

Aktuelle Entwicklungen zur Finalisierung der zweiten Generation des Eurocode 7

Dr.-Ing. Stefan Weihrauch, Grundbauingenieure Steinfeld und Partner, Beratende Ingenieure mbB, Hamburg

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Christian Moormann, Universität Stuttgart, Institut für Geotechnik, Stuttgart

Dr.-Ing. Robert-B. Wudtke, wudtke geotechnik – Ingenieurbüro, Weimar

Prof. Dr.-Ing. Norbert Vogt, TU München, Zentrum Geotechnik, Lübeck

Die derzeit gültige erste Generation des Eurocode 7 wird seit 2011 überarbeitet und weiterentwickelt. Die zweite Generation, die aus drei Teilen bestehen wird, soll 2024 veröffentlicht werden. Für den neuen Eurocode 7, der neue Regelungen u. a. zu Baugrundverbesserungen, Vernagelungen und zum Bauen mit Geokunststoffen enthalten wird, liegen inzwischen weitgehend konsolidierte Entwürfe vor, zu denen noch 2022 das sogenannte 'Formal Enquiry' stattfinden wird. In dem vorliegenden Beitrag wird über jüngste Entwicklungen auf dem Weg zur Finalisierung der zweiten Generation des Eurocode 7 und über Auswirkungen für die nationale Bemessungspraxis berichtet, wobei der Schwerpunkt auf den bemessungsrelevanten Teilen 1: Allgemeine Regeln und 3: Geotechnische Bauten liegt.

1 Einleitung

DIN 4020:2010-12 veröffentlicht.

1.1 Aktuelle Situation

Die zentrale Norm für die geotechnische Bearbeitung von Projekten in Deutschland ist aktuell der Eurocode 7 (EC 7), DIN EN 1997 in der Fassung von September 2009 mit dem Titel: "Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik" und den zwei Teilen:

- Teil 1: Allgemeine Regeln
- Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds.

Zu beiden Teilen bestehen Nationale Anhänge, in denen sogenannte NDPs: National Determined Parameters, festgelegt sind, wobei im EC 7 die Stellen klar geregelt sind, an denen NDPs verwendet werden dürfen. Die europäischen Normen für das Bauwesen dürfen außerdem um nicht konkurrierende und nicht widersprechende nationale Regeln ergänzt werden. Dazu wurden in Deutschland zum Teil 1 die Ergänzungsnorm DIN 1054:2010-12: „Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“ und zum Teil 2 die Ergänzungsnorm

Die europäische Norm, der zugehörige Nationale Anhang und die Ergänzungsnorm wurden für beide Teile jeweils in einem so genannten Normenhandbuch zusammengeschoben, um das parallele Arbeiten mit mehreren Dokumenten zu vermeiden.

DIN 1054 ist gemeinsam mit DIN EN 1997-1 in allen Bundesländern bauaufsichtlich eingeführt. Sie verweist zudem auf nachgeordnete Normen: Berechnung von Gründungen, Gründungselemente, Gründungsverfahren und Empfehlungen der DGGT wie EAU, EAB, EAP etc., die damit bauaufsichtliche Verbindlichkeit erhalten. DIN 4020 und DIN EN 1997-2 wurden bauaufsichtlich nicht eingeführt. Die Einführungserrlässe für DIN 1054 machen jedoch die Regeln der DIN 4020 durch folgenden Hinweis verbindlich: "DIN 1054 nimmt wiederholt Bezug auf Ergebnisse von Baugrunduntersuchungen, die den Anforderungen der Norm DIN 4020 genügen. Diese müssen vor der konstruktiven Bearbeitung der baulichen Anlage vorliegen". Jeder Tragwerksplaner muss danach eine konkrete Baugrunduntersuchung als Basis seiner Arbeit verwenden und kann diese bei seinem Auftraggeber einfordern. Die bautechnische Prüfung von Bauun-



terlagen, die ohne Grundlage einer Baugrunduntersuchung erstellt wurden, muss von vornherein abgelehnt werden.

In EC 7-1 und EC 7-2 sind Anhänge enthalten, für die z.T. national entschieden werden kann, ob sie informativ oder normativ sein sollen. Damit wird es möglich, informative Anhänge durch nationale Regelungstexte zu den in derartigen Anhängen behandelten Themen zu ersetzen.

1.2 Fortschreibung der aktuellen Normung

Für alle Normen wird regelmäßig in mehrjährigen Abständen entschieden, ob sie beibehalten, überarbeitet oder ersetzt werden sollen. Das für die europäischen Entwurfsnormen des Bauwesens zuständige technische Komitee TC 250 hat auch für den EC 7 eine intensive Überarbeitung als Grundlage für eine zweite Generation beschlossen. Seit 2011 wird daher im Sub-Committee SC 7 daran gearbeitet. Zunächst wurden zu 14 Themen so genannte Evolution Groups gebildet, in denen thematisch geordnet neue Eckpunkte festgelegt und Inhalte perspektivisch diskutiert wurden. In diesem Kontext wurde festgestellt, dass im Vergleich zur ersten Generation des EC 7 u. a. die Themen 'Numerical models', 'Reinforced soil', 'Seismic design' und 'Ground Improvement' zukünftig integriert werden sollten. Mit dem Mandat M/515 der europäischen Kommission wurde 2014 beschlossen, die „Evolution of Next Generation of Eurocodes“ zu betreiben und zu finanzieren. Dabei wurden die Harmonisierung der unterschiedlichen nationalen Regelungen mit Verminderung von NDPs und die einfache Handhabung des Regelwerkes neben der Transparenz der Regeln für die Zuverlässigkeit als besondere Anforderungen hervorgehoben. Der EC 7 der zweiten Generation sollte zudem in 3 Teilen neu gegliedert werden:

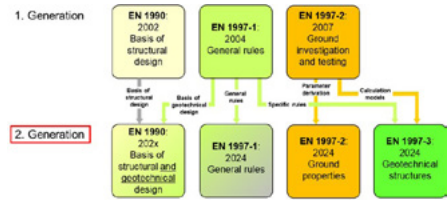


Abbildung 1-1: Neue Gliederung des EC 7

- Teil 1: General Rules / Allgemeine Regeln
- Teil 2: Ground properties / Bodeneigenschaften
- Teil 3: Geotechnical structures / Geotechnische Bauten

Für die konkrete Erarbeitung der neuen Norm wurden dementsprechend drei *Working Groups* gebildet, innerhalb denen in *Task Groups* Diskussionen von Experten strukturiert wurden und in *Project Teams* der Text des Codes erarbeitet wurde. Eine große Zahl der Experten kam dabei aus Deutschland. Bei der Auswahl der Mitarbeiter und Leiter in den *Project Teams* wurde auf eine ausgeglichene Repräsentanz der Nationen und Regionen geachtet. Nachdem eine erste Gesamfassung der drei Teile des EC 7 im Jahr 2020 als Entwurf vorlag, wurden die *Task Groups* neu strukturiert. Dabei steht im Vordergrund, dass die Anwendbarkeit der neuen Norm gesichert werden kann, im Vergleich zur Vorfassung keine unerwünschten Konsequenzen entstehen und die Norm in allen beteiligten Nationen Akzeptanz finden kann. Alle neuen *Task Groups* haben die Möglichkeit, sogenannte *Change Requests (CRs)* zu formulieren, um den Entwurfsstand vom November 2021 zu optimieren. Die *Change Requests* müssen nachvollziehbar begründet werden, klare neue Formulierungsvorschläge enthalten und in den international besetzten Gruppen fachlichen Konsens finden. Eine Gruppe, in der jede beteiligte Nation einen Vertreter entsendet, entscheidet über die Annahme oder Ablehnung der *CRs*, wobei die Erreichung konsensueller Entscheidungen ohne *Veto-Ansagen* angestrebt wird. Eine kleine Gruppe kümmert sich um die redaktionelle Umsetzung unter Beachtung der CEN-Regeln für die Erarbeitung von Normen. Zum 01.10.2022 soll ein aktualisierter Entwurf vorliegen, der dann in einer 'Formal Enquiry' von al-

len beteiligten Nationen letztmalig fachlich bis zum 22.12.2022 kommentiert werden kann. Nach Berücksichtigung dieser Kommentare wird dann ein letzter Entwurf im Sommer 2024 zum 'Formal Vote' verteilt. Ziel ist es, dass dieser Normenstand dann mit großer Mehrheit von allen Nationen bestätigt und danach europaweit veröffentlicht wird.

2 EN 1997-1:2024 'General rules'

2.1 Grundsätzliche Festlegungen

EN 1997 (kurz: EC 7) basiert auf EN 1990 (*Basis of structural and geotechnical design*) (Bond et al. 2019a) und steht neben den primär materialbezogenen Eurocodes (EC 2: Beton, EC 3: Stahl, EC 5: Holz, EC 6: Mauerwerk) sowie dem EC 8: Erdbebenwiderstand.

EC 7 setzt Prinzipien und Anforderungen hinsichtlich Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit, Robustheit und Dauerhaftigkeit von geotechnischen Bauten. Für alle Eurocodes wird vorausgesetzt, dass sie von angemessen qualifiziertem und erfahrenem Personal, definiert in EN 1990, Annex B4 angewendet werden.

2.2 Wichtige Begriffe

- **zone of influence:** Sie beschreibt die Ausdehnung des Bereiches, der in der Umgebung von geotechnischen Bauten Einfluss auf die Struktur nimmt und von der Struktur beeinflusst wird. Bei der Baugrunduntersuchung muss diese zone of influence erkundet werden.
- **geotechnical design model:** Geotechnische Überlegungen und Nachweise beruhen auf Modellen. Ein GDM enthält zunächst geometrische Beschreibungen der Ausdehnung und Lage von Bereichen des Baugrunds (Homogenbereiche), verbunden mit der Beschreibung der Eigenschaften und den Parametern von Stoffmodellen und beschreibt auch die Grundwassersituation. Modelle müssen verifiziert und validiert werden, auch dafür werden im EC 7 Anforderungen gestellt.

- **Verification Case (VC):** Die auf eine Konstruktion einwirkende Last oder Beanspruchung wird je nach betrachteter Bemessungssituation mit unterschiedlichen Teilsicherheitsbeiwerten verknüpft. Die VCs, früher Design Case (DC) genannt, und die zugehörigen Teilsicherheitsbeiwerte sind in EN 1990 definiert:

Design Case 1 (DC 1/VC 1) is used both for structural and geotechnical design.

Design Case 2 (DC2/VC2) is used for the combined verification of strength and static equilibrium, when the structure is sensitive to variations in permanent action arising from a single-source. Values of γ_F are taken from columns (a) or (b), whichever gives the less favourable outcome.

Design Case 3 (DC3/VC3) is typically used for the design of slopes and embankments, spread foundations, and gravity retaining structures. See EN 1997 for details.

Design Case 4 (DC4/VC4) is typically used for the design of transversally loaded piles and embedded gravity retaining walls and (in some countries) gravity retaining structures. See EN 1997 for details.

Bei VC 1 wird unterschieden, ob eine Einwirkung günstig oder ungünstig wirkt, was mit verschiedenen Teilsicherheitsbeiwerten verknüpft ist. Beispielsweise wird bei Anwendung von VC 1 bei einem Grundbruchnachweis eine ständige Vertikallast mit dem Teilsicherheitsbeiwert von 1,35 multipliziert. Wirkt gleichzeitig eine veränderliche horizontale Einwirkung, die mit 1,5 zu multiplizieren ist, ist die ständige vertikale Einwirkung mit 1,0 als Teilsicherheitsbeiwert zu multiplizieren, was die Lastneigung und die Exzentrizität stark beeinflusst. Bei Anwendung von VC 4 wird dagegen die variable horizontale Einwirkung mit einem 1,1-fach höheren Teilsicherheitsbeiwert beaufschlagt als die günstige ständige vertikale Einwirkung, was gegenüber VC 1 die maßgebende Exzentrizität und Lastneigung der Bemessungsbeanspruchung in der Fundamentsohle und im Ergebnis die Fundamentabmessung vermindert.



- **values of ground properties:** hier wird zwischen derived values, characteristic values, representative values, design values and best estimate values unterschieden. Ein **derived value** ist ein Wert, der aus Theorie, Korrelation oder Testergebnissen ermittelt wurde. Ein **nominal value** ist dagegen ein Wert, der mit gesundem Ingenieurverstand auf der sicheren Seite liegend vorsichtig abgeschätzt wird. Bei einem **characteristic value** liegt der Wertermittlung eine statistische Untersuchung zu Grunde und er entspricht in der Regel einem 5 %- oder 95 %-Fraktilwert. Aus einem charakteristischen oder nominalen Wert wird ein **repräsentative value** gebildet, wobei eine Multiplikation mit einem Konversionsfaktor vorgenommen wird, mit dem z. B. Alterungseffekte berücksichtigt werden können. Dem Design-Ingenieur ist freigestellt, ob er dem repräsentativen Wert einen charakteristischen oder einen nominalen Wert zu Grunde legt. Durch Multiplikation mit einem Teilsicherheitsbeiwert wird aus dem repräsentativen Wert der **design value** gebildet. Mit einem **best estimate value of a ground property:** wird ein Wert bezeichnet, der den tatsächlichen Wert mit höchster Wahrscheinlichkeit trifft (z. B. aus Rückrechnungen und mit dem Ziel, möglichst zutreffende Verformungen zu ermitteln).
- Bei **Grundwasserdruck** ist ebenfalls zwischen repräsentativen Werten und Bemessungswerten zu unterscheiden. Der in Deutschland häufig verwendete „Bemessungswasserspiegel“ mit typischen Jährlichkeiten zwischen 50 und 200 Jahren für den Fall, dass ausreichend lange Messreihen herangezogen werden können, oder andernfalls ein mit den Verantwortlichen abgestimmter vorsichtiger Schätzwert bewirkt einen repräsentativen Wasserdruck. Für die Festlegung des Bemessungswerts des Wasserdrucks sind daraus folgend drei Alternativen vorgesehen:
 - direkte Festlegung
 - Festlegung eines Zuschlags zum repräsentativen Wert der piezometrischen Druckhöhe
 - Anwendung eines Teilsicherheitsbeiwertes auf den Druck oder auf die Auswirkungen des Wasserdrucks.
Einwirkungen aus Wasser werden in Abschnitt

6.1.3.2 von EN 1990 behandelt, und der EC 7-1 Abschnitt 6 nimmt darauf Bezug. Dabei wird eine Unterscheidung in permanente, variable und accidentale Einwirkungen empfohlen. Es werden für besondere Betrachtungen hinsichtlich von Lastkombinationen und Verformungen auch Angaben für den zeitlich variablen Wasserdruckanteil $Q_{w,k}$, $Q_{w,comb}$ und $Q_{w,req}$ gemacht. Bei Jährlichkeiten über 1000 und im Falle des Versagens technischer Einrichtungen zur Wasserdruckbegrenzung kann der Fall „accidental“ angewandt werden.

2.3 Basis of design (Grundlage von Entwürfen)

2.3.1 Geotechnical reliability (Zuverlässigkeit)

Die Zuverlässigkeit geotechnischer Konstruktionen nach transparenten Kriterien sicherzustellen, ist eine im europäischen Mandat verankerte zentrale Aufgabe des EC 7, der dazu verschiedene Kriterien vorgibt.

- Alle geotechnischen Konstruktionen sollen **Geotechnical Complexity Classes (GCC)** zugeordnet werden, womit die Unsicherheit und Variabilität hinsichtlich der Baugrundverhältnisse und der Sensibilität bezüglich von (Grund-)Wasser, sowie Komplexität der Boden-Bauwerk- Interaktion bewertet werden.
- Außerdem fordert EN 1990 eine Zuordnung zu **Consequence Classes (CC)**, womit die Bedeutung der Konstruktionen im Fall eines Versagens erfasst wird. Die CC wirkt sich mit einem Faktor k_f auf die Teilsicherheitswerte für Einwirkungen aus. Die Faktoren k_f sind NDP und es ist vorgesehen, sie in Deutschland auf den Wert 1 zu setzen.
- Aus der Kombination von GCC und CC ergibt sich eine Zuordnung zur **Geotechnical Category (GC)**, die aber auch durch unmittelbarere Zuordnung (siehe Tabelle DIN 1054/4020) ermittelt werden kann. Die GC hat Auswirkungen auf die Erkundung und das Qualitätsmanagement von Entwurf und Ausführung

2.3.2 Allgemeine Anforderungen

Ohne besonders große Regelungstiefe werden Anforderungen gestellt an:

- **Robustness:** Forderung nach Duktilität; Vermeidung großer Schäden durch verhältnismäßig kleine und unplanmäßige Zusatzeinwirkungen oder durch Toleranzüberschreitungen
- **Dauerhaftigkeit:** insbesondere infolge Einwirkungen aus der Umgebung und Umwelt
- **Nachhaltigkeit:** Ressourcenschonung, Lebenszyklusbetrachtung, Recycling
- **Qualitätsmanagement:** Regelung hinsichtlich Kontrollen, Prüfungen, z.T. in Abhängigkeit von der Geotechnischen Kategorie durch Festlegung von
 - Design Qualification and Experience Level
 - Design Check Level
 - Inspection Level
- Validierung des Geotechnischen Design Models sowie aller Informationen aus dem Geotechnical Investigation Report (GIR) und der Nachweis-Modelle

2.3.3 Basic variables; Actions, Influences, Material properties

- **Actions:** Berücksichtigung permanenter und variabler **Einwirkungen**, von cyclic and dynamic actions sowie accidental actions
- **Influences:** Es sind auch Einflüsse zu berücksichtigen, die keine unmittelbaren Einwirkungen darstellen, z. B. aus Klima, Grundwasserschwankungen, Hohlräumen, chemischem Angriff, biologischer Aktivität
- **Material and Product Properties:** Regelungen zu repräsentativen Eigenschaften, charakteristischen Werten (mit Anhang A zu statistischen Grundlagen dazu), nominalen und best-estimate Werten

2.3.4 Mögliche Nachweise der Standsicherheit

Um mit dem geotechnischen Entwurf die Standsicherheit geotechnischer Konstruktionen nachzuweisen, sind mehrere Methoden im EC 7 verankert.

Bei der **Methode der Partialsicherheitsbeiwerte**

werden Grenzzustandsnachweise geführt. Sie zeigen, dass Einwirkungen oder Beanspruchungen, welche mit Teilsicherheitsbeiwerten erhöht werden, kleiner sind als Widerstände, die mit Teilsicherheitsbeiwerten vermindert werden bzw. mit reduzierten Materialkennwerten errechnet werden.

Eine weitere Möglichkeit ist, die Einhaltung von **prescriptive rules** nachzuweisen, z. B. durch Anwendung von Tabellen, wie sie in Deutschland für zulässige Sohldruckspannungen verwendet werden.

Auch **by testing** kann gezeigt werden, dass ein Bauteil oder ein Bauwerk nicht versagt, wie dies z. B. Pfahlprobebelastungen üblich ist.

Nachweise **by the Observational Method** erfordern eine Bauausführung mit messtechnischer Begleitung. Dabei wird der Bauablauf schrittweise gestaltet und nach jedem Schritt geprüft, ob die Messwerte im vorher errechneten Bereich verbleiben. Sobald festgestellt wird, dass Warnwerte oder Grenzwerte erreicht oder überschritten werden, wird der Bauablauf derart angepasst, dass im weiteren Verlauf die Messwerte im vorher als zulässig nachgewiesenen Bereich verbleiben. Die Anwendung der Beobachtungsmethode setzt ein duktileres Verhalten des Systems voraus, bei dem genügend Puffer für die Anpassung der Bauverfahren bleibt, wenn dies aufgrund bedenklicher Messwerte erforderlich ist, und plötzliches Versagen ohne messbare Vorankündigung ausgeschlossen ist. Mögliche angepasste Bauverfahren und messbare Auswirkungen im Baugrund oder der geotechnischen Konstruktion, z. B. Verformungen, Kräfte oder Spannungen mit zugehörigen Erwartungs- und Grenzwerten müssen vor der Bauausführung mit Anwendung der Beobachtungsmethode detailliert geplant werden.

2.3.5 Limit states

Clause 8 beschäftigt sich mit den **Grenzzuständen des Versagens**, die teilweise hier nur aufgelistet und später in Teil 3 des EC 7 detailliert behandelt



werden. Nachweise gegen den Verlust des vertikalen Gleichgewichts und hydraulische Versagensarten werden jedoch an dieser Stelle des Teils 1 geregelt. Der auch in EN 1990 geforderte Nachweis gegen „failure due to **excessive deformations of the ground**“ ist in Deutschland aktuell nicht als solcher in den Regelwerken erfasst. Es geht darum auszuschließen, dass ein Bauwerk dadurch versagt, dass der Baugrund unverträglich große Verformungen erfährt, sei es durch die Belastung des Bauwerks selbst oder durch benachbarte Einwirkungen. Dabei geht es nicht um Baugrundversagen. Mit der Regelung soll sichergestellt werden, dass ein Einsturz unterirdischer Hohlräume, der Kollaps von entsprechend strukturierten Böden wie z. B. Löss, Baugrundverflüssigung, oder Verformungen durch chemische Umwandlungen wie bei Anhydrit nicht zu Bauwerksversagen führen. Zur Diskussion steht aber auch, die Baugrundverformungen infolge von um Teilsicherheitsbeiwerte erhöhte Einwirkungen aus dem Bauwerk selbst als unschädlich nachzuweisen. Gegenüber dem Gebrauchstauglichkeitsnachweis, dass Verformungen des Baugrunds infolge der repräsentativen Bauwerksbelastungen im verträglichen Rahmen bleiben, stellt der Nachweis gegen *excessive deformations* ein deutlich vorsichtigeres Vorgehen dar. Statt einen Nachweis zu führen, wird es häufig zielführend sein, durch Baugrundverbesserung oder konstruktive Maßnahmen exzessive Verformungen auszuschließen.

Beim Nachweis gegen „loss of rotational equilibrium“ geht es z. B. um das **Kippen** eines Turmfundamentes auf hartem Fels, in dem kein Baugrundversagen gibt, aber eine klare Kippkante angenommen werden kann. In nachgiebigem Boden muss ein Umkippen dadurch verhindert werden, dass kein Grundbruch unter exzentrischer, geneigter Einwirkung auftritt.

Der Nachweis gegen den Verlust des vertikalen Gleichgewichts infolge von **Auftrieb** gilt nicht nur für hohle Baukörper, sondern auch für undurchlässigen Baugrund, unterhalb dessen Wasserdruck führender durchlässiger Baugrund ansteht. Hier ist ein Vergleich destabilisierender Auftriebskräfte mit

stabilisierenden Eigengewichts- und Reibungskräften, aber auch mit Bauteilwiderständen z. B. durch Anker zu führen.

Die geforderten und geregelten Nachweise gegen **hydraulisches Versagen** erfassen den hydraulischen Grundbruch sowie internal erosion and piping. Das Nachweisformat beim hydraulischen Grundbruch ist etwas anders, als es bisher gebräuchlich war, die Ergebnisse und Konsequenzen ändern sich aber nicht.

Die Regelungen gegen Versagen infolge **zyklischer Einwirkungen** enthalten nur Hinweise auf zu berücksichtigende Phänomene aber keine zu führenden Nachweise.

Den **numerischen Verfahren**, die inzwischen eine überragende Bedeutung bei Nachweisen in der Geotechnik aufweisen, wird ausführliche Beachtung gegeben. Im Hinblick auf Standsicherheitsnachweise sind hier zwei Nachweisverfahren von Bedeutung, der Material Factor Approach (MFA) und der Effect Factor Approach (EFA). Beim MFA wird gezeigt, dass auch mit um Teilsicherheitsbeiwerte abgeminderten Materialparametern der Festigkeit noch ein Gleichgewicht möglich ist. Beim EFA werden um mit Teilsicherheitsbeiwerten erhöhte Beanspruchungen mit um mit Teilsicherheitsbeiwerten verminderte Widerstände im Bauteil oder im Baugrund verglichen. Der EC 7 fordert im Regelfall, dass beide Nachweisverfahren angewendet werden und das ungünstigere Ergebnis zu berücksichtigen ist, aktuell wird aber darüber im SC 7 darüber diskutiert, hier nationale Freiräume zu belassen.

In clause 9 werden die **Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit** behandelt. Verformungen des Baugrunds unter Gründungen werden weiterhin ohne Berücksichtigung von Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkungen oder für Baugrundsteifigkeiten ermittelt. Die Kriterien zur Überprüfung, welche Verformungen verträglich sind, sind neuerdings in EN 1990 geregelt, nicht mehr im EC 7. Auch hydraulische Aspekte der Gebrauchstauglichkeit sollen erfasst werden.

2.3.6 Implementation of design, testing, reporting

Diese Themen sind in EN 1997-1 in den clauses 10 bis 12 geregelt. Es wird die Wichtigkeit unterstrichen, die für den geotechnischen Entwurf wichtigen Aspekte, Voraussetzungen und Erkenntnisse in die Phase der Bauausführung zu übertragen. Supervision (Aufsicht und Kontrolle), Inspection (Überprüfung) und Monitoring (Überwachung) sind die Werkzeuge dafür. Auch die Maintenance (Wartung) während der Nutzungszeit des geotechnischen Bauwerks gehört in diesen Zusammenhang. Es verwundert, dass die genannten Aktivitäten nur im EC 7 behandelt werden, nicht aber in den materialbezogenen europäischen Baunormen.

Testing muss regelkonform geplant und ausgewertet werden. Es kann dazu dienen, Baugrundparameter zu ermitteln, die Ausführbarkeit des Entwurfs, den Widerstand geotechnischer Konstruktionen gegen Einwirkungen und die erreichte Qualität zu überprüfen.

Das **Reporting** dient der Transparenz und Nachprüfbarkeit. Wer schreibt, der bleibt. EC 7 legt wesentliche Punkte fest, die im Ground Investigation Report (GIR), dem Geotechnical Design Report (GDR), dem Geotechnical Construction Report (GCR) und für Tests dokumentiert werden müssen. Hier werden Anforderungen festgelegt, nicht (nur) Empfehlungen gegeben. Ein Dokument, in dem bautechnische Folgerungen und Empfehlungen auf der Grundlage der festgestellten Baugrundverhältnisse festgehalten werden und der die Basis für den GDR bildet, wird im EC 7 nicht behandelt. Aus Sicht der Autoren gehen die Anforderungen zum Reporting teilweise über das grundsätzlich richtige Ziel, den Entwurf, die Berechnungen und die Bemessung in der Geotechnik mit nachvollziehbarer hoher Qualität zu gestalten, und zugunsten von Sicherheit und Wirtschaftlichkeit geotechnischer Maßnahmen hinaus.

3 EN 1997-2:2024 'Ground properties'

3.1 Inhalt und Gliederung

Die neue Version der EN 1997-2:2024 trägt den Titel „Ground properties“ (Bodeneigenschaften). Die Änderung des Titels, vormals „ground investigation“ (Baugrunduntersuchung), ist mit einer Neuordnung der inhaltlichen Struktur des Dokumentes verbunden. Diese ist auf die für den Baugrund wesentlichen Parameter fokussiert.

Im Detail hat die Neufassung der EN 1997-2:2024 die folgende Struktur:

- 1 Scope
- 2 Normative references
- 3 Terms, definitions, and symbols
- 4 Ground Model
- 5 Ground investigation
- 6 Description and classification of the ground
- 7 State, physical, and chemical properties
- 8 Strength
- 9 Stiffness, compressibility and consolidation
- 10 Cyclic, dynamic, and seismic properties
- 11 Groundwater and geohydraulic properties
- 12 Geothermal properties
- 13 Reporting

Die neue Struktur des Dokumentes kann in die Themenkomplexe **Grundlagen und Erkundung** (Abschnitte 1 bis 5), **Parameterbestimmung** (Abschnitte 6 bis 12) und **Bericht** (Abschnitt 13) verallgemeinert werden.

Die Einbindung und Bedeutung der EN 1997-2:2024 als Grundlagenbeschaffer für die Bemessung geotechnischer Bauwerke, erläutert in den Bemessungsregeln der EN 1997-1:2024 und den geotechnischen Anwendungen in EN 1997-3:2024, bleibt erhalten.



3.2 Neuerungen in EN 1997-2

Die EN 1997-2:2024 stellt als Ziel der Baugrunduntersuchung die Erstellung des Baugrundmodells ins Zentrum. Im gleichnamigen Kapitel 4 sind zudem die wesentlichen Informationen zu den abgeleiteten Werten, als Übergabeinformation für die geotechnische Bemessung, zusammengefasst.

Die Randbedingungen zur Durchführung von Baugrunduntersuchungen sind in Kapitel 5 enthalten. Hierzu zählen alle Informationen zu den verschiedenen Phasen und Arten geotechnischer Untersuchungen sowie die Mindestanforderungen an Baugrunduntersuchungen. Für Bauwerke der Geotechnischen Kategorie 2 (GK2) werden Zahlenwerte zur bauwerkspezifischen Mindestdichte von Erkundungsstellen genannt. Weiterführende Informationen zu mindestens erforderlichen Erkundungstiefen sind ebenfalls bauwerksbezogen in EN 1997-3:2024 enthalten.

In den Kapiteln 6 bis 12 sind für unterschiedliche Arten von geotechnischen Parametern die wesentlichen Informationen zusammengefasst. Grundsätzlich zählen hierzu die Anforderungen an die Probengewinnung, einsetzbare Versuchsmethoden und Informationen zur Auswertung.

Die Abschnitte 6 bis 12 sind gemäß der Häufigkeit der Verwendung der Parameter bei der Erstellung des Baugrundmodells sowie bei der Verwendung im Zuge der geotechnischen Bemessung geordnet. Themen wie Klassifizierung des Baugrundes, Zustandseigenschaften sowie physikalische und chemische Baugrundeigenschaften sind voran gestellt. Es folgen die Festigkeits- und Verformungseigenschaften sowie die Eigenschaften bei dynamischer, zyklischer und seismischer Beanspruchung des Baugrundes. Den Abschluss bilden die hydraulischen und die thermodynamischen Baugrundeigenschaften.

In allen Kapiteln wurden die Informationen zur Untersuchung und Parameterbestimmung an Festgestein gestärkt.

Im abschließenden Kapitel 13 werden die wesentlichen Bedingungen zur Erstellung des Geotechnischen Berichtes (GIR) formuliert. Diese stehen grundsätzlich im Zusammenhang zum gleichnamigen Kapitel der EN 1997-1:2024.

4 EN 1997-3:2024 *‘Geotechnical structures’*

4.1 Inhalt und Gliederung

Der neue Teil 3 des Eurocode 7 trägt den Titel *‘Geotechnical structures’* und wurde im Wesentlichen aus den bisherigen Kapiteln 5 bis 12 des bestehenden EN 1997-1 entwickelt, wobei die bisherigen Regelungen grundlegend überarbeitet und ergänzt wurden (Bond et al. 2019b). Zusätzlich wurden vier Kapitel vollständig neu erarbeitet, die erstmals im Regelungsbereich des Eurocode 7 die Bemessungsaufgaben *‘Reinforced fill structures’*, *‘Ground reinforcing structures’*, *‘Ground improvement’* und *‘Groundwater control’* umfänglich abdecken.

Die Struktur des EN 1997-3:2024 wird 12 Kapitel (*‘Clauses’*) umfassen, die sich entsprechend Tabelle 4-1 gliedern. Tabelle 4-1 verdeutlicht ferner, wie die Kapitel des aktuellen EN 1997-1, also der bestehenden 1. Generation in den neuen Teil 3 überführt wurden. Aus dem aktuellen EN 1997-2 wurden die Berechnungsverfahren (z. B. für Pfähle auf Basis von CPT-Sondierungen) ebenfalls in den neuen EN 1997-3 integriert.

EN 1997-3:2024		EN 1997-1:2004
1	Scope	–
2	Normative references	–
3	Terms, definitions, and symbols	–
4	Slopes, cuttings, and embankments	11 ‘Overall Stability’ und 12 ‘Embankments’
5	Spread foundations	6 ‘Spread Foundations’
6	Piled foundations	7 ‘Pile Foundations’
7	Retaining structures	9 ‘Retaining Structures’
8	Anchors	8 ‘Anchorage’s’
9	Reinforced fill structures	neu (Abs. 5.5 ‘Ground improvement & reinforcement’)
10	Ground reinforcing structures	neu
11	Ground improvement	neu (Abs. 5.5)
12	Groundwater control	neu (Abs. 5.4 ‘Dewatering’)
Annexes A-G (zu Clauses 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 11)		

Tabelle 4-1: Struktur des neuen EN 1997-3:2024 im Abgleich mit dem bestehenden EN 1997-1:2004.

Im Sinne der Benutzerfreundlichkeit (‘Ease of use’) wurde für die Kapitel 4 bis 11 des neuen EN 1997-3 eine einheitliche Struktur, d.h. eine einheitliche Gliederung der Abschnitte gewählt, die der Struktur des neuen EN 1997-1 folgt und in Tabelle 4.2 dargestellt ist.

Gliederung der Kapitel 4-11 des EN 1997-3:2024	
x.1	Scope and field of application
x.2	Basis of design
x.3	Materials
x.4	Groundwater
x.5	Geotechnical analysis
x.6	Ultimate limit states
x.7	Serviceability limit states
x.8	Implementation of design
x.9	Testing
x.10	Reporting

Tabelle 4-2: Struktur des neuen EN 1997-3:2024.

In den neuen Abschnitten x.3 ‘Materials’ erfolgt primär ein Verweis auf EN 1997-2 ‘Ground properties’, es wird aber auch auf durch andere ECs bisher nicht abgedeckte materialspezifische Regelungen z.B. zu Geokunststoffen, Suspensionen, Mörtel, etc. verwiesen.

In dem ebenfalls neuen Abschnitten x.4 ‘Groundwater’ wird primär auf die Regelungen in EN 1997-1, Kapitel 6, verwiesen, die in EN 1997-3 um wenige zusätzliche Regelungen für spezifische Anwendungen bei den einzelnen geotechnischen Konstruktionen ergänzt werden.

In dem Abschnitt x.5 ‘Geotechnical analysis’ jedes Kapitels werden die Rechenmodelle und Berechnungsansätze spezifiziert, die den Anspruch haben, im europäischen Maßstab weit verbreitet und allgemein akzeptiert zu sein. Teils stammen diese Berechnungsansätze aus den Anhängen des aktuellen Eurocode 7 Teil 1 und 2, teils sind diese neu. Ein Beispiel ist der für Flachgründungen relevante Abschnitt 5.5, der jetzt u.a. Formeln für die Ermittlung des Grundbruch- und Gleitwiderstandes enthält. Ein zweites Beispiel ist der für Stützbauwerke relevante Abschnitt 7.5, in dem man nun einen Ansatz für die Ermittlung des aktiven Erddrucks findet. Die Eingangsparameter finden sich in beiden Fällen in den jeweils maßgeblichen Anhängen des



EN 1997-3, durch möglichen Ersatz dieser Anhänge können diese national festgelegt werden, so wie dies in Deutschland in diesem Fall mit den Normen DIN 4017 für den Grundbruch und DIN 4085 für den Erddruck der Fall ist und bleiben wird.

In den Abschnitten 6 ‘*Ultimate Limit States*’ aller Kapitel des Teils 3 werden für jede Anwendung die zu betrachtenden Nachweise sowie für jeden Nachweis die maßgebenden Nachweiskombinationen, d.h. der maßgebende *Verification Case* und das zugehörige Nachweisformat (*RFA/MFA*) sowie für den *Resistance Factor Approach* die Teilsicherheitsbeiwerte für die geotechnischen Widerstände spezifiziert. Das Vorgehen für Nachweise im Grenz- zustand der Tragfähigkeit kann damit wie folgt zusammenfasst werden: Im EN 1990 werden sowohl die *Consequence Classes* (mit *Consequence Factors* K_F/K_M) als auch die Teilsicherheitsbeiwerte γ_F/γ_E auf Einwirkungen und Beanspruchungen für die *Verification Cases* VC1 bis VC4 definiert und zwar auch für die geotechnischen Nachweise. In EN 1997-1 finden sich dann die Teilsicherheitsbeiwerte γ_M (M1/M2) auf die Materialkennwerte, während im EN 1997-3 die Definition des Nachweisformat für jede Anwendung/Struktur sowie die Teilsicherheitsbeiwerte γ_R für die Widerstände spezifiziert werden (Estaire et al. 2019). Analoges gilt für die Abschnitte x.7 ‘*Serviceability limit states*’.

Die neuen Abschnitte x.8 ‘*Implementation of design*’ widmen sich der Übertragung der Bemessung in die Ausführung, wobei hier primär auf die Ausführungsnormen des Spezialtiefbaus (TC 288) verwiesen wird und ergänzende Regelungen zu ‘*Inspection, Monitoring and Maintenance*’ aufgenommen wurden.

Die neuen Abschnitte x.9 ‘*Testing*’ sind insbesondere für die Kapitel 6 ‘*Pile foundations*’, 8 ‘*Anchors*’, 11 ‘*Ground Improvement*’ relevant und beinhalten u.a. Verweise auf Ausführungsnormen für Anker- und Pfahlprobelastungen (EN ISO 22477).

In den neuen Abschnitten x.10 ‘*Reporting*’ erfolgt primär ein Verweis auf die Regelungen in EN 1997-1, Kapitel 12, die um wenige zusätzliche Regelungen für spezifische Anwendungen ergänzt werden.

4.2 Neuerungen in EN 1997-3

Nachfolgend sollen einige ausgewählte wesentliche Änderungen und Neuerungen in EN 1997-3 gegenüber der bestehenden EN 1997-1 exemplarisch vorgestellt und erläutert werden.

Clause 4: ‘Spread foundations’

Für die Bemessung von Flachgründungen wurden detailliertere Regelungen und Formeln für die Ermittlung des Grundbruchwiderstands und des Gleitwiderstands aufgenommen. Die Nachweisformate für exzentrisch belastete Fundamente wurden modifiziert. Beim Grundbruchnachweis spielt im vorhandenen EC 7 das Nachweisverfahren DA 2* eine besondere Rolle. Damit war es möglich, die Lastneigung und Exzentrizität mit charakteristischen Werten der Einwirkungen zu ermitteln. Eine ähnliche Sonderregel ist im neuen EC 7 nicht vorgesehen, allerdings kommt der *Verification Case* VC 4 dem Ansatz DA 2* recht nah. Es konnte mit Hilfe von deutschen CR erreicht werden, dass bei geringen Lastneigungen von $H/V < 0,2$ beim Grundbruchnachweis VC 4 verwendet werden darf. Näheres zum Thema der Lastneigung beim Grundbruchnachweis in diesem Zusammenhang findet sich bei Schuppener et al (2020).

Clause 6: ‘Piled foundations’

Das Kapitel für die Pfahlgründungen wurde umfassend überarbeitet (Moormann 2016a). Ergänzende Regelungen finden sich u.a. bezüglich der Einwirkung auf Pfähle aus Bodenverformungen, wobei die Vorgaben für die Ermittlung der negativen Mantelreibung weitgehend den bestehenden Empfehlungen der ‘EA-Pfähle’ entsprechen (Moormann 2016b).

Während sich die aktuelle Fassung des Kapitels 6 im EN 1997-1 ausschließlich mit der Bemessung von Einzelpfählen beschäftigt (Moormann 2018), werden in der Revision konsequent Pfahlgruppen und Kombinierte Pfahl-Plattengründungen (KPP) gleichberechtigt behandelt, d.h. Anforderungen an die Berechnung spezifiziert und ein Nachweisformat formuliert. Damit werden KPPs zukünftig gleichberechtigt zu Flach- und Pfahlgründungen normativ im EC 7 geregelt.

Harmonisiert werden konnte auch das Nachweisformat für Pfähle. Danach wird jetzt in Europa einheitlich für axial beanspruchte Pfähle der *Resistance Factor Approach* genutzt, so wie dies u.a. in Deutschland schon immer Usus war (Moormann 2016b), während für lateral beanspruchte Pfähle im Regelfall der *Material Factor Approach* anzuwenden ist.

Clause 9: ‘Reinforced fill structures’

Das neu erstellte Kapitel 9 regelt erstmalig die Nachweisformate und Berechnungsmodelle für alle Arten von bewehrten Konstruktionen, zu denen in Analogie zur EBGEO bewehrte Stützkonstruktionen, Dämme mit einer Basisbewehrung (z.B. auf wenig tragfähigem Untergrund), die Bewehrung oberflächennaher geschichteter Systeme und bewehrte Erdkörper über punktförmigen Traggliedern oder auch Sicherung vor Erdenbrüchen zählen. Dabei werden Bewehrungen aus Geokunststoffen und Stahl berücksichtigt.

Clause 10: ‘Ground reinforcing structures’

In dem neu entwickelten Kapitel 10 finden sich insbesondere Regelungen für die Bemessung von Bodenvernagelungen, die bisher weder in EC 7 noch auf nationaler Ebene normativ geregelt sind. Während frühere Entwürfe sich nur auf die Elemente solcher Systeme wie Boden- und Felsnägel und das *Facing* wie Spritzbetonschale, Netze o.ä. bezog, wurde das Kapitel zuletzt dahingehend überarbeitet und fortentwickelt, dass auf dieser Basis Bodenvernagelungen als integrale Konstruktionen ganzheitlich bemessen werden können.

Clause 11: ‘Ground improvement’

Das Kapitel 11 ‘*Ground Improvement*’ ist ebenfalls vollständig neu. Nach viele Jahre währenden Diskussionen, wie Baugrundverbesserungen im Hinblick auf die Vielzahl von verschiedenen Verfahrenstechniken und Anwendungen überhaupt strukturiert in eine europäische Bemessungsnorm aufgenommen werden können, hat man sich letztlich dafür entschieden, eine Klassifikation nach den Bemessungsansätzen vorzunehmen. Es erfolgt daher eine grundlegende Unterscheidung in ‘*Diffused Ground Improvement*’ (‘*Family A*’), bei denen der verbesserte Baugrund mit seinen veränderten Eigenschaften weiterhin als Kontinuum betrachtet werden kann, und ‘*Discrete Ground Improvement*’ (‘*Family B*’), bei denen diskret wirkende Elemente im Baugrund berücksichtigt werden, die eine deutlich höhere Steifigkeit bzw. Scherfestigkeit gegenüber dem umgebenden Baugrund besitzen (Tabelle 4-3). Insbesondere die Abgrenzungskriterien und Bemessungsansätze für Baugrundverbesserungen des Typs B11 ‘*Discrete ground improvement with rigid inclusions*’ waren dabei Gegenstand intensiver Diskussionen. Letztlich ist es aber gelungen, für alle Klassen von Baugrundverbesserungen Ansätze für die Bemessung wie auch für die Nachweisformate im EN 1997-3 zu etablieren.

Class	Family	
	A – Diffused	B – Discrete
I	<p><u>A1 – Diffused with no unconfined compressive strength</u> <i>The improved ground has an increased shear strength higher than that of the original ground. The improved ground can be modelled as a ground with improved properties.</i></p>	<p><u>B1 – Discrete with non-rigid inclusions</u> <i>Inclusions, installed in the ground, with higher shear capacity and stiffness compared to the surrounding ground. The unconfined compressive strength of the inclusion is not measurable.</i></p>



Class	Family	
	A – Diffused	B – Discrete
II	<u>All – Ground improvement zone with unconfined compressive strength</u> <i>The improved ground is modified from its' original natural state, has a measurable unconfined compressive strength and is significantly stiffer than the surrounding ground. Usually, it comprises a composite of a binder and ground.</i>	<u>BI1 – Discrete with rigid inclusions</u> <i>Rigid inclusions, installed in the ground, with unconfined compressive strength significantly stiffer than the surrounding ground. The inclusions can be an engineered material such as timber, concrete/ grout or steel or a composite of a binder and ground.</i>

Tabelle 4-3: Klassifikation von Baugrundverbesserungen nach EN 1997-3:2024, Clause 11.

Clause 12: 'Groundwater control'

Das neue Kapitel 12 befasst sich mit allen Formen von 'Groundwater control', i.e. Grundwasserhaltungsmaßnahmen, künstliche Dichtelemente etc. Die Regelungen haben dabei eher den Charakter allgemeiner Empfehlungen, denn konkreter Bemessungsvorgaben, so dass dieses Kapitel nur bedingt überzeugend ist.

Literaturverzeichnis

Bond, A.J., Formichi, P., Spehl, P., van Seters, A.J. (2019a). *Tomorrow's geotechnical toolbox: EN 1990:202x Basis of structural and geotechnical design*. Proc. 17th ECSMGE, Reykjavik, Iceland

Bond, A.J., Jenner, C., Moormann, Ch. 2019b. *Tomorrow's geotechnical toolbox: EN 1997-3:202x Ground Structures*. Proc. 17th ECSMGE, Reykjavik 2019, Iceland

Estaire, J., Arroyo, M., Scarpelli, G., Bond, A.J. (2019). *Tomorrow's geotechnical toolbox: Design of geotechnical structures to EN 1997:202x*. Proc. 17th ECSMGE 2019, Reykjavik, Iceland

Franzén, G., Arroyo, M., Lees, A., Kavvas, M., van Seters, A.J., Walter, H., Bond, A.J. 2019. *Tomorrow's geotechnical toolbox: EN 1997-1:202x General rules*. Proc. 17th ECSMGE 2019, Reykjavik, Iceland

Moormann, Ch. (2016a): *Design of piles according to Eurocode 7 – Expected evolutions*. ISSMGE-ETC3 Int. Symp. on Design of Piles in Europe. Leuven, Belgium, Volume I, 15-28

Moormann, Ch. (2016b): *Design of piles – German practice*. ISSMGE-ETC3 Int. Symp. on Design of Piles in Europe. Leuven, Belgium, Volume I: National Reports, 161-190

Moormann, Ch. (2018): *Pile Design and Execution according to European Codes*. SAICE Geotechnical Division, Proc. of Workshop 'Design of Piles according to EA-Pfähle (EC 7-1)'. 23-24 October 2018, Johannesburg, South Africa

Norbury, D., Arroyo, M., Foti, S., Garin, H., Reiffsteck, P., Bond, A.J. (2019). *Tomorrow's geotechnical toolbox: EN 1997-2:202x Ground investigation*. Proc. 17th ECSMGE 2019, Reykjavik, Iceland, ISBN 978-9935-9436-1-3.

Schuppener, B., Vogt, N., Ziegler, M. (2020): *Neue Konzepte im Entwurf der EN 1997-1 „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Proceedings of TAE: 12. Kolloquium für Bauen in Boden und Fels, Esslingen, edited by H. Schad and C. Vogt, 13-19*