



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN**

Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“, Professur für Gestaltung von Bahnanlagen

Grundlagen des Eisenbahnunterbaus

1. Allgemeines und Begriffe

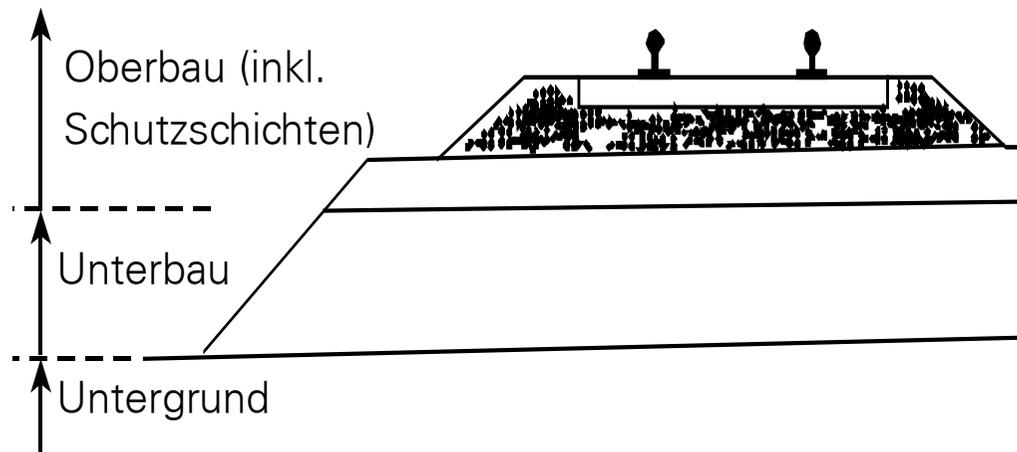
2. Tragfähigkeitsanforderungen Erdbauwerk
3. Tragfähigkeitsprobleme von Bahnkörpern
4. Schutzschichten
5. Bahnkörperverbreiterung
6. Entwässerung des Bahnkörpers
7. Biologische Sicherung des Bahnkörpers
8. Sicherung von Felsböschungen

Quellen

Deutsche Bahn AG: RIL 836 – Erdbauwerke planen, bauen und instand halten,
Deutsche Bahn AG: RIL 800.0130 - Streckenquerschnitte
Göbel, Lieberenz, Richter: Der Eisenbahnunterbau, Eisenbahnfachverlag Mainz
Göbel, Lieberenz: Handbuch Erdbauwerke der Bahnen, Eurailpress Verlag, Hamburg 2004

Skript A 12 Eisenbahnunterbau

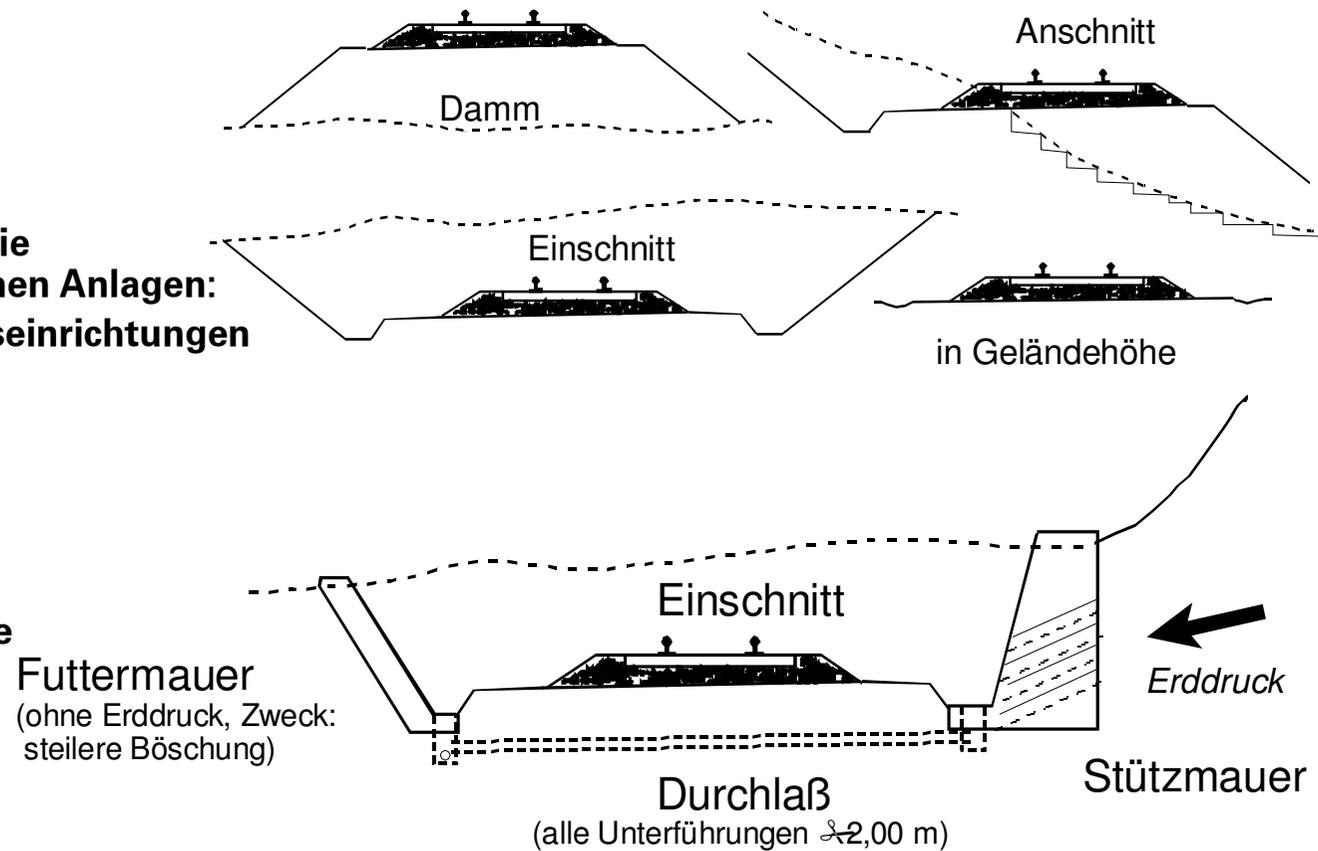
Einteilung Bahnkörper



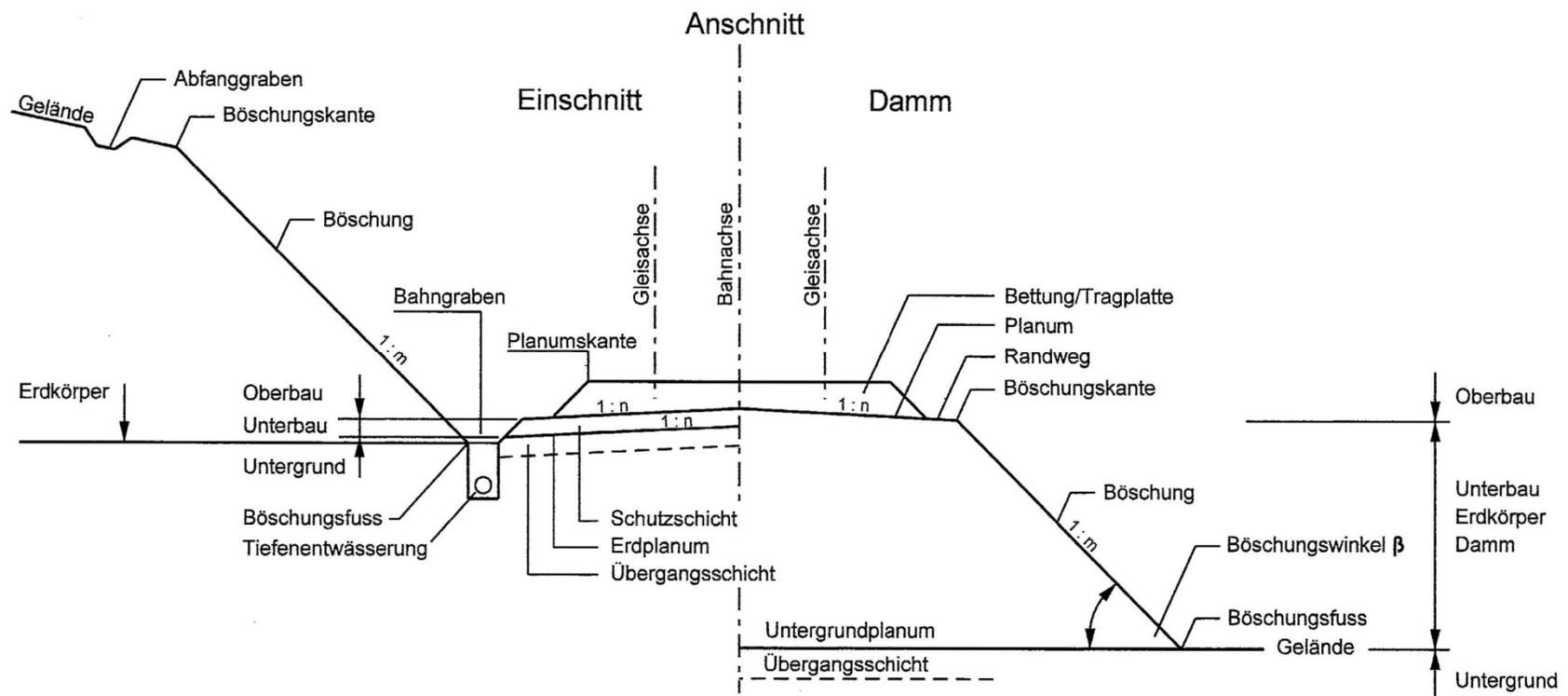
Bahnkörper	Gesamtheit von Oberbau und Unterbau
Oberbau	Fahrbahn für Eisenbahnfahrzeuge
Schutzschichten	Schutzsystem zur Lastverteilung, Frostsicherung und Abdichtung
Unterbau	durch Verkehrslasten beanspruchtes Erdbauwerk
Untergrund	nicht durch bautechnische Maßnahmen veränderter Baugrund

Bestandteile Unterbau

- **Einschnitte,**
 - **Dämme und**
 - **Anschnitte, sowie die**
zugehörigen baulichen Anlagen:
 - Entwässerungseinrichtungen
 - Stützmauern
 - Durchlässe
- Ebenso Sonstiges:**
- Brücken
 - Tunnel
 - Bahnübergänge



Terminologie Erdbauwerk



Quelle: Göbel, Lieberenz : Handbuch Erdbauwerke der Bahnen (2004)

Terminologie Erdbauwerk

Schotteroberbau

	Ebenen	Schichten
	Schienenoberkante └──────────┘	
Oberbau	Schw.-oberkante └──────────┘	Gleis
	Planum └──────────┘	Bettung
Unterbau	Erdplanum └──────────┘	Schutzschichten
	Untergrundplanum └──────────┘	Erdbauwerk
Untergrund		

Allgemeine Bezeichnung

Oberbegriffe	Ebenen	Schichten	Stoffe	Regelwerk	PSS/FSS gem. Ril 217.0103 Teil des Bahnkörpers, die erstmalige Herstellung ist aktivierungspflichtig
	SO Schienenoberkante └──────────┘				
Oberbau	SwOK/SwUK Schwellenober/unterkante └──────────┘	Gleis/Schwellen (Gleis- und Weichenkonstruktion)	Schienen, Schwellen, Schienenbefestigungen	Ril 820	
	OFTS Oberfläche Tragschicht └──────────┘	Bettung	Gleisschotter	Ril 820	
	PI Planum └──────────┘	Schutzschichten PSS / FSS	Baustoffgemische grobkörnige Böden *)	Ril 836	
Unterbau (Erdbauwerk)	OFU Oberfläche Untergrund └──────────┘	verbesserte Damm- schüttung/ verbesserter Unter- grund	verbesserte Böden, Baustoffgemische	Ril 836	
		Damm	geschüttete Böden	Ril 836	
Untergrund		Untergrund	anstehender Boden	Ril 836	

Unternehmensinterne Bezeichnung DB Netz AG, RIL 836 (2013)

Terminologie Erdbauwerk

Feste Fahrbahn

Oberbegriffe	Ebenen	Schichten	Stoffe	Regelwerk
	SO Schienenoberkante ▽			
Oberbau	OFTS2 Oberfläche 2. Tragschicht ▽	<i>FF-Konstruktion (bauartbedingt)</i>		AKFF **)
	OFTS1 Oberfläche 1. Tragschicht ▽	Untere gebundene Tragschicht oder Schottertragschichten	Hydraulisch gebundene Baustoffgemische, Schotter	AKFF
	PI Planum ▽	Frostschutzschicht FSS	grobkörnige Böden	Ril 836
Unterbau (Erdbauwerk)	OFU Oberfläche Untergrund ▽	verbesserte Damm-schüttung/verbesserter Untergrund	verbesserte Böden, Baustoffgemische	Ril 836
		Damm	geschüttete Böden	Ril 836
Untergrund		Untergrund	anstehender Boden	Ril 836

FSS gem. Ril 217.0103 Teil des Bahnkörpers, die erstmalige Herstellung ist aktivierungspflichtig

Unternehmensinterne Bezeichnung DB Netz AG, RIL 836 (2013)

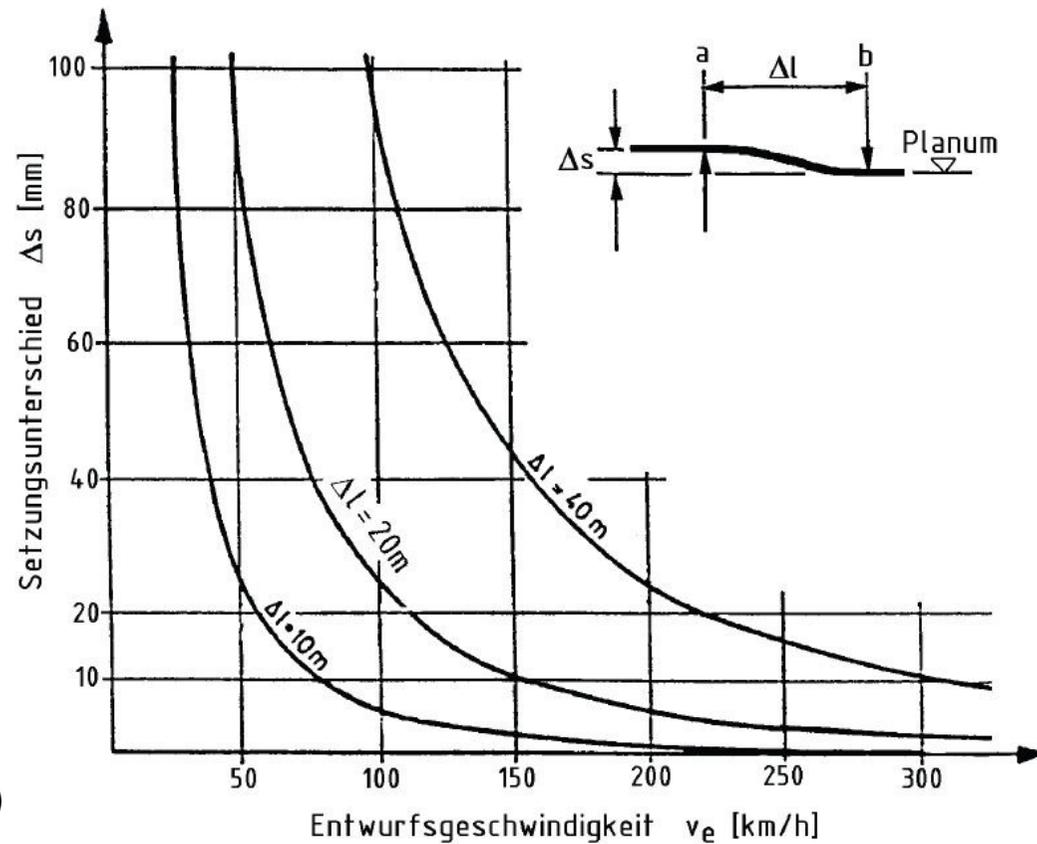
1. Allgemeines und Begriffe
- 2. Tragfähigkeitsanforderungen Erdbauwerk**
3. Tragfähigkeitsprobleme von Bahnkörpern
4. Schutzschichten
5. Bahnkörperverbreiterung
6. Entwässerung des Bahnkörpers
7. Biologische Sicherung des Bahnkörpers
8. Sicherung von Felsböschungen

Anforderungen Erdbauwerke

Erdbauwerke müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- Sicherung der hohen Lagegenauigkeit des Gleises durch Begrenzung der Verformungen (Setzungen, Einsenkungen),

Beispiel Schottergleis: Bei Prognosen hinnehmbare Setzungsunterschieden des Unterbaus innerhalb eines Instandhaltungszyklus (6-10 Jahre)



Quelle: RIL 836 (2013)

Anforderungen Erdbauwerke

Erdbauwerke müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- Sicherung der hohen Lagegenauigkeit des Gleises durch Begrenzung der Verformungen (Setzungen, Einsenkungen),
- Ausreichende Standsicherheit der Gründung der Erdbauwerke und ihrer Böschungen,
- Stabilität gegenüber statischen und dynamischen Beanspruchungen,
- Widerstandsfähigkeit gegenüber Witterungseinflüssen,
- Gestaltung nach Grundsätzen der Umweltverträglichkeit und Landschaftspflege,
- geringer Instandhaltungsaufwand und leichte Instandsetzungsmöglichkeit

Dies gilt ebenso für die folgenden bauliche Anlagen, die zur Gewährleistung der Funktion und Standsicherheit des Erdbauwerkes notwendig sind:

- Entwässerungsanlagen
- Durchlässe
- Stützbauwerke

Aufbau Damm

Um Verformungen zu begrenzen und die Standsicherheit zu gewährleisten, sind Dämme mit ausgewählten Dammschüttmaterial lagenweise aufzubauen und ausreichend zu verdichten.

Anforderungen an Dammschüttmaterial nach RIL 836:

- bevorzugte Verwendung von grobkörnig- und gemischtkörnigen Bodenarten,
- bei Verwendung feinkörniger Bodenarten dürfen selbige nur in untere Dammbereiche eingebaut und müssen ggf. kalkverbessert werden,
- Dämme sind so aufzubauen, dass sie von unten nach oben weniger witterungsempfindlich und weniger zusammendrückbar sind,
- obere Dammbereiche sind nur aus grob- oder gemischtkörnigen Böden herzustellen,
- geforderte Verdichtungsgrade differieren je nach Streckenart, Bodenart, Dammhöhe und Tiefe unter Schienenoberkante

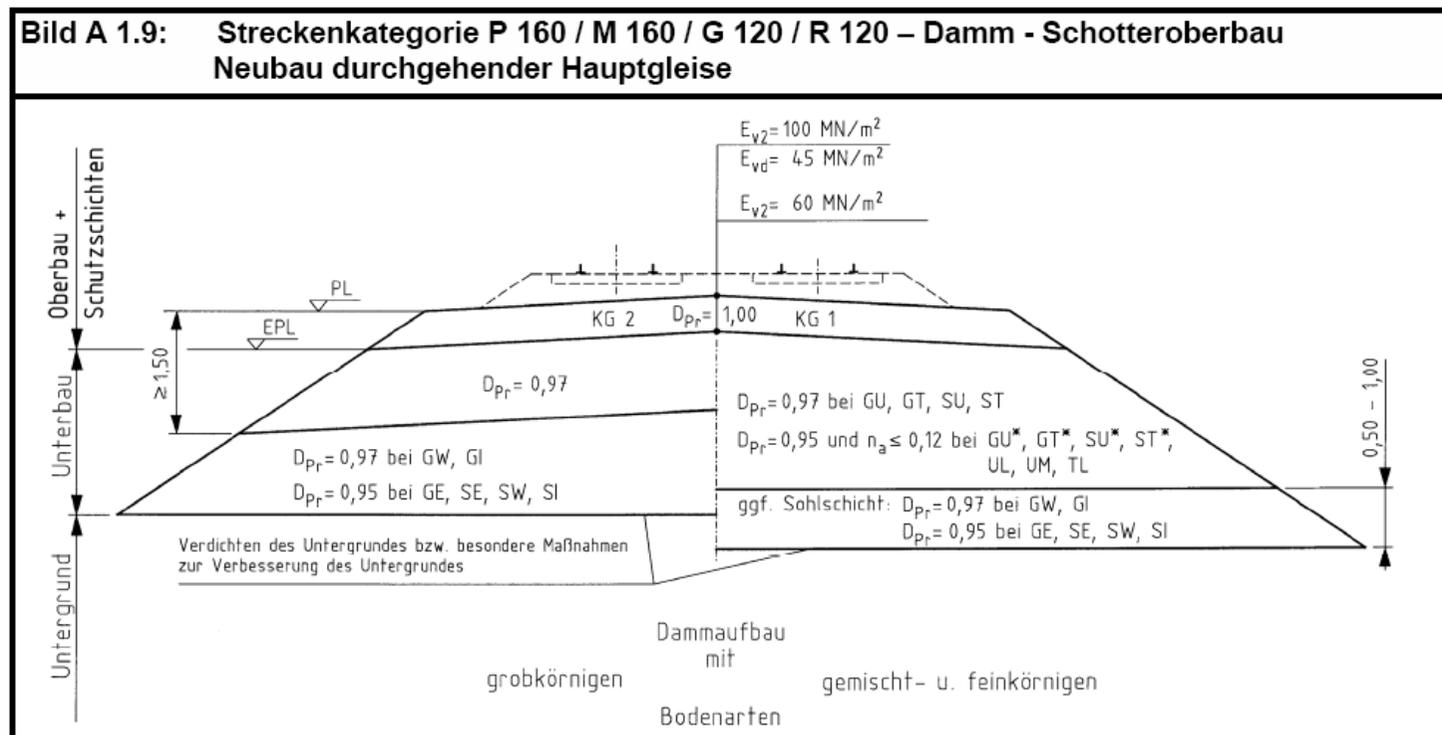
Anforderungen Verdichtung von Erdbauwerken nach RIL 836

		Einstufung ($v = \text{HG VzG}$ für durchgehende Hauptgleise, sonst örtlich zulässige v)	Abzusichernder Tragbereich (Tiefe u. SO) ¹⁾	Verdichtung D_{Pr} (neu herzustellender Unterbau) ²⁾	Untergrund/bestehender Unterbau (im Druckbereich bis zur Tiefe des abzusichernden Tragbereiches) ³⁾	Bemerkungen	
Neubau	Schotteroberbau und Feste Fahrbahn	$v > 230 \text{ km/h}$	3,0 m	100% (GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST) 97%, $n_A \leq 12\%$ (GU*, GT*, SU*, ST*, U, T); unterhalb des Tragbereichs: 98% bzw. 97%, $n_A \leq 12\%$	mindestens steif (Konsistenz $I_C \geq 0,75$ für bindige Böden) bzw. mitteldicht (Lagerungsdichte $D \geq 0,3$ bei $U < 3$ bzw. $D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$ für nichtbindige Böden)	bei Neuschüttung nur mit qualifizierter Bodenverbesserung ⁴⁾ einzubauen: veränderlich festes Gestein und im abzusichernden Tragbereich UA, UL, UM, TL, TM, TA, SU*, ST*, GU*, GT*	
		$160 \text{ km/h} < v \leq 230 \text{ km/h}$	2,5 m				
	Schotteroberbau	$80 \text{ km/h} < v \leq 160 \text{ km/h}$	2,0 m	97% (GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST, OK) 95%, $n_A \leq 12\%$ (GU*, GT*, SU*, ST*, U, T) bis Dammsohle		mindestens weich (mit $I_C \geq 0,6$) ⁶⁾ bzw. locker (mit $D > 0,2$) ⁶⁾	bei Neuschüttung mit qualifizierter Bodenverbesserung ⁴⁾ ; veränderlich festes Gestein
		$v \leq 80 \text{ km/h}$	1,5 m				
Verbesserung	Schotteroberbau und FF	$160 \text{ km/h} < v \leq 230 \text{ km/h}$	2,5 m	bei Neuschüttungen und Bodenaustausch wie Neubau ⁵⁾	mindestens steif (Konsistenz $I_C \geq 0,75$ für bindige Böden) bzw. mitteldicht (Lagerungsdichte $D \geq 0,3$ bei $U < 3$ bzw. $D \geq 0,45$ bei $U \geq 3$) für nichtbindige Böden	---	
	Schotteroberbau	$80 \text{ km/h} < v \leq 160 \text{ km/h}$	2,0 m				
		$v \leq 80 \text{ km/h}$	1,5 m				mindestens weich (mit $I_C \geq 0,6$) ⁶⁾ bzw. locker (mit $D > 0,2$) ⁶⁾

Anforderungen Verformungsmodul von Erdbauwerken nach RIL 836

		Einstufung (v = HG VzG für durchgehende Hauptgleise, sonst örtlich zulässige v)	Abzusichernder Tragbereich (Tiefe u. SO) ¹⁾	Regelwert E_{vz}/E_{vd} in MN/m ² OK Schutzschicht (OFTS)	Regelwerte E_{vz}/E_{vd} ^{2) 3)} Planum Neuschüttungen wie Neubau
Neubau	Schotteroberbau und Feste Fahrbahn	v > 230 km/h	3,0 m	120/50	SchO: 80/40
		160 km/h < v ≤ 230 km/h	2,5 m		FF: 60/35
	Schotteroberbau	80 km/h < v ≤ 160 km/h	2,0 m	100/45	45/30
		v ≤ 80 km/h	1,5 m	80/40	45/25
Verbesserung	Feste Fahrbahn	160 km/h < v ≤ 230 km/h	2,5 m	100/45	(45/30)
	Schotteroberbau	160 km/h < v ≤ 230 km/h	2,5 m	80/40	(45/25)
		80 km/h < v ≤ 160 km/h	2,0 m	50/35	(20/20) ⁴⁾
		v ≤ 80 km/h	1,5 m	40/30	(20/20) ⁴⁾

Beispiel für Tragfähigkeitsanforderungen nach RIL 836 (alt)



- E_{v2} Verformungsmodul aus der Zweitbelastung des Plattendruckversuchs
- D_{PR} Verdichtungsgrad (Verhältnis zw. der auf der Baustelle zu erreichenden Trockendichte zur Proctordichte)
- GW, GE Bodenarten nach DIN 18196 (Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke)

Plattendruckversuch



Untergrundverbesserung

Stehen im Untergrund einer Trasse nicht ausreichend scherfeste Bodenschichten an, so ist der Untergrund zu verbessern. Dazu stehen je nach geologischen und hydrologischen Verhältnissen folgende Verfahren zu Verfügung:

- vollständiger oder teilweiser Bodenaustausch,
- Verbesserung oder Verfestigung mit Kalk, Zement oder Fehlkorn,
- Verdichtung durch Tiefrüttelung, Rüttelstopfverdichtung, dynamische Intensivverdichtung,
- Vertikaldräns mit Belastung,
- Vorschüttungen am Dammfuss,
- Einbau lastverteilerender oder zugfester Einlagen.

Zusammenfassung

Tragfähigkeit: Eigenschaft des Unterbaus, Belastungen aus dem Oberbau ohne schädliche Formänderungen aufzunehmen und in den Untergrund abzuleiten.

Anforderungen an Unterbau / Untergrund:

- ausreichend geringe Verformbarkeit,
- ausreichende Dichte

Die Anforderungen an den Unterbau / Untergrund differenzieren je nach:

- Streckenart,
- Bodenart,
- Tiefe unter Schienenoberkante

und sind in RIL 836 für den Verdichtungsgrad D_{Pr} und den Verformungsmodul E_{V2} gegeben.

1. Allgemeines und Begriffe
2. Tragfähigkeitsanforderungen Erdbauwerk
- 3. Tragfähigkeitsprobleme von Bahnkörpern**
4. Schutzschichten
5. Bahnkörperverbreiterung
6. Entwässerung des Bahnkörpers
7. Biologische Sicherung des Bahnkörpers
8. Sicherung von Felsböschungen

Allgemeines

Tragfähigkeitsschaden:

- Tragfähigkeit zu gering -> Lasten aus Zugverkehr können nicht (mehr) ohne schädliche Formänderungen aufgenommen und abgetragen werden
- Eisenbahnunterbau wird dadurch **überbeansprucht**

mögliche Ursachen:

- steigende Verkehrsbelastung (höhere Geschwindigkeiten, Achslasten)
- (aus heutiger Sicht) ungeeignete Baustoffe
- unzureichende Entwässerung

Folgen:

- Schäden am Oberbau / Gleislagefehler
- Reduzierung zulässige Geschwindigkeit + Achslast, im Extremfall Streckensperrung

Frostschaden

Schäden beim Gefrieren:

- Volumenzunahme Wasser beim Gefrieren: 9 Prozent
- **Frosthebung** führt zu Gleislageveränderungen
- Besonders schädlich: unterschiedliche Frosthebungen ("Frostbuckel")

Schäden beim Tauen:

- Aufweichung des Bodens, dadurch Verringerung der Tragfähigkeit
- Material taut unterschiedlich schnell -> Wasseransammlungen

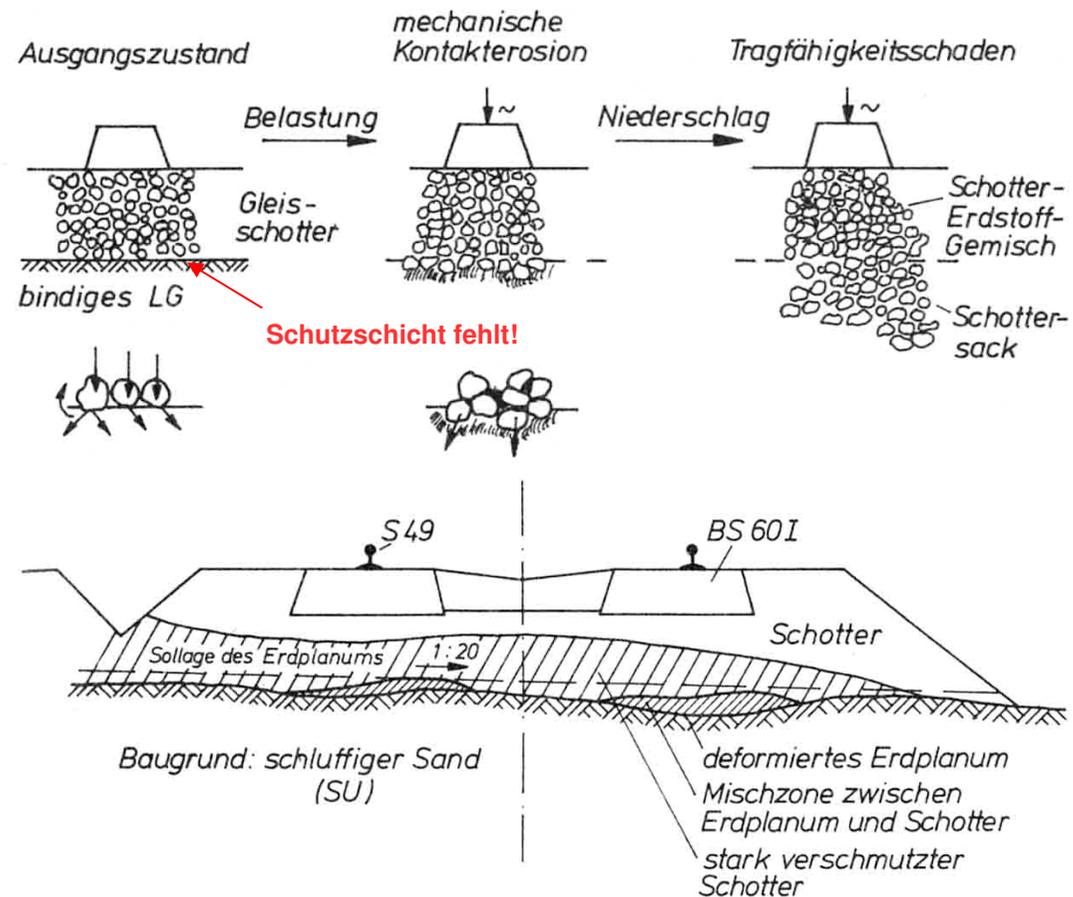
Kontakterosion / Schottersack

Ursachen

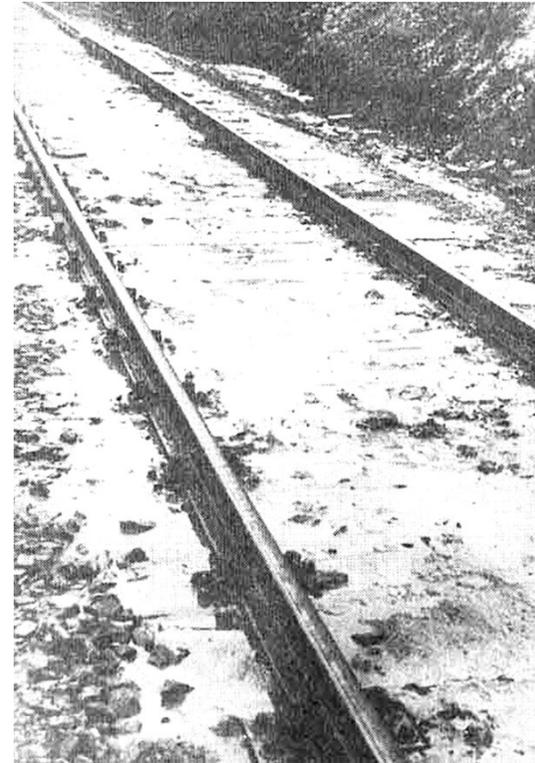
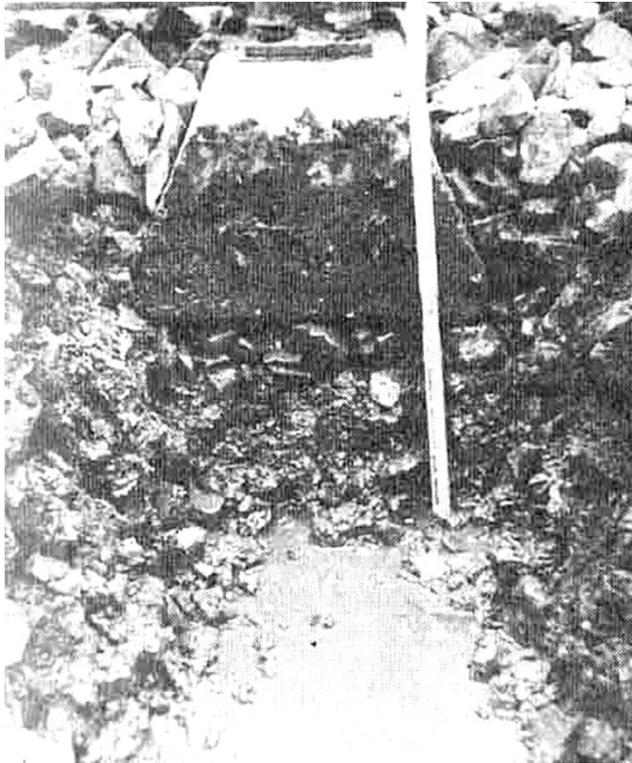
- aus heutiger Sicht ungeeignete Baustoffe,
- zunehmende Achslasten,
- zunehmende Geschwindigkeiten

Folgen

- absteigender Schotter,
- Deformation des Erdplanums,
- Durchmischung,
- veränderter Wasserabfluss,
- Frosthebungen,
- unruhige Gleislage,
- Langsamfahrstellen



Folgen eines Tragfähigkeitsschadens am Erdplanum



1. Allgemeines und Begriffe
2. Tragfähigkeitsanforderungen Erdbauwerk
3. Tragfähigkeitsprobleme von Bahnkörpern
- 4. Schutzschichten**
5. Bahnkörperverbreiterung
6. Entwässerung des Bahnkörpers
7. Biologische Sicherung des Bahnkörpers
8. Sicherung von Felsböschungen

Funktion von Schutzschichten

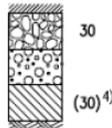
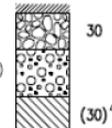
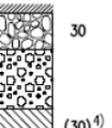
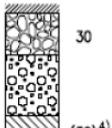
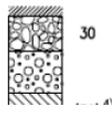
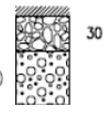
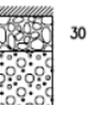
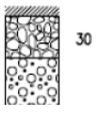
Anwendung im Eisenbahnunterbau zu verschiedenen Zwecken, u.a. als:

- Tragschicht
- Frostschutzschicht
- Filterschicht
- Dichtungsschicht

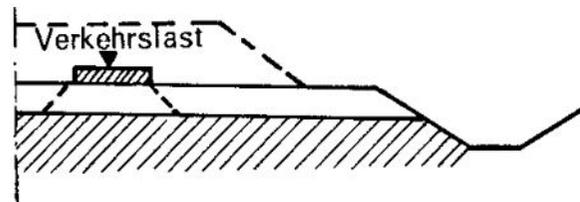
Die Arten von Schutzschichten werden unterschieden in Planumsschutzschicht (PSS), Frostschutzschicht (FSS) und Sonderausführungen.

Konkrete Ausprägung abhängig von örtlichem Anforderungsprofil.

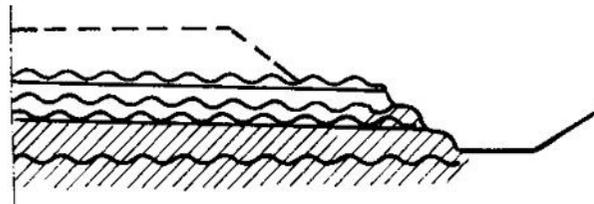


F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1
-	50	50	-	60	60	-	70	70	-	70	70	-
80/40 45/30 ³⁾		30 (30) ⁴⁾	100/45 45/30 ³⁾		30 (30) ⁴⁾	120/50 45/30 ³⁾		30 (30) ⁴⁾	120/50 45/30 ³⁾		30 (30) ⁴⁾	120 45
25	25	25	35	35	35	45	45	45	45	45	45	45
F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1	F2	F3	F1
-	55	55	-	65	65	-	75	75	-	75	75	-
80/40 45/30 ³⁾		30 (30) ⁴⁾	100/45 45/30 ³⁾		30 (30) ⁴⁾	120/50 45/30 ³⁾		30 (30) ⁴⁾	120/50 45/30 ³⁾		30 (30) ⁴⁾	120

Aufgabe als Tragschicht



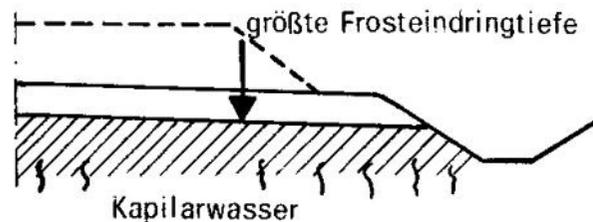
- Schutzschicht muss Druck aus Verkehrslasten verteilen
- dadurch Schutz für bindiges Lockergestein des Erdplanums vor zu hohen Spannungen



- frequenzstabil gegen Fahrzeug-, Gleis- und Bodenschwingungen
- Bedingung: Ungleichförmigkeitszahl des Schutzschichtmaterials $U \geq 5$

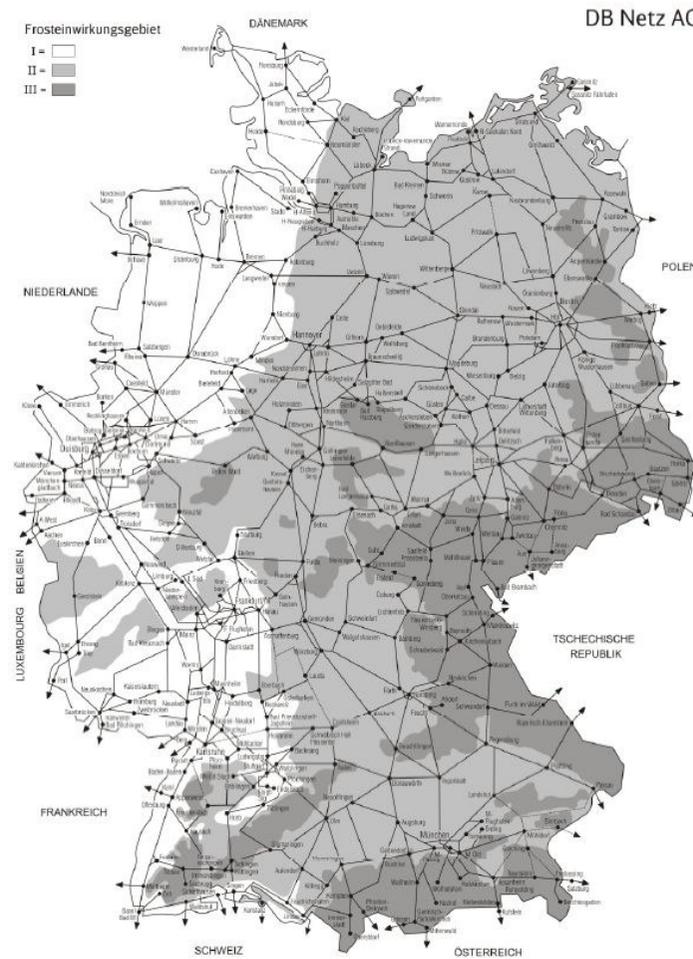
$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

Aufgabe als Frostschutzschicht



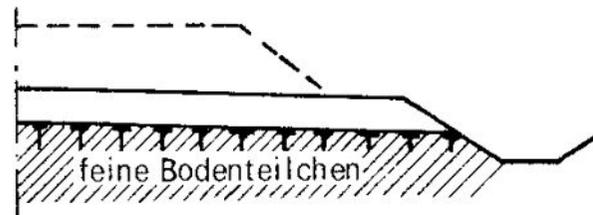
- frostveränderliches bindiges Lockergestein des Erdbauwerkes muss vor dem Eindringen von Frost geschützt werden
- daher wird der von Frost erreichbare Bereich unterhalb der Bettung durch eine Schutzschicht ausgefüllt
- im Untergrund befindliches Wasser darf in der Frostschutzschicht nicht kapillar aufsteigen
- Bedingung für Schutzschichtmaterial: Frostkriterium nach Casagrande

Aufgabe als Frostschutzschicht



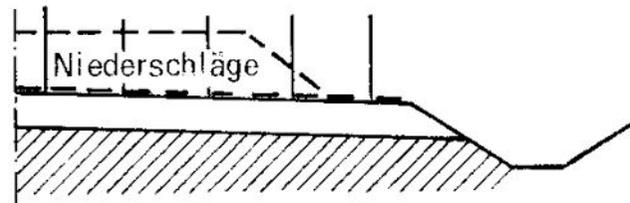
Quelle: RIL 836 (2013)

Aufgabe als Filterschicht



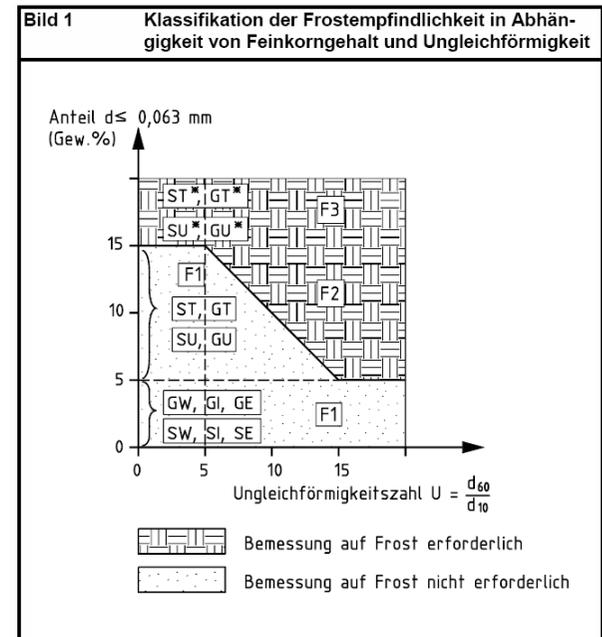
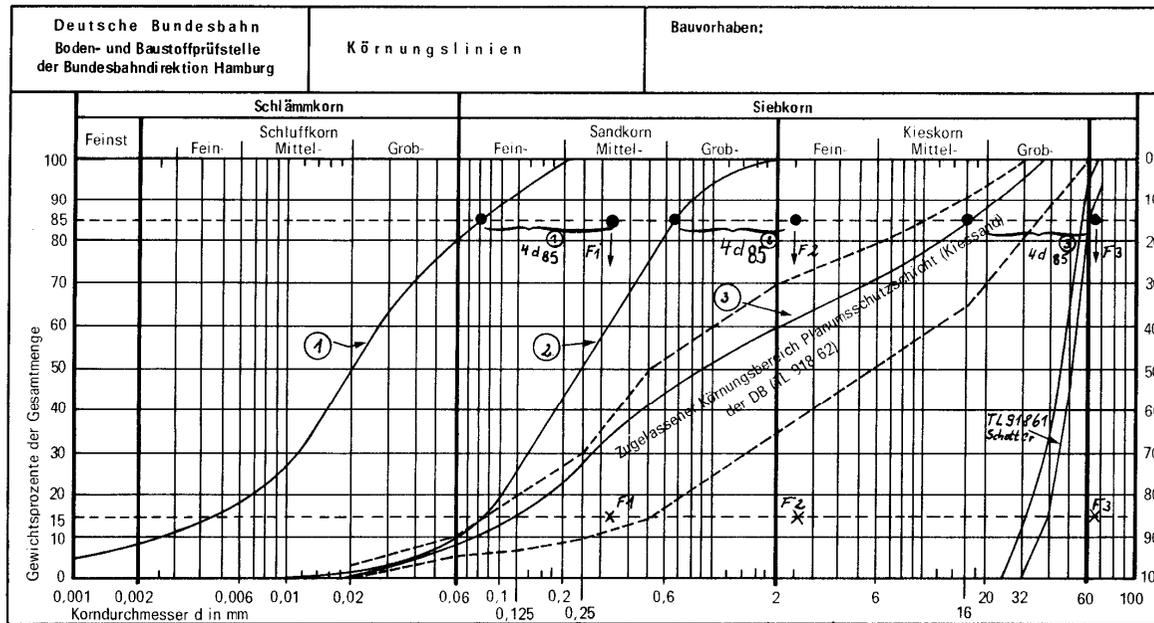
- Schutzschicht muss das Aufsteigen von bindigem Lockergestein in das Schotterbett verhindern
- Schutzschicht muss das Eindringen von Schottersteinen in das bindige Erdplanum verhindern
- Bedingung: Filterregel von Terzaghi $4 \cdot d_{15} < D_{15} < 4 \cdot d_{85}$

Aufgabe als Dichtungsschicht



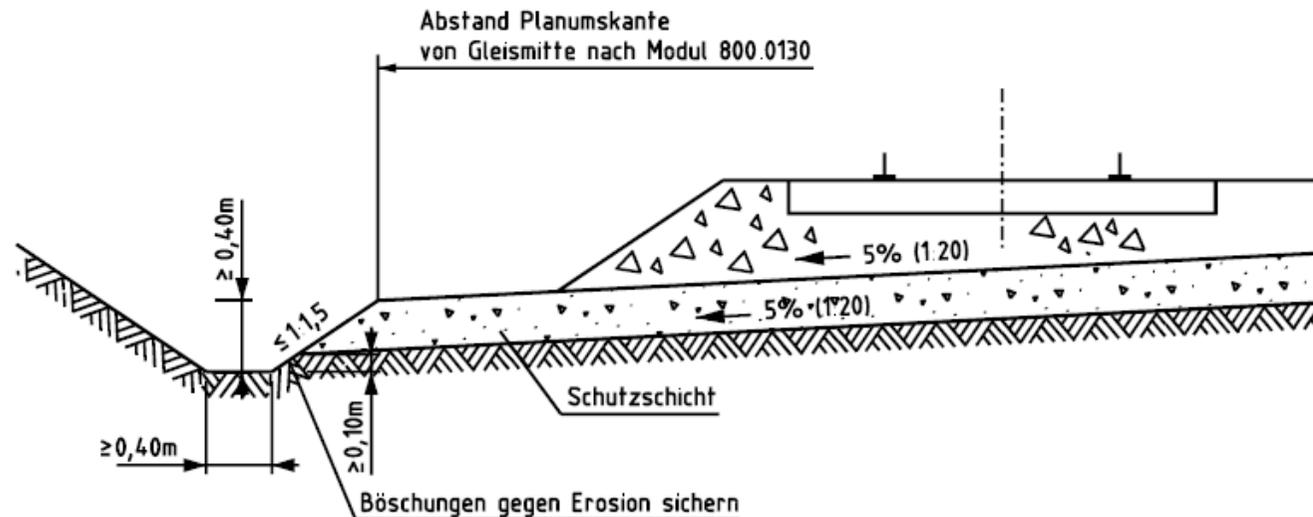
- Niederschlagswasser muss weitestgehend von witterungsempfindlichem Erdplanum ferngehalten werden
- Niederschlagswasser soll daher weitgehend auf dem Planum der Schutzschicht zur Seitenentwässerung abgeführt werden
- Bedingung: Wasserdurchlässigkeitskoeffizient $k \leq 10^{-6} m/s$

Sieblinie



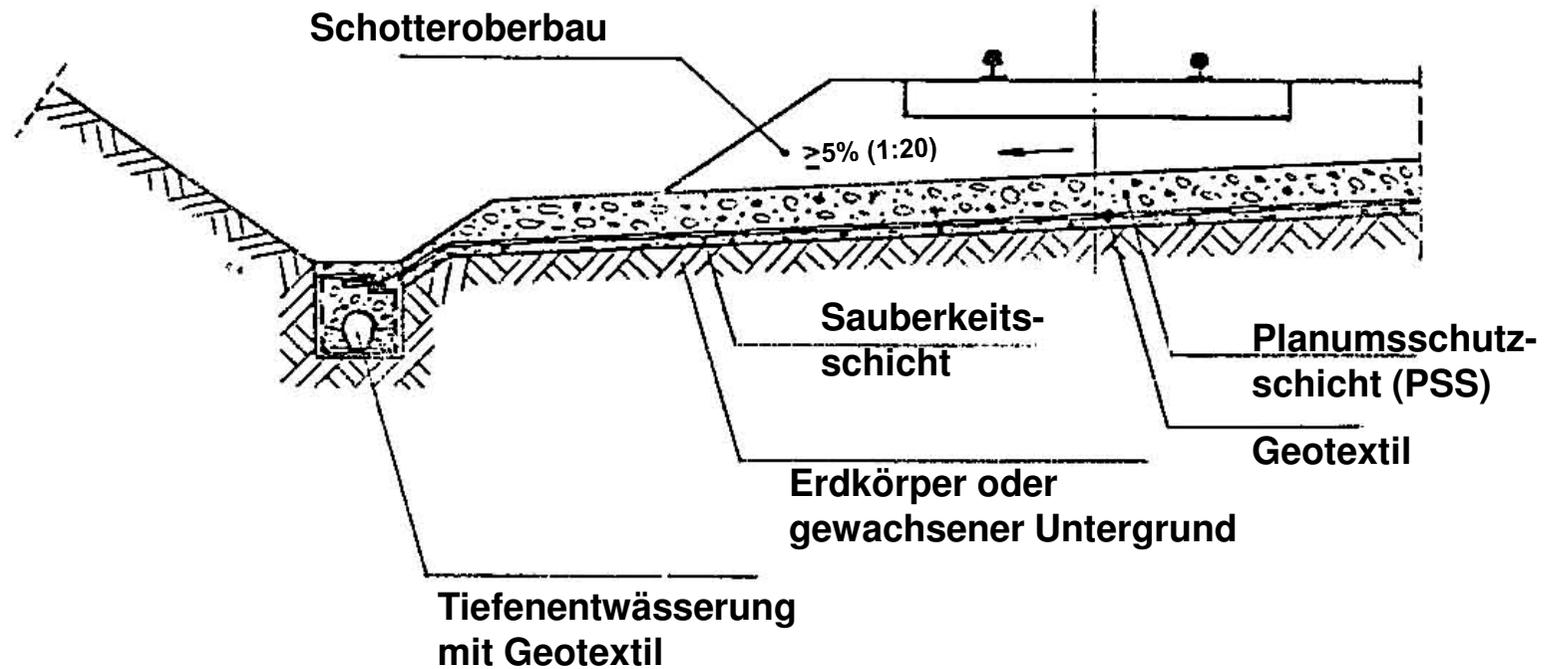
Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-Stb 76		x % Feinkornanteil < 0,063 mm	Frostsicher bis x % Feinkornanteil < 0,063 mm
F1	nicht frostempfindlich	$U > 15$	< 5
F2	gering bis mittel frostempfindlich	$U < 5$	5 - 40
F3	sehr forstempfindlich	$U < 5$	> 40

Bauliche Durchbildung



- Schutzschicht ist auf ausreichend tragfähigem Erdplanum zu erstellen,
- Schutzschicht ist über ihren Querschnitt und über längere Streckenabschnitte einheitliche auszubilden
- Einbau zwischen Bahnachse und Planumskante,
- Beginn/Ende von Schutzschichten sowie Dickenänderungen sind durch keilförmige Verziehungen von mind. 10 m Länge auszugleichen

Einsatz von Geotextilien



1. Allgemeines und Begriffe
2. Tragfähigkeitsanforderungen Erdbauwerk
3. Tragfähigkeitsprobleme von Bahnkörpern
4. Schutzschichten
- 5. Bahnkörperverbreiterung**
6. Entwässerung des Bahnkörpers
7. Biologische Sicherung des Bahnkörpers
8. Sicherung von Felsböschungen

Bauliche Anforderungen an Unterbau

Bei der Instandhaltung und dem Ausbau von bestehenden Eisenbahnstrecken müssen oft das Planum und der Bahnkörper verbreitert werden, um den notwendigen Raum für die:

- Herstellung des Streckenregelquerschnitts gemäß RIL 800.0130 und die
- Anordnung des **Randweges** und der Entwässerungsanlage zu sichern,
- Korrekturen der Linienführung infolge Geschwindigkeitserhöhung bzw. Anordnung eines 3. oder 4. Gleises zu ermöglichen.

Erdbauwerke der bestehenden Strecken sind in der Regel vor mehr als 100 Jahren entstanden und müssen nun an die gewachsenen Belastungen und veränderten Querschnittsanforderungen angeglichen werden. Dies führt auch oft zur notwendigen Damm- oder Einschnittsverbreiterungen mit zum Teil erheblichen Eingriffen in die bestehenden Erdbauwerke.

Dabei ist zu jedem Zeitpunkt (z.B. Veränderungen in Geometrie und Belastung) die Standsicherheit zu gewährleisten.

Grundlagen Stützkonstruktionen

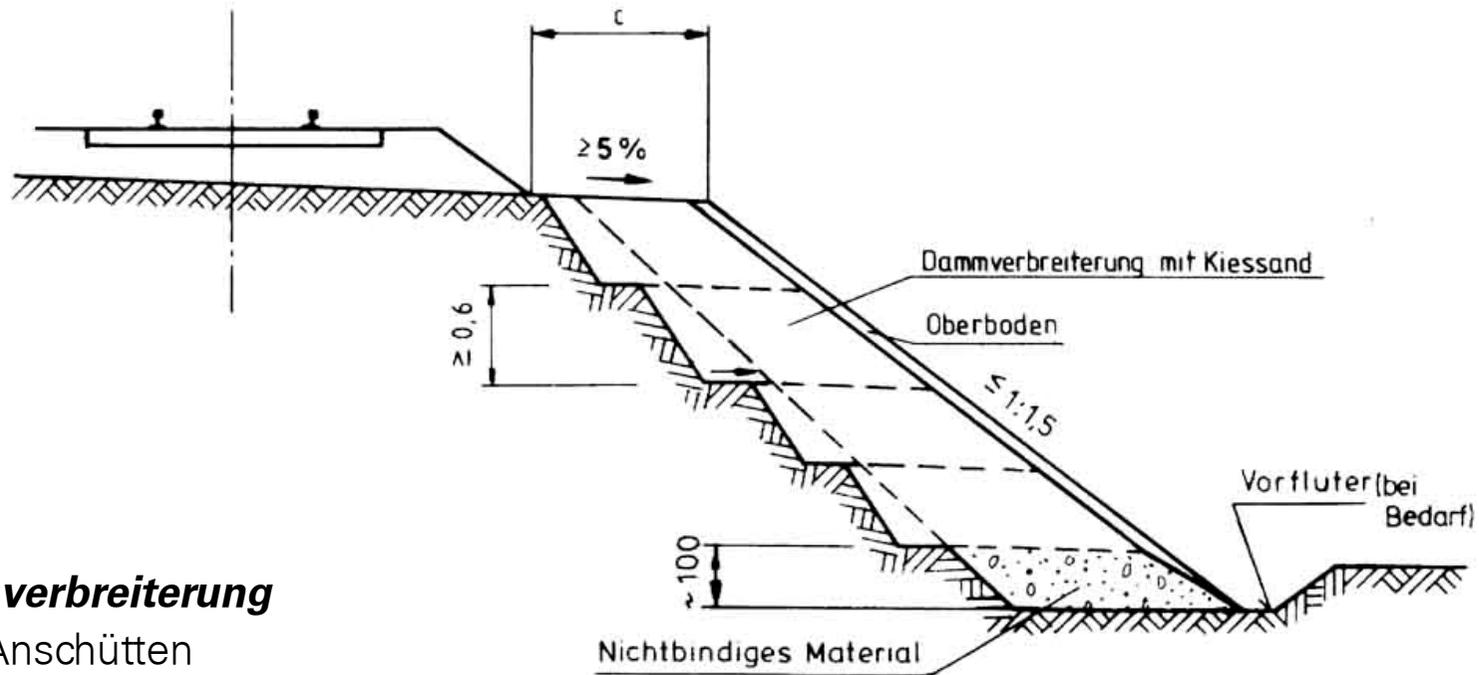
Massive Stützmauern und Stützwände

- Stützkörper (Wände, Mauern) aus künstlichen Bauprodukten mit oder ohne Rückverhängung oder Aussteifung
- z.B.: Gewichtsmauern / Winkelstützmauern, Spundwände, Pfahlwände, Schlitzwände, verfestigte Bodenkörper, Trägerbohlwände, Rückverhängungen

Flexible Stützbauwerke

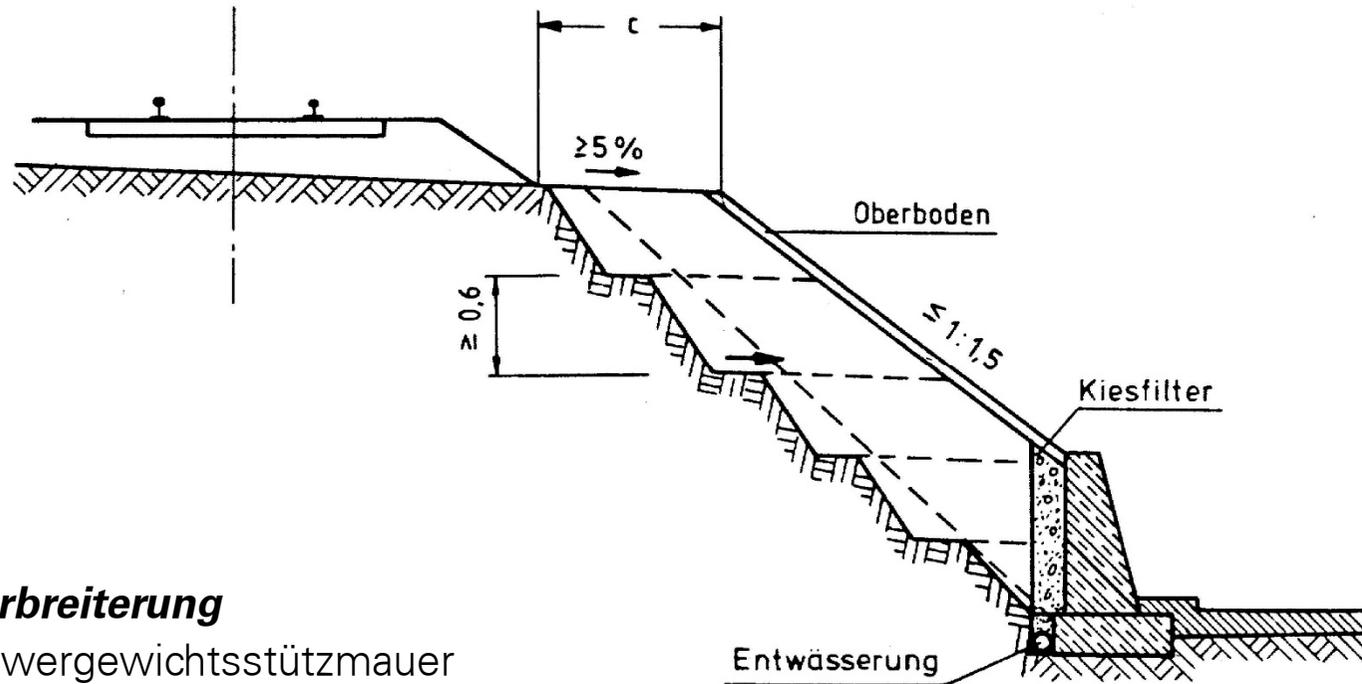
- Stützbauwerke, die aus einer Kombination einzelner künstlicher Tragelemente mit dem umgebenden Bodenmaterial in einem verformungsabhängigen (flexiblen) Verbund bestehen,
- z.B.: Gabionenwände, Raumgitterwände, geogitterbewehrte Stützkörper, „Bewehrte Erde“ – Stützkonstruktionen, vernagelte Bodenkörper

Verbreiterung in Dammlage



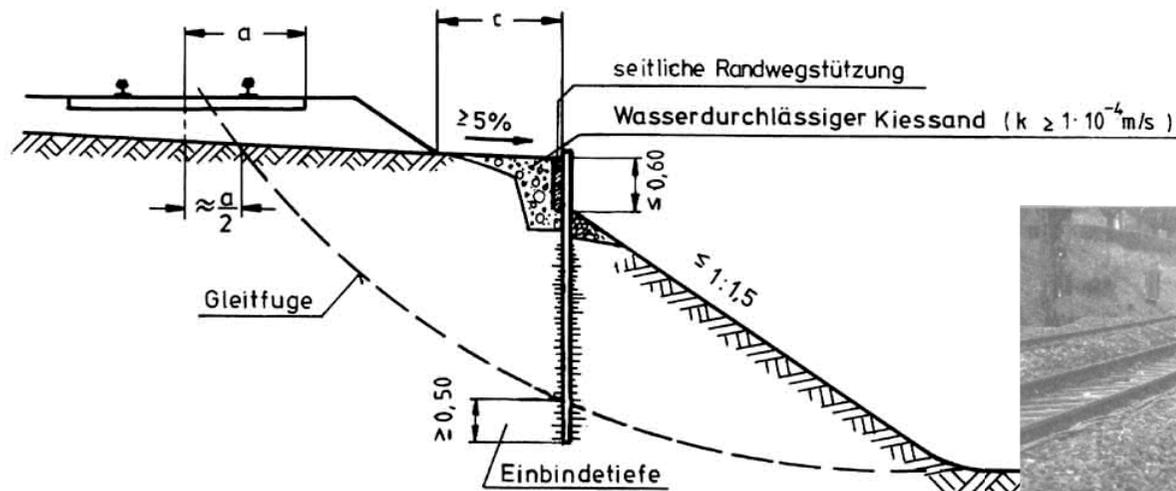
Dammverbreiterung
durch Anschütten

Verbreiterung in Dammlage



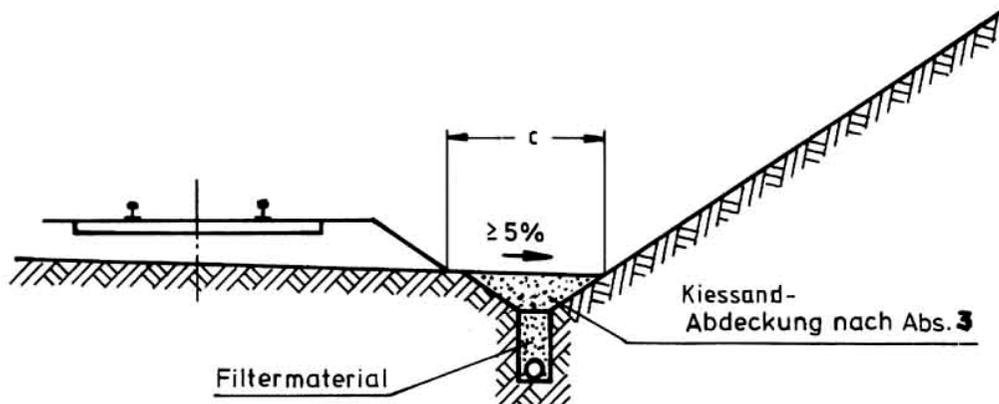
Dammverbreiterung
durch Schwergewichtsstützmauer

Verbreiterung in Dammlage



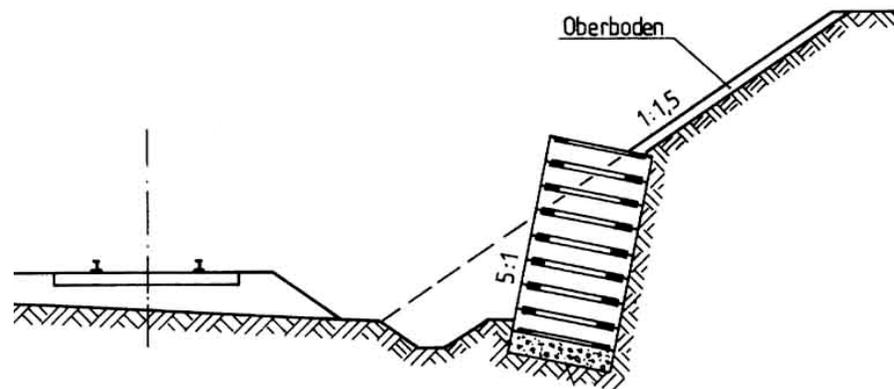
Dammverbreiterung
durch Verpresspfahlwände

Verbreiterung in Einschnittlage



Einschnittaufweitung
 durch Verrohrung des Bahngrabens

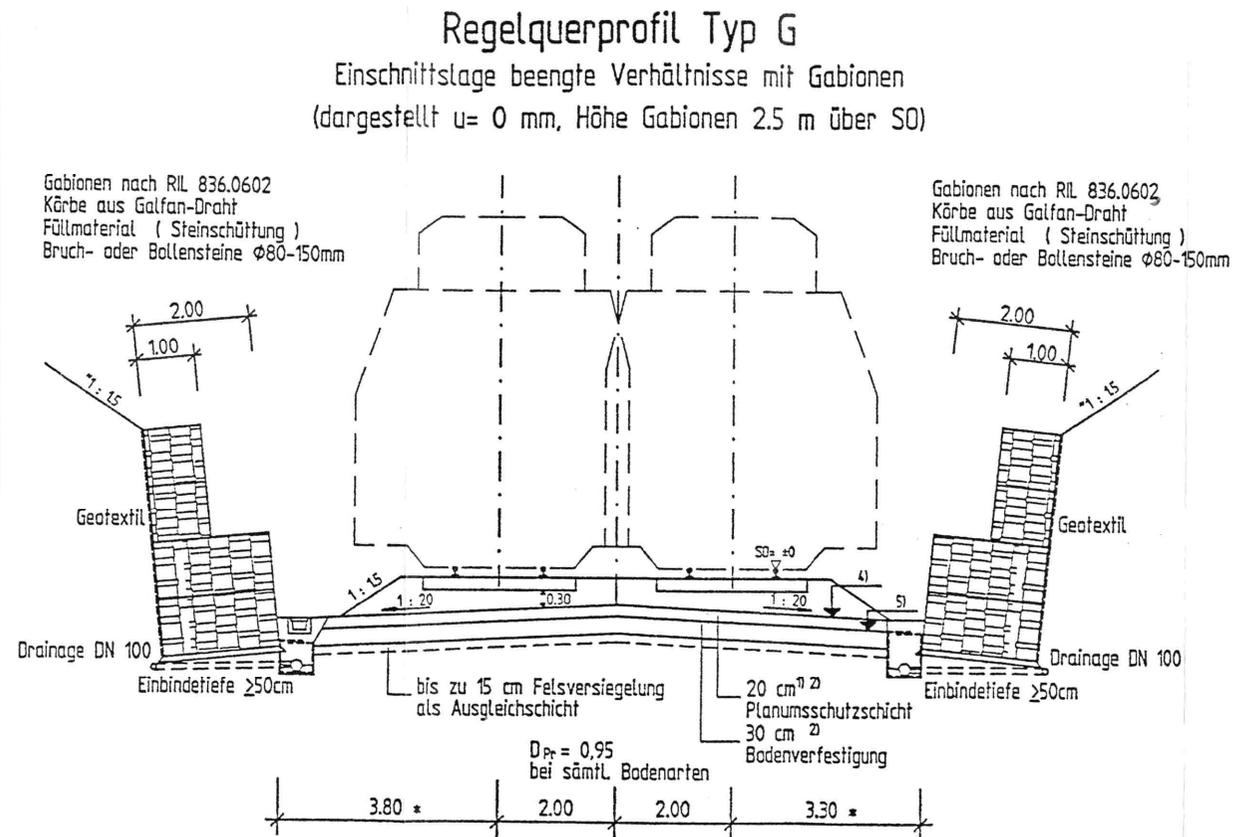
Einschnittaufweitung
 durch Raumgitterwände
 (Stahlbetonfertigteile und
 verdichteter Füllboden)



Verbreiterung in Einschnittlage



Einschnittaufweitung
durch Gabionenwände



Verbreiterung in Einschnittlage

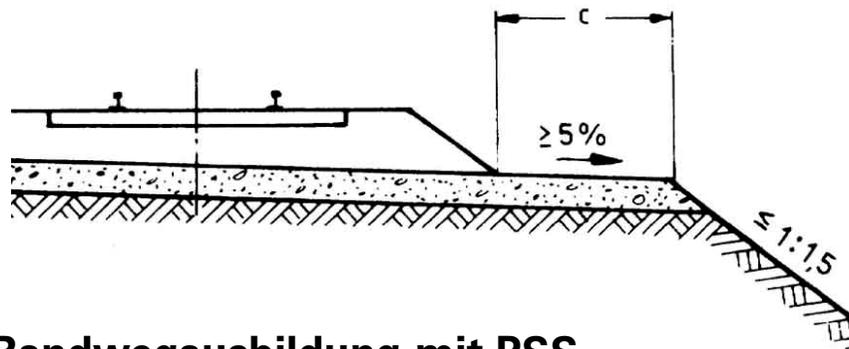


Einschnittaufweitung
durch Spundwand

Randweg

Anforderungen an Randweg

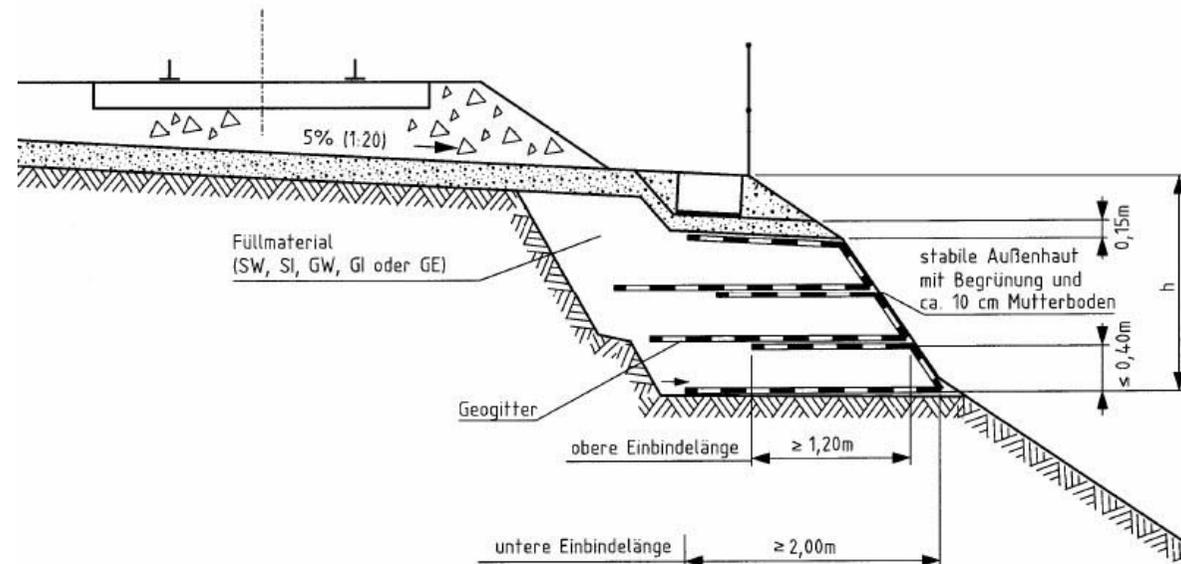
- Sicherheitsraum nach UVV
- Bewegungsmöglichkeit entlang der Strecke
- Temporäre Ablagerung von Arbeitsmaterialien
- Evakuierungsmöglichkeit



Randwegausbildung mit PSS



Randweg



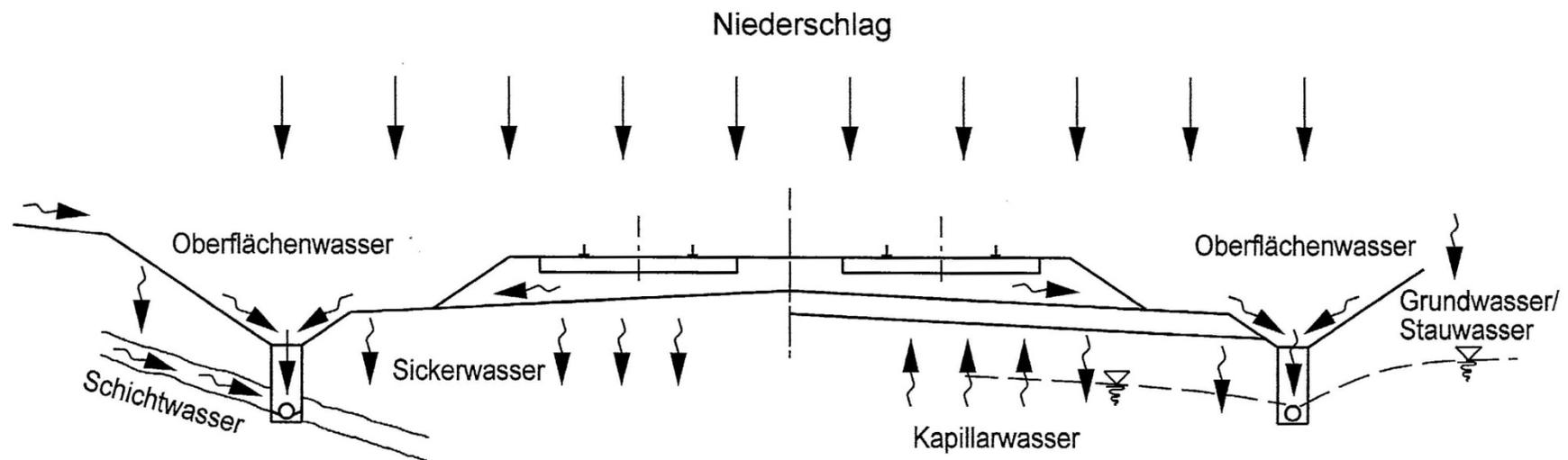
Geogitterbewehrte Randwegstützkörper

Brücken



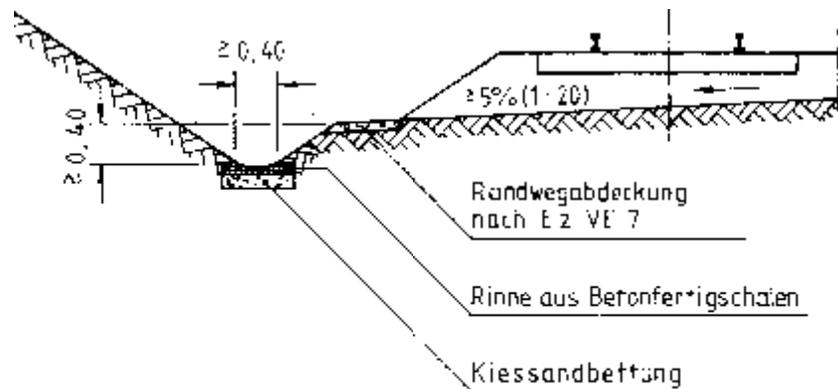
1. Allgemeines und Begriffe
2. Tragfähigkeitsanforderungen Erdbauwerk
3. Tragfähigkeitsprobleme von Bahnkörpern
4. Schutzschichten
5. Bahnkörperverbreiterung
- 6. Entwässerung des Bahnkörpers**
7. Biologische Sicherung des Bahnkörpers
8. Sicherung von Felsböschungen

Wasser im und am Bahnkörper

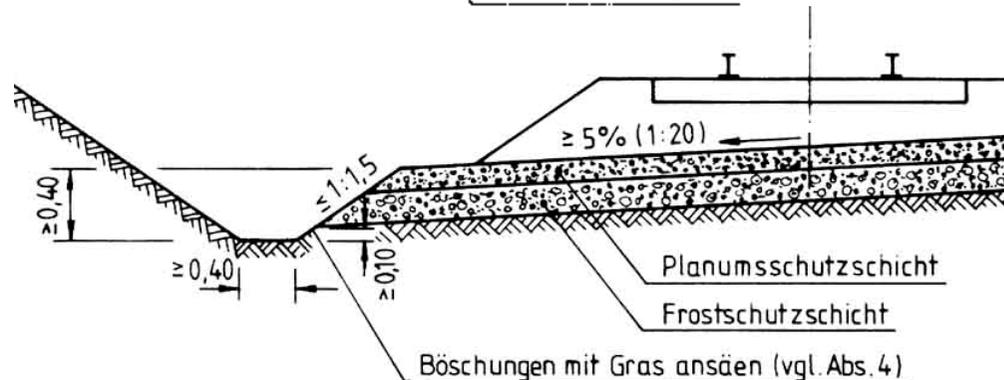


- Wasser verringert die Tragfähigkeit bindiger Böden
- Wasser bewirkt Frosthebungen
- Wasser bewirkt Erosion

Anlagen für Oberflächenwasser (Bahngräben)

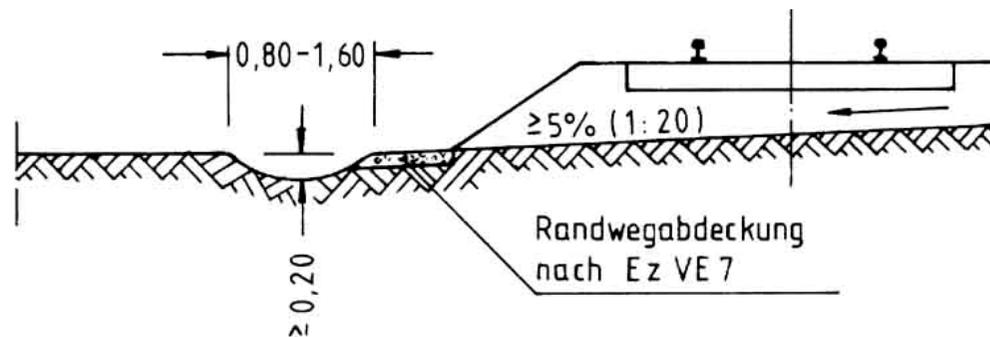


**Bahngraben mit
Sohlbefestigung aus
Betonfertigteilschalen**

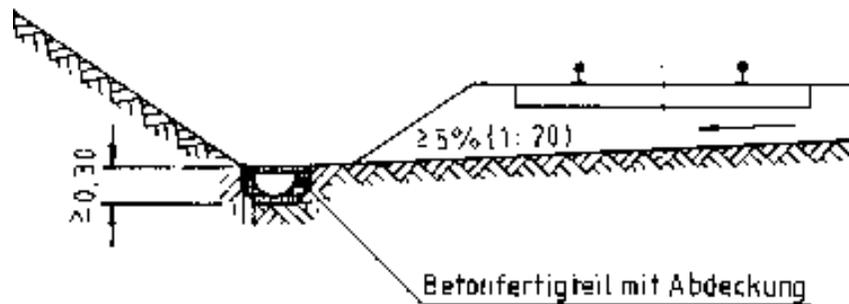


**unbefestigter
Bahngraben**

Anlagen für Oberflächenwasser (Bahngräben)



**unbefestigte
Bahnmulde**

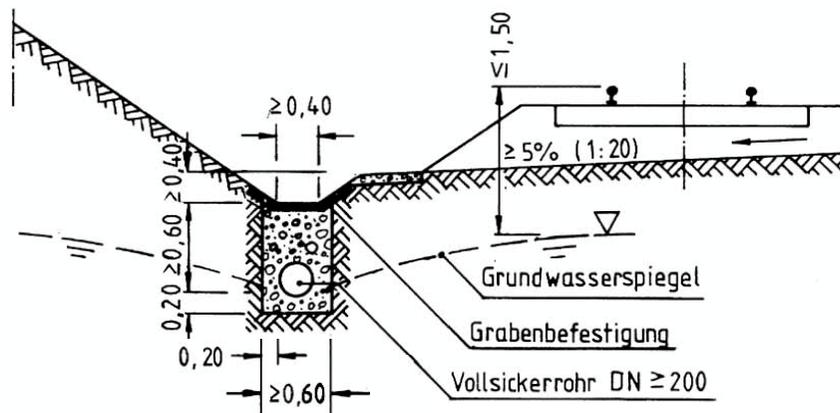


**befestigter und
abgedeckter Bahngraben
im Randweg**

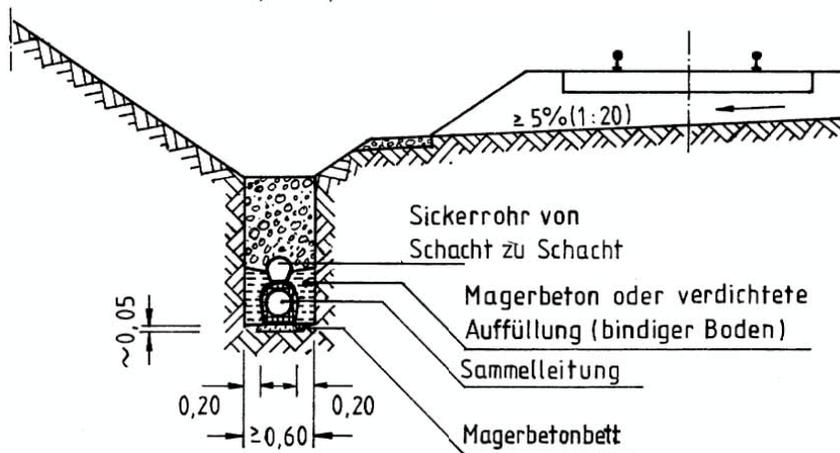
Anlagen für Oberflächenwasser (Bahngräben)



Anlagen für Bodenwasser (Tiefenentwässerung)

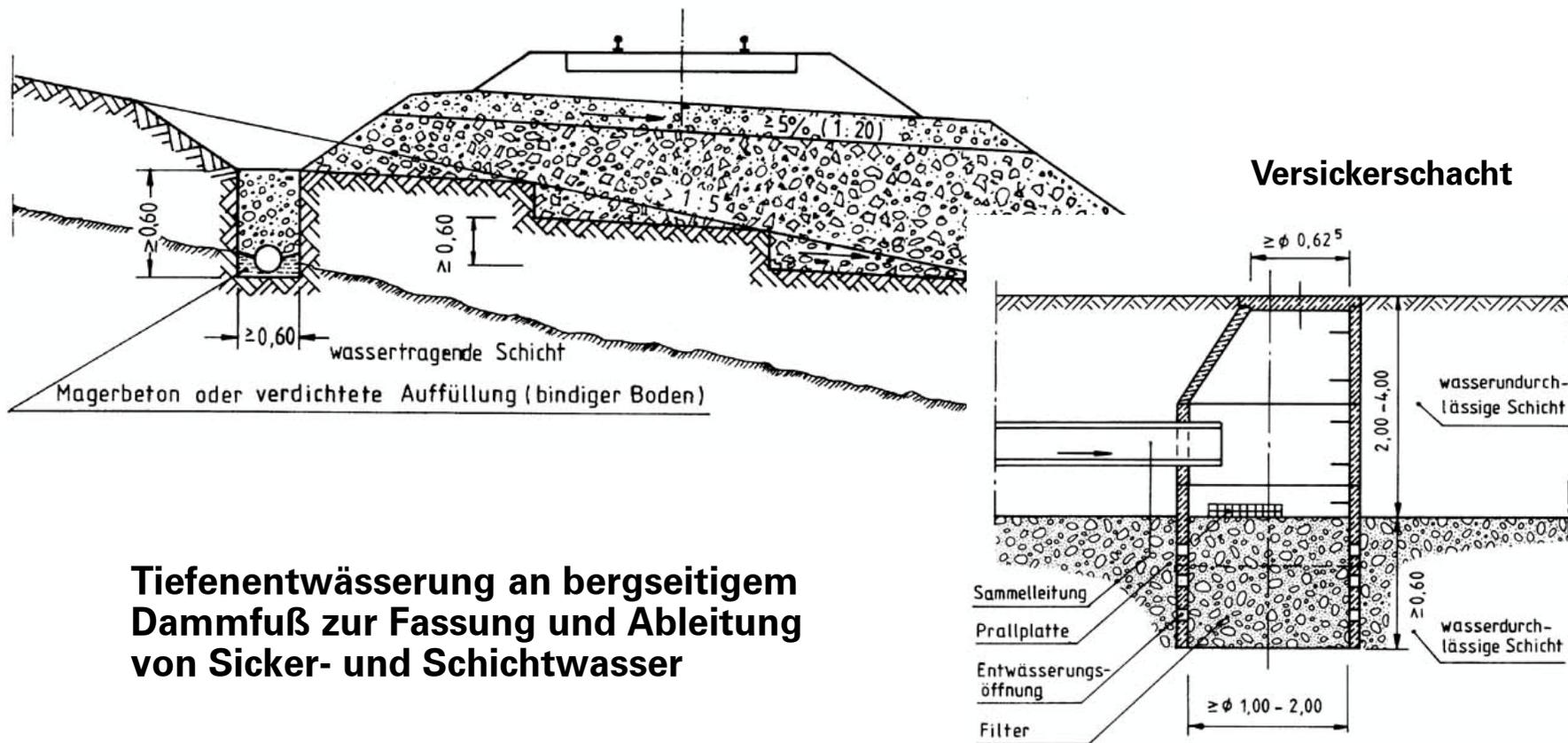


Tiefenentwässerung zur Absenkung des Grundwasserspiegels



Tiefenentwässerung in Huckepack-Anordnung

Anlagen für Bodenwasser (Tiefenentwässerung)



**Tiefenentwässerung an bergseitigem
Dammfuß zur Fassung und Ableitung
von Sicker- und Schichtwasser**

Anlagen für Bodenwasser (Tiefenentwässerung)



Professur für Gestaltung von
Bahnanlagen



Eisenbahnunterbau

Entwässerung von Böschungen

Der maßgebliche Wasserzu- und -abfluss sowie mögliche Schäden an Böschungen werden maßgeblich beeinflusst durch:

- **morphologische** Verhältnisse (Fliesrichtung und Wasseransammlungen in Geländeform),
- **geologische** Verhältnisse (Bodenart, Bodenschichtung, Klüfte),
- **hydrologische** Verhältnisse (Wasserströmungsrichtung, Wasserhorizonte, Wasserstauer, Wasserleiter),
- **ingenieurbiologische** Verhältnisse (Bewuchs, Oberflächensicherung, Wasseraufnahme, Verdunstung).

Als Schäden können auftreten als:

- **Erosionen** (durch Schleppekraft des Wassers hervorgerufene runsen- oder rinnenförmige Ausspülungen),
- **Oberflächenrutschungen** (durch zu hohen Wassergehalt hervorgerufene flächenhafte Rutschung von wenigen Dezimetern Tiefe -> BAB 17),
- **Tiefenrutschung** (Böschungsbruch auf Gleitflächen mit mehreren Metern Tiefe)

Entwässerung von Böschungen

Deswegen müssen die Entwässerungsanlagen so angeordnet werden, dass sie:

- das aus dem Gelände zufließende Oberflächenwasser,
- das aus Quellen und Schichten austretende Wasser und
- das am Böschungsfuß stauende Grundwasser

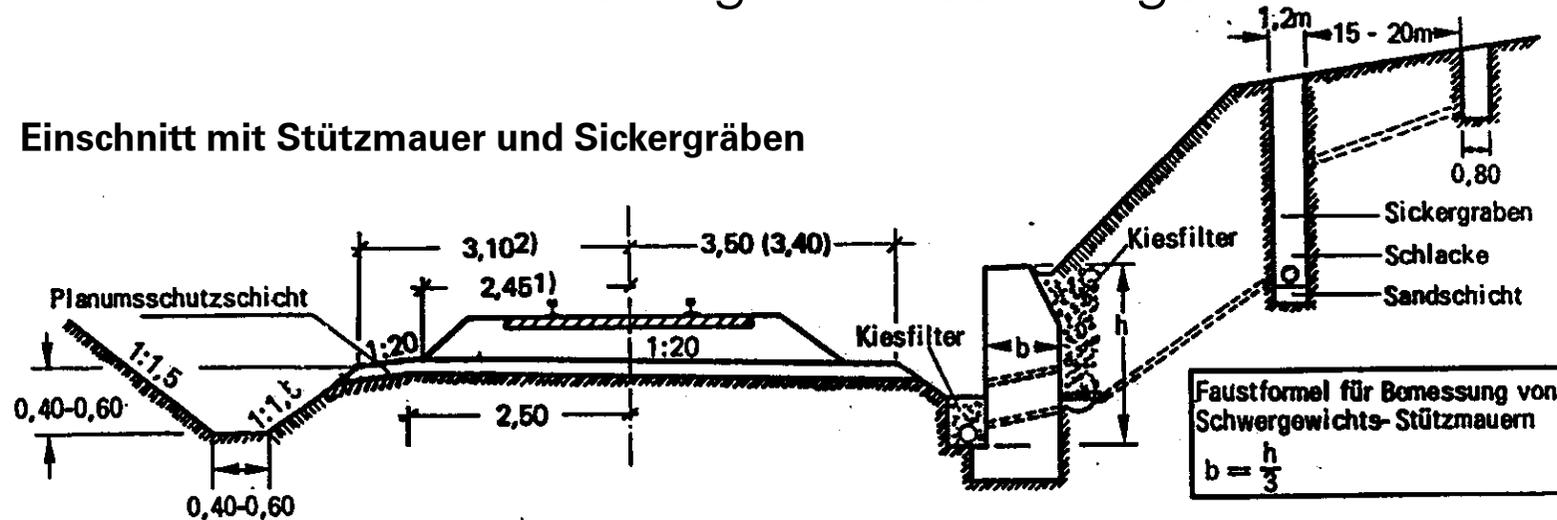
fassen und ableiten.

Anlagen zur Entwässerung von Böschungen sind:

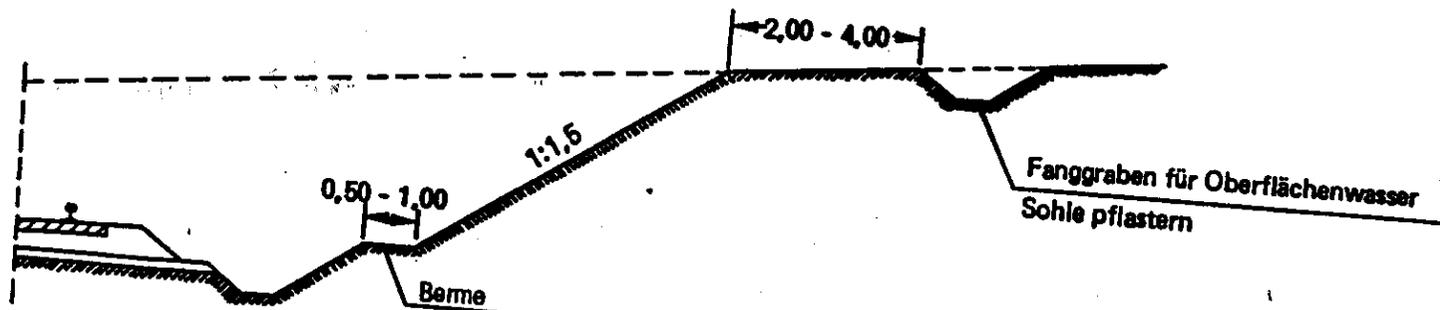
- Abfanggräben für Oberflächenwasser,
- Stützmauern,
- Tiefenentwässerung oberhalb der Böschungskante für auftretendes Schichtenwasser,

Entwässerung von Böschungen

Einschnitt mit Stützmauer und Sickergräben



Böschungseinschnitt mit Berme und Fanggraben



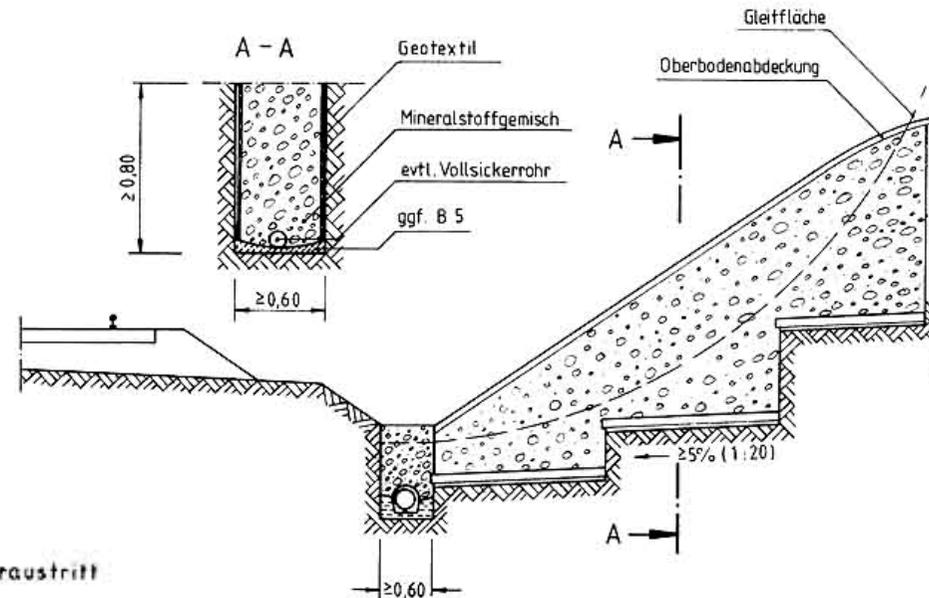
Entwässerung von Böschungen

Schicht-, Grund- und Quellwasser, das punkt-, linien- oder flächenförmig in Einschnittböschungen austritt, sollte je nach örtlicher Verteilung mit Sickersträngen, Sickerstützscheiben oder Sickerschichten gefasst und abgeleitet werden.

Diese Maßnahme dient gleichzeitig der Stützung bzw. der Stabilisierung der Böschung (auch mit ingenieurbioologischen Maßnahmen kombinierbar).

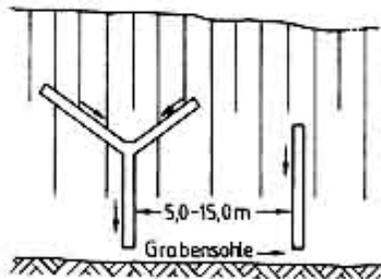
Entwässerung von Böschungen

Fassung von Wasser- Austrittsstellen

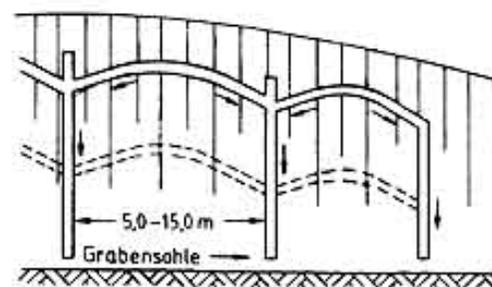


Anordnung Sickerstränge und Sickerstützscheiben

a) bei einzelnen nassen Stellen

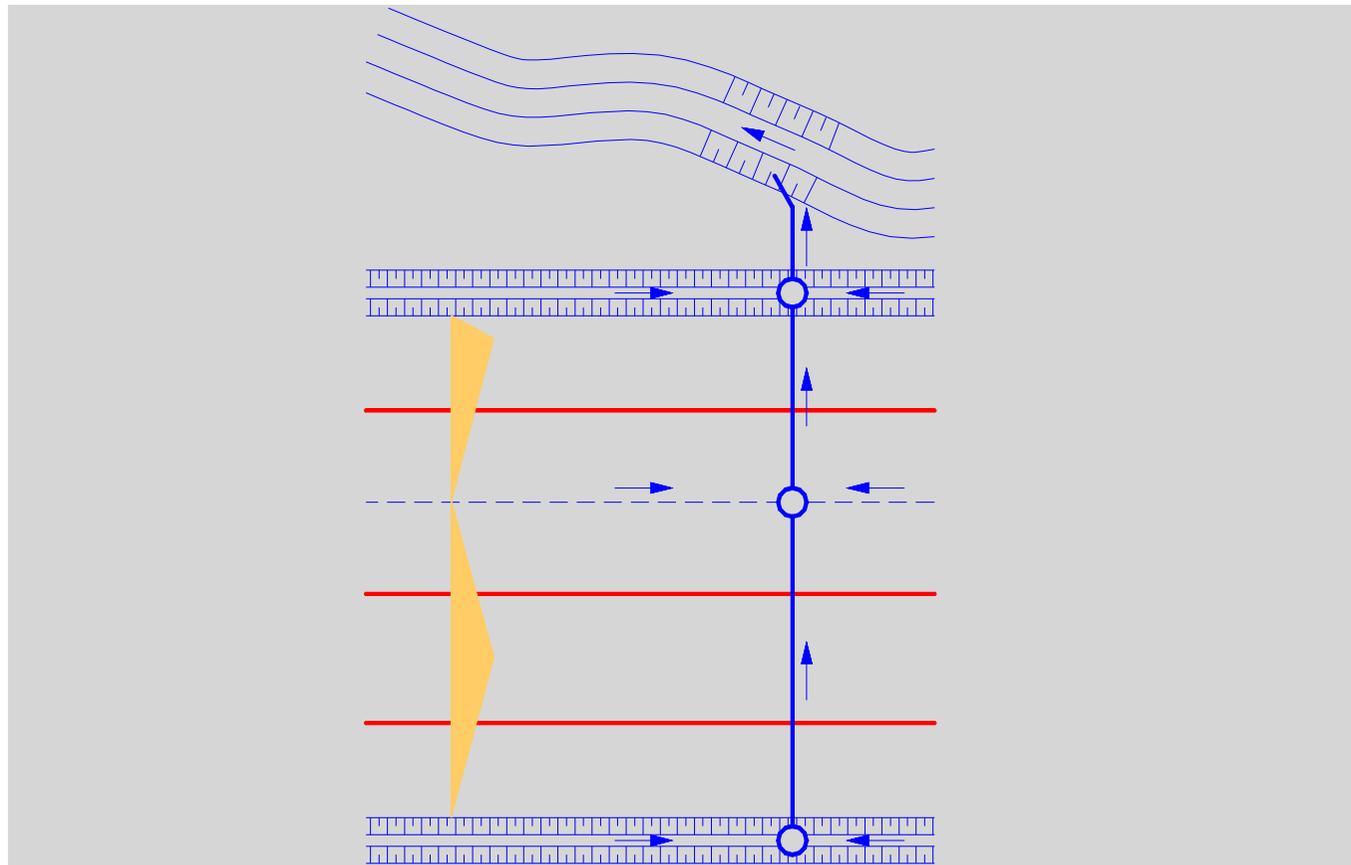


b) bei flächenhaftem Wasseraustritt



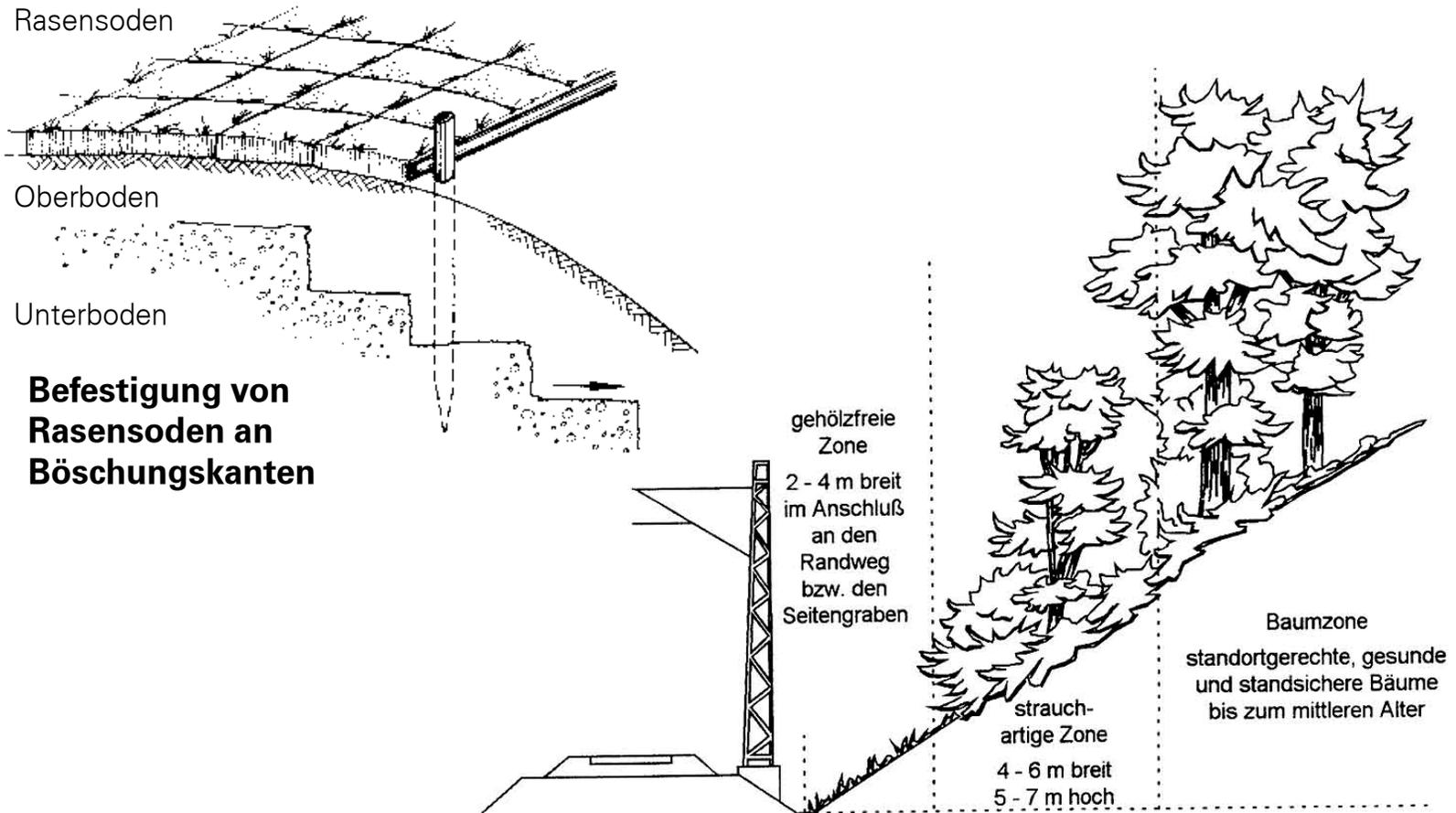
Grundform eines Sickerstranges oder einer Sickerstützscheibe

Entwässerung im Lageplan



1. Allgemeines und Begriffe
2. Tragfähigkeitsanforderungen Erdbauwerk
3. Tragfähigkeitsprobleme von Bahnkörpern
4. Schutzschichten
5. Bahnkörperverbreiterung
6. Entwässerung des Bahnkörpers
- 7. Biologische Sicherung des Bahnkörpers**
8. Sicherung von Felsböschungen

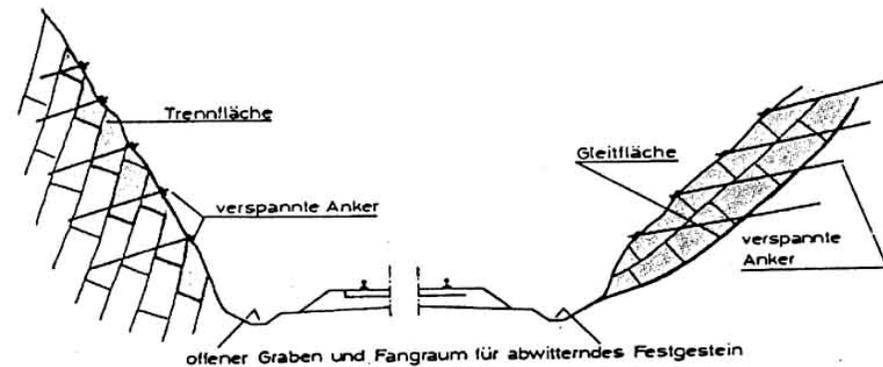
Sicherung von Erbauwerken



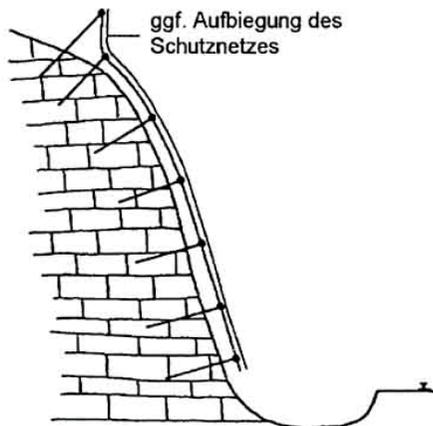
1. Allgemeines und Begriffe
2. Tragfähigkeitsanforderungen Erdbauwerk
3. Tragfähigkeitsprobleme von Bahnkörpern
4. Schutzschichten
5. Bahnkörperverbreiterung
6. Entwässerung des Bahnkörpers
7. Biologische Sicherung des Bahnkörpers
- 8. Sicherung von Felsböschungen**

Häufige Probleme:

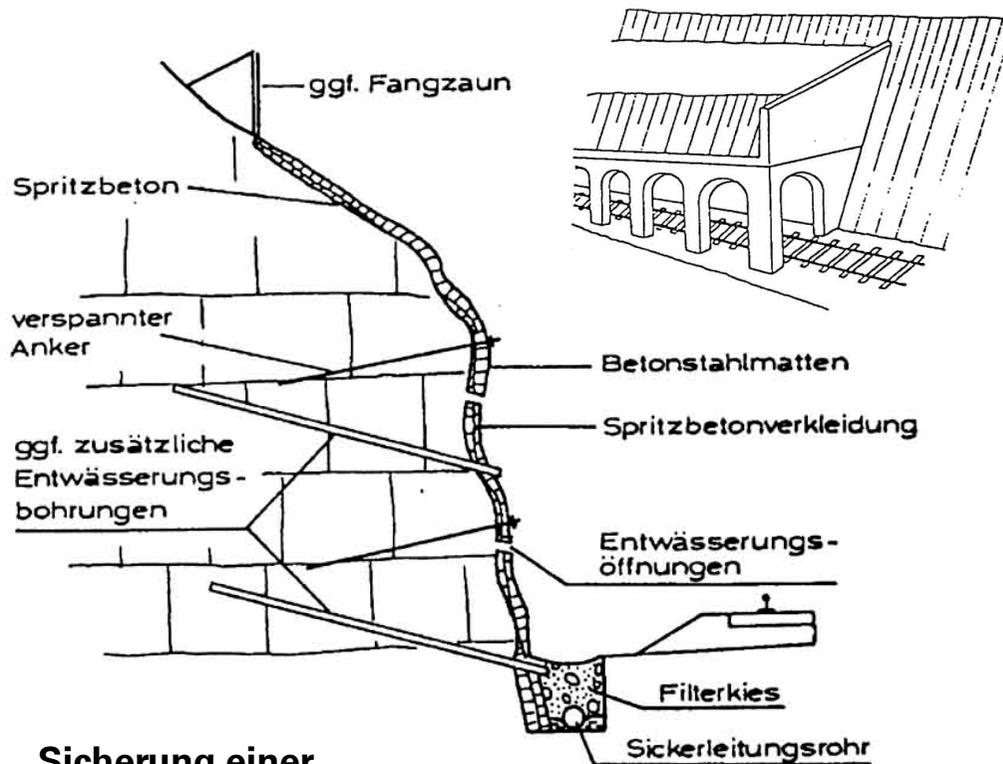
- steil
- unzureichende Bodendecke
- verwittert



**durch Anker
gesicherte
Felsböschungen**

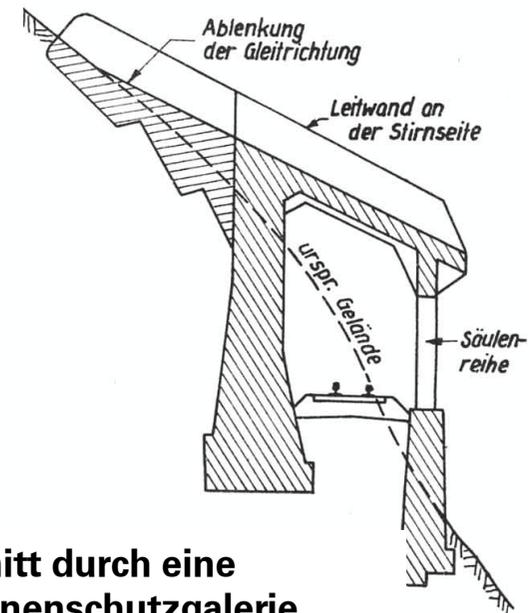


**auf Abstand montiertes oder
enganliegendes Schutznetz**



**Sicherung einer
Felsböschung durch
Spritzbetonverkleidung**

Schutzdächer bzw. Galerien



**Schnitt durch eine
Lawenschutzgalerie**

Vielen Dank