



Zum Einfluss von Bewuchs und Hohlräumen auf die Durchsickerung von Deichbauten

Dipl.-Ing. Ronald Haselsteiner; Univ.-Prof. Dr.-Ing. Theodor Strobl

1 Kurzfassung

Schwachstellen an Deichstrecken, die aus Gehölzbeständen oder aus Wurzeln oder Wühltiere verursachten Hohlräumen am und im Deich resultieren, können durch die in der Regel üblichen Maßnahmen der Überwachung und des Unterhalts nicht ausgeschlossen werden. Sind Gehölze und Hohlräume vorhanden, können die Wurzeln des Gehölzes und die Hohlräume Einfluss auf die Durchsickerung nehmen. Neben der Verlagerung der Sickerlinie und einer Veränderung der Geschwindigkeit der Durchsickerung können an Wurzelkanälen oder Hohlräumen bevorzugt Erosion und Suffosion auftreten.

2 Einleitung

Über tausend Kilometer Deiche schützen neben landwirtschaftlich genutzten Flächen und infrastrukturellen Bauwerken vor allem besiedelte Gebiete in Bayern. Die Überwachung und Unterhaltung, ggf. auch eine Ertüchtigung, dieser Deiche ist eine Grundlage für die Hochwassersicherheit der geschützten Gebiete. Eine aufwendige Überwachung und Unterhaltung, wie es bei Talsperren üblich ist, können aufgrund der enormen Längserstreckung praktisch nicht durchgeführt werden. Im Zuge der Überwachung spielt deshalb die Lokalisierung von Schwachstellen eine besondere Rolle.

Diese Deichabschnitte, deren Standsicherheit bei Hochwasser gefährdet sein kann, entsprechen normalerweise nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik und müssen saniert bzw. ertüchtigt werden. Mögliche Ursachen sind Mängel am Freibord, an der Deichgeometrie, am Deichaufbau und nicht zuletzt am Zustand des Deichkörpers. Die Lage und die zeitliche Ausbreitung einer Sickerlinie hängen stark vom Zustand des Deiches ab. In Deichen, die mit Gehölzen bewachsen, stark durchwurzelt oder mit Wühlтиergängen und –bauten durchörtert sind, breitet sich die Durchsickerung besonders schnell aus. Die Beschränkung von Bewuchs und die Vermeidung von Hohlräumen sind notwendig. Normen und Regelwerke geben ausreichend Hinweise, in welchen Bereichen des Deichquerschnitts bestimmter Bewuchs zulässig ist und wie mit nicht erwünschtem Bewuchs und Hohlräumen im Zuge von Unterhaltungsmaßnahmen zu verfahren ist.

3 Bewuchs und Hohlräume in Deichbauten – Auftreten und Regelwerke

3.1 Überblick der Regelung

Bewuchs an Deichen wird in Grasnarbe und Gehölz unterteilt. Sträucher und Bäume werden als Gehölz bezeichnet.

Die Regelungen des Bewuchses auf Flussdeichen sehen vor, die Böschungen oberflächlich mit einer schützenden Grasnarbe aus z. B. Rasen oder Magerrasen auszubilden und in bestimmten Bereichen Gehölz zuzulassen (Abb. 1). Die von Gehölz ausgehenden Gefahren sind dabei zu berücksichtigen (Tab. 1). Im Anbetracht dieser Gefahren sind in DIN 19712 (1997) Regelungen zu Gehölz zu finden (Tab. 2). Sie basieren auf zahlreichen Arbeiten, vornehmlich Merkblätter des ATV-DVWK-Verbandes wie z. B. die DVWK-Merkblätter 210 „Flussdeiche“ (1986), 226 „Landschaftsökologische Gesichtspunkte bei Flussdeichen“ (1993) und 244 „Uferstreifen an Fließgewässern – Funktion, Gestaltung und Pflege“ (1997). Ein davon abweichendes Konzept im Bezug auf die Zulässigkeit von Gehölz auf Dammbauwerken präsentiert das „Merkblatt zur Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen“ der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW (1998)), das für Stauhaltungsdämme an Bundeswasserstraßen gilt. Eine analoge Anwendung für Deiche würde ergeben, dass auch Deiche geringer Höhe mit Bäumen bis zu 25 m Höhe bepflanzt werden dürften, was eine erhebliche Gefährdung für das Deichbauwerk darstellt. Die Regelungen nach BAW (1998) widersprechen somit der Norm DIN 19712 (1997) und sollten in der Regel deshalb keine Anwendung bei Deichbauten finden. Weitere Hinweise, überwiegend aus ingenieurbioologischer Sicht verfasst, enthalten die Jahrbücher der Deutschen Gesellschaft für Ingenieurbioologie wie z. B. das Jahrbuch 4 „Flussdeiche und Flussdämme. Bewuchs und Standsicherheit.“ (Pflug und Hacker (1999)). Bei der Festlegung von Bewuchsplänen ist fachübergreifend vorzugehen, doch muss stets die Sicherheit des Bauwerkes im Vordergrund stehen.

3.2 Grasnarbe

Nach DIN 19712 (1997) ist der *„wirtschaftlichste und natürlichste Schutz für den Deichkörper ... eine stark verwurzelte und geschlossene Grasnarbe“*. Die Dicke der Grasnarbe beträgt in der Regel 10 bis 25 cm. Intensiv gepflegter Rasen bildet eine geschlossene, deckende Grasnarbe. Magerrasen hingegen schützt die Oberfläche primär durch ein vernetztes Wurzelgeflecht.

Je nach Aufbau und Zusammensetzung kann die Grasnarbe eine höhere oder niedrigere Durchlässigkeit als der anstehende Deichkörper annehmen. Eine geschlossene – intensiv gepflegte – Grasnarbe kann eine geringere Durchlässigkeit aufweisen als ein anschließendes kiesiges Schüttmaterial. Ein extensiv gepflegter Magerrasen wird, sofern er erosionsfest ist, aufgrund seiner hohen Durchlässigkeit wahrscheinlich den Durchsickerungsprozess im Deich nicht beeinflussen.

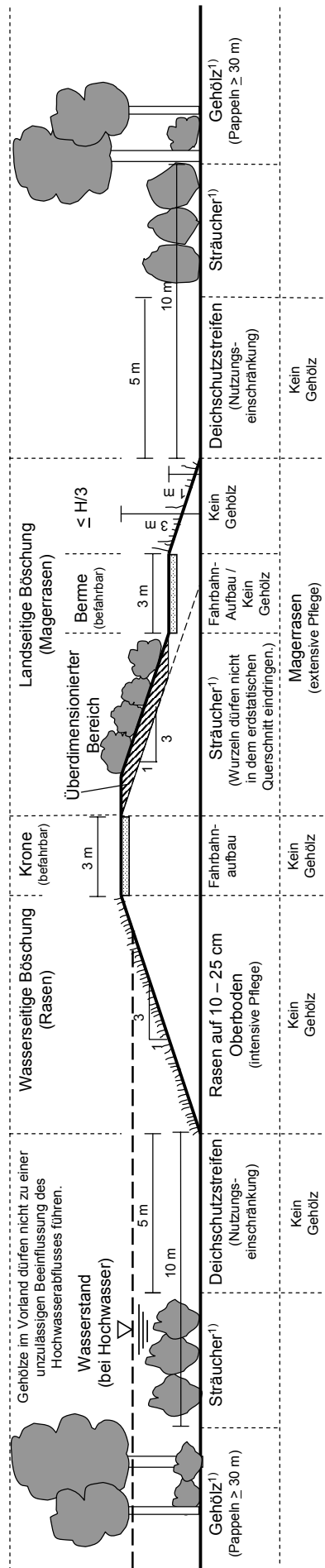


Abb. 1: Beispiel zur Regelung von Bewuchs auf Flussdeichen nach DIN 19712 (1997)

¹⁾ Bepflanzungen sollten nur in Gruppen vorgenommen werden.

Tab. 1: Auswirkungen von Gehölz nach DIN 19712 (1997)

- Lockerung des Bodens durch Baumwurzeln bei Sturm
- Umstürzende Bäume reißen Löcher in den Deich (Windwurf)
- Begünstigung von Oberflächenerosion hervorgerufen durch Strömung und Wellenschlag
- Bildung von Höhlräumen und Sickerwegen durch
 - Wurzelfraß von Wühltieren
 - Verrottende Wurzeln
- Erschwernis bei Überwachung, Deichverteidigung und Unterhalt
- Beeinflussung des Graswuchs bzw. der Grasnarbe durch Beschattung

Tab. 2: Regelungen von Gehölz nach DIN 19712 (1997)

- Kein Gehölzbewuchs auf nicht überdimensionierten Deichen
- Kein Gehölzbewuchs auf wasserseitigen Böschungen und Bermen, im Bereich der Deichkrone, an Überlaufstrecken und überströmbareren Teilschutzdeichen
- Keine Ausbreitung der Wurzeln in den erdstatisch erforderlichen Deichquerschnitt
- Kein Gehölz im unteren Drittel der wasserseitigen Böschung aufgrund Sickerwasserbeobachtung und Deichverteidigung
- Bepflanzung nur in Gruppen unter Beachtung der Belange des Unterhalts
- Sicherheitsabstand vom Deichfuß wegen Kolk- und Durchwurzelungsgefahr
- Beachtung der Gehölze im Vorland im Bezug auf Hochwasserabfluss
- Gehölzeinschlag im Falle einer Beeinträchtigung der Standsicherheit
- Entfernung von abgestorbenen Wurzeln nach spätestens zwei Jahren

3.3 Gehölz

Sträucher und Bäume sind nach DIN 19712 (1997) wegen der in Tab. 1 angegeben Gründe nur in gewissen Bereichen am Deich zulässig (vgl. Abb. 1).

Die Wurzeln von Gehölzen in Deichen bergen neben einigen möglichen positiven Einflüssen, wie z. B. der Verdübelung von Scherflächen, zahlreiche Gefahren besonders bezüglich Erosion und Suffosion. Dazu zählen vor allem die Lockerung des anstehenden Bodens durch Wind induzierte Bewegungen des Baumes, eine mögliche Schwächung des Deiches durch Windwurf und die Bildung von Hohlräumen durch abgestorbene, verrottende Wurzeln. In der Regel ist abgestorbenes Gehölz auf einem Deich nicht zulässig. So sollen laut DIN 19712 (1997) die Wurzeln von gerodeten Bäumen spätestens nach zwei Jahren entfernt werden.

Gehölzwurzeln können die Durchlässigkeit des Bodens erhöhen, wie es bei Untersuchungen von Franke und Bruhm (1989) festgestellt wurde. Die Durchlässigkeit des durchwurzelteten Bodens erhöhte sich bei diesen Untersuchungen im Vergleich zum nicht durchwurzelteten Boden um das Zwei- bis Hundertfache. Im Zuge von Gehölzbestand und Wurzeln eintretendes Verrotten von Wurzeln oder die Begünstigung von Wühltiertätigkeit führen hingegen in der Regel zu einer deutlichen Erhöhung der Durchlässigkeit und der Erosionsgefahr.

3.4 Hohlräume

Bei Deichen, die aufgrund ihres Aufbaus erosions- und suffosionsgefährdet sein können und nicht den allgemein anerkannten Regeln der Technik entsprechen, können durch Strömungskräfte besonders an Schichtgrenzen oder Kontaktfugen Bodenpartikel umgelagert und ausgespült werden, wodurch Hohlräume im Deich verbleiben. Hohlräume können u. A. auch durch lebende oder verrottende Wurzeln und durch Wühltiere entstehen (Abb. 2).

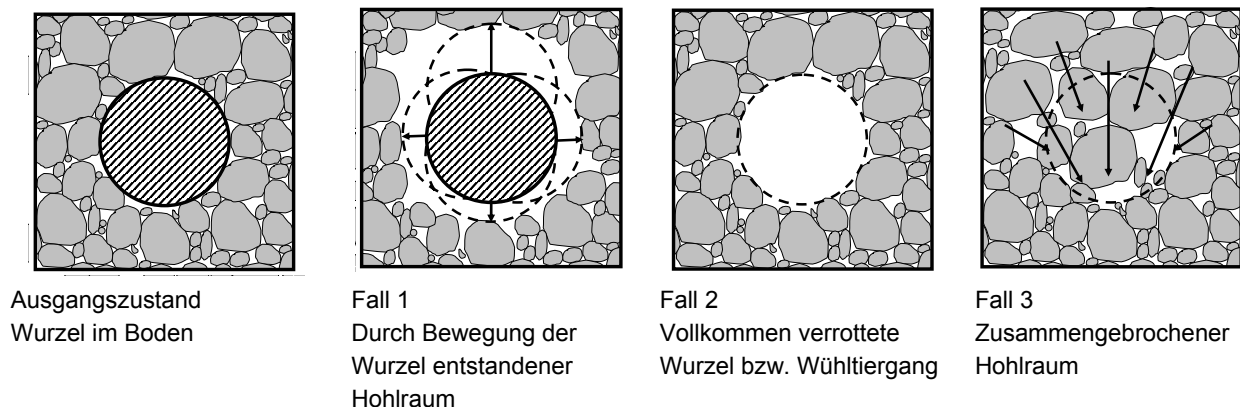


Abb. 2: Durch Wurzeln und Wühltiere verursachte Hohlräume im Boden

Im Bereich von lebenden Wurzeln muss an der Übergangszone von Wurzel zum Boden (Abb. 2; Ausgangszustand) und in Folge einer durch die dynamischen Windbelastungen der Bäume verursachten Auflockerung des durchwurzelteten Bodens (Abb. 2; Fall 1) mit erhöhter Wasserwegigkeit gerechnet werden. Stirbt eine Pflanze ab, so verrottet die Wurzel in der Regel (Abb. 2; Fall 2). Wird der entstandene Hohlraum bei Einstau geflutet, kann dieser zusammenbrechen und es entsteht im

Vergleich zum nicht durchwurzelten Boden ein Bereich erhöhter Durchlässigkeit (Abb. 2; Fall 3).

Wühltiere können je nach Lebensgewohnheiten und Beschaffenheit des Deiches, den Deichkörper mit Wühlgängen durchziehen oder im Deichkörper Bauten errichten (Abb. 2; Fall 2). Biber, Bisam, Nutria, Wühlmäuse und Maulwurf und andere Nagetiere und Wühltiere können an Deichen anzutreffen sein (DVWK 247 (1997)). Am Beispiel des Bibers wird der Interessenkonflikt zwischen Naturschutz und Hochwasserschutz besonders deutlich. Einerseits ist der Biber vom Aussterben bedroht und steht deshalb unter Naturschutz. Andererseits beeinflusst der Biber durch seine weitreichenden Aktivitäten wie den Bau von kleinen Dämmen und seine Wühlgänge in Deichen die Hochwassersicherheit negativ.

3.5 Unterhalt / Überwachung / Vorbeugende Maßnahmen

Nach der in der Regel ein- bis zweimal jährlich stattfindenden Deichschau sollte im Rahmen des Unterhalts Maßnahmen ergriffen werden, um die sicherheitsmindernden Hohlräume, Gehölze und sonstige Schäden zu beseitigen. Im Falle, dass der Deich übermäßig mit Wühlтиergängen durchsetzt ist, kann es nötig sein, dass der Deich komplett abgetragen und neu aufgebaut wird. Entferntes Gehölz sollte mitsamt Wurzel entfernt und der Bereich der entfernten Wurzel mit filterfestem Schüttmaterial verfüllt werden.

Aufgrund der Schwierigkeit, Schwachstellen zu lokalisieren, sollten Hohlräume vorbeugend vermieden werden. Wirksame Methoden gegen das Auftreten von Hohlräumen sind deshalb die Vermeidung von Gehölz auf Deichen, vorbeugender Schutz gegen Wühltiere und ein nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik aufgebauter und verdichteter Deichkörper. Die Ausbreitung von Wurzeln im Deichkörper kann durch wurzelhemmende Schichten beeinflusst werden. Das Auftreten von Wühlтиeren können die Verwendung von rolligen, grobkörnigen Böden, die Anordnung von flachen Böschungen und die Gestaltung des Deichumfeldes, wie z. B. breite Vorländer, verringern.

4 Beispiele zur Deichdurchsickerung

4.1 Einflüsse auf die Durchsickerung

Der Durchsickerungsprozess wird von folgenden Punkten beeinflusst:

- Bodeneigenschaften
- Deichgeometrie
- Deichaufbau
- Untergrundverhältnisse
- Hochwasserwelle

Hohlräume und Bewuchs können die Durchsickerung des Deiches räumlich und zeitlich beeinflussen. Sind Wasserwegigkeiten im Deich oder im Untergrund vorhanden, kann ein Austrag von Bodenteilchen nicht mehr ausgeschlossen werden.

Anzeichen hierfür sind zum einen im Hinterland auftretende Quelltrichter und zum anderen an Hangquellen auf der landseitigen Böschung austretendes „Trübwasser“.

4.2 Beispiele zum Einfluss von Bewuchs und Hohlräumen auf die Durchsickerung von Deichen

Für die Betrachtung der Einflüsse wird ein Deichquerschnitt mit Hohlräumen und Wurzeln betrachtet und mit den Sickerverhältnissen – Lage der Sickerlinie und zeitliche Ausbreitung – eines homogenen, ungestörten Deiches (Referenzobjekt) verglichen (Tab. 3).

Der betrachtete Deichquerschnitt hat eine Höhe von 4 m, eine Kronenbreite von 3 m, Böschungsneigungen von 1:3 und einen homogenen Aufbau. Der Wasserstand verläuft 1 m unter der Kote der Krone. Die Sickerlinie am Referenzobjekt tritt in 1,6 m Höhe an der landseitigen Böschung aus. Aufgrund der stark vereinfachten Annahmen bei der Modellbildung innerhalb dieser theoretischen Betrachtungen kann der Zeitpunkt, ab dem stationäre Verhältnisse auftreten, nur im Vergleich zum Referenzbeispiel betrachtet werden.

Der Verlauf der Sickerlinie bei stationären Verhältnissen wurde mittels eines instationär rechnenden zweidimensionalen Strömungsprogramms ermittelt. Als stationärer Zustand wurde der Zeitpunkt gewählt, ab dem sich der Austrittspunkt der Sickerlinie nur noch unwesentlich verändert ($\Delta h < 0,01$ m). Da dies nicht exakt der Definition von stationären Verhältnissen entspricht wird im Folgenden von quasi-stationären Verhältnissen gesprochen. Die Simulationszeit betrug vier Tage und war mit einer gewählten Durchlässigkeit des Deichschüttmaterials und des Untergrundes von $k = 10^{-4}$ m/s für das Erreichen von quasi-stationären Verhältnissen ausreichend. Vorland und Hinterland weisen eine Länge von 20 m auf. Die Mächtigkeit des Untergrundes beträgt 11 m. Der Unterwasserstand wurde auf der Höhe der Geländeoberkante des Hinterlandes angenommen (Abb. 3).

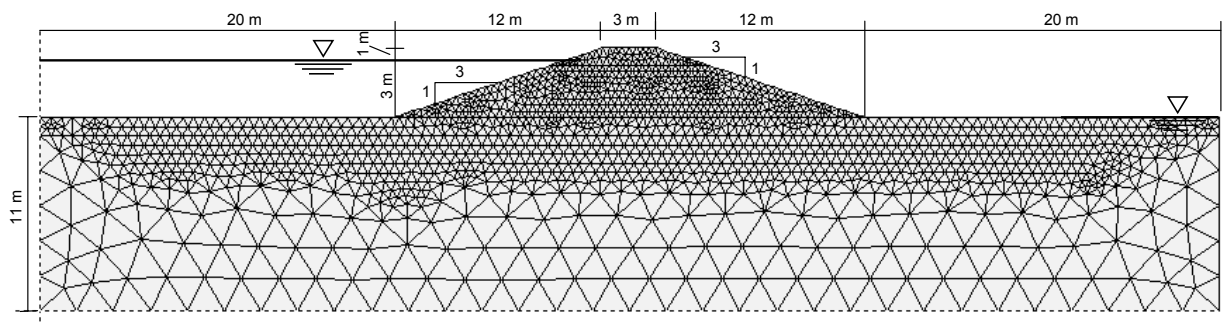


Abb. 3: Deichmodell mit FE-Netz und Abmessungen

Die Ergebnisse in Tab. 3 und Abb. 4 zeigen, dass die hier betrachteten Beispiele 1 bis 4 eine Beschleunigung des Durchsickerungsprozesses und ein Anheben der Sickerlinie im Vergleich zu den Referenzverhältnissen (Tab. 3; „Homogener Deich“) zur Folge haben. Eine gut ausgebildete und im Verhältnis zum Deichkörper dichte Grasnarbe verzögert den Durchsickerungsprozess und reduziert den durchsickerten Bereich (Beispiel 5).

Tab. 3: Untersuchte Beispieldeiche mit Hohlräumen bzw. Bewuchs

Bezeichnung	Systemskizze mit Sickerlinie und Austrittshöhe der Sickerlinie an der landseitigen Böschung
Homogener Deich (Referenzobjekt)	<p style="text-align: right;">Austrittshöhe der Sickerlinie 1,6 m</p> <p style="text-align: center;">— Sickerlinie</p>
Deich mit Bibergang und Biberbau (Beispiel 1)	<p style="text-align: right;">Austrittshöhe der Sickerlinie 1,9 m</p> <p style="text-align: center;">— Sickerlinie - - - Sickerlinie homogener Deich ohne Fehlstellen</p>
Deich mit Wühltiergängen an der wasserseitigen Böschung (Beispiel 2)	<p style="text-align: right;">Austrittshöhe der Sickerlinie 1,9 m</p> <p style="text-align: center;">— Sickerlinie - - - Sickerlinie homogener Deich ohne Fehlstellen</p>
Deich mit Baum auf wasserseitiger Böschung (Beispiel 3)	<p style="text-align: right;">Austrittshöhe der Sickerlinie 2,1 m</p> <p style="text-align: center;">— Sickerlinie - - - Sickerlinie homogener Deich ohne Fehlstellen</p>
Deich mit Baum auf wasserseitiger und landseitiger Böschung (Beispiel 4)	<p style="text-align: right;">Austrittshöhe der Sickerlinie 1,7 m</p> <p style="text-align: center;">— Sickerlinie - - - Sickerlinie homogener Deich ohne Fehlstellen</p>
Deich mit sehr dichter wasserseitigen Grasnarbe (Beispiel 5)	<p style="text-align: right;">Austrittshöhe der Sickerlinie 1,1 m</p> <p style="text-align: center;">— Sickerlinie - - - Sickerlinie homogener Deich ohne Fehlstellen</p>

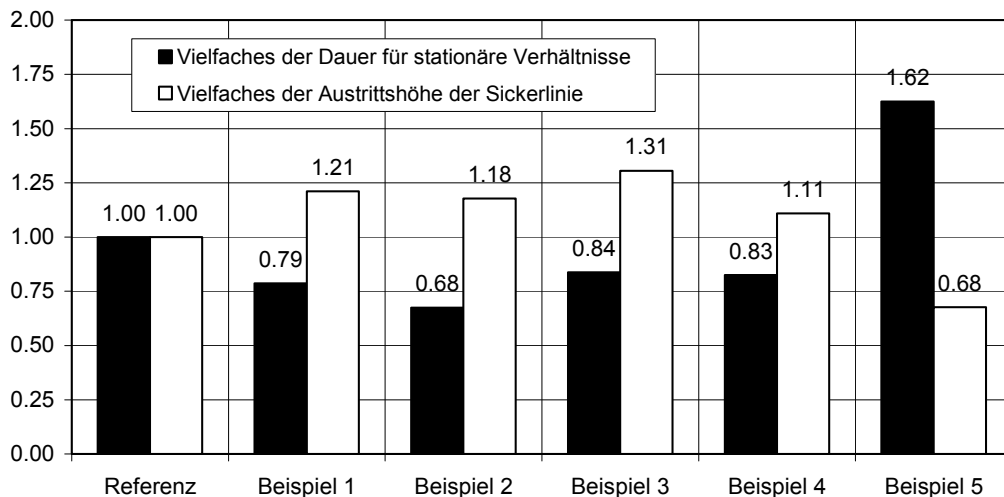


Abb. 4: Vergleich der Austrittshöhe der Sickerlinie und des Zeitpunktes, ab welchen sich quasi-stationäre Verhältnisse eingestellt haben

5 Resümee

Trotz bestehender Vorschriften, einen technisch einwandfrei funktionierenden Deich mittels Deichüberwachung und –unterhalt in seiner Funktionsfähigkeit zu erhalten, und trotz der Anstrengungen, mittels Sanierung oder Ertüchtigung durchgängig einen dem gleichen Standard genügenden Deich wiederherzustellen, können Problemzonen, an denen Bewuchs und Wühltiere schadhafte Einflüsse ausüben und die Standsicherheit des Bauwerks gefährden, nicht immer vermieden werden. Der Deich ist dauerhaft chemischen, biologischen und mechanischen Belastungen ausgesetzt, die den Deich schwächen und im Falle eines Einstaus zu Schäden führen können.

Die theoretischen Betrachtungen dieser Arbeit zeigen, dass Wühltiere und Gehölze einen nicht unwesentlichen Einfluss auf die Durchsickerung des Deiches haben können. Die in der Praxis auftretender Verhältnisse können im Einzelfall ungünstiger sein, wenn z. B. bei einem alten und schlecht verdichteten Deich Gehölz und Wühltiere gleichzeitig auftreten. Die Bedeutung von Deichüberwachung und –unterhalt muss in diesem Zusammenhang noch einmal hervorgehoben werden.

6 Literatur

- DIN 19712 (1997): Flussdeiche; Normenausschuss für Wasserwesen (NAW), Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), 1997
- DVWK 210 (1986) Flussdeiche; Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 210, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1986
- DVWK 226 (1993): Landschaftsökologische Gesichtspunkte bei Flussdeichen; Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 226, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1993

DVWK 244 (1997): Uferstreifen an Fließgewässern – Funktion, Gestaltung und Pflege; Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 244, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1997

DVWK 247 (1997): Bisam, Biber, Nutria; Merkblätter zur Wasserwirtschaft, Heft 247, Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1997

BAW (1998): Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD); Merkblatt, Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe 1998

FRANKE, E.; BRUHM, K. (1989): Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von verrottenden Pflanzenwurzeln; Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben, Technische Hochschule Darmstadt, 1989

PFLUG, WOLFRAM; HACKER, EVA (1999): Flussdeiche und Flussdämme. Bewuchs und Standsicherheit; Jahrbuch 4 der Gesellschaft für Ingenieurbioogie e. V., Aachen 1999

7 Adressen der Verfasser

Dipl.-Ing. Ronald Haselsteiner

Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Technische Universität München

Arcisstraße 21

80290 München

r.haselsteiner@bv.tum.de

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Theodor Strobl

Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft

Technische Universität München

Arcisstraße 21

80290 München

t.strobl@bv.tum.de