

Hydraulische Nachweise für Dränmatten

- GDA-Empfehlung - Bayerisches Merkblatt - Vergleich der Durchlässigkeiten

1 Einleitung

Kunststoff-Dränelemente unterschiedlichster Bauart - im folgenden Dränmatten genannt - werden seit mehr als 20 Jahren in zahlreichen Einsatzgebieten zum Sammeln und gezielten Ableiten von anfallendem Wasser eingesetzt. Neben Einsatzfeldern wie erdberührten Gebäudeaußenwänden, Gründächern und Tunnelbau auch zur Entwässerung bei der Oberflächenabdichtung von Deponien und Altlasten. Gerade für letzteren Einsatzzweck gab es eine kontinuierliche Weiterentwicklung sowie detaillierte und langfristige Untersuchungen der Produkte.

Die für die Dränung maßgebende Kenngröße der Dränmatten ist das langfristige Wasserableitvermögen. Die Eignung für ein konkretes Projekt mit teilweise einzigartigen Randbedingungen muss jedoch separat, unter Berücksichtigung der projektspezifischen Parameter sowie der Einfluss- und Abminderungsfaktoren nachgewiesen werden.

Doch gerade bei der Art und Größe der Abminderungsfaktoren herrscht, wie die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in einem Eignungsgutachten für Dränmatten dargelegt, „...nach wie vor recht große Konfusion in den verschiedenen Richtlinien und Empfehlungen. Zwischen allen Papieren bestehen Unterschiede bei den Abminderungsfaktoren, Teilsicherheitsbeiwerten oder allgemeinen Sicherheitsfaktoren und es werden unterschiedliche Werte oder Wertebereiche angegeben.“ [1]

2 Nachweise

Es werden in diesem Beitrag hydraulische Nachweise nach der GDA-Empfehlung E2-20 „Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungssystemen“ [3] und [4], nach dem Merkblatt Nr. 3.6/5 „Bewertung von Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungen von Deponien und Ablagerungen“ [5] des Bayerischen Landesamts für Wasserwirtschaft (inzwischen Bayerisches Landesamt für Umwelt) sowie Nachweise nur unter Berücksichtigung

der Wasserdurchlässigkeit des Rekultivierungsbodens gegenübergestellt. Dabei werden die Nachweise jeweils für folgende Bereiche geführt:

- Plateaubereich mit einer Neigung von 1:20, entsprechend dem nach dem Stand der Technik geforderten Mindestgefälle von 5% und mit einer Länge von 100 m
- Böschungsbereich mit einer Neigung von 1:3 und mit einer Länge von 60 m.

Bei den Nachweisen für den Böschungsbereich wird angenommen, dass der Plateaubereich über die Böschung entwässert wird, so dass die Entwässerungslänge insgesamt 160 m beträgt.

Die Dicke des über den Dränmatten angeordneten Rekultivierungsbodens ist in beiden Bereichen 1,0 m. Daraus ergibt sich für die Dränmatten im Plateaubereich eine Druckbelastung von rund 20 kN/m², für die im Böschungsbereich zusätzlich eine Schubbeanspruchung von rund 6,7 kN/m².

3 Nachweise nach der GDA-Empfehlung

Bei der hydraulischen Bemessung der Dränmatten nach GDA-Empfehlung E2-20 muss projektbezogen nachgewiesen werden, dass das langfristige Wasserleitvermögen der Dränmatten größer ist als die maßgebliche spezifische Sickerwasserspende aus den aufliegenden Bodenschichten:

$$q_{d,A} = q_k / (D_1 \times D_2 \times D_3 \times D_4 \times S) \geq q_a$$

In dieser Gleichung bedeuten:

- $q_{d,A}$ das langfristige Wasserleitvermögen der Dränmatten
- q_k das im Labor ermittelte Wasserleitvermögen der Dränmatten
- q_a die maßgebliche spezifische Sickerwasserspende
- D die produktspezifischen Abminderungsfaktoren
- S der Faktor für die Systemsicherheit

Für die Sickerwasserspende wurden in der Fassung der GDA-Empfehlung von 1997 [3] je nach Beschaffenheit des Rekultivierungsbodens folgende Werte vorgegeben:

- $25 \text{ mm/d} = 25 \text{ l/d} \times \text{m}^2$
als maximale Sickerwasserspende (Tagesspitzenwert) bei nichtbindigen Rekultivierungsschichten mit geringem Wasserspeichervermögen und entsprechend geringerem Bewuchs
- $10 \text{ mm/d} = 10 \text{ l/d} \times \text{m}^2$
als hohe Sickerwasserspende, die an 99 % aller Tage unterschritten wird

Nach der Entwurfsfassung der GDA-Empfehlung von 2003 [4] sind als Sickerwasserspende vorerst nur die 10 mm/d anzunehmen bzw. sind projektbezogen hydrologische Untersuchungen vorzunehmen.

Auch bezüglich der Abminderungs- und Sicherheitsfaktoren unterscheiden sich die beiden Fassungen der GDA-Empfehlung:

Fassung von 1997

FS_{IN}	lokale Verformungen 1,0 – 1,5
FS_{CR}	Kriechverformung 1,2 – 1,4
FS_{CC}	Verringerung des Abflussquerschnitts durch chemische Ausfällung 1,0 – 1,2
FS_{BC}	Verringerung des Durchflussquerschnitts durch biologische Einwirkung 1,2 – 1,5
FS_{SY}	Systemunsicherheit, Übertragung von den Labor- auf die Feldbedingungen 1,0 für eine Sickerwasserspende von 25 mm/d 2,0 für eine Sickerwasserspende von 10 mm/d

Die Gesamtabminderung liegt danach mindestens bei 1,44 und maximal bei 7,56.

Entwurfassung von 2003

- D1 Übertragung der Versuchs- auf die Einbaubedingungen, u. a. Bettung
2,0
- D2 Einbaubeanspruchungen
1,2
- D3 Querschnittsveränderungen bei Überlappungen und Anschlüssen
1,2
- D4 Durchwurzungen, Verockerungen, Bodeneinträge
1,5 – 2,0
- S Sicherheitsfaktor
In der GDA-Empfehlung wird keine Angabe getroffen
Für die weiteren Nachweise wird $S = 1,1$ angesetzt

Die Gesamtabminderung liegt danach mindestens bei 4,32 und maximal bei 5,76.

Diese Gegenüberstellung zeigt die zum Teil erheblichen Differenzen zwischen den beiden Fassungen der Empfehlungen.

In den bisher vorliegenden Eignungsgutachten der BAM werden für die jeweiligen Dränmat-ten konkrete Werte empfohlen.

Für die folgenden Beispielberechnungen wird die Entwurfassung von 2003 zugrunde ge-legt, allerdings wird mit einer Sickerwasserspense von 25 mm/d gerechnet. Außerdem wer-den die produktspezifischen Abminderungsfaktoren, wie sie im Eignungsgutachten der BAM für die Dränmatte mit der Produktbezeichnung "Enkadrain® ZB" [1] und [2] vorgegeben sind, berücksichtigt:

Plateaubereich

maximale Sickerwasserspense 25 mm/d = $2,89 \times 10^{-4}$ l/s x m²

Entwässerungslänge 100 m

$$q_a = 2,89 \times 10^{-2} \text{ l/s x m} = 0,029 \text{ l/s x m}$$

produktspezifisches Wasserableitvermögen der Dränmatte extrapoliert auf eine Nutzungsdauer von 100 Jahren bei einer Druckbeanspruchung von 20 kN/m²

$$q_k = 0,22 \text{ l/s x m}$$

Entsprechend dem Eignungsgutachten der BAM werden folgende Abminderungs- bzw. Sicherheitsbeiwerte berücksichtigt:

$$D1 = 1,2, D2 = 1,2, D3 = 1,2, D4 = 1,5 \text{ und } S = 1,1$$

Damit ergibt sich eine Gesamtabminderung von 2,85. Mit dieser Gesamtabminderung errechnet sich das langfristig nutzbare Wasserleitvermögen der Dränmatte zu:

$$q_{d,A} = 7,7 \times 10^{-2} \text{ l/s x m} = 0,077 \text{ l/s x m}$$

Der Vergleich des maßgeblichen spezifischen Dränabflusses q_a mit dem langfristig nutzbaren Wasserleitvermögen der Dränmatte $q_{d,A}$ ergibt:

$$q_{d,A} = 2,65 \times q_a$$

Danach ist die das langfristig nutzbare Wasserleitvermögen der Dränmatte um den Faktor 2,65 größer als der maßgebliche Dränabfluss.

Böschungsbereich

maximale Sickerwasserspende 25 mm/d = $2,89 \times 10^{-4} \text{ l/s x m}^2$

Entwässerungslänge 160 m

$$q_a = 4,63 \times 10^{-2} \text{ l/s x m} = 0,046 \text{ l/s x m}$$

produktspezifisches Wasserleitvermögen der Dränmatte extrapoliert auf eine Nutzungsdauer von 100 Jahren bei einer Druckbeanspruchung von 17 kN/m² und einer Schubbeanspruchung von 6,7 kN/m²

$$q_k = 0,50 \text{ l/s x m}$$

Entsprechend dem Eignungsgutachten der BAM werden folgende Abminderungs- bzw. Sicherheitsbeiwerte berücksichtigt:

$$D1 = 1,2, D2 = 1,2, D3 = 1,2, D4 = 1,5 \text{ und } S = 1,1$$

Damit ergibt sich eine Gesamtabminderung von 2,85. Mit dieser Gesamtabminderung errechnet sich das langfristig nutzbare Wasserableitvermögen der Dränmatte zu:

$$q_{d,A} = 1,75 \times 10^{-1} \text{ l/s} \times \text{m} = 0,175 \text{ l/s} \times \text{m}$$

Der Vergleich des maßgeblichen spezifischen Dränabflusses q_a mit dem langfristig nutzbaren Wasserableitvermögen der Dränmatte $q_{d,A}$ ergibt:

$$q_{d,A} = 3,80 \times q_a$$

Danach ist die das langfristig nutzbare Wasserableitvermögen der Dränmatte um den Faktor 3,80 größer als der maßgebliche Dränabfluss.

3 Nachweise nach dem Bayerischen Merkblatt

Das Bayerische Merkblatt 3.6/5 [5] berücksichtigt den relativ komplexen Zusammenhang zwischen Niederschlag, Wassereintritt in die Entwässerungsschicht und dem Wasserspeichervermögen des Rekultivierungsbodens.

In diesem Merkblatt wird zwischen mineralischen Dränschichten und Dränschichten aus Kunststoffen (Geokomposit / Dränmatten) unterschieden.

Für den Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit der Dränschichten werden die standortrelevanten Niederschlagsdaten herangezogen. Dabei werden Niederschlagsereignisse mit einer Dauer von 5 Minuten bis 72 Stunden mit einem Wiederkehrinterwall von 1 Jahr und 5 Jahren berücksichtigt.

Das Nachweisprinzip ist wie bei dem Ansatz der GDA-Empfehlung: Der projektbezogen ermittelte maximale Abfluss in der Entwässerungsschicht muss kleiner oder maximal gleich dem im Labor ermittelten und um den Abminderungsfaktor f reduzierten Wasserableitvermögen der Dränmatten sein. Dies wird auch im folgenden als langfristig nutzbare Wasserableitvermögen bezeichnet.

Der Abminderungsfaktor f wird wie folgt vorgegeben:

Bei Dränmatten, für die das Wasserableitvermögen bei der nach 100 Jahren zu erwartenden Dicke aufgrund fehlender Nachweise nicht angegeben werden kann:

$f = 5,0$; wenn das Wasserableitvermögen bei der Bettung hart/hart ermittelt wurde.

$f = 3,0$; wenn das Wasserableitvermögen bei der projektbezogenen Bettung ermittelt wurde.

Bei Dränmatten, für die das Wasserableitvermögen bei der nach 100 Jahren zu erwartenden Dicke aufgrund vorhandener Nachweise angegeben werden kann:

$f = 3,5$; wenn das Wasserableitvermögen bei der Bettung hart/hart ermittelt wurde.

$f = 2,0$; wenn das Wasserableitvermögen bei der projektbezogenen Bettung ermittelt wurde.

Bei der Ermittlung Sickerwasserspense in die Dränschicht wird auch die Durchlässigkeit der Rekultivierungsschicht (k_f -Wert des Bodens) berücksichtigt. Der Niederschlag, der in den Rekultivierungsboden einsickert, ($R_{R,N}$) kann maximal dem k_f -Wert des Bodens entsprechen. Ist der Niederschlag (R_N) kleiner als die Wasserdurchlässigkeit der Rekultivierungsschicht, so ist $R_{R,N} = R_N$. Damit gilt:

$$R_{R,N} = k_f \quad \text{für } R_N > k_f$$

$$R_{R,N} = R_N \quad \text{für } R_N \leq k_f$$

Die in den Boden einsickernde Sickerwasserspense V_R wird unter Berücksichtigung der Niederschlagsdauer D ermittelt:

$$V_R = R_{R,N} \times D$$

Weiterhin wird berücksichtigt, dass die nutzbare Feldkapazität (nFK) des Rekultivierungsbodens bzw. eines bestimmten Bodenhorizontes nach ausreichender Sättigung eine gewisse Wassermenge gegen die Schwerkraft zurückhalten kann und somit den Anteil des in die Dränschicht eintretenden Niederschlages V_E reduziert. Danach gilt:

$$V_E = V_R - nFK \quad \text{für } V_R > nFK$$

$$V_E = 0 \quad \text{für } V_R \leq nFK$$

Die Böden werden im Hinblick auf die nutzbare Feldkapazität entsprechend Tabelle 1 eingestuft [6]:

nFK bis 100 cm	nFK-Stufe
< 60 mm	sehr gering (1)
> 60 – 140 mm	gering (2)
> 140 – 220 mm	mittel (3)
> 220 – 300 mm	hoch (4)
> 300 mm	sehr hoch (5)

Tabelle 1 Einstufung der Böden nach der nutzbaren Feldkapazität

Der komplexe Ansatz mit Berücksichtigung des Wasserrückhalte- und Speichervermögens irritiert in der Praxis mitunter die Beteiligten. Grund hierfür ist der nahezu allein ausschlaggebende Einfluss der nutzbaren Feldkapazität.

In der Praxis werden bei einem Projekt oft Böden unterschiedlicher Herkunft als Rekultivierungsboden eingebaut. Da Bodenkennwerte wie die Durchlässigkeit und die nutzbare Feldkapazität nur stichprobenartig ermittelt werden können, ist es in Einzelfällen erforderlich, den hydraulischen Nachweis ohne Berücksichtigung der nutzbaren Feldkapazität durchzuführen. Diese Nachweise werden in den folgenden Beispielen jeweils als **Fall 1** bezeichnet.

Es kann auch projektbezogen vorgegeben sein, den Mindestwert der nutzbaren Feldkapazität rechnerisch zu ermitteln, bei dem die langfristig nutzbare Wasserleitvermögen der Dränmatte nicht überschritten wird. Diese Nachweise werden in den folgenden Beispielen jeweils als **Fall 2** bezeichnet.

Der **Fall 3** in den folgenden Beispielen sind die Nachweise mit Berücksichtigung eines projektbezogen ermittelten Wertes der nutzbaren Feldkapazität von 87 mm, ein Wert der nach Tabelle 1 als „gering“ einzustufen ist.

Für die Durchlässigkeit des Rekultivierungsbodens wird in allen Fällen ein k_f -Wert von 1×10^{-5} m/s angenommen. Diese vergleichsweise hohe Wasserdurchlässigkeit dient insbesondere zur Veranschaulichung des hohen Einflusses der nutzbaren Feldkapazität. Dabei werden konkrete Niederschlagsdaten einer bayerischen Wetterstation angesetzt.

Plateaubereich

Das langfristige Wasserableitvermögen der Dränmatten beträgt 0,22 l/s x m.

Der Abminderungsfaktor f wird mit 2,0 angenommen.

Das langfristig nutzbare Wasserableitvermögen beträgt 0,11 l/s x m.

Hinweis: Dieser Wert ist höher als der Wert, der bei dem Nachweis unter Abschnitt 3 mit 0,077 l/s x m ermittelt wurde.

Die Ergebnisse der Nachweise sind in den Bildern 1, 2 und 3 dargestellt.

Die Darstellungen zeigen den Abfluss am Ende der Entwässerungsstrecke in Abhängigkeit vom Niederschlagsereignis. Liegt dieser Abfluss oberhalb der Leistungsfähigkeit der Dränmatte so kann deren Eignung nicht nachgewiesen werden.

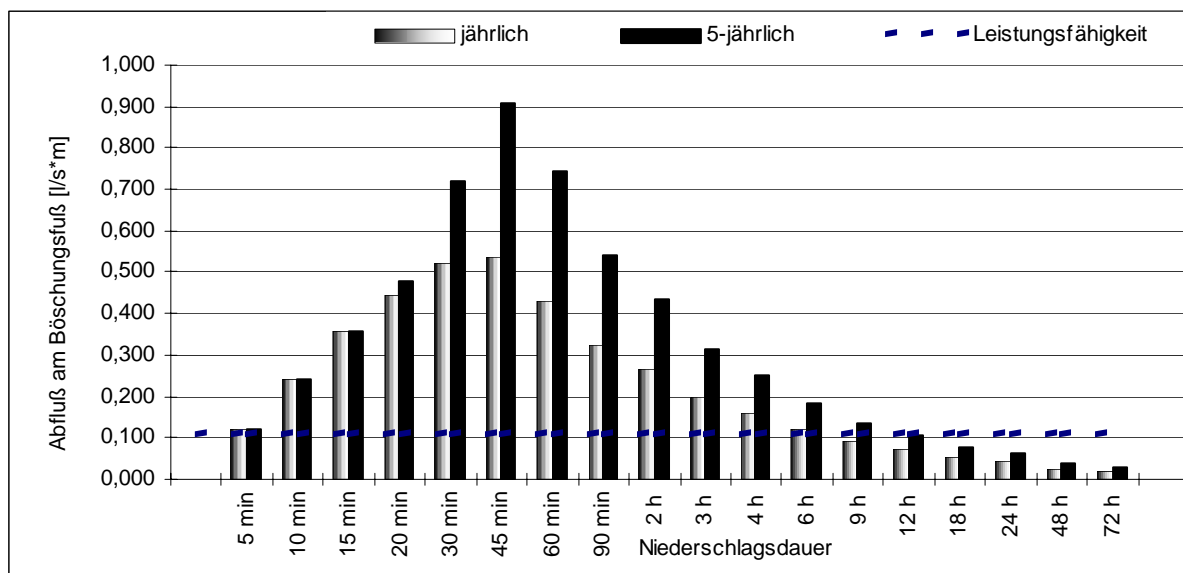


Bild 1 Fall 1 – nutzbare Feldkapazität = 0 mm (Plateaubereich)

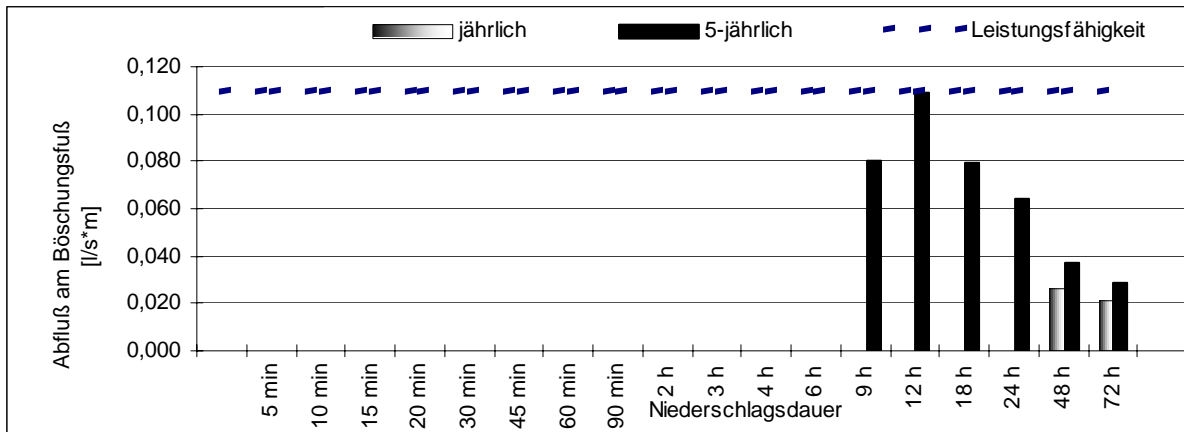


Bild 2 Fall 2 – nutzbare Feldkapazität = 42 mm (Plateaubereich)

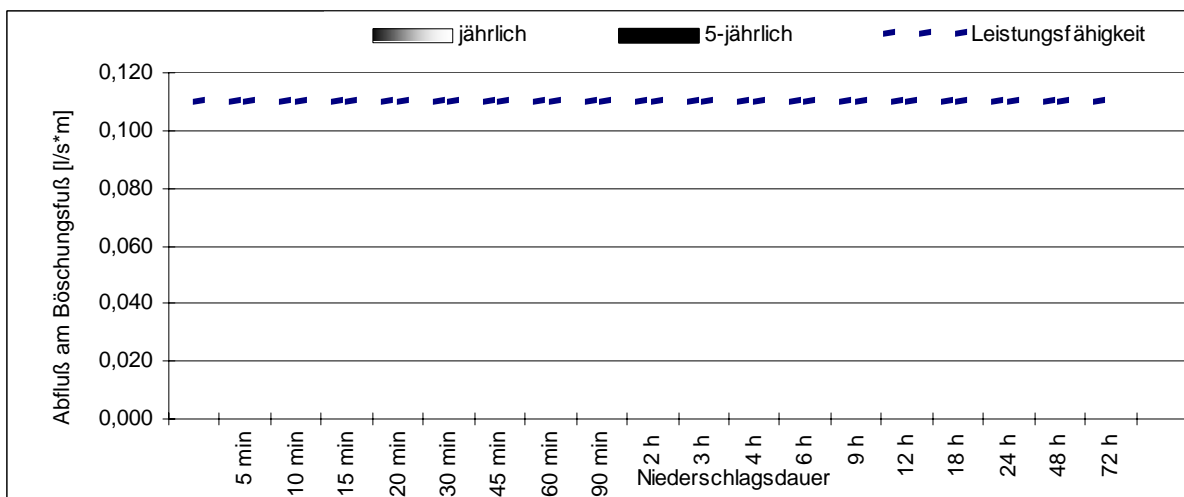


Bild 3 Fall 3 – nutzbare Feldkapazität = 87 mm (Plateaubereich)

Böschungsbereich

Das langfristige Wasserableitvermögen der Dränmatten beträgt 0,50 l/s x m.

Der Abminderungsfaktor f wird mit 2,0 angenommen.

Das langfristig nutzbare Wasserableitvermögen beträgt 0,25 l/s x m.

Hinweis: Dieser Wert ist höher als der Wert, der bei dem Nachweis unter Abschnitt 3 mit 0,17 l/s x m ermittelt wurde.

Die Ergebnisse der Nachweise sind in den Bildern 4, 5 und 6 dargestellt.

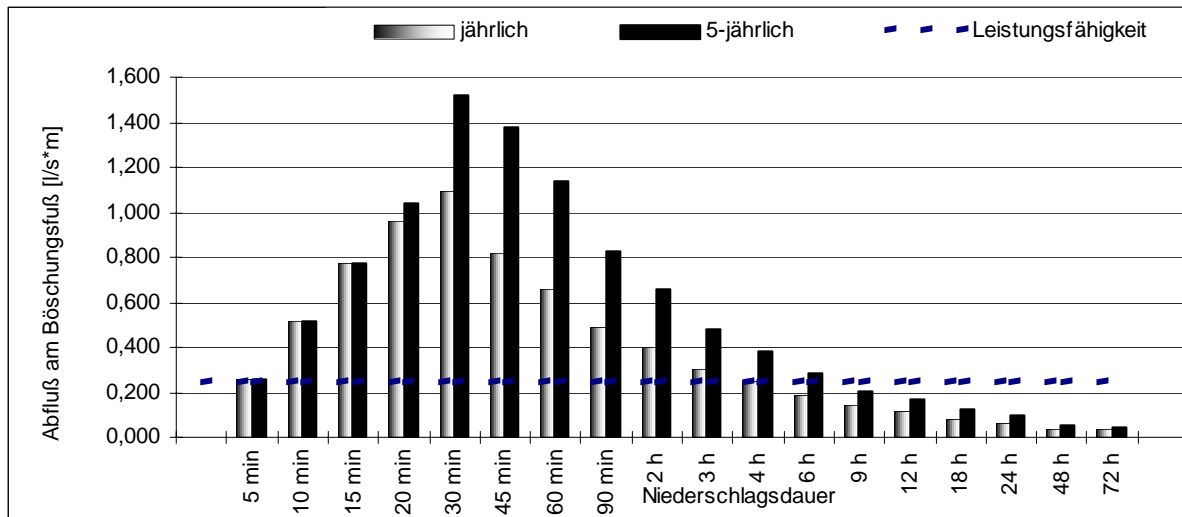


Bild 4 Fall 1 – nutzbare Feldkapazität = 0 mm (Böschungsbereich)

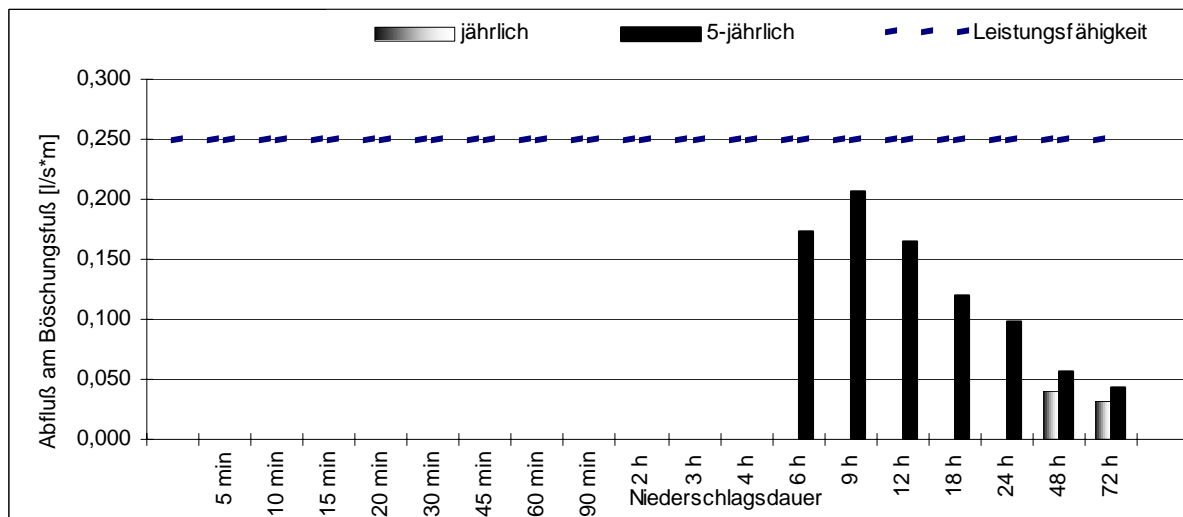


Bild 5 Fall 2 – nutzbare Feldkapazität = 38 mm (Böschungsbereich)

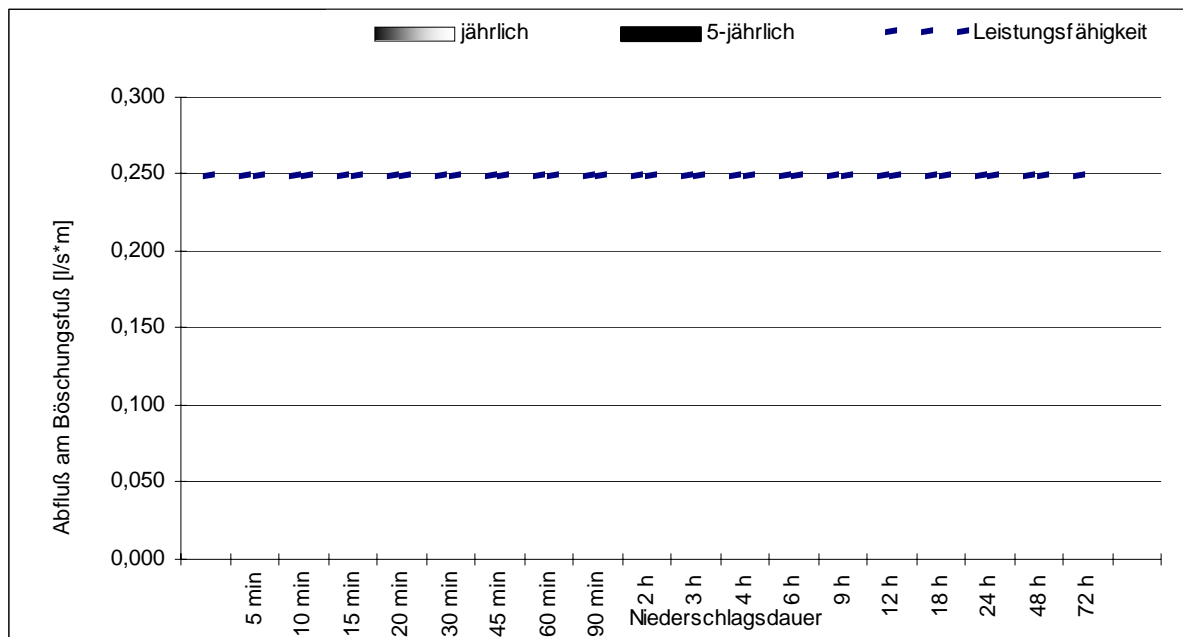


Bild 6 Fall 3 – nutzbare Feldkapazität = 87 (Böschungsbereich)

Die Ergebnisse der Nachweise für beide Bereiche verdeutlichen den Einfluss einer einzelnen Kenngröße auf das Berechnungsergebnis. Ohne Ansatz der nutzbaren Feldkapazität kann die Leistungsfähigkeit der Dränmatten nur für geringe Niederschlagsereignisse oder kurze Entwässerungslängen nachgewiesen werden.

Bei Berücksichtigung der projektbezogenen Niederschlagsdaten und einer real vorliegenden nutzbaren Feldkapazität (Fall 3) zeigt das Ergebnis, dass kein Wasser in die Entwässerungsschicht eintreten wird.

Die projektbezogene Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit und der nutzbaren Feldkapazität sollte bei hydraulischen Nachweisen nach Merkblatt 3.6/5 unbedingt an allen zum Einsatz kommenden Böden durchgeführt werden. Nur dann ist ein genauer, projektspezifischer und letztendlich realistischer Nachweis möglich.

5 Nachweise unter Berücksichtigung der Durchlässigkeit des Bodens

Im Folgenden wird ein vergleichsweise einfacher Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit vorgestellt. Dieser beruht auf der Vorgabe, dass die Wassereintrittsmenge in die Entwässerungsschicht ausschließlich durch die Durchlässigkeit des Rekultivierungsbodens bestimmt wird.

Diese Möglichkeit wurde bereits in [7] vorgestellt und in [8] mehrfach angewendet.

Tabelle 2 zeigt die Durchflussdauer (Sickerzeit) von Wasser durch eine 1 m dicke Bodenschicht in Abhängigkeit von der Durchlässigkeit des Bodens. Bei trockenen Böden ergibt sich daraus der Zeitpunkt, bis zu dem der erste Niederschlag in die Entwässerungsschicht eintritt.

k _r -Wert	1x10 ⁰	1x10 ⁻³	1x10 ⁻⁴	1x10 ⁻⁵	1x10 ⁻⁶	1x10 ⁻⁷	1x10 ⁻⁸	1x10 ⁻⁹
	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
Durchfluss-	1	16,7	2,8	1,2	11,6	115,7	3,2	31,7
zeit t	[s]	[min]	[h]	[d]	[d]	[d]	[a]	[a]

Tabelle 2 Durchflusszeit von Wasser durch eine 1 m mächtige Bodenschicht in Abhängigkeit der Durchlässigkeit des Bodens

Im wassergesättigtem Zustand des Bodens steht die von der Entwässerungsschicht aufzunehmende Wassermenge im direkten Zusammenhang mit der Durchlässigkeit des Bodens, d. h. der Boden kann nur soviel Wasser abgeben wie er durchlässt. Dabei hat die Mächtigkeit des Bodens keinen Einfluss.

Dieser Fall stellt somit den "worst-case" dar. Es wird angenommen, dass der gesamte Niederschlag in den Boden versickert. Oberflächenabfluss und Evapotranspiration werden nicht berücksichtigt. Weiter werden das Rückhaltevermögen und die nutzbare Feldkapazität des Bodens nicht in Ansatz gebracht.

Der Nachweis der hydraulischen Leistungsfähigkeit erfolgt wie in den Abschnitten 3 und 4: Das langfristig nutzbare Wasserleitvermögen der Dränmatten muss größer oder mindestens gleich dem maximal möglichen Wassereintrag in die Entwässerungsschicht sein.

Für den Nachweis über die Durchlässigkeit des Bodens werden die folgenden Annahmen getroffen:

Boden

Die auf 1 m Breite bezogene Eintrittsfläche in den Boden entspricht der Entwässerungslänge. Für den Plateaubereich sind dies 100 m², für den Böschungsbereich 160 m².

Die Durchlässigkeit des Rekultivierungsbodens beträgt 5×10^{-7} m/s. Das bedeutet, dass bei einem Regenereignis der erste Tropfen bei einer 1m mächtigen Bodenschicht nach etwa 23 Tagen in die Entwässerungsschicht eintritt.

Dränmatten

Das langfristige Wasserableitvermögen wird wie bei den Nachweisen unter den Abschnitten 3 und 4 angenommen.

Der hydraulische Gradient entspricht der Neigung der Entwässerungsfläche.

Der Durchflussquerschnitt der Dränmatte, bezogen auf 1 m Breite, entspricht der Dicke des Elements nach projektbezogener langfristiger Belastung (100 Jahre).

Plateaubereich

Durchlässigkeit des Bodens $k_f = 5 \times 10^{-7}$ m/s

Entwässerungsfläche = 100 m²

Sickerwasserspende $q_a = 5 \times 10^{-5}$ m³/s = 0,05 l/s x m

$q_{d,A} = 7,7 \times 10^{-2}$ l/s x m = 0,077 l/s x m

Der Vergleich des maßgeblichen spezifischen Dränabflusses q_a mit dem langfristig nutzbaren Wasserableitvermögens der Dränmatten $q_{d,A}$ ergibt:

$q_{d,A} = 1,54 \times q_a$

Danach ist das langfristig nutzbare Wasserableitvermögen der Dränmatten um den Faktor 1,54 größer als die maximal mögliche Sickerwasserspende.

Böschungsbereich

Durchlässigkeit des Bodens 5×10^{-7} m/s

Entwässerungsfläche 160 m^2

Sickerwasserspende $q_a = 8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} = 0,08 \text{ l/s} \times \text{m}$

$q_{d,A} = 1,7 \times 10^{-1} \text{ l/s} \times \text{m} = 0,17 \text{ l/s} \times \text{m}$

Der Vergleich des maßgeblichen spezifischen Dränabflusses q_a mit dem langfristig nutzbaren Wasserableitvermögens der Dränmatten $q_{d,A}$ ergibt:

$$q_{d,A} = 2,12 \times q_a$$

Danach ist das langfristig nutzbare Wasserableitvermögen der Dränmatten um den Faktor 2,12 größer als die maximal mögliche Sickerwasserspende.

6 Zusammenfassung

Es werden in diesem Beitrag hydraulische Nachweise nach der GDA-Empfehlung E2-20, nach dem Merkblatt Nr. 3.6/5 sowie Nachweise nur unter Berücksichtigung der Wasserdurchlässigkeit des Rekultivierungsbodens gegenübergestellt.

Nachweise nach der GDA-Empfehlung sind einfach zu führen. Es sind lediglich die Angaben der Böschungs- oder Plateaulänge, deren Neigung (hydraulischer Gradient) und die Höhe der Rekultivierungsschicht erforderlich. Die Einflüsse von Boden und Bewuchs werden über die Sickerwasserspende berücksichtigt.

In den gezeigten Beispielen führen die Nachweise nach GDA-Empfehlung und über die Durchlässigkeit des Bodens zu vergleichbaren Ergebnissen. Letzterer kann eine gute Ergänzung und Überprüfungsmöglichkeit der Ergebnisse nach GDA-Empfehlung sein.

Der Nachweis nach dem Bayerischen Merkblatt ist der umfassendste Ansatz. Er berücksichtigt den komplexen Einfluss des Rekultivierungsbodens. Voraussetzungen für diesen Nachweis sind, dass die projektbezogenen Niederschlagsmengen sowie die Durchlässigkeit und die nutzbare Feldkapazität des Rekultivierungsbodens bekannt sind.

Literatur

- [1] Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM), Berlin (2006): Die Eignung des Kunststoff-Dränelements Enkadrain ZB für die endgültige Oberflächenabdichtung von Deponien
- [2] Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM), Berlin (2007): Nachtrag zum Gutachten: Die Eignung des Kunststoff-Dränelements Enkadrain ZB für die endgültige Oberflächenabdichtung von Deponien
- [3] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, Hrsg. (1997): GDA-Empfehlungen, Geotechnik der Deponien und Altlasten, Ernst und Sohn
- [4] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, Hrsg. (2003): GDA-Empfehlung E2-20 (Entwurfassung)
- [5] Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, München (2000): Merkblatt Nr. 3.6/5 Bewertung von Entwässerungsschichten in Oberflächenabdichtungen von Deponien und Altablagerungen
- [6] AG Bodenkunde (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, Hannover
- [7] Dr. F. Saathoff (1999): Dränsysteme aus Wirrgelege und Vliesstoff, Tagungshandbuch zur 15. Fachtagung „Die sichere Deponie“ beim SKZ, Würzburg
- [8] Dr. F. W. Knipschild, Seevetal: Unveröffentlichte projektbezogene Stellungnahmen und Nachweise