte: siehe Titel
- 143; Ministerium für Umwelt Baden-Württemberg; Erhaltung fruchtbaren und kulturfähigen Bodens bei Flächeninanspruchnahmen (Heft 10); 05/1991; Verlag Steinmann, Freiburg; relevante Schlagworte: kulturfähiger Boden, Gewinnung, Umlagerung, Verdichtung, Zwischenlagerung, Mieten
- 144; DVWK; Bodenkundliche Grunduntersuchungen im Felde zur Ermittlung von Kennwerten meliorationsbedürftiger Standorte. Teil 1: Grundansprache von Böden (Heft 115); 1980; Verlag Paul Parey, Hamburg; relevante Schlagworte: Bodenarten, Kennzeichnung, Benennung, Bodenartendiagramm
- 145; AG Bodenkunde der GLAs und der BGR; Bodenkundliche Kartieranleitung; 1982; Schweizerbart'scher Verlag Stuttgart; relevante Schlagworte: Substrate, Bodenarten, Bodenartendiagramm, Bodenartengruppen

C FACHLITERATUR, LEHRBÜCHER, KARTENWERKE (mit Erläuter.), VERÖFFENTLICHUNGEN, SONSTIGE BEITRÄGE

C.1 Regionale Geologie von Baden-Württemberg

- 1; Geyer/Gwinner; Geologie von Baden-Württemberg; 1991; Schweizerbart'scher Verlag, Stuttgart; relevante Schlagworte: Regionale Geologie B.-W., Stratigraphie, Faziesräume, Gesteine, Lagerstätten
- 2; GLA Baden-Württemberg; Geologische Karten GK 25 mit Erläuterungen; divers; relevante Schlagworte: Regionale Geologie B.-W., Stratigraphie, Faziesräume, Gesteine, Lagerstätten
- 3; GLA Baden-Württemberg; Hydrogeologische Kartierungen von Baden-Württemberg mit Erläuterungen; divers; relevante Schlagworte: Regionale Geologie B.-W., Stratigraphie, Faziesräume, Gesteine, Lagerstätten
- 4; Hagdorn/Simon; Geologie und Landschaft des Hohenloher Landes; 1985; Jan Thorbecke Verlag, Sigmaringen; relevante Schlagworte: Schichtenfolge, Gesteinsbeschreibungen, Bodenschätze
- 5; WAGENPLAST, P.; Beziehungen zwischen den bodenmechanischen Kennziffern einiger bindiger Lockergesteine Baden-Württembergs; Jh. GLA, Band 19, 1977; Verlag Herder, Freiburg; relevante Schlagworte: Korngrößenverteilung, Beckenton, Löß(lehm), Auelehm
- 6; Kämpfe/Gwinner; Gesteinskarte von Baden-Württemberg und angrenzende Gebiete; 1985; Institut für Geologie und Paläontologie, Uni Stuttgart; relevante Schlagworte: Gesteine, Verbreitung, Faziesräume

C.2 Mineralische Rohstoffe und Baustoffe

- 1; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover; Steine und Erden in der Bundesrepublik Deutschland; Reihe D, Heft 82, 1986; Schweizerbart'scher Verlag, Stuttgart; relevante Schlagworte: Kies, Sand, Natursteine, Abbau, Aufbereitung, Verwendung, Verbrauch, Marktanalyse, Prognose, Rohstoffpolitik, Rohstoffsicherung
- 2; GLA Nordrhein-Westfalen; Gewinnungsstätten von Festgesteinen für den Verkehrswegebau in der Bundesrepublik Deutschland (mit Karte Gewinnungsstätten 1 : 1 000 000); 1985; Eigenverlag; relevante Schlagworte: Gesteinsbezeichnungen, Klassifikationen, Gewinnungsstätten BRD
- 3; Fachausschuß "Steine, Erden, Industriemineral" der GDMB; Lagerstätten der Steine, Erden und Industriemineralie; 1981; Verlag Chemie, Weinheim; relevante Schlagworte: Untersuchungsmethoden, Planungsarbeiten, Steine, Erden, Industriemineralie, technische Verwertung, Grenzwerte
- 4; Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover; Oberflächennahe mineralische Massenrohstoffe in der Bundesrepublik Deutschland; Reihe D, Heft 74, 1985; Schweizerbart'scher Verlag, Stuttgart; relevante Schlagworte: Rohstoffe, Rohstoffressourcen, Rohstoffsicherung, Rohstoffkarte, Lagerstättenbewertung
- 5; STOLZ, D. et al., Hrsg.: BARTZ, J.; Umweltschutz und Rohstoffversorgung im Bereich der Steine-Erden-Industrie; 1986; Expert Verlag Sindelfingen; relevante Schlagworte: Lagerstätten, Rohstoffsicherung, Abbaupläne, Genehmigungsverfahren, Landschaftspflege, Rekultivierung
- 6; HEIM, D.; Tone und Tonminerale; 1990; Enke Verlag, Stuttgart; relevante Schlagworte: Tone, Tongesteine, Tonmineralstrukturen, Eigenschaften, Schadstoffbarrieren, mineralogische Untersuchungen
- 7; CZURDA, K., WAGNER, J. (Hrsg.); Tone in der Umwelttechnik; 1988; AGK, Universität Karlsruhe; relevante Schlagworte: Schadstoffbarrieren, Deponien, Basisabdichtungen, Durchströmung, Diffusion, Abwasserreinigung, Tonvorkommen Oberrheinebene
- 8; CORRENS, C.; Einführung in die Mineralogie; 1968; Springer Verlag, Berlin; relevante Schlagworte: Kalk-, Mergel-, Tonstein, technische Verwendung
- 9; REINSCH, D.; Natursteinkunde; 1991; Enke Verlag, Stuttgart; relevante Schlagworte: Natursteine, Rohstoffe, Baustoffe, Natursteinvorkommen, technische Eigenschaften
- 10; MÜCKENHAUSEN, E.; Die Bodenkunde; 1982; DLG-Verlag, Frankfurt/M.; relevante Schlagworte: Texturen, Bodenarten, Bodeneigenschaften, Bodengefüge, Bodeneinteilung
- 11; VOTH, B.; Boden - Baugrund und Baustoff; 1978; Bauverlag, Berlin, Wiesbaden; relevante Schlagworte: Bodenuntersuchungen, Bodenproben, Klassifizierung, Bodenverfestigung, Bodenverbesserung
- 12; KOENSLER, W.; Sand und Kies; 1989; Enke Verlag, Stuttgart; relevante Schlagworte: Sand, Kies, Rohstoffe, Baustoffe, technische Verwendung
- 13; SCHOLZ, D., Hrsg. KNOBLAUCH, H.; Baustoffkenntnis; 1991; Werner Verlag, Düsseldorf; relevante Schlagworte: Natursteine, Rohstoffe, Baustoffe, Beton, Mörtel, Asphalt, Zuschlag, Bindemittel
- 14; HIESE, W./BACKE, H.; Baustoffkunde; 1990; Werner Verlag, Düsseldorf; relevante Schlagworte: Baustoffphysik, Baustoffchemie, Bausteine, Bindemittel, Zuschlag, Beton
- 15; Bundesverband Naturstein-Industrie e.V.; Bauen mit Splittbeton; 1989; Eigenverlag; relevante Schlagworte: Naturstein-Zuschlag, Gesteinsarten, Güteanforderungen

- 16; DUDA, W.; Cement-Data-Book, Band 3: Rohmaterial für die Zementherstellung; 1988; Bauverlag Berlin, Wiesbaden; relevante Schlagworte: Kalkstein, Mergel, Tonstein
- 17; BENDER, W., HÄNDLE, F. (Hrsg.); Handbuch für die Ziegelindustrie- Verfahren und Betriebspraxis in der Grobkeramik; 1982; Bauverlag Berlin, Wiesbaden; relevante Schlagworte: Rohstoffe, Tone, Schluffe, Lehme, Korngrößenaufbau, Mineralbestand, Chemismus, Rohstoffeigenschaften, Brennverhalten, Zusatzstoffe
- 18; FISCHER, P.; in ZI-Jahrbuch 1990: "Routineuntersuchungen an grobkeramischen Rohstoffen und Massen - gibt es neue Wege?"; 1990; Bauverlag Berlin, Wiesbaden; relevante Schlagworte: Chemische Analysen, Mineralbestand, keramische Korrelationen, Kornfeinheit, Formgebungs-, Trocknungs- und Brennverhalten
- 19; FLOSS, R.; Kommentar zu den "Zusätzlichen Technischen Vorschriften und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau" (ZTVE-StB 76); 1979; Kirschbaum Verlag, Bonn; relevante Schlagworte: Bodenerkundung, Boden- und Felsklassifizierung, Lösen, Laden, Einbau, Verdichten, Verfüllen von Leitungsgräben, Prüfungen
- 20; BÖHRINGER, P.; Steine und Erden - aufbereiten und verwerten; 1987; Schlütersche Verlagsanstalt, Hannover; relevante Schlagworte: Aufbereitungsanlagen, Brechanlagen, Brecher, Mühlen, Klassier-, Siloanlagen, Recyclinganlagen, Betonherstellung, Betonsteine, -platten
- 21; HARTUNG, B., ZEINERT, W.; Wiederverwendung von Bodenaushubmaterial; 1991; Neue DELIWA Zeitschrift 1: 24-26; relevante Schlagworte: Recyclinganlage Stadtwerke Bochum, Aufbereitungsanlage, Wirtschaftlichkeit, Qualitätsanforderungen, Verfahrensbaum
- 22; LOTZ, W.; Wiederverwendung von Bauschutt, Straßenaufbruch, Bodenaushub sowie Baustellenmischabfällen; 1990; Straßen und Tiefbau, 44 (5): 32, 34, 37; relevante Schlagworte: Recycling-Baustoffe, Aufbereitung, Bodenaushub, Qualitätssicherung, Wirtschaftlichkeit
- 23; RINGELTAUBE, J., BERTRAM, H.-U.; Verwerten statt vergraben; 1991; Müll Magazin 1: 22-25; relevante Schlagworte: Bauabfälle, Entsorgungssituation, Qualitätsverbesserung, Verwertungsdefizite, -strategien, Sekundärrohstoffe
- 24; GRESCHNER, J.; Fraktionierung von Aushubmaterialien; 1990; VBR e.V, Bonn, 6.Symposium "Recycl.-Baustoffe"; relevante Schlagworte: Baureststoffe, Aushubmaterial, Aufbereitung, bindiger Erdaushub, Vibrationsroste, Schwingstangen
- 25; Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe, Autor: WIEGMANN, B.; Informationen und Umsetzungsvorschläge zur Einrichtung und Führung von "Boden- bzw. Erdaushubbörsen"; 1991; relevante Schlagworte: Börsenaufbau, Träger, Teilnehmer, Materialvermittlung, Zeitablauf, Kontrolle, Akzeptanz, Umsetzungsvorschläge
- 26; HIERSCHE, B., WÖRNER, T.; Alternative Baustoffe im Bauwesen; 1990; Verlag Ernst & Sohn, Berlin; relevante Schlagworte: Baustoff-Recycling, Einsatzmöglichkeiten, Qualitätssicherung, Umweltverträglichkeit, Prüfverfahren, Bautechnik, Anlagentechnik, Wirtschaftlichkeit
- 27; JUNG, D.; Erfahrungen bei Wiedereinbau und Zwischenlagerung anstehender Lockergesteine; 1983; Straße 23, Nr.10, S. 315-317; relevante Schlagworte: Erdaushub, Lockergestein, Aufbereitung, Wasseraufnahme, Austrocknung, Deponie, Qualitätssicherung, Wiedereinbau, Prüfungen, DDR
- 28; PIETRZENIUK, H.-J.; Recycling im Bauwesen - Aus "Alt" mach "Neu", Verwendung von Altbaustoffen; 1984; Baumarkt 83, Nr.15, S. 703-705; relevante Schlagworte: Recycling, Altbausubstanz, Bodenaushub, Bauschutt, Wiederverwertung
- 29; ELBINGER, K., GÜNTHER, G., JUNG, D., RICHTER, G.; Wiederverwendung bindiger Lockergesteine; 1986; Bauplanung, Bautechnik 40, Nr. 6, S. 243-246; relevante Schlagworte: Aushub, Lockergestein, Boden, Zwischenlagerung, Wiederverwendung, DDR

- 30; RICHTER, G., SCHRAMM, W., MARTIN, D.; Aufbereitung, Einbau und Verdichtung bindiger Lockergesteine; 1986; Bauzeitung 40, Nr. 4, S. 179-181; relevante Schlagworte: Aufbereitungsanlage, Einbau, Verdichtung, Lockergestein, Lagerung, Schüttung, Mischverfahren
- 31; RICHTER, G., JUNG, D.; Aufbereitung von bindigem Lockergestein und Stabilisierungsgemischen im Schlagdurchlaufmischer; 1984; Bauzeitung 38, Nr. 11, S. 510-512; relevante Schlagworte: Lockergestein, Bodenstabilisierung, Zentralmischverfahren, Aufbereitungsanlage, Durchlaufmischer, DDR
- 32; NIERMÖLLER, F.; Neuartige Recycling-Anlage für Grabenaushub; 1989; Aufbereitungs-Technik (AT) 30, Nr. 8, S. 484-489; relevante Schlagworte: Leitungsbau, Rohrverlegung, Bodenaushub, Grabenaushub, Recycling, Recyclinganlage
- 33; EHRHARD, A.; Entsorgung von Bauschutt - eine Aufgabe für die Naturstein-Industrie?; 1989; Naturstein-Industrie (DNI) 25, Nr. 8, S. 11-12, 15-19; relevante Schlagworte: Erdaushub, Bauschutt, Straßenaufbruch, Entsorgung, Wiederverwertung, Recycling, Steinbruch, Naturstein-Industrie
- 34; HANISCH, J., JÄCKEL, H.G., EIBS, M.; Zu aufbereitungstechnischen Aspekten des Baustoffrecyclings; 1991; Aufbereitungs-Technik (AT), 32, Nr. 1, S. 10-17; relevante Schlagworte: Recycling, Aufbereitungsanlage, Bauschutt, Bodenaushub, Klassierung, Sortierung, Aufbereitungstechnik
- 35; OFFERMANN, H., WAGNER, J. (Hrsg.); Die Bauunternehmen im Spannungsfeld von Abfallverminderung und Abfallvermeidung; 1990; Baustoffrecycling u. Deponietechnik 6, Nr. 5, S. 23-24; relevante Schlagworte: Abfallverwertung, Abfallvermeidung, Bauschutt, Bodenaushub
- 36; HECKÖTTER, C.; Güteüberwachung und Qualitätssicherung bei der Aufbereitung von Baurestmassen; 1991; Aufbereitungs-Technik (AT), 32, Nr. 6, S. 279-282, 284; relevante Schlagworte: Aufbereitung, Güteüberwachung, Erdaushub, Straßenbau, Erdbau, Gütebestimmung, Prüfbestimmung, Sekundärrohstoff, RAL-Gütezeichen
- 37; KUTZSCHBAUCH, K.; Von der Abfallwirtschaft zur Rohstoffwirtschaft; 1991; Müll und Abfall, 23, Nr. 12, S. 832-833; relevante Schlagworte: Abfallwirtschaft, Rohstoff, Erdaushub, Recycling, Bauschutt, Wiederverwertung, Trend
- 38; GALLENKEMPER, B., GELLENBECK, K.; Aktuelles zur Entsorgung von Bauabfällen. Rechtlicher Rahmen - Vermeidung - Verwertung - Mengen; 1991; Entsorgungs-Technik 3, Nr. 5, S. 17-20; relevante Schlagworte: Abfallverwertung, Erdaushub, Recycling, Bauschutt, Straßenaufbruch, Bodenaushub, Rechtsgrundlage
- 39; SAAM, W./GÜNTHER, G., JUNG, D./RICHTER, G.; Neue Baustoffe aus Schutt und Bodenaushub; 1990; Baugewerbe, 90, Nr. 20, S. 13-14, 16-17; relevante Schlagworte: Baustoffrecycling, Bauschutt, Bodenaushub, Baustoffherstellung, Produktentwicklung, Qualitätssicherung
- 40; PLOCK, K.-H., SCHRAMM, W., MARTIN, D.; Bauschutt-Recycling in Unternehmen der Naturstein-Industrie; 1991; Naturstein-Industrie, 27, Nr. 8, S. 11, 14-17, 19 ; relevante Schlagworte: Recycling, Erdaushub, Abfallbeseitigungsgesetz, Marktsituation, Technologie, Wirtschaftlichkeit, Aufbereitung, Kosten, Verwertung, Steinbruch, Rechtslage
- 41; EBERLE, A., GEBAUER, B.; Vermeiden, verringern und verwerten; 1992; Hoch- und Tiefbau, 45, Nr. 3, S. 128-132; relevante Schlagworte: Baustelle, Erdaushub, Recycling, Abfallverwertung, Bauschutt, Abbruchmaterial, Straßenaufbruch

Verzeichnis der Bundes-Bauorganisationen

Bauindustrie:	Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V., Abraham-Lincoln-Str. 30, 65189 Wiesbaden
Beton:	Bundesverband Deutsche Beton- und Fertigteilindustrie e.V., Schloßallee 10, 53179 Bonn Deutscher Beton-Verein e.V. Bahnhofstr. 61, 65185 Wiesbaden
Gips:	Bundesverband der Gips- und Gipsplattenindustrie e.V. Birkenweg 13, 64295 Darmstadt
Kalk:	Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V. Annastr. 67-71, 50968 Köln
Kalksandstein:	Bundesverband Kalksandsteinindustrie e.V. Entenfangweg 15, 30419 Hannover
Naturstein, Mineralstoffe:	Bundesverband Naturstein-Industrie e.V. Buschstr. 22, 53113 Bonn Deutscher Naturstein-Verband Sanderstr. 4, 97070 Würzburg Bundesverband Kies-, Sand und Mörtelindustrie e.V. Tonhallenstr. 19, 47051 Duisburg
Recycling-Baustoffe:	Verband Deutscher Baustoff-Recycling-Unternehmen e.V. Godesberger Allee 99, 53175 Bonn
Steinzeug:	Fachverband Steinzeugindustrie e.V. Max-Planck-Str. 6, 50858 Köln
Straßenbau:	Bundesanstalt für Straßenwesen Brüderstr. 53, 51427 Bergisch Gladbach Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen, Alfred-Schütte-Allee 10, 50679 Köln
Zement:	Bundesverband der Deutschen Zementindustrie e.V. Pferdmengesstr. 7, 50968 Köln
Ziegel:	Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e.V. Schaumburg-Lippe-Str. 4, 53113 Bonn

Verzeichnis der Bau-Organisationen Baden-Württembergs

Bauindustrie:	Landesvereinigung Bauwirtschaft Baden-Württemberg Hohenzollernstr. 25, 70178 Stuttgart Industrieverband Steine und Erden Baden-Württemberg e.V. Robert-Bosch-Str. 30, 73760 Ostfildern mit Fachgruppen: Gips/Gipsplatten, Kalk, Leichtbauplatten, Naturstein, Naturwerkstein, Sand und Kies, Steinzeug, Transportbeton, Zement, sonstige Unternehmen Fachgemeinschaften: Mörtel, Recycling-Baustoffe
Beton:	Fachverband Beton- und Fertigteilwerke Baden Württemberg Reutlinger Str. 16, 70597 Stuttgart
Ziegel:	Fachverband Ziegelindustrie Südwest e.V. Friedrich-Ebert-Str. 11-13, 67433 Neustadt a.d.Weinstr.

Abbildungsverzeichnis

ABB. 1: ABLAUSCHEMA FÜR DIE EIGNUNGSBEWERTUNG VON BODENAUSHUB (ABLAUF.CDR):.....	14
ABB. 2: ANWENDUNGSBEISPIEL LÖBLEHM:	15
ABB. 3: ANWENDUNGSBEISPIEL EISZEITLICHE FLIEBE:	17
ABB. 4: ANWENDUNGSBEISPIEL AUENLEHM:	19
ABB. 5: ANWENDUNGSBEISPIEL KALKSTEIN (TUNNELAUSBRUCH)	21
ABB. 6: ABSCHÄTZUNG DES MENGENBEDARFS AN BODENAUSHUB FÜR DEPONIE-NEUPLANUNGEN:.....	22
ABB. 7: NOMENKLATUR UND TECHNISCHE VERWERTUNG DER KALK-, TON- UND MERGELSTEINE IN DER BAUSTOFFINDUSTRIE (VERÄNDERT NACH CORRENS, [C.2-8])	60
ABB. 8: ABGRENZUNG DER BEREICHE GÜNSTIGER KORNGRÖßENZUSAMMENSETZUNG VON ZIEGELTONEN (VERÄNDERT NACH [C.2-17])	77

Tabellenverzeichnis

TAB. 1: PRINZIPIELLE EINTEILUNG DER GESTEINE IN VERWERTUNGSGRUPPEN (EXAKTE ZUORDNUNG SIEHE ANLAGEN 2 UND 3)	6
TAB. 2: AUSSAGEMÖGLICHKEITEN BEI VERWERTUNGSUNTERSUCHUNGEN	11
TAB. 3: UNTERSUCHUNGSPROGRAMM FÜR BODENAUSHUB:	12
TAB. 4: EINTEILUNG DER MITTEL- UND GROBKÖRNIGEN KLASTISCHEN SEDIMENTGESTEINE	52
TAB. 5: TECHNISCHE QUALITÄTSANFORDERUNGEN AN SANDSTEINE GEMÄß TL MIN-STB 83	54
TAB. 6: EINSATZBEREICHE VON KARBONATGESTEINEN ALS MINERALSTOFFE IM VERKEHRSWEGEBAU	58
TAB. 7: TECHNISCHE QUALITÄTSANFORDERUNGEN AN KARBONATGESTEINE GEMÄß TL MIN-STB 83	58
TAB. 8: BAUKALKE UND BAUKALK-ROHSTOFFE	61
TAB. 9: EINSATZBEREICHE VON KALK- UND DOLOMITSTEIN IN DER EISEN- UND STAHLINDUSTRIE	63
TAB. 10: ROHSTOFF-QUALITÄTSANFORDERUNGEN AN KALKSTEINE FÜR DIE EISEN- UND STAHLINDUSTRIE.....	64
TAB. 11: ROHSTOFF-QUALITÄTSANFORDERUNGEN AN DOLOMITE FÜR DIE FEUERFESTINDUSTRIE	65
TAB. 12: EINSATZBEREICHE VON KALK- UND DOLOMITSTEIN IN DER CHEMISCHEN INDUSTRIE	66
TAB. 13: EINSATZBEREICHE VON KALK- UND DOLOMITSTEIN IN UNTERSCHIEDLICHEN INDUSTRIEZWEIGEN.....	67
TAB. 14: KLASSIFIKATION DER FROSTEMPFLINDLICHKEIT VON LOCKERGESTEINEN NACH ZTVE-STB 76	71
TAB. 15: VERDICHTBARKEITSKLASSEN NACH ZTV A-STB 89	71
TAB. 16: EINTEILUNG NICHTBINDIGER UND BINDIGER, GEMISCHKÖRNIGER BÖDEN NACH DIN 1054 UND DIN 18 196	79
TAB. 17: BENENNUNG VON SANDEN UND KIESEN NACH KORNGRÖÖE UND KORNFÖRM (DIN 4022 UND [B-145])	82
TAB. 18: KORNGRUPPEN/LIEFERKÖRNUNGEN UND MAXIMALER SCHLÄMMKORNANTEIL FÜR BETONZUSCHLAG (NORMALBETON) NACH DIN 4226 UND TL MIN-STB 83	85
TAB. 19: TYPISCHE QUARZSANDKÖRNUNGEN FÜR GIEßEREI-SANDE (AUS [C.2-3])	92
TAB. 20: ANFORDERUNGEN AN QUARZMEHLE ALS FÜLLSTOFFE (AUS [C.2-12]).....	93