Bernhard Odenwald, Wolfgang Krajewski, Matthias Zöller, Rita Hilliges

Wassereinwirkungen im Baugrund nach E DIN 4095-1

Teil 2: Bisherige Regelungen, Überarbeitungsbedarf, vorgesehene neue Regelungen, Praxisbeispiele

1. Einführung

Dieser Beitrag zu den Wassereinwirkungen im Baugrund ist die Fortführung des bereits in Heft 3 dieser Zeitschrift erschienenen ersten Teils [1]. Dieser zweite Teil des Beitrags beschäftigt sich in Kapitel 2 mit den bisherigen Regelungen zu den Wassereinwirkungen im Baugrund. Dazu werden die Regelungen in der mittlerweile über 30 Jahre alten DIN 4095 [2] als Grundlage für die Planung, Bemessung und Ausführung von Dränanlagen dargestellt und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit bewertet. Zusätzlich folgt eine kurze Beschreibung und Diskussion der Regelungen zu den erdseitigen Wassereinwirkungen für die Planung, Wahl und Ausführung der Abdichtung von erdberührten Bauteilen in der DIN 18533-1 [3]. In Kapitel 3 werden wesentliche Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zur Beurteilung der Wassereinwirkungen im Baugrund beschrieben. Basierend auf den Untersuchungsergebnissen und den in den bisherigen Regelungen festgestellten Mängeln werden in Kapitel 4 die neu erarbeiteten Regelungen zur Festlegung von Wassereinwirkungen im Baugrund auf erdberührte Bauteile als Grundlage für Dränanlagen sowie für die Bemessung erdberührter baulicher Anlagenteile im Entwurf der DIN 4095-1 [4] dargestellt. Der Beitrag schließt mit einer Zusammenstellung von Praxisbeispielen in Kapitel 5, die das Erfordernis geeigneter, überarbeiteter Regelungen zu den Wassereinwirkungen im Baugrund deutlich machen.

2. Bisherige Regelungen

2.1 DIN 4095

Die DIN 4095 [2] wurde im Juni 1990 mit dem Titel »Baugrund – Dränung zum Schutz baulicher Anlagen – Planung, Bemessung und Ausführung« veröffentlicht. Sie dient demnach als Grundlage für die Planung, Bemessung und Ausführung von Dränanlagen zur Begrenzung von aus dem Baugrund resultierenden Wassereinwirkungen auf bauliche Anlagen. Dazu wird in Kapitel 4.6 zur Festlegung der Dränmaßnahmen in die Fälle a), b) und c) unterschieden. Diese Fälle wurden von Odenwald et al. [5] bereits ausführlich interpretiert. Nachstehend werden sie nochmals kurz dargestellt und bewertet.

In Fall a) wird angenommen, dass nur Bodenfeuchtigkeit auftritt und kein Wasserdruck auf die erdberührten Außenwände und die Sohle des Bauwerks einwirkt und deshalb keine Dränmaßnahmen erforderlich sind (Abb. 1). Für diesen Fall wird ein stark durchlässiger Boden (sowohl für den Baugrund seitlich und unterhalb des Bauwerks als auch für die an die Bauwerkswand angrenzende Arbeitsraumverfüllung) vorausgesetzt. Nach DIN 18130-1 [6] weist ein stark durchlässiger Boden eine hydraulische Durchlässigkeit $k > 10^{-4}$ m/s auf.

In Fall b) wird vorausgesetzt, dass das anfallende Wasser über eine Dränung beseitigt werden kann und dadurch kein Wasserdruck an der Abdichtung auftritt (Abb. 2). Für diesen Fall mit erforderlicher Dränung werden folgende Annahmen getroffen:

- Der unterlagernde Baugrund besteht aus einem schwach durchlässigen Boden ($k \leq 10^{-6}$ m/s nach DIN 18130-1).
- Darüber befindet sich eine durchlässigere Arbeitsraumverfüllung, an deren Sohle sich Stauwasser bilden kann, das in der Dränleitung gefasst und abgeleitet wird.

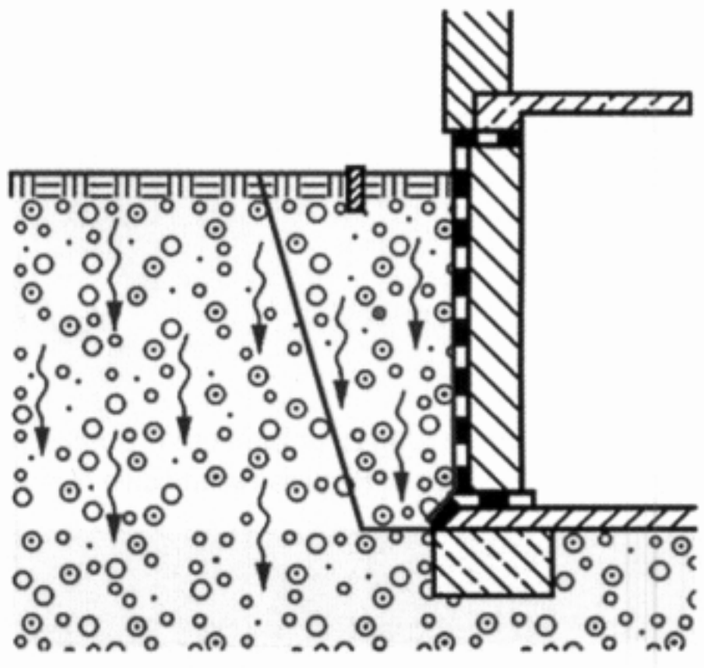

Abb. 1: Fall a) nach DIN 4095 – Abdichtung ohne Dränung, Bodenfeuchtigkeit in stark durchlässigen Böden (aus [2], koloriert)

Die Digitalisierung hält immer stärker Einzug in die Arbeitswelt. Das hat auch Einfluss auf die Tätigkeit der Bausachverständigen. Neben immer leistungsfähigeren technischen Geräten und Verfahren zur Begutachtung und Schadensdiagnose sind es vor allem die neuen Fähigkeiten moderner Software, mit denen sich auch Sachverständige auseinandersetzen müssen.

Auf unserer Fachtagung erfahren Sie:

- welche Möglichkeiten Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI) bieten,
- wie Sachverständige mit digitalen Gebäudedatenmodellen aus BIM arbeiten,
- was Sie über Cybersicherheit in der Gebäudetechnik wissen müssen,
- und wie der elektronische Rechtsverkehr die Arbeit mit den Gerichten verändert.

Zudem geben wir Ihnen einen Einblick in die Zukunft der öffentlichen Bestellung.

Save the Date!

12. Fachtagung »Der Bausachverständige«

KI & Co. – Wie arbeiten Bausachverständige morgen?

Freitag, 15. März 2024 in Stuttgart

- **Jakob Stöber**
  Künstliche Intelligenz in der Schadensanalyse
- **Axel Rickert**
  Zur Zukunft der öffentlichen Bestellung
- **Martin Schauer**
  Cybersicherheit in der Gebäudetechnik – Ein Thema für Sachverständige?
- **N.N.**
  Der Bausachverständige im BIM-Prozess
- **Katharina Bleutge**
  E-Akte, E-Postfach & Co. – Elektronischer Rechtsverkehr mit den Gerichten
- **Jens Kestler**
  KI & Co. im Sachverständigenbüro

jetzt anmelden unter www.derbausv.de

Sie haben Interesse, Ihr Unternehmen auf der Tagung zu präsentieren? Dann sprechen Sie uns an. Gerne schnüren wir Ihnen ein individuelles Paket als Sponsor / Aussteller. Anna Brucchi-Simons | Reguvis Fachmedien GmbH, T +49 221- 9 76 68 -611, E-Mail: annaSarah.brucchiSimons@reguvis.de

Reguvis

Fraunhofer IRB | Verlag

- Zusätzlich existiert eine oberflächennahe, ebenfalls durchlässigere Bodenschicht, deren Sohle eine Neigung zum Gebäude aufweist und auf der ein zusätzlicher Zufluss zur Arbeitsraumverfüllung angenommen wird.
- Weiterhin wird von einem vertikalen Wasserzufluss in die unterhalb der Bodenplatte des Bauwerks angeordnete Dränschicht ausgegangen. Dies setzt voraus, dass sich die Grundwasserdruckhöhe in dem unterhalb des Gebäudes anstehenden, schwach durchlässigen Baugrund oberhalb der Dränschicht befindet.

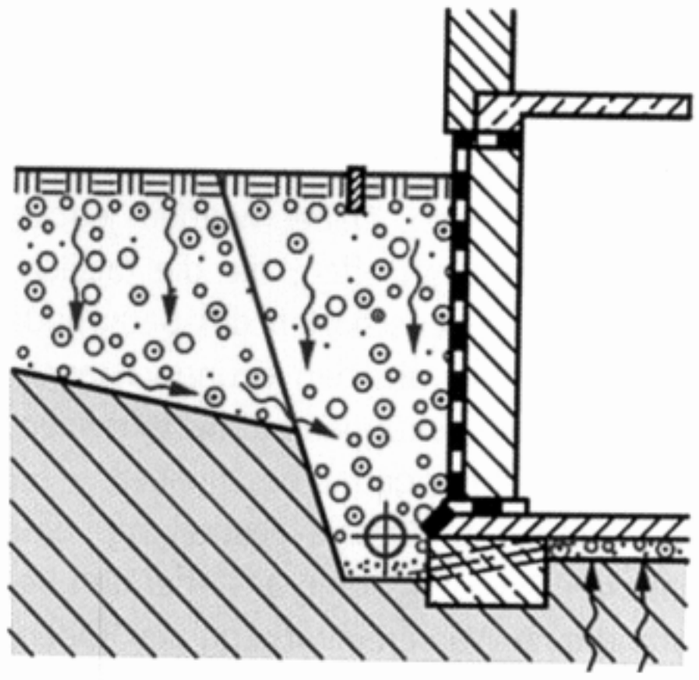

Abb. 2: Fall b) nach DIN 4095 – Abdichtung mit Dränung, Stau- und Sickerwasser in schwach durchlässigen Böden (aus [2], koloriert)

In Fall c) wird angenommen, dass der Grundwasserspiegel oberhalb der Bauwerkssohle ansteht und dass eine Ableitung des Wassers über eine Dränung nicht möglich ist (siehe hierzu [1]). Dieser Fall wird im Folgenden nicht betrachtet.

Es ist ersichtlich, dass es sich bei den oben genannten Fällen zur Bestimmung geeigneter Dränmaßnahmen lediglich um Beispiele mit sehr unterschiedlichen Voraussetzungen, nicht jedoch um klar abgegrenzte Fälle handelt. Weiterhin existieren keine eindeutigen Vorgaben zur Festlegung eines Bemessungsgrundwasserstandes und zur Berücksichtigung von aus Stau- und Grundwasser resultierenden Wasserdrücken. Deshalb ist auf Grundlage der dargestellten Fälle keine eindeutige Bestimmung der aus dem Baugrund auf erdberührte Bauteile resultierenden Wassereinwirkungen möglich. Insbesondere kann eine eindeutige Abgrenzung zwischen Fällen, in denen an den einzelnen erdberührten Bauteilen nur mit Bodenfeuchte zu rechnen ist und in denen eine Dränung zur Vermeidung von Wassereinwirkungen durch Stauwasser erforderlich und möglich ist, auf Grundlage der in DIN 4095 dargestellten Fälle nicht durchgeführt werden. Dies führt in der Baupraxis oft dazu, dass eine Dränung angeordnet wird, sobald der Boden nicht stark durchlässig ist – unabhängig davon, ob Wasser anfällt oder nicht.

2.2 DIN 18533-1

In der DIN 18533-1 [3] werden in Kapitel 5.1 Wassereinwirkungen für die Planung, Wahl und Ausführung der Abdichtung von erdberührten Bauteilen festgelegt. In Ermangelung geeigneter Regelungen in der DIN 4095 erfolgt hier eine stark vereinfachte Festlegung der Wassereinwirkungen. Diese Regelungen wurden bereits ausführlich von Odenwald et al. [5] sowie von Krajewski und Odenwald [7] erläutert und kommentiert. Nachstehend werden sie ebenfalls kurz dargestellt und bewertet.

Zunächst wird in DIN 18533-1 der Bemessungswasserstand als der höhere Wert des Bemessungsgrundwasserstands (HGW) oder des ggf. auftretenden Bemessungshochwasserstands (HHW) definiert. Dabei wird stets von einer hydrostatischen Wasserdruckverteilung auf die erdberührten Bauteile unterhalb des Bemessungswasserstands ausgegangen. Für die Festlegung der Wassereinwirkungsklasse wird nur noch nach stark wasserdurchlässigem Baugrund mit einer Durchlässigkeit $k > 10^{-4}$ m/s und einem hier als wenig wasserdurchlässig beschriebenem Baugrund mit einer Durchlässigkeit $k \leq 10^{-4}$ m/s unterschieden. In Abhängigkeit von der Lage des Bemessungswasserstands, der Durchlässigkeit des Baugrunds und der Einbindetiefe des Bauwerks in den Baugrund, werden unterschiedliche Wassereinwirkungsklassen definiert. Beispielhaft sind nachstehend die Randbedingungen für drei Wassereinwirkungsklassen dargestellt.

In der Wassereinwirkungsklasse W1-E wird nur Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser berücksichtigt. Die Wassereinwirkungsklasse W1.1-E nach DIN 18533-1 darf nur angesetzt werden, wenn sowohl der Baugrund, als auch das Verfüllmaterial der Arbeitsräume aus stark durchlässigen Böden ($k > 10^{-4}$ m/s) bestehen und die Unterkante der Abdichtungsebene mindestens 50 cm oberhalb des Bemessungswasserstands liegt (Abb. 3). Diese Wassereinwirkungsklasse entspricht – abgesehen von der zusätzlichen Forderung des erforderlichen Abstands zwischen Unterkante der Abdichtungsebene und dem Bemessungsgrundwasserstand – dem in DIN 4095 beispielhaft dargestellten Fall a) für Wassereinwirkungen ausschließlich aus Bodenfeuchte (siehe Abb. 1).

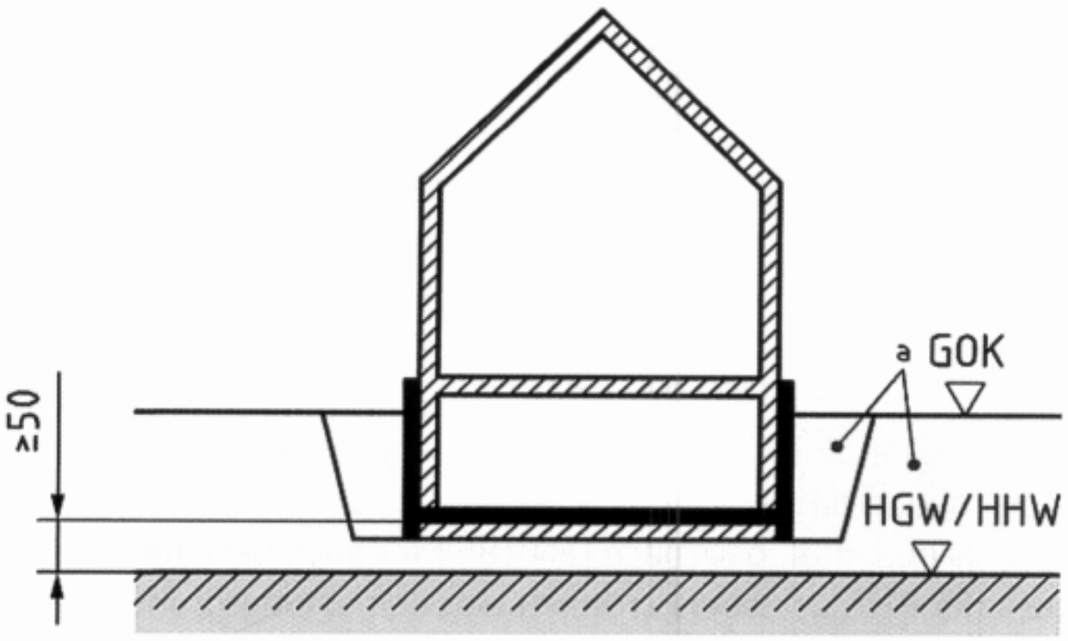

Abb. 3: Wassereinwirkungsklasse W1.1-E nach DIN 18533-1 – Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser (a: stark durchlässig, Maße in cm) (aus [3], koloriert)

Der Wassereinwirkungsklasse W1.2-E nach DIN 18533-1 sind erdberührte Wände und Bodenplatten zuzuordnen, wenn bei einem hier als wenig wasserdurchlässig bezeichneten Baugrund ($k \leq 10^{-4}$ m/s) durch eine auf Dauer funktionsfähige Dränung nach DIN 4095 Stauwasser zuverlässig vermieden wird (Abb. 4). Dabei wird vorausgesetzt, dass sich der zugrunde gelegte, wenig durchlässige Baugrund sowohl auf den Bereich seitlich und unterhalb des Gebäudes als auch auf die Arbeitsraumverfüllung bezieht. Zusätzlich wird auch hier ein Mindestabstand zwischen der Unterkante der Abdichtungsebene und dem Bemessungswasserstand von 50 cm gefordert.

Die Anforderungen für die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E nach DIN 18533-1 gehen deutlich über die Bedingungen des in DIN 4095 beispielhaft dargestellten Falls b) mit Dränung zur Vermeidung von Stauwassereinwirkungen hinaus. Zum einen ist nach DIN 18533-1 eine Dränung bereits bei einer Durchlässigkeit des unterlagernden Baugrunds von $k \leq 10^{-4}$ m/s und nicht erst entsprechend Fall b) nach DIN 4095 bei einem schwach

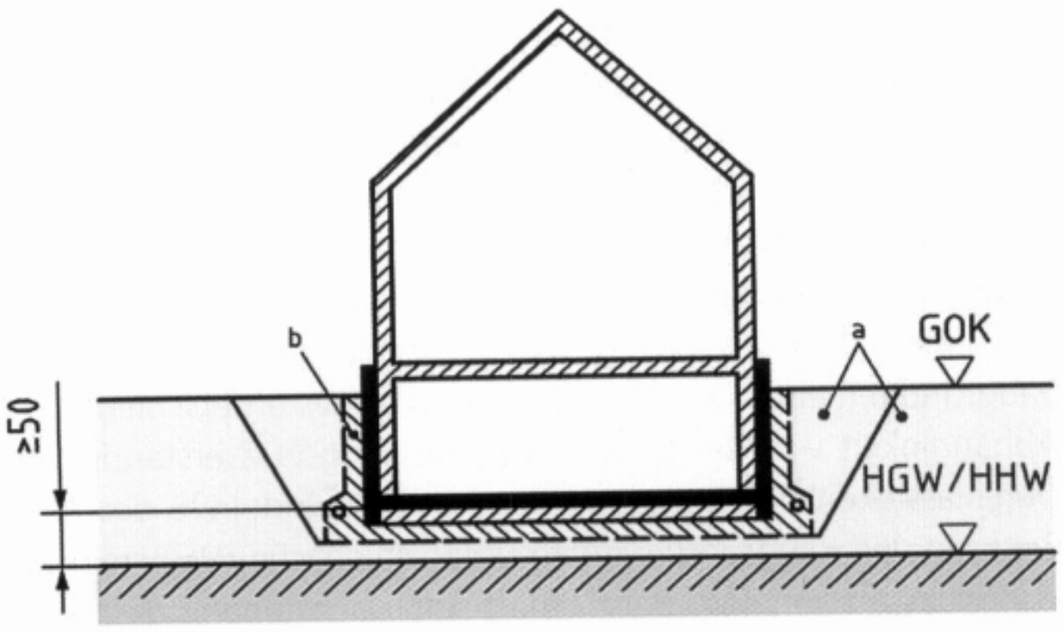

Abb. 4: Wassereinwirkungsklasse W1.2-E nach DIN 18533-1 – Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser durch Dränung (a: wenig durchlässig, b: Dränanlage, Maße in cm) (aus [3], koloriert)

durchlässigen Boden ($k \leq 10^{-6}$ m/s) erforderlich. Weiterhin werden für die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E nach DIN 18533-1 im Unterschied zu Fall b nach DIN 4095 weder eine durchlässigere Arbeitsraumverfüllung als der umgebende Baugrund noch ein seitlicher Zufluss zur Arbeitsraumverfüllung in einer oberflächennahen, durchlässigeren Bodenschicht und auch kein vertikal aufsteigender Zufluss in eine unterhalb der Bauwerkssohle angeordnete Dränschicht berücksichtigt (siehe Abb. 2).

In der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E wird drückendes Wasser mit mäßiger Wasserdruckeinwirkung bis 3 m Wassersäule auf die erdseitige Abdichtung des Bauwerks berücksichtigt. Die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E ist nach DIN 18533-1 anzusetzen, wenn keine Dränung erfolgt, die erdberührten Bauteile sich in als wenig durchlässig bezeichneten Böden ($k \leq 10^{-4}$ m/s) befinden und die unterste Abdichtungsebene oberhalb des Bemessungsgrundwasserstands sowie bis zu 3 m unter der Geländeoberfläche liegt (Abb. 5). In diesem Fall ist nach DIN 18533-1 zu erwarten, dass Stauwasser auf die erdseitige Abdichtung des Bauwerks einwirkt und dass das Stauwasser bis zur Geländeoberfläche ansteigen kann.

Dies bedeutet, dass nach DIN 18533-1 auch bei einem unterhalb der Bauwerkssohle anstehenden Bemessungsgrundwasserstand bei einem als wenig durchlässig bezeichneten Baugrund ($k \leq 10^{-4}$ m/s) ohne Dränung ein hydrostatischer Stauwasserdruck von der Geländeoberfläche bis zur Bauwerksunterkante sowohl auf die erdberührten Bauwerkswände als auch auf die Bauwerkssohle angesetzt werden muss. Dieser ist insbesondere auch bei einem durchlässigen Baugrund (10^{-6} m/s $< k \leq 10^{-4}$ m/s)

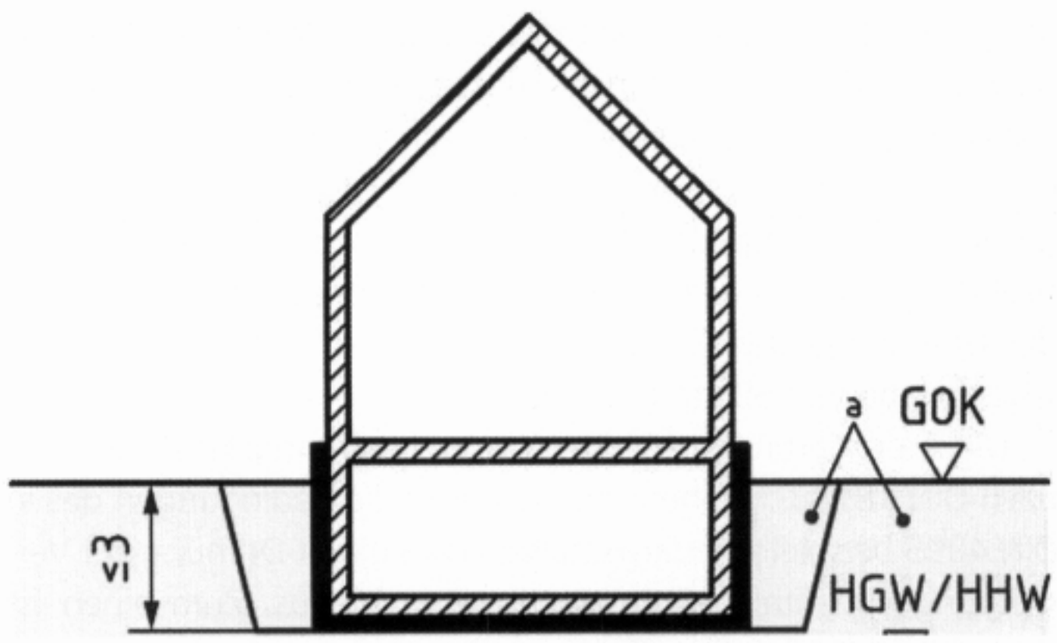

Abb. 5: Wassereinwirkungsklasse W2.1-E nach DIN 18533-1 – mäßige Einwirkung von drückendem Stauwasser (a: wenig durchlässig, Maße in m) (aus [3], koloriert)

nach DIN 18130-1 zu berücksichtigen. Es ist jedoch fraglich und fachlich nicht plausibel, wie sich ein hydrostatischer Stauwasserdruck bis zur Geländeoberfläche auf die erdberührten Gebäudeteile ohne Beeinflussung des unterhalb der Bauwerkssohle anstehenden Grundwasserspiegels in einem vergleichsweise durchlässigen Baugrund einstellen soll.

2.3 Schlussfolgerungen

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die bisher in DIN 4095 beispielhaft aufgeführten Fälle nicht geeignet sind, um Wassereinwirkungen aus dem Baugrund auf erdberührte Bauwerksteile festlegen zu können. Dies ist begründet durch fehlende Kriterien zur Abgrenzung der unterschiedlichen Fälle sowie die fehlende bzw. ungenaue Festlegung der maßgebenden Wasserstände und der auf die Bauwerksteile einwirkenden Wasserdrücke. Diese Regelungslücken wurden in der DIN 18533-1 für Bauwerksabdichtungen weitgehend geschlossen. Dabei wurden jedoch sehr stark vereinfachte Regelungen getroffen, die die tatsächlichen, aus den unterschiedlichen Eigenschaften des Baugrunds und der Arbeitsraumverfüllung sowie aus den Grundwasserverhältnissen resultierenden Wassereinwirkungen auf die einzelnen, erdberührten Bauwerksteile nur sehr ungenau beschreiben.

Dies betrifft insbesondere die pauschale Festlegung, dass auch bei einem unterhalb der Bauwerkssohle anstehenden Bemessungsgrundwasserstand eine Wassereinwirkung aus Bodenfeuchte und nicht drückendem Wasser nur im Fall eines Baugrunds und einer Arbeitsraumverfüllung aus stark wasserdurchlässigen Böden ($k > 10^{-4}$ m/s) angesetzt werden darf. Diese stark wasserdurchlässigen Böden umfassen jedoch lediglich kiesig-sandige Böden ohne Feinkornanteile und ohne geringer durchlässige Zwischenlagen, welche in Deutschland relativ selten vorliegen. Deshalb muss nach DIN 18533-1 auch bei einem unterhalb der Bauwerkssohle anstehenden Bemessungsgrundwasserstand meistens entweder eine Dränung oder, falls eine Dränung nicht möglich ist, ein hydrostatischer Wasserdruck auf die erdberührten Bauwerksteile berücksichtigt werden. Diese Regelungen können zu nicht erforderlichen Baumaßnahmen und damit zu unwirtschaftlichen Bauweisen führen.

Für eine ausreichend differenzierte Festlegung der Wassereinwirkungen als Grundlage für eine einerseits sichere und andererseits wirtschaftliche Bemessung der erdberührten Bauteile, Abdichtungen und Dränanlagen ist eine umfangreiche Überarbeitung der DIN 4095 erforderlich. Dies zeigen auch die in Kapitel 5 beschriebenen Praxisbeispiele, aus denen deutlich wird, dass die bisherigen Regelungen einerseits zu einer Unterschätzung der Wasserreinwirkungen und andererseits zu einer deutlichen Überschätzung der Wassereinwirkungen führen können.

Vor allem auch vor dem Hintergrund wasserwirtschaftlicher Aspekte ist eine realistische Einschätzung der Erfordernis einer Dränung und der gegebenenfalls anfallenden Dränwasserspende erforderlich, um auch in Zukunft die Errichtung von Dränanlagen zu ermöglichen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Festlegung der differenzierten Wassereinwirkungsklassen entsprechend dem Entwurf der DIN 4095-1 [4] durch einen geotechnischen Sachverständigen erfolgen soll und nicht durch z. B. Bauunternehmer.

3. Ergebnisse durchgeführter Untersuchungen

Um auf erdberührte Bauwerksteile wirkende Wassereinwirkungen besser beurteilen zu können, wurden umfangreiche numerische Berechnungen der instationären, gesättigt-ungesät-

tigten Wasserströmungen im Baugrund und der Arbeitsraumverfüllung für unterschiedliche Berechnungsbeispiele durchgeführt. Die Berechnungsergebnisse wurden bereits von Odenwald et al. [5] und von Odenwald und Letzelter [8] vorgestellt. Dabei wurde ein an der Bundesanstalt für Wasserbau neu entwickeltes und von Maier et al. [9] beschriebenes, numerisches Programmsystem zur stabilen und effizienten Berechnung des stark nicht linearen Gleichungssystems für ungesättigte Strömungsverhältnisse verwendet, das auf einem angepassten mathematischen Iterationsalgorithmus von Casulli und Zanolli [10] basiert. Auf Grundlage der Berechnungsergebnisse und der in Kapitel 5 erläuterten praktischen Erfahrungen können folgende Feststellungen getroffen werden:

- Bestehen der Baugrund seitlich und unterhalb des Bauwerks sowie die Arbeitsraumverfüllung aus einem homogenen Bodenmaterial mit nahezu gleicher Durchlässigkeit, dann ergibt sich eine gleichmäßige Sickerwasserströmung von der Geländeoberfläche bis zur Grundwasseroberfläche unterhalb der Bauwerkssohle unabhängig von der Durchlässigkeit des Bodenmaterials. In diesem Fall ist nicht mit einer Stauwasserbildung an den erdberührten Bauteilflächen zu rechnen.
- Bei gering durchlässigem Boden an der Geländeoberfläche und Starkniederschlag, dessen Intensität die Versickerungskapazität des Bodens überschreitet, kann sich auch bei homogener Durchlässigkeit des Bodens kurzzeitig ein Wasseraufstau an der Geländeoberfläche und eine Wassersättigung des unmittelbar darunter anstehenden Bodenbereichs mit sehr geringer Dicke ergeben. Die sich dabei einstellende Druckhöhe ist jedoch gering. Von Stauwasser im tieferen Bodenbereich ist nicht auszugehen.
- Besteht die Arbeitsraumverfüllung aus einem homogenen Bodenmaterial mit einer geringeren Durchlässigkeit als die des seitlichen und des unterlagernden Baugrunds, so ist ebenfalls nicht von einer Stauwasserbildung an der erdberührten Bauteilwand auszugehen. Gering durchlässige Böden weisen jedoch aufgrund der Wasserhaltekräfte in den sehr kleinen Hohlräumen im Allgemeinen eine dauerhaft hohe Wassersättigung (hohe Bodenfeuchte) auf.
- Eine Stauwasserbildung ist möglich, wenn der Baugrund unterhalb der Bauwerkssohle eine deutlich geringere Durchlässigkeit aufweist als die Arbeitsraumverfüllung. In diesem Fall kann sich an der Sohle der Arbeitsraumverfüllung Stauwasser an der erdberührten Bauwerkswand über dem gering durchlässigen, unterlagernden Baugrund ergeben. An der Unterseite der Bauwerkssohle wird sich auch bei höherer Stauwasserhöhe in der seitlichen Arbeitsraumverfüllung der Wasserdruckbereich auf den unmittelbaren Randbereich beschränken, sofern unterhalb der Bauwerkssohle keine mit der Arbeitsraumverfüllung hydraulisch verbundene durchlässige Schicht existiert.
- Eine Stauwasserbildung ist weiterhin möglich, wenn die Arbeitsraumverfüllung aus einem inhomogenen (Boden-)Material mit unterschiedlicher Durchlässigkeit besteht. In diesem Fall kann sich auf Schichten mit geringerer Durchlässigkeit eine Stauwasserbildung ergeben (insbesondere auch auf der Sohle der Arbeitsraumverfüllung durch eingebrachtes Fremdmaterial, z. B. Beton- und Mörtelreste). Deshalb kann sich bereichsweise Stauwasserdruck an der erdberührten Bauwerkswand einstellen. An der Unterseite der Bauwerkssohle wird sich dadurch jedoch kein Wasserdruck ergeben.
- Eine Stauwasserbildung ist auch möglich, wenn sich an der erdberührten Bauwerkswand eine wasserwegsame Fuge oder eine stark durchlässige Dränschicht befinden, die bis zur Geländeoberfläche reicht. Falls sich infolge eines Starkniederschlags ein Wasseraufstau an der Geländeoberfläche einstellt, kann sich aufgrund der zumeist nur geringen Dicke der Fuge oder der Dränschicht und des daraus resultierenden geringen auffüllbaren Volumens an der erdberührten Wand ein Wasseraufstau bis zur Geländeoberfläche mit einem hydrostatischen Wasserdruck ergeben. Aus diesem Grund sollte eine wasserwegsame Fuge oder eine Dränschicht, die bis zur Geländeoberfläche reicht, an erdberührten Bauwerkswänden vermieden werden.
- Für eine Stauwasserbildung an der Sohle der Arbeitsraumverfüllung ist ein Starkregen mit hoher Niederschlagsintensität, aber vergleichsweise kurzer Dauer und deswegen geringerer Niederschlagsmenge, nicht relevant. Vielmehr sind bei Betrachtung gleicher Auftretenswahrscheinlichkeit der Niederschlagsereignisse meistens diejenigen mit langer Regendauer und zwar vergleichsweise geringerer Intensität, aber hoher Niederschlagsmenge maßgebend. Die Wassersättigung und der daraus resultierende Wasserdruckanstieg ist dabei im Wesentlichen abhängig vom auffüllbaren Porenvolumen in der Arbeitsraumverfüllung.

4. Vorgesehene neue Regelungen

4.1 Untergliederung der Norm

Aus den oben stehenden Ausführungen zur bestehenden DIN 4095 und zur DIN 18533-1 ist ersichtlich, dass zur Festlegung der Wassereinwirkungen an den unterschiedlichen Grenzflächen zwischen Baugrund und erdberührten Bauteilen eine eindeutige Zuordnung zu einzelnen Fällen erforderlich ist, sodass keine Regelungslücken verbleiben. Deshalb wurde in dem zur Überarbeitung der DIN 4095 gebildete DIN-Arbeitsausschuss »Baugrund, Gebäudedränung«, in dem die Verfasser dieses Beitrags mitwirken, entschieden, die Norm zur besseren Strukturierung zukünftig in drei Teile mit den folgenden Arbeitstiteln aufzuteilen:

- Teil 1: Baugrund – Begriffe und Wassereinwirkungen
- Teil 2: Baugrund – Dränung von Stauwasser
- Teil 3: Baugrund – Dränung von Grundwasser

Dieser geplanten Neugliederung und Ausweitung des Anwendungsbereichs wurde vom Lenkungsgremium des DIN-Fachbereichs 05 »Grundbau, Geotechnik« mit Beschluss vom Juni 2018 zugestimmt. Der daraufhin erstellte Entwurf des ersten Teils der neuen DIN 4095 [4] wurde im März 2023 nach langen Diskussionen innerhalb des Ausschusses veröffentlicht. Derzeit werden vom Ausschuss die Einsprüche zu diesem Entwurf bearbeitet.

4.2 Anwendungsbereich

In Kapitel 1 wird für den Anwendungsbereich festgelegt, dass die DIN 4095-1 zur Ermittlung der Wassereinwirkungen an den Kontaktflächen zwischen Baugrund bzw. der Arbeitsraumverfüllung einschließlich evtl. Dränungen und den erdberührten Flächen eines Bauwerks einschließlich der zugehörigen Schutz- und Abdichtungsschichten als Grundlage für die Bemessung von Abdichtungen oder wasserundurchlässigen Bauteilen dient. Dabei wird nach vertikalen Bauwerksflächen (z. B. erdberührte Wände) und horizontalen Bauwerksunterseiten (z. B. Bodenplatten) unterschieden.

4.3 Begriffe

In Kapitel 3 sind die für die Anwendung der Norm wesentlichen Begriffe zur Erläuterung der geohydraulischen Grundlagen für die Ermittlung der Wassereinwirkungen im Baugrund sowie für die Dränung zur Vermeidung von Druckwasser an den erdberührten Bauwerksteilen zusammengestellt. Insbesondere erfolgt auch die Definition und die Beschreibung wesentlicher Eigenschaften von Grundwasser, Sickerwasser und Stauwasser.

4.4 Grundlagen für die Ermittlung von Wassereinwirkungen

Kapitel 4 enthält die Darstellung wesentlicher Grundlagen für die Ermittlung von Wassereinwirkungen im Baugrund. Dazu erfolgt in Kapitel 4.1 zum besseren Verständnis der nachfolgenden Regelungen zunächst eine kurze Beschreibung der geohydraulischen Grundlagen, insbesondere für den wasserungesättigten Bereich von Böden.

In Kapitel 4.2 werden detaillierte Erläuterungen zur Ermittlung des Bemessungsgrundwasserstands gegeben. Um die Schwankungsbreite der Grundwasserstände während der rechnerischen Nutzungsdauer des Bauwerks zu berücksichtigen, ist der Bemessungsgrundwasserstand als oberer charakteristischer Wert einer klimabedingt veränderlichen Einwirkung nach DIN EN 1990 [11] festzulegen. Der Bemessungsgrundwasserstand hat grundlegende Bedeutung für die Festlegung von Wassereinwirkungen, da oberhalb des Bemessungsgrundwasserstands nur Einwirkungen aus Stauwasser und nicht aus Grundwasser zu berücksichtigen sind. Im Gegensatz zur dauerhaften Absenkung von Grundwasser durch eine Dränanlage ist eine Dränung von Stauwasser prinzipiell möglich (siehe Teil 1 des Beitrags [1]).

In Kapitel 4.3 werden Planungs- und Ausführungsgrundsätze erläutert, die auch Voraussetzung für die nachfolgenden Regelungen zu den Wassereinwirkungen im Baugrund sind. In Kapitel 4.4 werden Auswirkungen von Hochwasser, Starkniederschlägen und Grundwasserunterleitung auf die Wassereinwirkungen im Baugrund beschrieben. Weiterhin werden Erläuterungen zu den Wassereinwirkungen an der Sockelzone von Gebäuden gegeben (siehe Teil 1 des Beitrags [1]).

4.5 Festlegung der Wassereinwirkungen

Auf Grundlage der Regelungen zur Ermittlung des Bemessungsgrundwasserstands und der Planungs- und Ausführungsgrundsätze enthält Kapitel 5 detaillierte Festlegungen der Wassereinwirkungen im Baugrund auf erbberührte Bauteilflächen für unterschiedliche Fälle. Die Unterscheidungen stellen eine Arbeitshilfe für geotechnische Sachverständige dar, um realistisch die Erfordernisse einer Dränung oder eines Druckwasserschutzes oberhalb des Bemessungswasserstands einschätzen zu können. Dazu erfolgt zunächst in Kapitel 5.1 eine Unterscheidung in die Wassereinwirkungsklassen W1 (Wassereinwirkung durch Bodenfeuchte und nicht stauendes Wasser) und W2 (Wassereinwirkung durch Druckwasser). Dabei wird für die Wassereinwirkungsklasse W2 zusätzlich unterschieden, ob eine Wassereinwirkung durch Stauwasser oberhalb des Bemessungsgrundwasserstands (W2-S) oder eine Wassereinwirkung durch Grundwasser unterhalb des Bemessungsgrundwasserstands (W2-G) zu berücksichtigen ist.

Auf dieser Grundlage werden in Kapitel 5.2 die Wassereinwirkungen auf erdberührte Bauwerksteile von Bauwerken, die sich vollständig oberhalb des Bemessungsgrundwasserspiegels befinden und in Kapitel 5.3 von Bauwerken, die sich teilweise unterhalb des Bemessungsgrundwasserspiegels befinden, festgelegt.

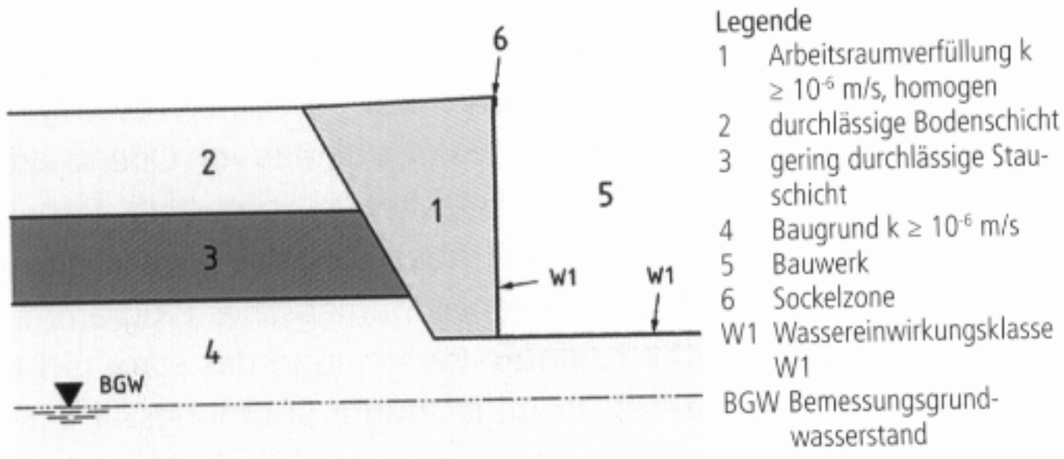

Abb. 6: Fall 3a nach E DIN 4095-1: kein Stauwasserdruck, Wassereinwirkungsklasse W1 an der erdberührten Wandfläche und der Bauwerksunterseite (aus [4])

Für vollständig oberhalb des Bemessungsgrundwasserspiegels liegende Bauwerke werden in Kapitel 5.2 fünf Fälle festgelegt. Diese unterscheiden sich hinsichtlich der **Geländeneigung** (Gelände eben oder geneigt zum Bauwerk), den **Eigenschaften des Baugrunds seitlich der Arbeitsraumverfüllung** (homogen oder aus unterschiedlichen Baugrundschichten bestehend, sodass aufgrund einer geringdurchlässigen Bodenschicht ein seitlicher Zufluss zur Arbeitsraumverfüllung zusätzlich zur Niederschlagsversickerung über die Oberfläche der Arbeitsraumverfüllung erfolgen kann), den **Eigenschaften der Arbeitsraumverfüllung** (Durchlässigkeit und Homogenität), **der Durchlässigkeit des unterlagernden Baugrunds** und der **Einbindetiefe des Bauwerks unter Geländeoberfläche** (Tiefe der Arbeitsraumverfüllung). Für diese fünf Fälle wird jeweils festgelegt, unter welchen Bedingungen folgende Wassereinwirkungsklassen anzusetzen sind:

a) W1 an der erdberührten Wandfläche und an der Bauwerksunterseite,
b) W2-S an der erdberührten Wandfläche und W1 an der Bauwerksunterseite und
c) W2-S an der erdberührten Wandfläche und an der Bauwerksunterseite.

In Abb. 6 sind beispielhaft die Wassereinwirkungen für den Fall 3a dargestellt.

In Kapitel 5.3 werden die Wassereinwirkungen für Bauwerke, die teilweise unterhalb des Bemessungsgrundwasserstands liegen, angegeben. Danach ist für Bauteilflächen, die sich unterhalb des Bemessungsgrundwasserstands befinden, grundsätzlich die Wassereinwirkungsklasse W2-G anzusetzen. Für die oberhalb des Bemessungsgrundwasserstands liegenden, erdberührten Bauteilflächen gelten sinngemäß die Regelungen aus Kapitel 5.2. Zur Veranschaulichung werden die anzusetzenden Wassereinwirkungen für zwei beispielhafte Fälle (6 und 7) beschrieben. In Abb. 7 sind die Wassereinwirkungen für den Fall 7 dargestellt.

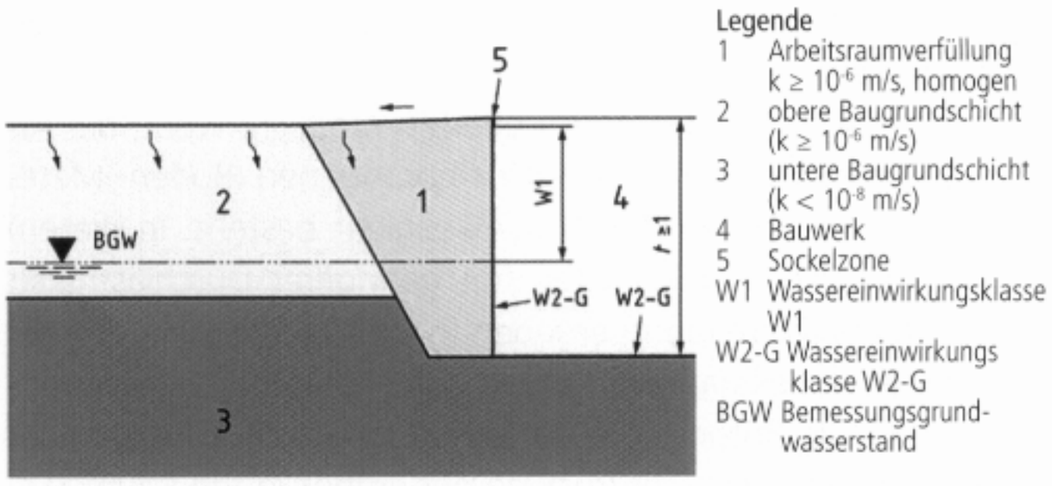

Abb. 7: Fall 7 nach E DIN 4095-1 – Ebenes Gelände, geschichteter Baugrund seitlich der Arbeitsraumverfüllung, Bemessungsgrundwasserstand oberhalb der Bauwerksunterseite, kein Stauwasser, Wassereinwirkungsklasse W1 an erdberührter Wandfläche oberhalb des Bemessungsgrundwasserstands (aus [4])

4.6 Fazit und weitere Vorgehensweise

Die auf den geohydraulischen Grundlagen und den Planungs- und Ausführungsgrundsätzen basierende, detaillierte Fallunterscheidung ermöglicht eine physikalisch begründete und nach Ansicht der Autoren auch ausreichend auf der sicheren Seite liegende Festlegung der Wassereinwirkungen im Baugrund auf die unterschiedlichen erdberührten Bauteilflächen. Im Rahmen der bisher durch den DIN-Arbeitsausschuss bearbeiteten Einsprüche hat sich jedoch gezeigt, dass diese detaillierten Regelungen von mehreren Einsprechern als zu komplex und nicht ausreichend anwendungsfreundlich angesehen werden. Nach eingehender Diskussion der Einsprüche wurde deshalb vom Arbeitsausschuss beschlossen, die Regelungen zu vereinfachen. Dabei ist eine hinsichtlich der Wassereinwirkungen auf der sicheren Seite liegende Zusammenfassung der Fälle zu einer geringeren Anzahl vorgesehen. Jedoch ist eine differenziertere Betrachtung der Fälle gegenüber denen der alten DIN 4095 erforderlich, um die Möglichkeiten einer Stauwasserbildung realistisch einschätzen zu können.

5. Praxisbeispiele

Im Folgenden werden anhand von Praxisbeispielen Erfahrungen erläutert, die zu den Empfehlungen der E DIN 4095-1 [4] führten. Sämtliche Beispiele behandeln Wohnhäuser, die oberhalb des höchsten Grundwasserspiegels gegründet wurden. In den Fallbeispielen 1 und 2 wurden die Gebäude in sandig-kiesigem Baugrund gegründet, dessen Wasserdurchlässigkeitsbeiwert nach den Baugrunduntersuchungen $k > 10^{-4}$ m/s betrug. Die Abdichtung der erdberührten Wände erfolgte gemäß DIN 18533-1 [3] für die Wassereinwirkung W1-E. Dennoch ist es in beiden Fällen zu Feuchteschäden gekommen. In den Fallbeispielen 3 bis 5 wurden die Gebäude in tonig-schluffigen Böden abgesetzt. In diesen Fällen hätte der Ansatz eines Bemessungswasserspiegels in Geländehöhe, wie dies die DIN 18533-1 empfiehlt, zu einer unwirtschaftlichen Überbemessung geführt. Im Beispiel 6 wird die Ausführung von Sohldränungen gemäß DIN 4095 [2] behandelt. Die Praxisbeispiele zeigen, dass die schematische Anwendung der bestehenden Normen und insbesondere der in der DIN 18533-1 empfohlenen Vorgehensweise zum Ansatz des Bemessungswasserspiegels sowohl zu unsicheren, aber insbesondere auch zu unwirtschaftlichen Lösungen führen kann. Insofern wurde bei der Ausarbeitung der E DIN 4095-1 eine differenzierte Klassifizierung der Randbedingungen mit mehreren Fällen gewählt, wodurch die im Allgemeinen komplexen Verhältnisse in der Baupraxis berücksichtigt werden. Zur Festlegung der Wassereinwirkungsklasse ist eine projektspezifische Beurteilung durch geotechnische Sachverständige erforderlich.

5.1 Fallbeispiel 1

Im Bereich einer Konversionsfläche in Hessen wurden Fein- und Mittelsande mehrere Meter mächtig aufgefüllt, die lokal schluffige Beimengungen aufweisen. Der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert der Böden wurde zu $k = 1 \cdot 10^{-4}$ bis $5 \cdot 10^{-4}$ m/s ermittelt. Die Böden wurden lagenweise eingebaut und verdichtet. Unter den Auffüllungen folgen stark wasserdurchlässige quartäre Sande und Kiese. Das Untergeschoss des Neubaus wurde auf Streifenfundamenten gegründet und gemauert (Abb. 8). Die erdberührten Wände erhielten eine bituminöse Abdichtung. Die 25 cm dicke Bodenplatte wurde auf den sandigen Boden aufgelegt. Für den Beton der Bodenplatte wurde eine WU-Rezeptur gewählt. Die Platte wurde jedoch nicht wasserdruckhaltend konzipiert und bemessen. Die Arbeitsräume wurden mit den zuvor ausgehobenen sandigen Böden verfüllt.

Nach der Fertigstellung des Hauses wurden im Untergeschoss an den Außenwänden Feuchteschäden festgestellt (Abb. 9). Die Freilegung der Außenwände zeigte mehrere Dezimeter hoch Stauwasser (Abb. 10). Der Aufstau resultierte im Wesentlichen aus der Tatsache, dass die Kontur des Arbeitsraums mit Baustellenabfällen, Mörtel, etc. regelrecht »verkleistert« war. Es hatte sich aus geohydraulischer Sicht eine Wanne gebildet, in welcher sich ein hydrostatischer Wasserdruck aufbaute, für den die bituminöse Wandabdichtung zu schwach ausgelegt war (Abb. 11). Maßgebend für die Wasserbeanspruchung war in diesem Fall weder der k-Wert des anstehenden Bodens noch der k-Wert der Arbeitsraumverfüllung. Vielmehr war die sehr geringe Durchlässigkeit der im Arbeitsraum verbliebenen Baustellenabfälle maßgebend. Im Weiteren wurde die Bodenplatte an zwei Stellen mittels Kernbohrungen geöffnet. Dabei wurde festgestellt, dass der unter der Bodenplatte vorhandene Sandboden erdfeucht war und keine Durchfeuchtung aufgrund des seitlich im Arbeitsraum vorhandenen Wasseraufstaus zeigte. Die Untersuchung ergab, dass keine Wasserdruckbelastung an der Sohlfläche der Bodenplatte aufgetreten ist.

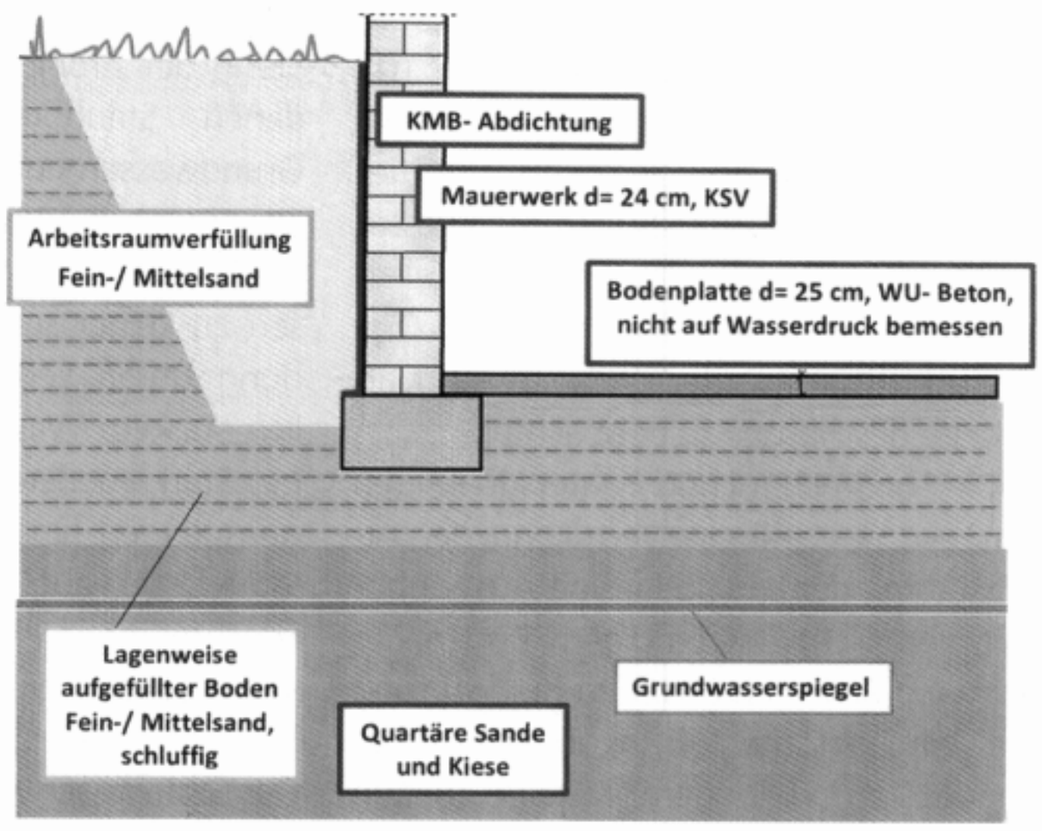

Abb. 8: Schematischer Querschnitt Wohnhaus mit Baugrund

Abb. 9: Feuchteschäden im Untergeschoss des Wohnhauses

Abb. 10: Stauwasser im ehemaligen Arbeitsraum

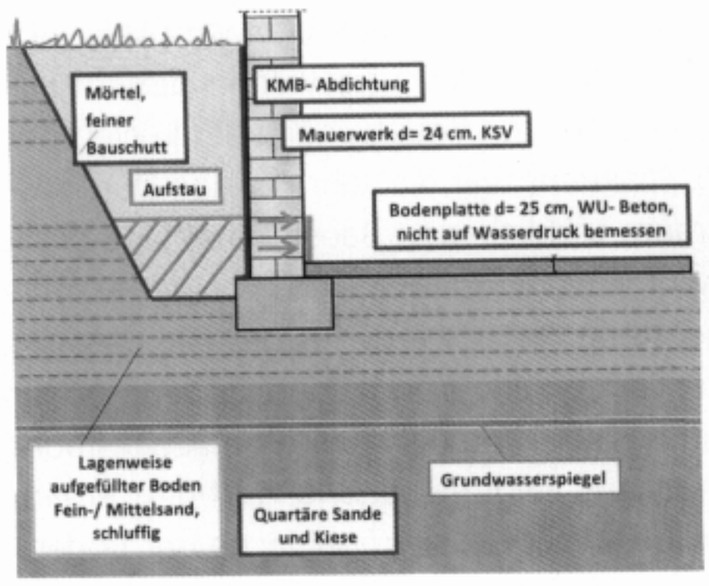

Abb. 11: Veranschaulichung der Schadensursache

Abb. 12: Eindringendes Stauwasser an der unteren Fensterfuge

5.2 Fallbeispiel 2

Das zweite Beispiel behandelt ein Einfamilienhaus in Rheinland-Pfalz, welches in Kiessanden mit einem k-Wert von ca. 10^{-3} bis 10^{-4} m/s gegründet worden ist. Im Untergeschoss des Hauses traten Feuchteschäden auf, wobei zeitweise Stauwasser über die untere Anschlussfuge der Kellerfenster in das Gebäudeinnere eintrat. Dieser Sachverhalt war lediglich auf der Gartenseite des Hauses zu beobachten.

Die geotechnischen Untersuchungen ergaben, dass für die Verfüllung der Arbeitsräume der sandig-kiesige Aushubboden, vermischt mit bindigem Boden der Decklage verwendet worden ist. Aufgrund des eingemischten Feinkornanteils bestanden im Füllboden einzelne gering durchlässige Horizonte, deren Durchlässigkeit zu k = 10^{-6} bis 10^{-7} m/s bestimmt wurde. Eingehende Felduntersuchungen mit Versickerungsversuchen und Simulation von Starkregenereignissen zeigten, dass in diesen Fällen kein schädlicher Wasseraufstau auftrat. Die dabei simulierte Regenspende betrug bis 600 l/(s·ha), was gemäß den Angaben des Deutschen Wetterdienstes (KOSTRA-Atlas) einem Starkregen mit einer Jährlichkeit von ca. 100 Jahren entspricht. Im Weiteren wurde die Infiltration auf 1.500 bis 5.000 l/(s·ha) gesteigert. Diese Spende entspricht dem, was der Hauseigentümer zeitweise zur Bewässerung seines Gartens aufbringt. Der in dieser Phase aufgebrachte Wassereintrag führte zu Stauwasser an der erdberührten Kellerwand und einem Wassereintrag an den Kellerfenstern (Abb. 12). Im Ergebnis war festzustellen, dass die in der Arbeitsraumverfüllung vorhandenen Stauhorizonte bei natürlicher Grundwasserneubildung bzw. üblichem Sickerwasservorkommen einschließlich Berücksichtigung von Starkregenereignissen zu keiner schädlichen Stauwasserbildung führen. Lediglich bei außergewöhnlich starkem Wassereintrag, der über die bei Starkregenereignissen möglichen Regenspenden hinausgeht, trat schädliches Stauwasser auf. Die Tatsache, dass die Feuchteschäden lediglich auf der bewässerten Gartenseite zu beobachten waren, bestätigte dieses Untersuchungsergebnis. Das Stauwasser wurde nur an der gartenseitigen Außenwand des Kellers beobachtet und trat ausschließlich an den Kellerfenstern in das Gebäude. Eine schädliche Stauwasserbildung mit Wassereintritten an der Fuge Bodenplatte zur aufgehenden Wand bzw. Stauwasser an der Unterfläche der Bodenplatte wurde nicht festgestellt. Vielmehr zeigte sich, dass die anfallenden Wässer unterhalb der im Arbeitsraum vorhandenen Stauhorizonte drucklos in den tieferen Untergrund absickern.

5.3 Fallbeispiel 3

Das Untergeschoss eines Wohnhauses in Nordrhein-Westfalen wurde mit einer sogenannten Weißen Wanne nach WU-Richtlinie [12] ausgestattet. Das Untergeschoss weist Lichtschächte und -höfe entsprechend Abb. 13 auf. Der Baugrund besteht aus einem Geschiebelehm/-mergel, also einem bindigen Boden mit einem Wasserdurchlässigkeitsbeiwert in der Größenordnung von k = 10^{-7} bis 10^{-8} m/s. Der Eigentümer und der von ihm eingeschaltete Sachverständige waren der Auffassung, dass aufgrund möglicher Stauhorizonte im Geschiebemergel der Bemessungswasserspiegel gemäß den Angaben in DIN 18533-1 in Geländehöhe anzusetzen sei. Die Lichtschächte und -höfe seien daher in die weiße Wanne druckwasserdicht zu integrieren. Dies wurde jedoch so nicht ausgeführt.

Im Zuge gerichtlicher Untersuchungen wurden auf dem Grundstück Sondierbohrungen ausgeführt. Diese bestätigten die bindige Beschaffenheit des Baugrunds und das Vorhandensein von temporären Stauhorizonten. Grundwasser wurde nicht angetroffen und steht nach den Angaben der zuständigen Behörden auch erst deutlich unter dem Niveau der Gründungssohle an. Nicht berücksichtigt wurde bei den gerichtlichen Untersuchungen, dass der Arbeitsraum mit einem gut durchlässigen Sand verfüllt worden ist (Abb. 14). Auch die gerichtlich veranlassten Sondierbohrungen waren außerhalb der Arbeitsräume angesetzt worden und hatten dementsprechend weder die Baugrundverhältnisse noch etwaige Stauwasservorkommen im Nahbereich des Hauses erfasst. Dieser Sachverhalt wurde vom Gerichtsgutachter nicht erkannt. Es wurde zunächst angenommen, dass aufgrund der Sandverfüllung der Arbeitsräume eine Stauwasserbildung an den erdberührten Gebäudewänden nicht möglich ist. Die durchgeführten rechnerischen Untersuchungen zeigen jedoch, dass das nach Regenereignissen absickernde Niederschlagswasser auf dem Geschiebelehm unterhalb der Gründungssohle temporär aufstaut. Die Aufstauhöhe beträgt jedoch im Allgemeinen nur wenige Millimeter und im ungünstigsten Fall nach Extremwetterlagen wenige Dezimeter. Bei diesen Betrachtungen wird berücksichtigt, dass die jährliche Niederschlagshöhe im Projektgebiet in der Größenordnung von 650 bis 800 mm liegt. Ein wesentlicher Anteil des Niederschlags läuft allerdings über die Geländeoberfläche ab, verdunstet oder wird von der Vegetation aufgenommen. Im jahreszeitlichen Mittel führt lediglich ca. 15 % bis 30 % der Niederschlagsmenge zur sogenannten Grundwasserneubildung. Die dabei anfallende Wassermenge sickert zeitverzögert selbst im wenig

Tab. 1: Theoretisch mögliche jährliche Versickerungsmengen in Abhängigkeit des k-Werts des Baugrunds

k-Wert in m/s	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}
Sickerwassermenge q in mm	315.360	31.536	3.154	315	32	3

Abb. 13: Lichtschacht/ Lichthof

durchlässigen Geschiebelehm vollständig in den tieferen Untergrund ab. Dieser Sachverhalt lässt sich rechnerisch nachweisen. Er wird insbesondere aber auch durch die Beobachtungen im Feld bestätigt, wonach das sich temporär einstellende Stauwasser im Laufe der Zeit wieder versickert. Bautechnisch gilt es lediglich die temporär mögliche Höhe von 2 bis 3 Dezimeter Stauwasser oberhalb des Geschiebelehms/-mergels zum Beispiel bei der Höhenlage der Fenster- und Türschwellen zu berücksichtigen.

Den beschriebenen Sachverhalt kann man mit einer einfachen Handrechnung in allgemeiner Form veranschaulichen. Für eine jährliche Regenspende von 700 mm und eine Grundwasserneubildungsrate von 25 % ist davon auszugehen, dass ca. $q = 700\ mm/a \cdot 0{,}25 = 180\ mm/a$ Sickerwasser anfällt, welches in den Boden einsickert. Geht man von der stark vereinfachenden Annahme aus, dass die Sickergeschwindigkeit v nach DARCY unter Berücksichtigung eines Schwerkraftgradienten von $i = 1$ mit $v = k \cdot i$ und die jährliche Sickerwassermenge mit $q = v \cdot T$ ($T = 1$ Jahr) abgeschätzt werden kann, ergeben sich in Abhängigkeit des k-Werts des Bodens die in der Tabelle 1 aufgeführten jährlichen Wassermengen, die der Baugrund überschlägig abführen kann. Es wird deutlich, dass bei k-Werten bis in eine Größenordnung von ca. 10^{-8} m/s der Baugrund die natürlichen, im Laufe des Jahres anfallenden Sickerwassermengen abführen kann. Ein temporärer Aufstau auf einer Baugrubensohle ist dann zwar möglich, nicht jedoch ein Anstieg der Stauwasserstände in der Arbeitsraumverfüllung bis zur Geländeoberfläche. Dieser Fall, der im Allgemeinen als »Badewanneneffekt« bezeichnet wird, ist ausschließlich bei tonigen Böden mit k-Werten $< 10^{-8}$ m/s zu erwarten.

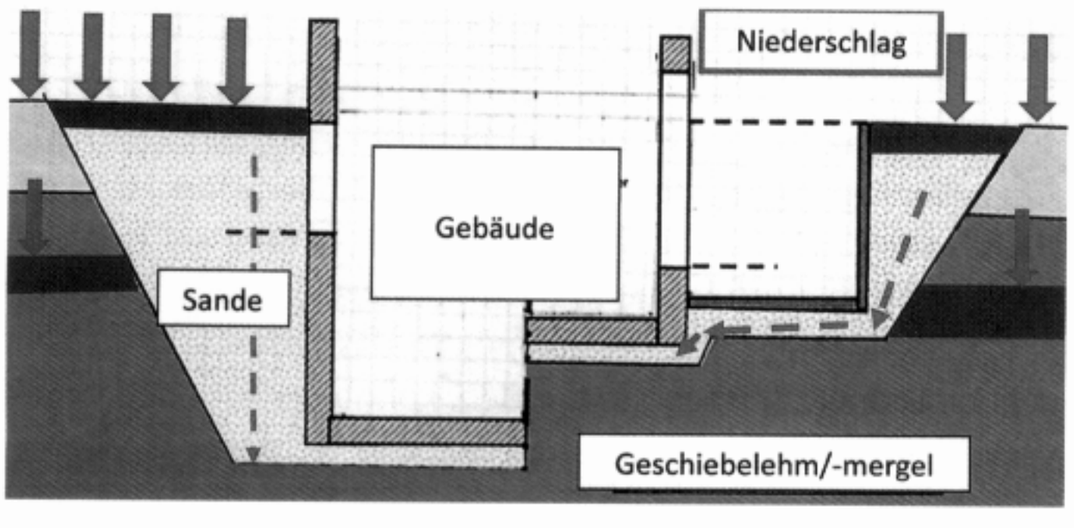

Abb. 14: Schematischer Querschnitt des Hauses mit Bodenschichten

5.4 Fallbeispiel 4

Ein Wohnhaus im Odenwald wurde in exponierter Hanglage errichtet. Das Baugrundstück befindet sich knapp unterhalb einer Geländekuppe. Als Baugrund steht ein Hanglehm mit einem Wasserdurchlässigkeitsbeiwert um $k = 10^{-8}$ m/s an. Der Grundwasserspiegel liegt mehrere Zehnermeter unter dem Gründungsniveau. Der Baugrundgutachter hatte Schichtenwasser als möglich erachtet und mit Verweis auf DIN 18533-1 empfohlen, den Bemessungswasserspiegel in Geländehöhe anzusetzen. Das Gebäude erhielt eine Dränanlage gemäß DIN 4095 und wurde für die Wassereinwirkung W1.2-E (Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser mit Dränung) abgedichtet.

Es kam zu Wassereintritten in das Gebäude, die Trocknungs- und Sanierungsarbeiten im Innenausbau erforderten. Die Untersuchung des Sachverhalts ergab, dass der anstehende Hanglehm ausgesprochen homogen und massig ausgebildet ist. Wasserführende Schichthorizonte sind nicht vorhanden; der Boden ist selbst nach längeren Niederschlagsperioden »trocken« (Abb. 15). Schichtenwasser und Stauwasserhorizonte können somit ausgeschlossen werden. Insofern ist die Dränanlage im gegenständlichen Projekt entbehrlich. Mit dem Ansatz von Stauwasser entsprechend den Empfehlungen der DIN 18533-1 sind den Bauherrn vermeidbare Kosten in nennenswerter Größenordnung entstanden. Allerdings wären die nicht notwendigen Kosten noch höher ausgefallen, wäre das Gebäude nicht mit einer Dränung geplant, sondern gegen Druckwasser und gegen Aufschwimmen dimensioniert worden.

Schadensursächlich war im vorliegenden Fall, dass die Notwendigkeit einer sicheren Abführung des nach Starkregen

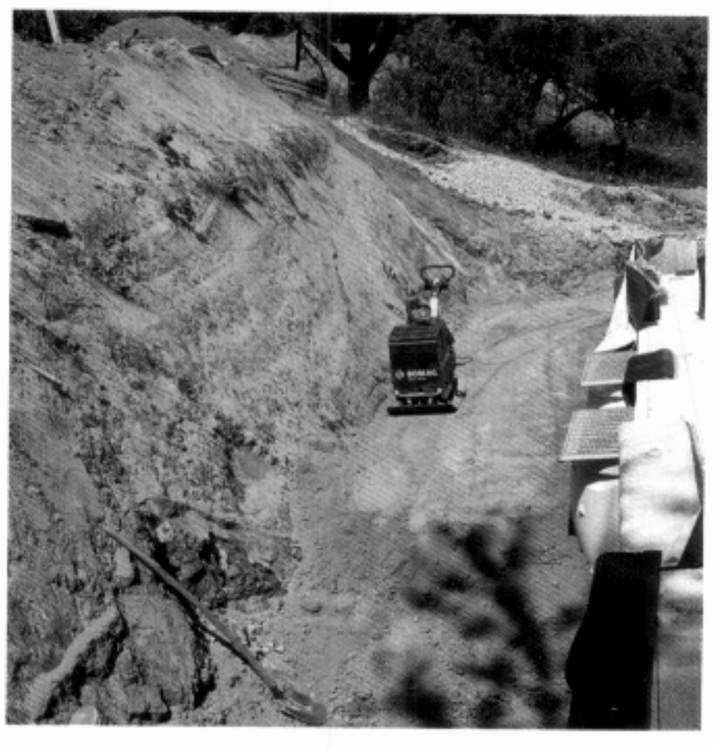

Abb. 15: Anstehender Hanglehm ohne Zwischenlagen und Schichtenwässer

Abb. 16: Fehlerhafte bauzeitliche Geländegestaltung mit Ausbildung eines ringartigen Grabens um das Gebäude herum

Abb. 17: Arbeitsraum der Baugrube ohne Hinweise auf temporäre Stauwasserbildung

anfallenden Oberflächenwassers in Planung und Ausführung unbeachtet geblieben ist. Vielmehr war bei unfertiger Geländegestaltung um das Haus herum eine Verwallung verblieben (Abb. 16). Das Hangwasser sammelte sich in der beckenartigen Vertiefung, staute bis über die Fußschwelle der auf der Talseite des Hauses vorhandenen Tür und drang dort in die Gebäudekonstruktion ein. Der Schaden war vorschnell auf eine angeblich mangelhafte Gebäudeabdichtung zurückgeführt worden. Tatsächlich waren es aber Fehler in der bauzeitlichen Geländegestaltung, die zu dem Schaden führten.

5.5 Fallbeispiel 5

Der Baugrund an einem Wohnhaus im Hessen besteht aus einem Lössboden/Lösslehm. Der Wasserdurchlässigkeitsbeiwert wurde zu k= 10^{-5} bis 10^{-6} m/s ermittelt. Der Boden ist nach DIN 18130-1 [6] als durchlässig zu bezeichnen. Der Baugrundgutachter gab an, dass der Bemessungsgrundwasserspiegel deutlich unter der Gründungssohle liegt und ein Aufstau des Grundwassers bis zum Gebäude ausgeschlossen werden kann. Zur Abdichtung der erdberührten Gebäudeflächen bestehen unterschiedliche Auffassungen. Vom Gerichtsgutachter wird die Meinung vertreten, dass der Bemessungswasserstand gemäß DIN 18533-1 in Geländehöhe anzusetzen sei. Da einzelne Stauwasserhorizonte bei einer Verwendung des Aushubbodens zur Arbeitsraumverfüllung nicht ausgeschlossen werden können, sollten die Bauwerkswände gegen die Wassereinwirkungsklasse W2.1E abgedichtet werden. Eine Reduzierung der Wassereinwirkungsklasse auf W1.2-E in Verbindung mit dem Bau einer Dränung sei nicht zu realisieren, da eine Ableitung der Dränwässer in die kommunale Entwässerung nicht genehmigungsfähig und eine Versickerung der Wässer im anstehenden Baugrund technisch nicht möglich sei. Die Einschätzung zur Versickerungsfähigkeit trifft nicht zu. Bei k-Werten in der o. g. Größenordnung ist nach DWA-A 138-1 [13] selbst eine Anlage zur Versickerung von Dachflächenwässern möglich. Dieser Sachverhalt wird durch die Beobachtung vor Ort bestätigt, wonach in dem zwischenzeitlich streitbedingt seit einigen Jahren offenstehenden Arbeitsraum zu keinem Zeitpunkt ein Wasseraufstau zu beobachten war (Abb. 17). Daraus lässt sich jedoch auch ableiten, dass eine technische Bauwerksdränung (Ringdrän) bei entsprechender Wahl des Verfüllmaterials nicht erforderlich ist.

5.6 Fallbeispiel 6

Ein villenartiges Gebäude in Bayern wurde in einem bindigen Baugrund gegründet. Eine Baugrunduntersuchung war in der Planungsphase nicht ausgeführt worden. Spätere Prüfungen zeigten, dass als natürlicher Baugrund heterogene tonige Schluffe mit sandigen und teilweise kiesigen Beimengungen anstehen. Der k-Wert dieser Böden schwankt in weiten Grenzen zwischen $5 \cdot 10^{-6}$ und $1 \cdot 10^{-10}$ m/s. Mehrheitlich beträgt er ca. 10^{-8} m/s. Der Grundwasserspiegel steht stets deutlich unter der Bauwerkssohle an.

Die Planung sah vor, dass unter der Bodenplatte eine 10 cm dicke Lage aus Kiessanden (Schottertragschicht) angeordnet wird. Eine Dränanlage wurde nicht geplant, aber von der Baufirma ausgeführt. Nach Fertigstellung des Rohbaus wurde die Ausführung der Dränungen bemängelt. Bauwerksschäden, wie z. B. Durchfeuchtungen, waren allerdings nicht vorhanden und wurden auch in den folgenden ca. 10 Jahren eines Rechtsstreits nicht beobachtet. Als kritisch wurde insbesondere beurteilt, dass unter der Bodenplatte kein Sohldrän gemäß den Beispielen der DIN 4095, Bilder 3 und 4 eingebaut worden ist. Ein nachträglicher Einbau des Sohldräns war nach Auffassung der Beteiligten mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand nicht möglich. Vom Gerichtsgutachter wurden daraufhin ein Rückbau des gesamten Hauses und ein kompletter Neuaufbau empfohlen.

Die weiteren Untersuchungen zeigten, dass im Wanddrän kein merkliches Wasser anfiel. Der Ringdrän hatte seit seinem Bau zu keinem Zeitpunkt Wasser geführt. Bauteilöffnungen in der Bodenplatte ergaben, dass die dort vorhandene Schottertragschicht »trocken« war. Hinweise auf eine zumindest zeitweise vorhandene Wasserführung wurden nicht festgestellt. Das Ergebnis der Untersuchungen, wonach die in der Sohle geforderte Dränschicht entbehrlich ist, stimmt auch mit der Angabe im Abschnitt 5.4 (Dränanlagen unter Bodenplatten) der DIN 4095 überein, wo es in der Anmerkung 2 heißt, dass bei sehr schwach bzw. schwach durchlässigem Baugrund der Flächendrän entfallen kann. Die Feststellungen führten dazu, dass der diskutierte Rückbau des Hauses verworfen wurde. Die Maßnahmen konnte auf eine ordnungsgemäße Ausführung des Wanddräns und des Ringdräns beschränkt werden. Mit der Erkenntnis, dass insgesamt nur sehr geringe Dränwassermengen anfallen, konnte eine Ableitung und Versickerung auf dem Grundstück realisiert werden.

Literatur

[1] Zöller, M.; Hilliges, R.; Krajewski, W.; Odenwald, B.: Wassereinwirkungen im Baugrund nach E DIN 4095-1, Teil 1: Grundlagen zu Wasser im Baugrund, wasserrechtliche und wasserwirtschaftliche Randbedingungen, Wassereinwirkung in Sockelbereichen von Bauwerken. Der Bausachverständige, 19(2023) Nr. 3, S. 10-15

[2] DIN 4095:1990-06 Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung

[3] DIN 18533-1:2017-07 Abdichtung von erdberührten Bauteilen –Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze

[4] DIN 4095-1:2023-03 Entwurf – Baugrund, Dränung zum Schutz baulicher Anlagen, Teil 1: Begriffe und Wassereinwirkungen

[5] Odenwald, B., Letzelter, S.; Maier, D.: Stauwasser nach künftiger DIN 4095-1: (seltene) Ausnahme von der Regel? In: Aachener Bausachverständigentage 2021. Untersuchen – Instandsetzen – Modernisieren: Teil 2. Aachen: AIBau, 2021, S. 227-252

[6] DIN 18130-1:1998-05 Baugrund, Untersuchung von Bodenproben. Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts. Teil 1: Laborversuche (zurückgezogen)

[7] Krajewski, W.; Odenwald, B.: Grundwasser, Sickerwasser, Stauwasser? Wassereinwirkungen auf erdberührte Bauwerksflächen. Der Bauschaden 9(2021), Nr. 50, S. 47-53

[8] Odenwald, B.; Letzelter, S.: Hochwasser- und Starkregeneinfluss auf erdberührte Gebäudeteilen: Bundesverband Feuchte & Altbausanierung e.V. (Hrsg.): Mängel – Schäden – Prävention. Tagungsband der 32. Hanseatischen Sanierungstage, 13.-15. Oktober 2022. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag. 2022, S. 59-76

[9] Maier, D.; Montenegro, H.; Odenwald, B.: Robustness and efficiency of iteration schemes for variably saturated flow across the range of soils, initial and boundary conditions found in practice. Computational Geosciences 27 (2023). URL: https://doi.org/10.1007/s10596-023-10230-5 [Zugriff: 19.09.2023]

[10] Casulli, V.; Zanolli, P.: A nested newton-type algorithm for finite volume methods solving Richards' equation in mixed form. SIAM Journal on Scientific Computing 32(2010), Nr. 4, S. 2255-2273

[11] DIN EN 1990:2021-10 Eurocode Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002 + A1:2005 + A1:2005/AC:2010

[12] DAfStb Wasserundurchlässige Bauwerke:2017-12

[13] DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (Hrsg.): Arbeitsblatt DWA-A 138-01 »Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser«

Die Autoren

Dr.-Ing. Bernhard Odenwald

Dr.-Ing. Bernhard Odenwald, Karlsruhe, ist seit 2003 Leiter des Referats Grundwasser in der Abteilung Geotechnik der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) in Karlsruhe. Das Referat erarbeitet u. a. Gutachten zur Beurteilung der Grundwassereinwirkungen bei Neubau und Grundinstandsetzung von Wasserbauwerken der Bundeswasserstraßen und konzipiert Maßnahmen zur Reduzierung von Grundwasserbeanspruchungen (z. B. Dränanlagen). Dr. Odenwald ist Autor zahlreicher Fachveröffentlichungen und Hauptautor des Kapitels »Grundwasserströmung – Grundwasserhaltung« des Grundbau- Taschenbuchs. Er ist Mitglied mehrerer Normenausschüsse und stellvertretender Obmann des DIN-AA zur Überarbeitung der DIN 4095.

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Krajewski

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Krajewski, Roßdorf/Darmstadt, ist langjährig im Geotechnischen Consulting als Geschäftsführer und Projektleiter tätig. Im Jahr 1996 erhielt er die Berufung zum Professor für Geotechnik, Tunnelbau und Umwelttechnik an der Hochschule Darmstadt. Prof. Krajewski ist vereidigter und öffentlich bestellter Sachverständiger für Erd-, Grund- und Felsbau sowie für Bauschäden infolge geotechnischer Ursachen. Weiterhin ist er langjähriger Prüfsachverständiger für Geotechnik der Ingenieurkammern und des VPI sowie anerkannter Gutachter des Eisenbahnbundesamts.

Prof. Matthias Zöller, Dipl.-Ing. Architekt

Prof. Matthias Zöller, Aachen / Neustadt an der Weinstraße, ist Honorarprofessor für Bauschadensfragen am KIT (Universität Karlsruhe), Dipl.-Ing. Architekt und ö.b.u.v. Sachverständiger für Schäden an Gebäuden. Am Aachener Institut für Bauschadensforschung und angewandte Bauphysik (AIBau gGmbH) leitet er die Bauschadensforschung und die Aachener Bausachverständigentage. Er arbeitet in Arbeitsausschüssen zu DIN 18531 und DIN 18533 Abdichtungstechniken, DIN 4095 Wassereinwirkungen im Baugrund und Gebäudedränung mit und hat an DIN 18534 für Innenraumabdichtungen sowie am »UBA-Schimmelleitfaden« mitgearbeitet. Er ist Autor von Fachveröffentlichungen und jeweils Mitherausgeber der »IBR Immobilien- & Baurecht«, der »Baurechtlichen und –technischen Themensammlung« und des »Handbuch für Bausachverständige«.

© Barbara Gandenheimer

Prof. Dr.-Ing. Rita Hilliges

Prof. Dr.-Ing. Rita Hilliges, Augsburg, ist Professorin für Wasserwirtschaft und Umwelttechnik an der Technischen Hochschule Augsburg. Sie ist Mitglied im Arbeitsausschuss zur DIN 4095 »Wassereinwirkungen im Baugrund und Gebäudedränung«. Seit 2018 bearbeitet sie mit ihrem Team ein Forschungsvorhaben des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz StMUV zum zukünftigen Umgang mit Dränwasser.

Wolfram Steinhäuser

Verlegung von Oberbelägen auf Treppen

Eine Herausforderung für Sachverständige, Planer und Handwerker

Die Gestaltung von Treppen wird vornehmlich durch das Bauordnungsrecht der Bundesländer geregelt. Eine Zusammenfassung aller baulichen Regelungen für die Treppenausbildung bietet die DGUV Information 208-005 Treppen (früher BGI/GUV-I 561) [1]. Das Bauordnungsrecht der Länder wird durch betriebsbezogene Regelungen des Arbeitsstättenrechts des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales ergänzt. Diese Regelungen sind in den letzten Jahren verschärft worden, da Sturzunfälle, die sich auf Treppen ereignen, eine Spitzenposition im Unfallgeschehen einnehmen. Die Sturzunfälle auf Treppen sind auf Ausrutschen, Stolpern oder Fehltreten zurückzuführen. So stürzen jedes Jahr über 600 000 Personen auf Treppen. An den Folgen eines Treppensturzes versterben laut Statistischem Bundesamt jährlich ca. 1000 Personen. Nach der Unfallstatistik der gewerblichen Berufsgenossenschaften ereignen sich allein im gewerblichen Bereich etwa 36 000 Treppenunfälle pro Jahr, davon etwa 800 mit bleibenden Körperschäden. Vor diesem Hintergrund stellt die Sanierung und das Belegen, aber auch der Neubau von Treppen sowohl den Planer als auch den Handwerker immer wieder vor Herausforderungen.

Die hauptsächlichen Unfallursachen aufgrund baulicher Mängel lassen sich in folgenden Punkten zusammenfassen:

- Ungleichmäßige Steigung von Stufe zu Stufe (Störung des Gangrhythmus),
- zu geringe Auftrittsfläche der Stufen,
- unzureichende Rutschhemmung der Auftrittsfläche,
- ungeeignete Treppenkantenprofile,
- schlechte Erkennbarkeit der Stufen,
- fehlende oder falsch angebrachte Handläufe.

Auch wenn es vielleicht auf den ersten Blick nicht so aussieht, Planer, Boden- und Parkettleger haben im Neubau, aber besonders bei der Renovierung und Sanierung von Treppen einen großen Einfluss auf eventuelle spätere Unfallgefahren. Für fehlende oder falsch angebrachte Handläufe sind sie natürlich nicht zuständig, aber alle anderen Punkte betreffen ihre Arbeiten. Dazu die folgenden grundsätzlichen Erläuterungen und Hinweise:

Stufenabmessungen: Für ein sicheres Gehen auf Treppen sind ausreichend große, ebene und tragende Auftrittsflächen in gleichmäßigen, mit dem Schrittmaß übereinstimmenden Abständen zwingende Voraussetzung. Als Beziehung zwischen Schrittlänge, Auftritt und Steigung gilt für Treppen die Schrittmaßformel:

Auftritt + 2 x Steigung = 62 cm +/- 3 cm

Die Schrittmaßformel ist sicherheitstechnisch anwendbar, wenn Auftritte zwischen 32 cm und 26 cm sowie Steigungen zwischen 14 cm und 19 cm gewährleistet sind. Wenn an den bestehenden Treppen unterschiedliche Steigungen und Auftritte festgestellt werden, müssen diese Unterschiede durch Baumaßnahmen ausgeglichen werden.

Rutschgefahr: Grundsätzlich müssen die Auftrittsoberflächen rutschhemmend sein. Die Klassifizierung und Bewertung der Rutschgefahr von Treppen hat gemäß der GUV-Regel »Fußböden in Arbeitsräumen und Arbeitsbereichen mit Rutschgefahr« (BGR/GUV-R 181) zu erfolgen. Die Auftrittsflächen sollten in Gebäuden mindestens einer Rutschhemmung der Bewertungsgruppe R 9 aufweisen. In Bereichen, in denen aufgrund der Nutzung mit gleitfördernden Stoffen zu rechnen ist (beispielsweise Öl, Fette, Nässe, Staub, Abfälle), sind je nach Art und Menge des Stoffs höhere Bewertungsgruppen (R 10 bis R 13) erforderlich. Die rutschhemmende Wirkung der Auftrittsflächen darf durch die Reinigung und Pflege nicht beeinträchtigt werden. Deshalb sollten beispielsweise spezielle Pflegemaßnahmen oder Feuchtreinigung von Treppen, die bis zum vollständigen Abtrocknen Glättebildung verursachen können, außerhalb der Hauptnutzungszeiten ausgeführt werden. Falls das nicht möglich ist, muss auf die Glättebildung hingewiesen werden. Aber auch unser Schuhwerk hat hier eine große Bedeutung. Nähere Informationen enthält das Merkblatt »Sichere Schuhe im Einzelhandel« (M 90) [2]. Zu beachten ist auch die neue DIN EN 16165 [3] vom Februar 2023 Bestimmung der Rutschhemmung von Fußböden – Ermittlungsverfahren. Dieses Dokument legt Prüfverfahren zur Bestimmung der Rutschhemmung von Oberflächen fest, die von Fußgängern benutzt werden.

Treppenkantenprofile: Beschädigte Treppenkantenprofile müssen unverzüglich gegen neue ausgetauscht werden. Dabei sind die Kantenprofile grundsätzlich bündig mit der Stufenoberfläche zu verlegen. Gerundete Stufenvorderkanten sollten Ausrundungen mit Radien >2 mm und <10 mm besitzen, um Stürze infolge eines Hängenbleibens der Schuhsohle an der Kante oder das Abrutschen von der Kante zu verhindern. Kleinere Kanten können aufgrund ihrer Scharfkantigkeit zum »Hängenbleiben« mit der Schuhsohle und somit zu schweren Verletzungen im Falle eines Sturzes führen. Bei größeren Kantenradien hinge-