

VEB Projektierung Wasserwirtschaft	Nachweis der Beständigkeit von Erdstoffen gegenüber der Einwirkung der Sickerwasserströmung Suffosion nichtbindiger Erdstoffe	WAPRO 4.04. Blatt 2												
<p style="text-align: right;">Verbindlich ab 1.1.1971</p> <p>Dieser Standard gilt nur für die mechanische Suffosion nichtbindiger Erdstoffe mit abgerundeten Körnern. Für nichtbindige Erdstoffe mit kubisch-scharfkantigen oder plattig-eckigen Körnern gilt er nur in erster Näherung. Er gilt nicht für bindige Erdstoffe mit $d_{10} < 0,002$ mm, für die chemische Suffosion - Auslaugung - und Verwitterung. Die Festlegungen des Standards sind zur Anwendung empfohlen.</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th style="text-align: left;">Inhaltsverzeichnis</th> <th style="text-align: right;">Seite</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Notwendige Arbeitsunterlagen</td> <td style="text-align: right;">1</td> </tr> <tr> <td>2. Berechnungsweg</td> <td style="text-align: right;">2</td> </tr> <tr> <td>3. Rechenvorschriften</td> <td style="text-align: right;">3</td> </tr> <tr> <td>4. Auswertung der Suffosionsberechnung</td> <td style="text-align: right;">6</td> </tr> <tr> <td>5. Schlußbemerkungen</td> <td style="text-align: right;">8</td> </tr> </tbody> </table> <p>1. Notwendige Arbeitsunterlagen</p> <p>Um vollständige Suffosionsberechnungen durchführen zu können, müssen folgende Kennwerte des Erdstoffes und des Sickerwasserfeldes bekannt sein oder beschafft werden:</p> <p>Erdstoffkennwerte:</p> <p>Kornverteilungslinien mit</p> <p style="margin-left: 40px;">den Korndurchmessern d_{min}, d_{10}, d_{17}, d_{50}, d_{60} und d_{max} [mm]</p> <p style="margin-left: 40px;">den Masseprozenten p_1 [%] und</p> <p style="margin-left: 40px;">dem Ungleichförmigkeitsgrad $U = d_{60}/d_{10}$</p> <p>Nach Möglichkeit auch die</p> <p style="margin-left: 40px;">Lagerungsdichte D_e mit</p> <p style="margin-left: 40px;">der Porenzahl e, e_{max} und e_{min} oder</p> <p style="margin-left: 40px;">dem Porenanteil n, n_0 und n_D</p> <p>Gegebenenfalls auch der</p> <p style="margin-left: 40px;">Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k [m/s]</p> <p>Kennwerte des Sickerwasserfeldes:</p> <p>Vorhandenes Sickerwassergefälle J_{vorh} im Bereich des zu untersuchenden Erdstoffes und Strömungsrichtung des Sickerwassers.</p> <p>Alle anderen Kennwerte werden durch die Berechnung gewonnen.</p> <p style="text-align: right;">Fortsetzung Seite 2 bis 15</p> <p>Bestätigt: 26.10.1970, Direktor, Halle (Saale)</p>			Inhaltsverzeichnis	Seite	1. Notwendige Arbeitsunterlagen	1	2. Berechnungsweg	2	3. Rechenvorschriften	3	4. Auswertung der Suffosionsberechnung	6	5. Schlußbemerkungen	8
Inhaltsverzeichnis	Seite													
1. Notwendige Arbeitsunterlagen	1													
2. Berechnungsweg	2													
3. Rechenvorschriften	3													
4. Auswertung der Suffosionsberechnung	6													
5. Schlußbemerkungen	8													

2. Berechnungsweg

Bei Suffosionsberechnungen ist zweckmäßigerweise folgender Berechnungsweg einzuschlagen:

- 2.1. Aufzeichnung der Kornverteilungslinie des zu untersuchenden Erdstoffes in semi-logarithmischen Maßstab.
- 2.2. Nachweis, ob die Kornverteilungslinie einer der Regeln 1 bis 7 entspricht. Ist dies der Fall, so ist der Erdstoff genügend suffosionssicher und die Suffosionsberechnung ist damit beendet.

2.3. Entspricht der Erdstoff keiner der Regeln 1 bis 7, wird das Suffosionskriterium S nach dem analytischen Verfahren berechnet.

Die Berechnung wird in folgenden Schritten durchgeführt:

- 2.3.1. Aufsuchen des Abschnittes mit der größten Anstiegsänderung, insbesondere mit scharfen Krümmungen und Knicken, im feinkörnigen Bereich der Kornverteilungslinie.
- 2.3.2. Für den Mittelpunkt dieses Abschnittes werden die Koordinaten d_n und p_n aufgeschrieben.
- 2.3.3. Berechnung der Koordinaten d_{n+1} und p_{n+1} sowie d_{n-1} und p_{n-1} nach Regel 13.
- 2.3.4. Berechnung des Krümmungsparameters K_w nach Regel 14.
- 2.3.5. Berechnung des Suffosionskriteriums S nach Regel 15.

Ist $S \leq 1$, besteht für den untersuchten Abschnitt der Kornverteilungslinie keine Suffosionsgefahr. Liegt kein weiterer Abschnitt der Kornverteilungslinie mit großer Anstiegsänderung vor, so ist der gesamte Erdstoff genügend suffosionssicher und die Suffosionsberechnung ist beendet.

2.4. Ist das Suffosionskriterium $S > 1$, so ist der Erdstoff nicht genügend suffosionssicher, und die weitere Berechnung erfolgt nun nach dem grafischen Verfahren in folgenden Schritten:

2.4.1. Festlegung, ob der Erdstoff zum

Typ I: Kornverteilungslinie mit abnehmendem Anstieg im Bereich der feineren Fraktionen - konvexer Teil - oder

Typ II: Kornverteilungslinie mit zunehmendem Anstieg im Bereich der feineren Fraktionen - konkaver Teil -

gehört.

- 2.4.2. Berechnung des rechnerischen Korndurchmessers d_p nach Regel 9.
- 2.4.3. Berechnung des größten suffosionsgefährdeten Korndurchmessers d_g nach Regel 10.
- 2.4.4. Berechnung der geometrischen Suffosionssicherheit $\eta_{S,G}$ nach Regel 11.
- 2.4.5. Berechnung des Prozentsatzes der ausspülbaren Teilchen p_g nach Regel 12.

2.5. Ist die geometrische Suffosionssicherheit $\eta_{S,G} < 1,5$, erfolgt nun die Berechnung der hydraulischen Suffosionssicherheit $\eta_{S,H}$ in folgenden Schritten:

2.5.1. Vergleich der Richtung der Sickerströmung in der Natur mit der Richtung der Erdschwere.

2.5.2. Berechnung von $J_{S,krit}$ nach Regel 16, wenn die Sickerwasserströmungsrichtung zwischen der Erdschwererichtung (\downarrow) und ihrer Normalen (\rightarrow) verläuft.

2.5.3. Berechnung von $J_{S,krit}$ nach Regel 17, wenn die Sickerwasserströmungsrichtung annähernd entgegen der Erdschwererichtung (\uparrow) verläuft.

2.5.4. Berechnung der hydraulischen Suffosionssicherheit $\eta_{S,H} = J_{S,krit}/J_{vorh}$.

2.6. Bei untergeordneten Bauwerken kann der Nachweis der geometrischen Suffosionssicherheit auch nach Regel 18 erfolgen.

2.7. Nachweis, ob das vorhandene Sickerwassergefälle kleiner oder größer ist, als das zulässige Sickerwassergefälle für äußere Suffosion erfolgt nach Regel 19.

2.8. Wird Regel 19 nicht eingehalten, so wird ein Filter erforderlich. Seine Vorbemessung und der Nachweis der geometrischen Suffosionssicherheit bei Kontaktsuffosion erfolgt nach Regel 20.

2.9. Abschließend werden die Rechenergebnisse beurteilt. Die notwendigen Rechenvorschriften enthält der folgende Abschnitt.

3. Rechenvorschriften

Bei Suffosionsberechnungen müssen zwei Sicherheitsnachweise geführt werden:

3.1. Geometrische Suffosionssicherheit

$$\eta_{S,G} = \frac{d_m}{0,6 \cdot \bar{d}_{p,m}} \geq 1,5$$

3.2. Hydraulische Suffosionssicherheit

$$\eta_{S,H} = \frac{J_{S,krit}}{J_{vorh}} \geq 2.$$

Es gelten folgende Rechenvorschriften:

Regel 1: Homodisperse Erdstoffe mit $U \approx 1$ sind unabhängig von ihrer Lagerungsdichte sicher gegen innere Suffosion.

Regel 2: Ungleichförmige Erdstoffe mit geraden Kornverteilungslinien im semilogarithmischen Maßstab sind bei $U \leq 10$ unabhängig von ihrer Lagerungsdichte sicher gegen innere Suffosion.

Regel 3: Ungleichförmige Erdstoffe mit geraden Kornverteilungslinien im semilogarithmischen Maßstab und $U > 10$ sind bei mindestens mitteldichter Lagerung

$$D_e = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} = 0,3 \text{ bis } 0,6$$

sicher gegen innere Suffosion, wenn ihre Homogenität durch technologische Vorschriften gesichert wird.

Regel 4: Ungleichförmige Erdstoffe mit stetigen Kornverteilungslinien¹⁾ ohne Ausfallkörnung sind bei $U < 8$ praktisch sicher gegen innere Suffosion, wenn mindestens mitteldichte Lagerung $D_e = 0,3$ bis $0,6$ garantiert ist.

Regel 5: Ungleichförmige Erdstoffe mit stetiger Kornverteilungslinie ohne Ausfallkörnung sind sicher gegen innere Suffosion, wenn

$$d_{min} \geq 1,5 \cdot 0,6 \cdot \bar{d}_p = 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,535 \cdot U \cdot e \cdot d_{17}$$

ist (\bar{d}_p nach Bild 2 a oder 2 b).

¹⁾ Im Sinne dieses Standards ist eine Kornverteilungslinie stetig, wenn sie keine scharfen Krümmungen oder Knicke, d.h. keine plötzlichen Anstiegsänderungen, aufweist.

Unter Benutzung von Bild 1 lautet diese Bedingung unabhängig von der Lagerungsdichte:

$$d_{\min} \geq 1,5 \cdot 0,6 d_{p,0}$$

- Regel 6: Ungleichförmige Erdstoffe mit Kornverteilungslinien, die der Talbot-Kurve (siehe Bild 3) entsprechen oder dieser nahe kommen, sind unabhängig von ihrer Lagerungsdichte sicher gegen innere Suffosion. Jedoch muß ihre Homogenität durch technologische Vorschriften gesichert werden.
- Regel 7: Ungleichförmige Erdstoffe in mitteldichter Lagerung $D_e = 0,3$ bis $0,6$ und mit stetig gekrümmten Kornverteilungslinien, die vollständig im Grenzbereich des Bildes 4 verlaufen, sind sicher gegen innere Suffosion. Ihre Homogenität muß durch technologische Vorschriften gesichert werden.
- Regel 8: Ein Erdstoff, dessen Suffosionssicherheit nicht nach den Regeln 1 bis 7 nachgewiesen werden kann, kann nach dem grafischen (siehe Regel 9 bis 12) oder analytischen Verfahren von Lubočkov (siehe Regel 13 bis 15) auf geometrische Suffosionssicherheit und den Grad der Suffosionsgefährdung des Erdkörpers überprüft werden.
- Regel 9: Die Berechnung des Korndurchmessers d_r , der die Porenabmessungen des suffosionssicheren groben Teils der Kornverteilungslinie eines insgesamt suffosionsgefährdeten Erdstoffes bestimmt, erfolgt nach der Gleichung

$$m_{\text{zul}} = \frac{\Delta p}{\Delta p + p} = \frac{1}{2} \quad (\text{siehe Bild 5}).$$

Die dazu nötige Auswahl einer äquivalenten theoretischen suffosionssicheren Kornverteilungslinie nach Bild 4 erfolgt in der Weise, daß letztere die Kornverteilungslinie des wirklichen Erdstoffes in ihrem extremsten konvexen Punkt - Kornverteilungslinien Typ I: Abnehmender Anstieg im Bereich der feinen Fraktionen - berührt oder im Punkt für d_{60} - Kornverteilungslinien Typ II: Zunehmender Anstieg im Bereich der feinen Fraktionen - schneidet. Dabei können bei ungünstiger Form der Kornverteilungslinie des wirklichen Erdstoffes bis 40 % und max. 60 % der groben Fraktionen entfernt werden, ohne daß sich seine Suffosionseigenschaften verändern.

- Regel 10: Die Bestimmung des größten suffosionsgefährdeten Korndurchmessers d_g erfolgt nach der Gleichung

$$d_g = 0,1 \cdot d_r.$$

- Regel 11: Die geometrische Suffosionssicherheit des untersuchten Erdstoffes wird nach der Gleichung

$$\eta_{S,G} = \frac{d_{\min}}{0,1 \cdot d_r} \geq 1,5 \quad \text{bestimmt.}$$

- Regel 12: Ist die geometrische Suffosionssicherheit nach Regel 11 nicht vorhanden, so kann der Grad der Suffosionsgefährdung des Erdkörpers unter Berücksichtigung partieller Sicherheiten η_{d_r} für d_r aus

$$m = \frac{\Delta p}{\Delta p + p} = \frac{1}{2} \quad \text{mit} \quad \eta_{d_r} = 1$$

$$m' = \frac{p}{p + p} = \frac{1}{3} \quad \text{mit} \quad \eta_{d_r} = 1,5$$

und η_{d_s} für d_s aus

$$d_s = 0,1 \cdot d_r \quad \text{mit } \eta_{d_s} = 1$$

$$d'_s = 0,1 \cdot d_r \quad \text{mit } \eta_{d_s} = 2$$

bestimmt werden, indem man den Prozentsatz p_s oder p'_s der Teilchen $d_{\min} \leq d_i \leq d_s$ (d'_s) feststellt.

Regel 13: Die Abschnittsgrenzen zur Berechnung des Krümmungsparameters K_w der Kornverteilungslinie des wirklichen Erdstoffes werden wie folgt bestimmt

$$d_{n+1} = \frac{d_n}{5} \quad \text{und} \quad d_{n-1} = 5 \cdot d_n.$$

Daraus ergeben sich p_{n+1} und p_{n-1} .

Regel 14: Der Krümmungsparameter K_w wird nach der Gleichung

$$K_w = \frac{p_{n-1} - p_n}{p_n - p_{n+1}}$$

berechnet.

Regel 15: Das Suffosionskriterium des analytischen Verfahrens wird nach der Gleichung

$$S = 0,4 \cdot K_w$$

berechnet.

Ist $S \leq 1$, besteht im untersuchten Abschnitt der Kornverteilungslinie, $d_{n+1} \leq d_n \leq d_{n-1}$, keine Suffosionsgefahr. Bei $S > 1$ ist der untersuchte Abschnitt nicht genügend suffosionssicher.

Regel 16: Bei Sickerwasserströmungsrichtungen, die zwischen der Erdschwererichtung (\downarrow) und ihrer Normalen (\rightarrow) liegen, ist $J_{S,krit} \approx 0$.

Suffosionsgefährdete Erdstoffe mit $\eta_{S,G} \leq 1,5$ nach Regel 11 oder $S > 1$ nach Regel 15 werden daher mit hoher Wahrscheinlichkeit auch tatsächlich einer Suffosion unterliegen, da die hydraulische Suffosionssicherheit $\eta_{S,H} < 2$ sein wird.

Regel 17: Bei Sickerwasserströmungen annähernd entgegen der Erdschwererichtung (\uparrow) beträgt das kritische Sickerwassergefälle für Suffosion bei $U \leq 10$

$$J_{S,krit}(\uparrow) = f(U) \quad \text{nach Bild 6}$$

sowie bei $U > 10$

$$J_{S,krit}(\uparrow) = J_1 + J_2 = \frac{n_E \cdot k_F}{n_F \cdot k_E} + f\left(\frac{d_{10,sk}}{d_{10,F} \cdot \tan \varphi_F}\right)$$

mit $f\left(\frac{d_{10,sk}}{d_{10,F} \cdot \tan \varphi_F}\right)$ nach Bild 7 und $\tan \varphi_F$ nach folgender Tabelle:

Benennung der Skelettfüllung	$\tan \varphi_F$
Mehlsand	0,57
Feinsand	0,6
Mittelsand	0,7

Regel 18: Bei untergeordneten Bauwerken kann man die geometrische Suffosionssicherheit auch nach folgender Gleichung berechnen

$$\eta_{S,G} = \frac{d_3}{0,6 \cdot d_{p,m}} = \frac{d_3}{0,6 \cdot d_p} = \frac{d_3}{0,1 \cdot d_r} \geq 1,5.$$

Für stetige Kornverteilungslinien ohne Ausfallkörnung gilt dann

$$d_3 \geq 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,535 \cdot \sqrt[6]{U} \cdot e \cdot d_{17}$$

oder bei Benutzung von Bild 1 ohne Berücksichtigung der Lagerungsdichte

$$d_3 \geq 1,5 \cdot 0,6 \cdot d_{p,0}$$

und für Erdstoffe mit Ausfallkörnung

$$d_3 \geq 1,5 \cdot d_s = 1,5 \cdot 0,1 \cdot d_r.$$

Regel 19: Das zulässige Sickerwassergefälle für äußere Suffosion beträgt im überwiegend aufsteigendem Sickerwasserstrom

$$J_{S,zul} = 0,3 \text{ bis } 0,4 \quad \text{bei} \quad U < 10$$

$$J_{S,zul} = 0,2 \quad \text{bei} \quad 10 \leq U \leq 20$$

$$J_{S,zul} = 0,1 \quad \text{bei} \quad U > 20$$

Regel 20: Der Nachweis der geometrischen Suffosionssicherheit bei Kontaktsuffosion erfolgt nach der Gleichung

$$\eta_{S,G} = \frac{d_{min}^I + 0,1 \cdot d_r^I}{2} \cdot \frac{1}{0,6 \cdot d_p^{II}} \geq 1,5.$$

Für Filtervorbemessungen auf Kontaktsuffosion genügt die Gleichung

$$d_{50}^{II} \leq 2 (d_{min}^I + 0,1 \cdot d_r^I)$$

Das Filtermaterial muß natürlich selbst gegen innere Suffosion sicher sein. Am zweckmäßigsten ist ein Material mit $2,5 \leq U^{II} \leq 8$ und stetiger Kornverteilungslinie.

4. Auswertung der Suffosionsberechnung

4.1. Kann die Suffosionsberechnung bereits nach Abschnitt 2.2. beendet werden, so erübrigen sich alle weiteren Auswertungen. Die Untersuchung wird mit der Feststellung der eindeutigen Suffosionssicherheit des Erdstoffes abgeschlossen.

4.2. Wird die Suffosionsberechnung nach Abschnitt 2.3. mit dem Nachweis, daß das Suffosionskriterium $S \leq 1$ ist, beendet, so sollte man dennoch überlegen, ob das im Suffosionskriterium S enthaltene Sicherheitsmaß $\eta_{K_t} = 1,5$ für den vorliegenden praktischen Fall ausreicht. Es kann notwendig sein, z.B. bei Bauwerken in Erdbebengebieten oder wenn dynamische Belastungen in den Erdkörper eingetragen werden können, das Sicherheitsmaß $\eta_{K_t} = 2,3$ zu wählen.

Dann erfolgt der Nachweis mit $S_{max} = 0,59 \cdot K_w''$ ($d_{n+1}'' = d_n''/2,5$ und $d_{n-1}'' = 2,5 \cdot d_n''$) entsprechend den Erläuterungen zum Werkstandard, Abschnitt 5.2.2.3., Gleichung 31. In diesem Falle wäre als erforderliche geometrische Suffosionssicherheit z.B. auch $\eta_{S,G} \geq 2$ zu wählen.

4.3. Bei allen suffosionssicheren Erdstoffen für Schüttungen mit $U > 15$ muß die technologische Einbaurichtlinie Vorschriften enthalten, die eine Entmischung beim Transport und Einbau des Erdstoffes verhindern.

4.4. Bei der Auswertung aller Suffosionsberechnungen, die mit dem Ergebnis $\eta_{S,G} < 1,5$ enden, ist folgendes zu beachten:

4.4.1. Zur Berechnung der Masse der ausspülbaren Teilchen p_s oder p'_s müssen Festlegungen über den Grad der partiellen Sicherheiten η_{d_r} und η_{d_s} nach Regel 12 getroffen werden. Die Auswahl von η_{d_r} erfolgt in Abhängigkeit vom Ungleichförmigkeitsgrad U des Erdstoffes. Je größer U ist, umso größer wird η_{d_r} gewählt.

Der partielle Sicherheitsgrad η_{d_s} wird in Abhängigkeit von der geometrischen Suffosionssicherheit $\eta_{S,G}$ bestimmt. Je kleiner $\eta_{S,G}$ ist, umso größer wird η_{d_s} gewählt (siehe Beispiel 1 der Erläuterungen zum Werkstandard).

4.4.2. $p_s \leq 1\%$ oder $p'_s \leq 1\%$ ist auch bei wichtigeren Bauwerken im allgemeinen ohne größere Bedeutung, insbesondere wenn $d_s < 0,06$ mm und $U < 15$ ist. Es ist jedoch bei wichtigen Bauten zweckmäßigerweise nachzuweisen, um wieviel der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert k bei vollständiger Suffosion aller Teilchen $d_{\min} \leq d_1 \leq d_s$ (d'_s) ansteigt und welche Auswirkungen dies auf die wasserwirtschaftlichen Belange der Anlage hat.

4.4.3. $p_s \leq 3\%$ oder $p'_s \leq 3\%$ ist bei bedeutenderen Bauwerken im allgemeinen unzulässig. Muß dennoch ein solches Bauwerk auf einem Baugrund gegründet werden, der diese Erdstoffe enthält, so sind technische Maßnahmen vorzusehen, die eine Suffosion ausschließen. Bei untergeordneten Bauwerken wie Fangedämme, kleine Deiche, Baugrund von Kleinspeichern, ist $p_s \leq 3\%$ oder $p'_s \leq 3\%$ oft noch unbedenklich, insbesondere, wenn d_s (d'_s) $< 0,06$ mm und $U < 15$ ist.

4.4.4. $p_s > 3\%$ oder $p'_s > 3\%$ sollte nicht zugelassen werden. Läßt sich die Gründung eines solchen Bauwerkes auf solchen Erdstoffen nicht umgehen, so sind genaueste Untersuchungen über die Auswirkungen der Suffosion (siehe Erläuterungen zum Werkstandard, Abschnitt 2.) nötig. Entsprechend den Ergebnissen dieser Zusatzuntersuchungen sind bautechnische Maßnahmen vorzusehen, die eine Suffosion durch Verlängerung des Sickerweges oder durch völlige Abdichtung des Sickerwasserfeldes bedeutend erschweren oder unmöglich machen. Um Erfahrungen auf diesem Gebiet der Grundlagenforschung zu sammeln, sollten möglichst Laborversuche zur Aufstellung einer Suffosionsbilanz veranlaßt werden.

4.4.5. Weder die Diskussion der geometrischen Suffosionssicherheit $\eta_{S,G}$ noch des Prozentsatzes der ausspülbaren Teilchen p_s oder p'_s ermöglichen quantitative Aussagen darüber, ob die Suffosion tatsächlich stattfinden wird. Andererseits ist aber prinzipiell klar, jedoch experimentell noch nicht nachgewiesen, daß das kritische Sickerwassergefälle eine Funktion vom Suffosionskriterium und vom geometrischen Sickergrad ist: $J_{S,krit} = f(S; \eta_{S,G})$. Qualitativ kann man daher sagen, daß die Suffosion leichter erfolgen wird, d.h. bei einem kleineren Sickerwassergefälle $J_{S,krit}$, je größer das Suffosionskriterium S und je kleiner die geometrische Suffosionssicherheit $\eta_{S,G}$ ist. Eine endgültige Aussage über die Suffosionssicherheit bei $\eta_{S,G} < 1,5$ und $S > 1$ kann jedoch erst mit Hilfe der hydraulischen Suffosionssicherheit $\eta_{S,H} = J_{S,krit}/J_{vorh}$ erfolgen.

4.4.6. Suffosionsgefährdete Erdstoffe in einem Sickerwasserfeld mit $\eta_{S,H} < 2$ sind als Schüttstoffe für Erdkörper völlig ungeeignet. Liegen sie im Baugrund vor, so muß durch technische Maßnahmen erreicht werden, daß $\eta_{S,H} > 2$ wird, oder durch Filter, die gegen Kontaktsuffosion beständig sind, gesichert werden, daß die Suffosion nicht ständig andauert. Die Projektierung der letztgenannten Maßnahme setzt voraus, daß die Erosionsbruchsicherheit der Anlage im Ganzen nachgewiesen werden kann.

4.4.7. Bei der Analyse des hydrodynamischen Sickerwasserströmungsnetzes zur Auswahl des im Bereich des untersuchten Erdstoffes vorhandenen Sickerwassergefälles J_{vorh} , muß beachtet werden, daß auch instationäre Fließzustände mit örtlich stark überhöhten Sickerwassergefällen vorkommen. Es ist einzuschätzen, ob diese mögliche Erhöhung bereits durch den Sicherheitsgrad $\eta_{S,H} \geq 2$ genügend abgesichert ist. Im Zweifelsfalle sind genauere Zusatzuntersuchungen über den instationären Fließzustand des Sickerwasserfeldes durchzuführen und auszuwerten.

5. Schlußbemerkungen

Bei Anwendung des Standards auf Erdstoffe mit kubisch-scharfkantigen oder plattig-eckigen Körnern und auf Erdstoffe mit abgerundeten Körnern bei $U = 20$ sind Labor- oder Feldversuche durchzuführen, um die theoretischen Untersuchungen zu stützen. Hiervon ausgenommen sind Erdstoffe, deren Kornverteilungslinie der Regel 6 oder 7 entsprechen. Die Versuchsergebnisse sind dem Chefingenieur Speicherbau zuzuleiten.

Hinweise

Ersatz für Arbeitsblatt AB 4.04. Blatt 2, Ausg. 6.68.

Bezeichnungen entsprechend TGL 11 459 geändert und redaktionell überarbeitet.

Die Erläuterungen zum Werkstandard enthalten Begriffsbestimmungen, Angaben über die Wirkungen der Suffosion, ausführliche Ableitungen bzw. Begründungen der Rechenvorschriften, Berechnungsbeispiele, eine Zusammenstellung der verwendeten Bezeichnungen sowie ein umfangreiches Literaturverzeichnis.

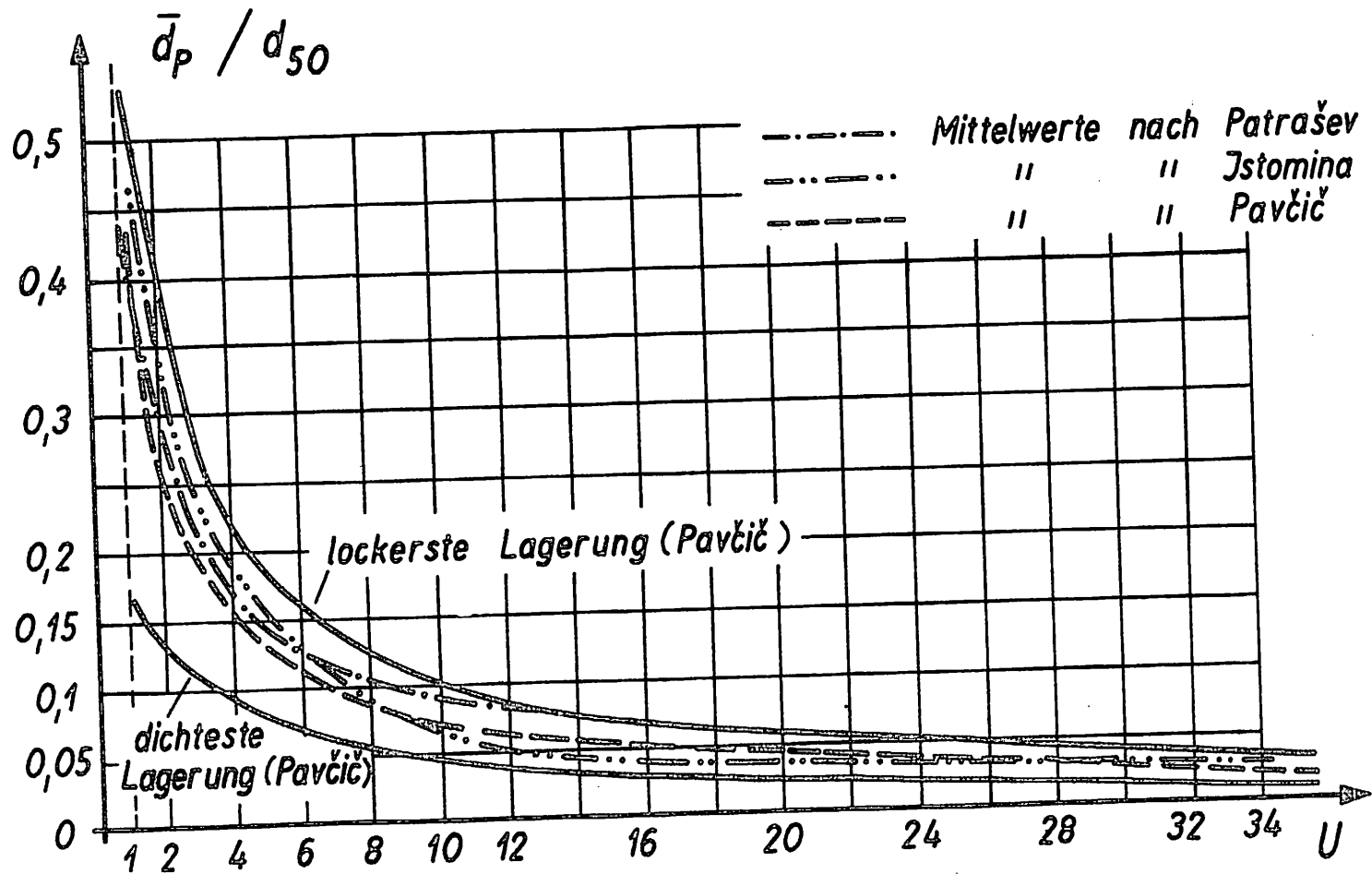
WAPRO 4.04./1		Nachweis der Beständigkeit von Erdstoffen gegenüber der Einwirkung der Sickerwasserströmung; Verfahrensweg (in Vorbereitung)
WAPRO 4.04./3	10.70	-; Kontakterosion Typ 1/1, 1/3 und 3/1 sowie Durchlässigkeitsregeln für Filter bei nichtbindigen Erdstoffen, Hinweise für die Konstruktion von Wasserbaufiltern
WAPRO 4.04./4	1.69	-; Kontakterosion Typ 2/2, 3/2, 2/3 und 3/3 bei nichtbindigen Erdstoffen
WAPRO 4.04./5	1.70	-; Kontakterosion bindiger Erdstoffe
WAPRO 4.04./6		-; Allgemeiner Erosionsbruch bei Staubawerken (in Vorbereitung)

Bearbeiter:

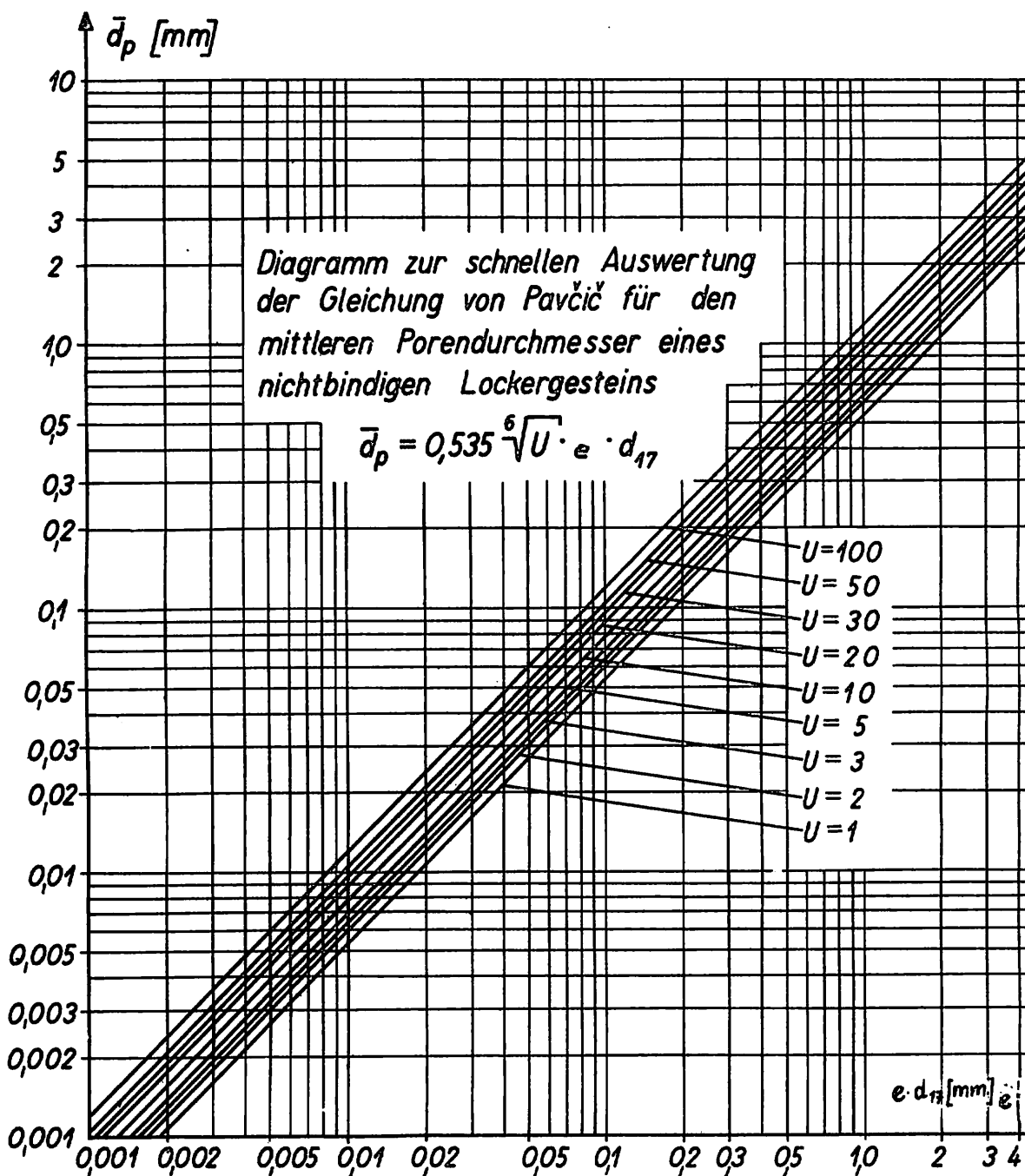
Dipl.-Ing. J. Ziems †

Technische Universität Dresden, Institut für Fluß- und Seebau

Direktor: Prof. Dipl.-Ing. R. Hoffmann



Vergleich der Ergebnisse von Porenrechnungen für Versuche des Institutes für Fluß- und Seebau nach den Gleichungen von Pavčič, Patrašev u. Jstomina



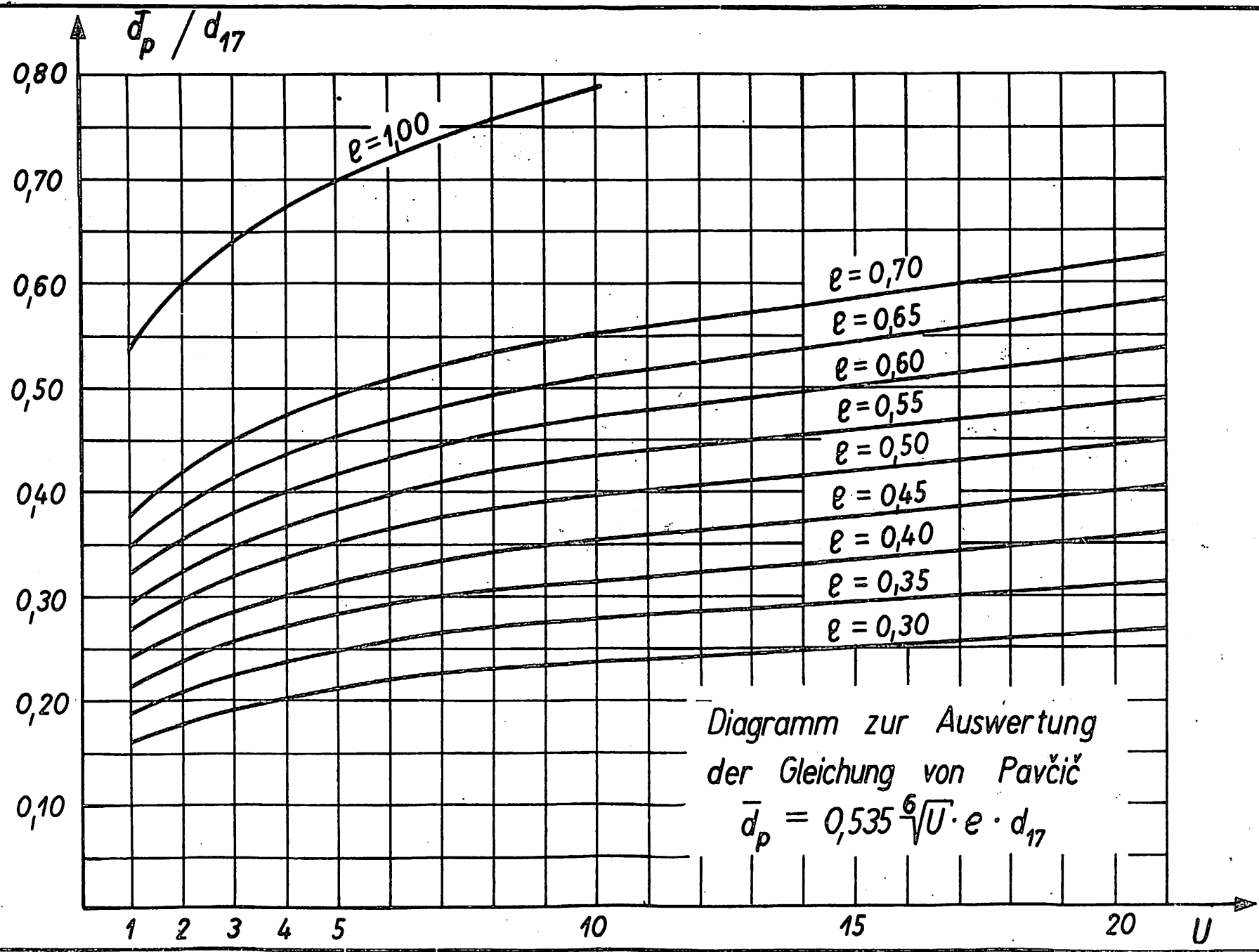
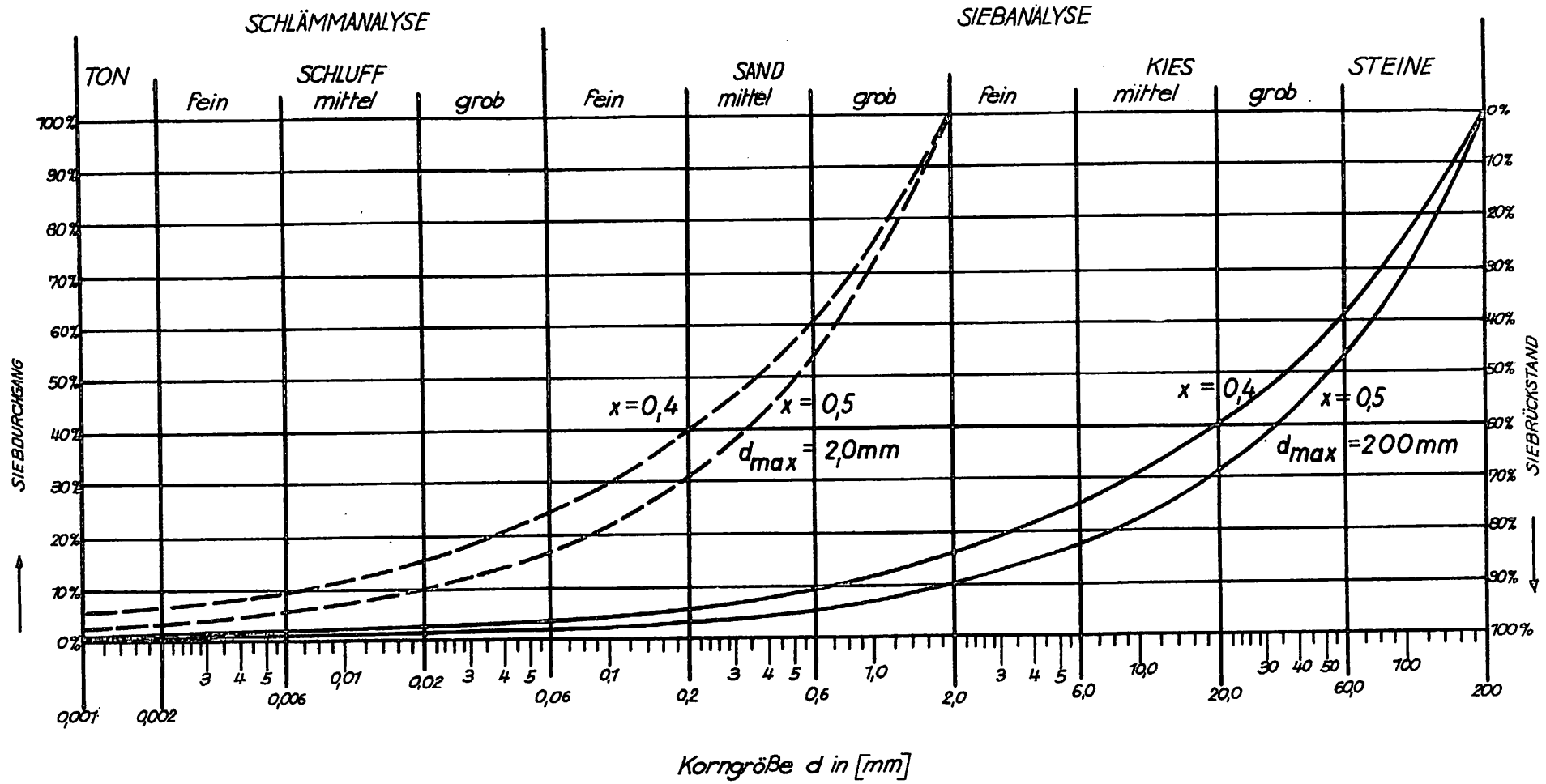


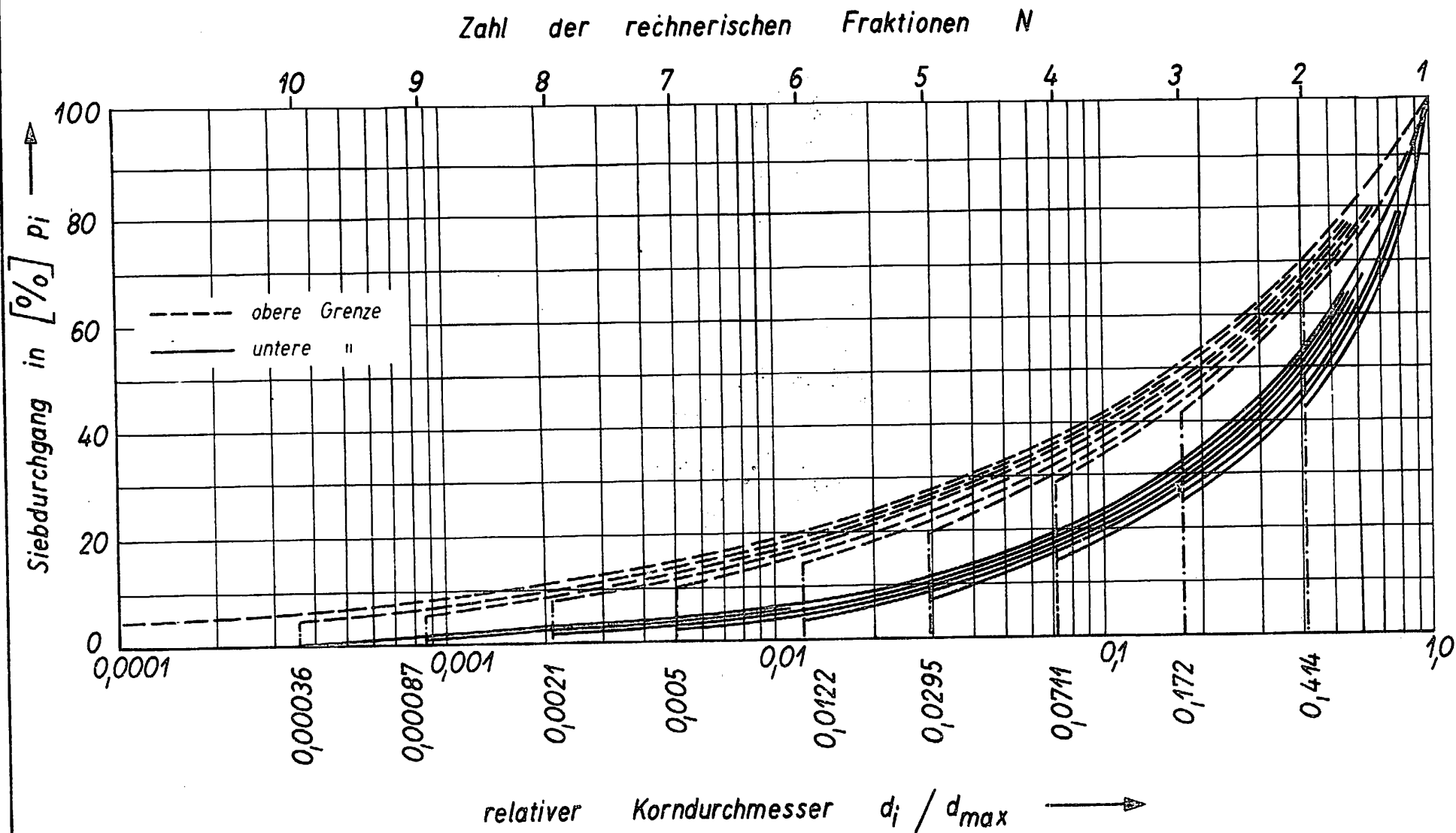
Diagramm zur Auswertung
 der Gleichung von Pavčić

$$\bar{d}_p = 0,535 \sqrt[6]{U} \cdot e \cdot d_{17}$$

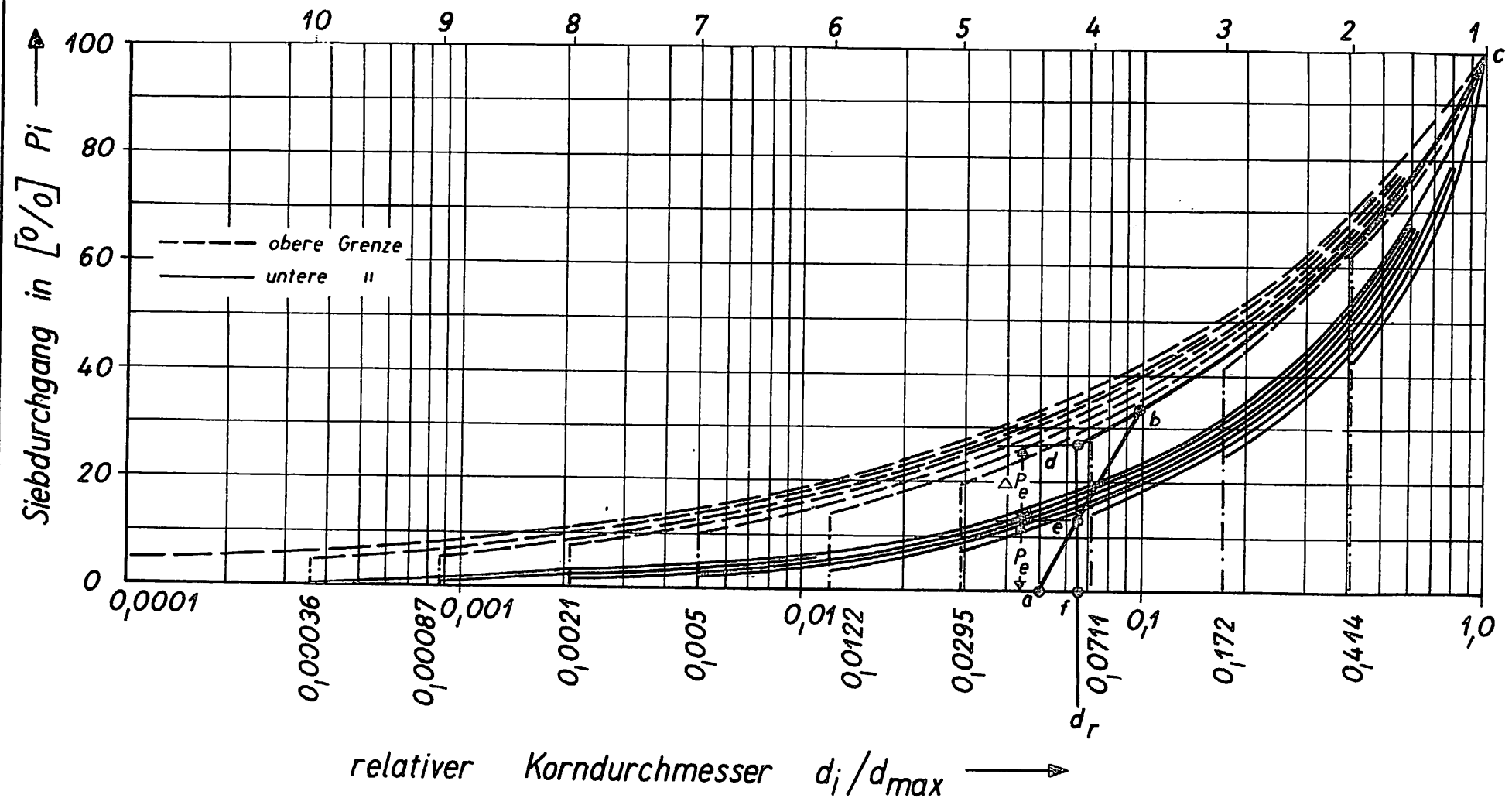


Kornverteilungslinien nach Talbot

Grenzkornverteilungskurven für suffosionssichere nichtbindige Erdstoffe nach Luboček.



Zahl der rechnerischen Fraktionen N



Bestimmung des rechnerischen Durchmessers d_r

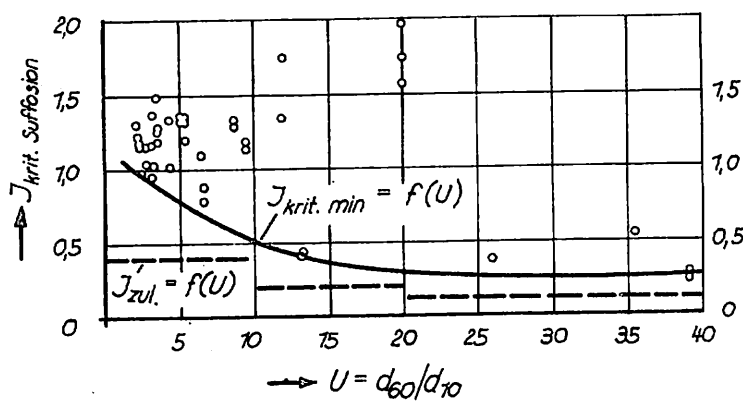


Bild 6 Kritisches Sickerwassergefälle für äußere Suffosion nach ISTOMINA

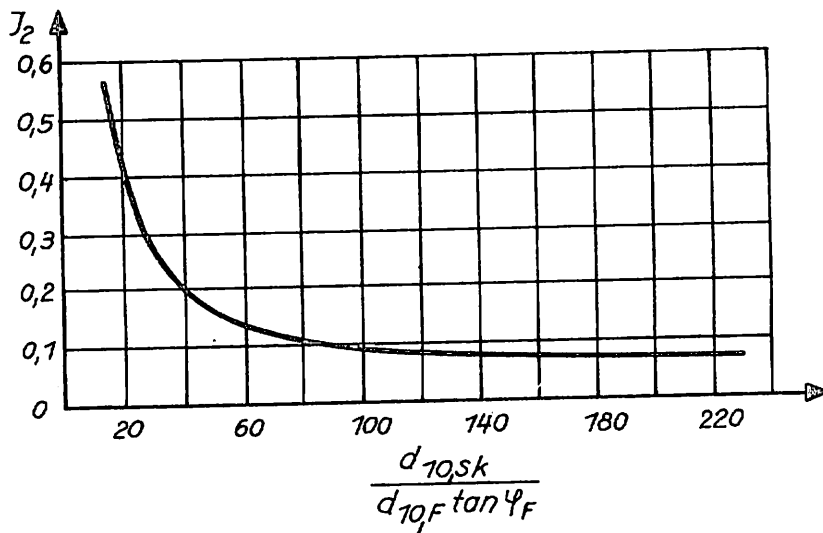


Bild 7 $J_2 = f \frac{d_{10,sk}}{d_{10,F} \cdot \tan \varphi_F}$ nach ISTOMINA