

Gelbdruck DIN 1054 „Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau“

Die Entwicklung der Erd- und Grundbaunormen von der GruSiBau bis zur neuen DIN 1054

Die neue DIN 1054 ist Teil der neuen deutschen Normengeneration für den konstruktiven Ingenieurbau, die noch vor der endgültigen Einführung der europäischen Normen als Übergangslösung vorgesehen ist. Anders als die DIN 1054 aus dem Jahre 1976, die sich nur mit Gründungen befasste, ist die neue DIN 1054 eine Grundlagennorm für sämtliche Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau. Mit ihrer Einführung wird neben der inhaltlichen auch eine erhebliche formale Umgestaltung des bisherigen Normenwerks für den Grundbau verbunden sein. Die Erarbeitung des Gelbdruckes und die Behandlung der Einsprüche war mit vielen Schwierigkeiten verbunden. Es zeichnet sich – wie der folgende Beitrag zeigt – nunmehr aber ab, dass bei der Vorbereitung des Weißdruckes auch die letzten Meinungsverschiedenheiten aus dem Weg geräumt werden können.

*Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil.
Dr.- Ing. E.h. Anton Weissenbach*



studierte von 1948 bis 1954 Bauingenieurwesen an der TH München, war 23 Jahre in verantwortlichen Funktionen bei der Baubehörde Hamburg im U-Bahn- und S-Bahn-Bau tätig; 1962 promovierte er an der TH Hannover, 1970 folgte die Habilitation. 1982 übernahm er den Lehrstuhl „Baugrund-Grundbau“ der Universität Dortmund;

seit vielen Jahren ist er Obmann des Arbeitskreises „Baugruben“ und Obmann bzw. Mitglied in mehreren NABau-Arbeitsausschüssen; 2001 ehrte ihn die Universität Kassel mit der Ehrenpromotion.

1 Einführung

1.1 Gemeinsame Entwicklung

Der Gelbdruck der neuen DIN 1054 auf der Grundlage des Teilsicherheitskonzeptes hat eine lange Vorgeschichte (Abb. 1). Sie begann 1981 mit den „Grundlagen zur Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Anlagen“, abgekürzt „GruSi-Bau“. Es folgte 1987 der Model Code EC 7 „Gründungen“ und 1990 der Entwurf „EC 7, Geotechnik“.

Im Sinne des ursprünglichen probabilistischen Sicherheitskonzeptes waren die Teilsicherheitsbeiwerte auf die Bodenkenngrößen Reibungswinkel und Kohäsion anzuwenden. Bei der Bemessung von Bauteilen wurde dieser Fall später als „Fall C“ bezeichnet.

Parallel zum EC 7 wurde vom NABau-Arbeitsausschuß „Sicherheit im Erd- und Grundbau“ eine deutsche Version erarbeitet und ebenfalls im Jahr 1990 in Form der DIN 1054 (Blaudruck) als Diskussionsgrundlage veröffentlicht.

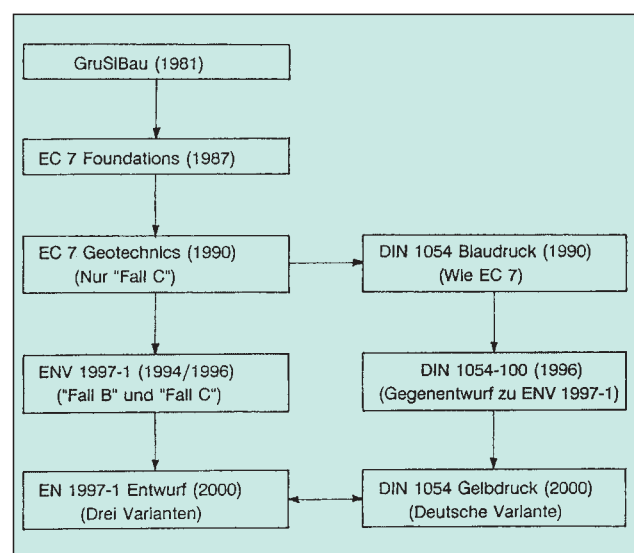


Abb. 1: Entwicklung des Teilsicherheitskonzeptes im Erd- und Grundbau

1.2 Getrennte Weiterentwicklung

Nach der Veröffentlichung der beiden Entwürfe war es möglich, die Bedenken gegen das zugrunde liegende Konzept in Vorträgen und Veröffentlichungen der Fachöffentlichkeit vorzutragen und mit Nachdruck in die laufenden Beratungen einzubringen.

Insbesondere ging es dabei um die Ermittlung der geotechnisch bedingten Abmessungen von Gründungskörpern oder Stützwänden und um die Ermittlung der Beanspruchungen von geotechnischen Bauwerken und ihrer Einzelteile.

Die Folge dieser Einwände war, daß 1996 zwei weiterentwickelte, aber unterschiedliche Konzepte veröffentlicht wurden:

- a) Im EC 7, nach dem Übergang in die Hände der Europäischen Normenorganisation (CEN) in zwischen ENV 1997-1 genannt, wurde zusätzlich der Nachweis „Fall B“ eingeführt.
- b) Die DIN 1054-100 stellte einen Gegenentwurf dar, bei dem die Teilsicherheitsbeiwerte nicht auf die charakteristische Scherfestigkeit angewendet wurden, sondern auf die mit der charakteristischen Scherfestigkeit ermittelten Größen, insbesondere auf Erddruck, Erdwiderstand und Grundbruchwiderstand.

1.3 Gegenseitige Abstimmung

Jetzt endlich begann eine sachliche Auseinandersetzung auf europäischer Ebene. Heute stehen wir bei folgender Entwicklungsstufe:

- a) Die Vornorm ENV 1997-1 ist auf dem Weg zur europäischen Norm EN 1997-1. Dazu einigte man sich darauf, ihr den Charakter einer Rahmennorm zu geben, innerhalb derer in begrenztem Umfang nationale Regelungen möglich sind. Im Zusammenhang mit der Bemessung von Bauteilen werden drei unterschiedliche Varianten zugelassen.
- b) Aus der DIN 1054-100 ist inzwischen der Gelbdruck der neuen DIN 1054 geworden. Er macht Gebrauch von den Möglichkeiten, welche uns von der zukünftigen EN 1997-1 eröffnet werden. Auch die vorhandenen Schwachstellen der DIN 1054-100 wurden aufgegriffen und beseitigt.

Der Entwurf der EN 1997 und der Gelbdruck DIN 1054 sind aufeinander abgestimmt. In formaler Hinsicht wird es keine Widersprüche zwischen EN 1997-1 und DIN 1054 geben. Die neue DIN 1054 nutzt allenfalls vorhandene Öffnungsklauseln und Ermessensspielräume.

1.4 Neue deutsche Normengeneration für den konstruktiven Ingenieurbau

Ein Jahrzehnt lang war die DIN 1054 nur ein Begleitpapier zum EC 7. Seit zwei Jahren ist sie Teil einer neuen nationalen Normengeneration für alle Gebiete des konstruktiven Ingenieurbaus, die noch vor der endgültigen Einführung der europäischen Normen eine Übergangslösung darstellen soll. Man hofft, damit

- das Teilsicherheitskonzept schneller in die Praxis umzusetzen,
- das Teilsicherheitskonzept leichter verständlich zu machen und
- zusätzliche Argumente für die bessere Gestaltung der europäischen Normen zu bekommen.

2 Neues Normenpaket für den Grundbau

2.1 Neue DIN 1054

Die bisherige und heute noch gültige DIN 1054 aus dem Jahre 1976 beschäftigt sich nur mit der zulässigen Belastung des Baugrundes. Die neue DIN 1054 dagegen wird, wie ihr Name sagt, alle Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau regeln. Sie ersetzt damit die entsprechenden Festlegungen in mehreren der bisherigen Normen. Sie übernimmt die Rolle einer Grundlagennorm, die lediglich noch durch eine Reihe von Spezialnormen, z.B. für die Ausführung und für die Berechnungsverfahren, ergänzt wird. Der Gelbdruck vom Dezember 2000 ist wie folgt gegliedert:

- 0 Vorwort
- 1 Anwendungsbereich
- 2 Verweisungen
- 3 Definitionen und Formelzeichen
- 4 Grundsätze für Sicherheitsnachweise
- 5 Baugrund
- 6 Einwirkungen, Beanspruchungen und Widerstände
- 7 Flach- und Flächengründungen
- 8 Pfahlgründungen
- 9 Verankerungen mit Verpreßankern
- 10 Stützbauwerke und im Boden eingebettete Bauwerke
- 11 Aufschwimmen und hydraulischer Grundbruch
- 12 Gesamtstandsicherheit

Die Abschnitte 1 bis 6 enthalten allgemeine Regelungen, die Abschnitte 7 bis 12 enthalten Angaben zu den einzelnen Anwendungsgebieten.

Hinzu kommen noch folgende Anhänge:

- Anhang A: Hinweise zur Festlegung charakteristischer Bodenkenngrößen nichtbindiger Böden anhand von Erfahrungswerten
- Anhang B: Hinweise zur Festlegung charakteristischer Bodenkenngrößen bindiger Böden anhand von Erfahrungswerten
- Anhang C: Aufnehmbarer Sohldruck (die bisherigen zulässigen Bodenpressungen)
- Anhang D: Charakteristische axiale Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten für Bohrpfähle
- Anhang E: Charakteristische axiale Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten für gerammte Verdrängungspfähle
- Anhang F: Angaben zu charakteristischen Pfahlwiderständen aus Erfahrungswerten für verpresste Mikropfähle
- Anhang G: Verteilung von Einwirkungen und Widerständen für quer zur Pfahlachse belastete Pfahlgruppen
- Anhang H: Nachweis der ausreichenden Ankerlänge bei einer verankerten Stützwand

Mit diesen Anhängen retten wir wichtige Inhalte der alten Normen in die neue Zeit hinüber.

2.2 Weiterhin gültige Grundbaunormen

Weiterhin gültig bleiben folgende Grundbaunormen:

- a) Normen zur Erkundung, Untersuchung und Beschreibung des Baugrundes:
 - DIN 4020: Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke
 - DIN 4021: Aufschluß durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben
 - DIN 4022: Benennen und Beschreiben von Boden und Fels
 - DIN 4023: Zeichnerische Ergebnisse von Baugrund- und Wasserbohrungen
 - DIN 4094: Baugrund-Erkundung durch Sondierungen
 - DIN 18121 bis DIN 18137: Untersuchung von Bodenproben; Versuche und Versuchsgeräte
 - DIN 18196: Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke

b) Ausführungsnormen:

- DIN 4095: Dränung zum Schutz baulicher Anlagen
- DIN 4123: Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude
- DIN 4124: Baugruben und Gräben; Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten

2.3 Auf das Teilsicherheitskonzept umgestellte Normen und europäische Normen

Ein Teil der bisherigen Normen wird umgestellt bzw. auf europäischer Ebene neu erarbeitet:

a) Folgende Berechnungsnormen werden umgestellt:

- DIN 4017: Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen
- DIN 4019: Setzungsberechnungen
- DIN 4084: Böschungs- und Geländebruchberechnungen
- DIN 4085: Berechnung des Erddrucks
- DIN 4126: Schlitzwände

b) Unter der gemeinsamen Bezeichnung „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten“ werden die bisherigen Ausführungsnormen durch neue europäische Normen ersetzt bzw. ergänzt:

- DIN EN 1536: Bohrpfähle (bisher DIN 4014)
- DIN EN 1537: Verpreßanker (bisher DIN 4125)
- DIN EN 1538: Schlitzwände (bisher DIN 4126)
- DIN EN 12063: Spundwandkonstruktionen (neu)
- DIN EN 12699: Verdrängungspfähle (bisher DIN 4026)
- DIN EN 12715: Injektionen (bisher DIN 4093)
- DIN EN 12716: Düsenstrahlverfahren (neu)

2.4 Künftig entfallende Normen

Es entfallen folgende, zur Zeit noch gültige Grundbaunormen:

- DIN 1054: Zulässige Belastung des Baugrunds
- DIN 1055: Teil 2: Bodenkenngrößen; Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel (hierzu siehe Abschnitt 4.2)
- DIN 4014: Bohrpfähle; Herstellung, Bemessung und Tragverhalten
- DIN 4018: Berechnung der Sohldruckverteilung unter Flächengründungen

DIN 4026: Rammpfähle; Herstellung, Bemessung und zulässige Belastung

DIN 4125: Verpreßanker; Kurzzeitanker und Daueranker

DIN 4127: Schlitzwandtone für stützende Flüssigkeiten

3 Neue Festlegungen in der DIN 1054

Zunächst ist festzustellen, daß wir zwar bestrebt waren, uns streng an die vorgegebenen Regelungen der zukünftigen EN 1990 „Grundlagen der Tragwerksplanung“ und der neuen DIN 1055-100 „Grundlagen der Tragwerksplanung; Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln“ zu halten.

In einigen Fällen waren aber doch noch zusätzliche Regelungen und Erklärungen erforderlich.

3.1 Grenzzustände

Selbstverständlich gilt auch im Erd- und Grundbau die Unterscheidung zwischen dem

- Grenzzustand der Tragfähigkeit und dem
- Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

Wir bezeichnen sie mit GZ 1 und GZ 2.

Vom Grenzzustand der Tragfähigkeit gibt es im Erd- und Grundbau drei Fälle:

- a) Der Grenzzustand GZ 1A beschreibt den Verlust der Lagesicherheit. Dementsprechend brauchen wir folgende Sicherheitsnachweise:
 - Nachweis der Sicherheit gegen Umkippen,
 - Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen und
 - Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch.

Der Grenzzustand GZ 1A kennt nur Einwirkungen.

- b) Der Grenzzustand GZ 1B beschreibt das Versagen von Bauwerken und Bauteilen. Da unterscheiden wir im Grundbau zwei Formen:
 - zum einen die Ermittlung der Beanspruchungen in Bauwerken und Bauteilen, die durch den Baugrund belastet bzw. durch den Baugrund gestützt werden,

- zum anderen den Nachweis, dass die Tragfähigkeit des Baugrundes, z.B. in Form von Erdwiderstand, Grundbruchwiderstand oder Gleitwiderstand, nicht überschritten wird.

Dabei wird der Nachweis, dass die Tragfähigkeit des Baugrundes nicht überschritten wird, genau so geführt wie bei jedem anderen Baumaterial.

- c) Der Grenzzustand GZ 1C beschreibt den Verlust der Gesamtstandsicherheit. Dementsprechend brauchen wir den
 - Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch und den
 - Nachweis der Sicherheit gegen Geländebruch.

Der Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge bei verankerten Stützwänden und Baugrubenwänden ist aus pragmatischen Gründen dem Grenzzustand GZ 2 zugeordnet worden.

3.2 Charakteristische Einwirkungen und Beanspruchungen

3.2.1 Bei geotechnischen Bauwerken, z.B. bei Stützbauwerken, haben wir im wesentlichen folgende charakteristische Einwirkungen:

- a) Zunächst sind die ständigen Einwirkungen zu berücksichtigen, insbesondere:
 - Eigengewicht,
 - Erddruck und
 - Wasserdruck.
- b) Im Einzelfall kommen zusätzlich veränderliche Einwirkungen hinzu, z.B.
 - Verkehrslasten,
 - Wind, Schnee, Eis und Wellenstoß,
 - Wärmewirkungen und Frostwirkungen,
 - Setzungen und waagerechte Bodenbewegungen sowie
 - Dynamische Einwirkungen.

3.2.2 Bei Gründungen sieht die DIN 1054 Folgendes vor:

- a) Der Tragwerksplaner hat die Einwirkungen auf die Gründung in Form von charakteristischen Schnittgrößen für jede kritische Einwirkungskombination in den maßgebenden Bemessungssituationen sowohl
 - für den Grenzzustand der Tragfähigkeit als auch
 - für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit anzugeben.

- b) Sofern die Berechnung auf linear-elastischer Grundlage durchgeführt worden ist, wird es da keine besonderen Schwierigkeiten geben, weil bis zur Übergabe auf die Gründung mit charakteristischen Kräften gerechnet werden kann.
- c) Bei nichtlinearen Systemen dagegen werden schon auf dem Weg von oben nach unten die charakteristischen Einwirkungen mit den Kombinationsbeiwerten ψ und den Teilsicherheitsbeiwerten γ_G und γ_Q so verknüpft, dass die Schnittgrößen an der Übergabestelle als Bemessungswerte ermittelt werden. Man muss dann aus den Bemessungswerten durch eine Näherungsrechnung die charakteristischen Schnittgrößen herausrechnen. Bei der Bandbreite von mindestens $\gamma_G = 1,35$ bis höchstens $\gamma_Q = 1,50$ ist der mögliche Fehler dieser Näherung vernachlässigbar gering.

3.2.3 Zum Nachweis der Grenzzustandsbedingungen werden in der Regel die Beanspruchungen benötigt. Dazu werden mit den charakteristischen Einwirkungen S_k in den maßgebenden Schnitten durch das Bauwerk sowie in den Berührungsflächen zwischen Bauwerk und Baugrund die Folgen dieser Einwirkungen als charakteristische Beanspruchungen E_k ermittelt.

Beanspruchungen können sein

- Schnittgrößen, z.B. Querkräfte, Auflagerkräfte, Biegemomente, oder
- Spannungen, z.B. Normalspannungen, Schubspannungen, Vergleichsspannungen.

3.3 Charakteristische Widerstände

3.3.1 Die Basiskenngröße des Widerstandes beim Baugrund ist die Scherfestigkeit. Der Begriff „Charakteristischer Widerstand“ wird bei der Scherfestigkeit abweichend von den übrigen Bemessungsnormen definiert:

- a) Bei Baustoffen entspricht der charakteristische Wert einer Materialfestigkeit im allgemeinen einem bestimmten Quantil der angenommenen statistischen Verteilung, z.B. dem 95 %-Quantil. Es gilt das Modell der Kette mit dem schwächsten Glied.
- b) Beim Baugrund definieren wir den charakteristischen Wert anders, weil nicht die Scherfestigkeit in einem Punkt der Gleitfläche maßgebend ist, sondern die Gesamtscherfestigkeit in der Gleitfläche. Es gilt das Modell der parallel geschalteten, duktilen Widerstände.

3.3.2 Für den Ansatz der Bodenwiderstände gilt Folgendes:

Für die Ermittlung der äußeren Abmessungen eines Stützbauwerkes ist zunächst als Basiskenngröße des Widerstandes die Scherfestigkeit des Bodens maßgebend, also im Normalfall der Reibungswinkel ϕ' und die Kohäsion c' . Aus der Scherfestigkeit leiten sich dann unmittelbar folgende Widerstände des Bodens ab:

- der Gleitwiderstand,
- der Grundbruchwiderstand,
- der Erdwiderstand.

Indirekt hängen auch

- der Spitzenwiderstand von Druckpfählen und
- die Mantelreibungswiderstände von Pfählen und Verpreßankern

von der Scherfestigkeit ab. In der Regel werden diese Widerstände aber aus Probelastungen bzw. aufgrund von Erfahrungswerten festgelegt.

3.3.3 Bei der Bemessung von Einzelteilen ist der innere Widerstand des Materials maßgebend. Dafür sind wie bisher die einzelnen Bemessungsnormen zuständig, soweit nicht in der neuen DIN 1054 andere Regelungen getroffen werden, z.B. für die Stahlglieder von Verpreßankern.

3.4 Bemessungssituationen bei geotechnischen Bauwerken

Bei Gründungen lassen wir uns vom Tragwerksplaner die charakteristischen Schnittgrößen für die kritischen Einwirkungskombinationen geben. Bei geotechnischen Bauwerken müssen wir uns diese Kombinationen selber suchen. Bei der Erarbeitung der neuen DIN 1054 haben wir uns darauf verständigt, die bewährten Lastfälle weiter beizubehalten. Sie mußten aber besser unterbaut werden durch die Einführung von

- Einwirkungskombinationen bei den Einwirkungen und von
- Sicherheitsklassen bei den Widerständen.

3.4.1 Wir unterscheiden drei Einwirkungskombinationen:

- a) Regelkombination EK 1:
Ständige sowie während der Funktionszeit des Bauwerks regelmäßig auftretende veränderliche Einwirkungen.
- b) Regelkombination EK 2:
Außer den Einwirkungen der Regel-Kombination seltene oder einmalige planmäßige Einwirkungen.

- c) Regelkombination EK 3:
Außer den Einwirkungen der Regelkombination EK 1 eine gleichzeitig mögliche außergewöhnliche Einwirkung, insbesondere bei Katastrophen oder Unfällen.

3.4.2 Wir unterscheiden drei Sicherheitsklassen:

- a) Sicherheitsklasse SK 1:
Auf die Funktionszeit des Bauwerkes angelegte Zustände.
- b) Sicherheitsklasse SK 2:
Bauzustände bei der Herstellung oder Reparatur des Bauwerkes und Bauzustände durch Baumaßnahmen neben dem Bauwerk.
- c) Sicherheitsklasse SK 3:
Während der Funktionszeit einmalig oder voraussichtlich nie auftretende Zustände.

Baugruben zählen zur Sicherheitsklasse SK 2.

3.4.3 Die Lastfälle ergeben sich aus den Einwirkungskombinationen in Verbindung mit den Sicherheitsklassen (**Abb. 2**):

Einwirkungskombination	Sicherheitsklasse		
	SK 1	SK 2	SK 3
EK 1	LF 1	LF 2	X
EK 2	LF 2		LF 3
EK 3	X	LF 3	SF

Abb. 2: Verknüpfung von Einwirkungskombinationen und Sicherheitsklassen

- a) LF 1: Ständige Bemessungssituation:
EK 1 in Verbindung mit SK 1.
- b) LF 2: Vorübergehende Bemessungssituation:
EK 1 in Verbindung mit SK 2 oder EK 2 in Verbindung mit SK 1.
- c) LF 3: Außergewöhnliche Bemessungssituation:
EK 3 in Verbindung mit SK 2 oder EK 2 in Verbindung mit SK 3

Von der Kombination von EK 2 mit SK 2 wird bereits in der EAB-100 Gebrauch gemacht. Die Kombination von EK 3 mit SK 3 kann als Sonderlastfall im Verkehrswasserbau eine Rolle spielen.

Teilsicherheitsbeiwerte für	Formelzeichen	Lastfall		
		LF 1	LF 2	LF 3
Einwirkungen und Beanspruchungen				
Ständige Einwirkungen allgemein	γ_G	1,35	1,20	1,00
Ständige Einwirkungen aus Erdruchdruck	γ_{E0g}	1,20	1,10	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,50	1,30	1,00
Bodenwiderstände				
Erdwiderstand und Grundbruchwiderstand	$\gamma_{Ep} \gamma_{Gr}$	1,40	1,30	1,20
Gleitwiderstand	γ_{Gl}	1,10	1,10	1,10
Pfahlwiderstände				
Pfahldruckwiderstand bei Probelastung	γ_{Pc}	1,20	1,20	1,20
Pfahlzugwiderstand bei Probelastung	γ_{Pt}	1,30	1,30	1,30
Pfahlwiderstand auf Druck und Zug auf Grund von Erfahrungswerten	γ_P	1,40	1,40	1,40
Verpressankerwiderstände				
Widerstand des Verpresskörpers	γ_A	1,10	1,10	1,10
Widerstand des Stahlzugglieds	γ_M	1,15	1,15	1,15

Abb. 3: Teilsicherheitsbeiwerte für den Grenzzustand GZ 1B

Die Lastfälle des Erd- und Grundbaues entsprechen genau der Definition der Bemessungssituationen nach dem Entwurf der EN 1990 bzw. nach der neuen DIN 1055-100. Es werden lediglich die repräsentativen Werte der unabhängigen Einwirkungen unmittelbar bestimmt. Damit erübrigt sich eine Untersuchung des gleichzeitigen Auftretens von veränderlichen Einwirkungen mit Hilfe von Kombinationsbeiwerten.

3.5 Teilsicherheitsbeiwerte für den Grenzzustand GZ 1B

3.5.1 Die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen in **Abb. 3** entsprechen mit $\gamma_G = 1,35$ bzw. $\gamma_Q = 1,50$ im Lastfall LF 1 und $\gamma_G = \gamma_Q = 1,00$ im Lastfall 3 den bestehenden Vorgaben. Für den Lastfall LF 2 wurden dazwischenliegende Werte festgelegt. Im übrigen weisen die Teilsicherheitsbeiwerte gegenüber denen in EN 1997-1 und DIN 1055-100 zwei Besonderheiten auf:

- a) Es ist eine eigene Zeile eingeführt worden für den Erdruchdruck. Hier genügen geringere Teilsicherheitsbeiwerte, weil der Erdruchdruck schon bei der kleinsten Entspannung des Bodens auf einen kleineren Wert absinkt.
- b) Es fehlt die Angabe eines Teilsicherheitsbeiwertes $\gamma_{G,inf} = 1$ für günstig wirkendes Eigengewicht. Hierzu siehe Absatz 3.5

3.5.2 Zu den Teilsicherheitsbeiwerten für geotechnische Widerstände in **Abb. 3** ist anzumerken:

- a) Wegen der sehr unterschiedlichen Arten von geotechnischen Widerständen war eine Aufgliederung erforderlich.
- b) Bei der Festlegung der Teilsicherheitsbeiwerte orientierte man sich am bisherigen Sicherheitsniveau. Das bisherige Sicherheitsniveau ist gekennzeichnet durch die Globalsicherheitsbeiwerte

$\eta = 2,00$ im Lastfall LF 1 beim Erdwiderstand, beim Grundbruch und beim Einzelfahl bzw.

$\eta = 1,50$ beim Gleitwiderstand und bei Verpreßankern.

Damit ergab sich der jeweilige Teilsicherheitsbeiwert aus dem Ansatz:

γ_M (Material) \approx bisheriger Sicherheitsbeiwert
 η dividiert durch γ_S (Einwirkungen).

Da im Grundbau die ständigen Einwirkungen fast immer überwiegen, war für die Einwirkungen im Lastfall LF 1 näherungsweise der Ansatz

$$\gamma_S = \frac{2}{3} \cdot \gamma_G + \frac{1}{3} \cdot \gamma_Q = 1,40$$

maßgebend.

3.5.3 Der Ansatz von $\gamma_{G,inf} = 1$ ist im Grundbau nicht zweckmäßig. Dies läßt sich am Grundbruchnachweis bei großer waagerechter Belastung nach **Abb. 4** zeigen. Maßgebend ist hierbei die kleinste Vertikalkraft kombiniert mit der zugehörigen größten Horizontalkraft:

- a) Unterscheidet man streng zwischen günstigen und ungünstigen ständigen Einwirkungen, dann wird nur die angreifende waagerechte Kraft H_k vergrößert, nicht aber das Eigengewicht G_k .
- b) Dadurch wird auch die Neigung δ der resultierenden Einwirkung vergrößert.
- c) Weil aber wegen der Bedingung $\Sigma M = 0$ die resultierende Einwirkung und der Widerstand auf einer Linie liegen müssen, richtet sich die Neigung des Grundbruchwiderstandes nach der Neigung der resultierenden Einwirkung.
- d) Je größer die Neigung der Resultierenden wird, desto mehr nimmt der Grundbruchwiderstand ab.

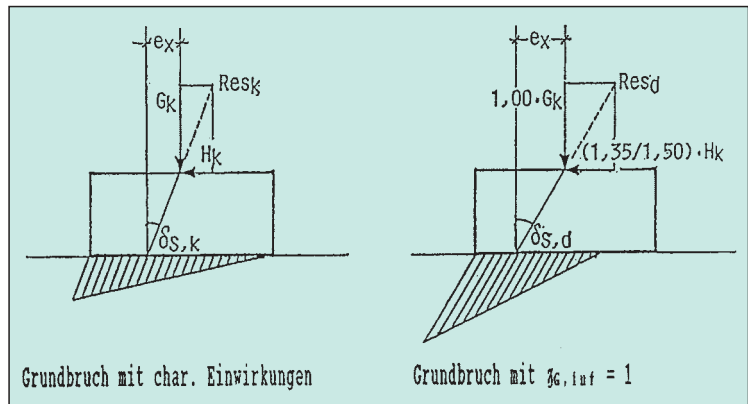


Abb. 5: Einfluss der Exzentrizität beim Grundbruchnachweis

Es ist physikalisch und sicherheitstechnisch nicht zu rechtfertigen, dass die Größe des Grundbruchwiderstandes von den Teilsicherheitsbeiwerten auf die Einwirkungen abhängt.

3.5.4 Hinzu kommt, dass sich im vorliegenden Fall der Ansatz der Teilsicherheitsbeiwertes $\gamma_{G,inf}$ auf die ständige Last gleich zweimal auswirkt:

- zum einen bei der Neigung δ welche nach **Abb. 4** den Grundbruchwiderstand erheblich herabsetzt,
- zum anderen bei der Exzentrizität e_x , welche nach **Abb. 5** die wirksame Aufstandsfläche erheblich verringert.

Beide Wirkungen zusammen können eine effektive Sicherheit zur Folge haben, die erheblich größer ist als die Sicherheit $\eta = 2,00$ nach dem bisherigen Globalsicherheitskonzept, d.h. man bekommt eine unwirtschaftliche Bemessung.

3.5.5 Es gibt keinen überzeugenden Grund, von dem bewährten Sicherheitsniveau abzugehen. Daher

- wurden die Teilsicherheitsbeiwerte für die Bodewiderstände so gewählt, dass sich aus der Multiplikation mit dem mittleren Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen etwa die bisherigen Globalsicherheitsbeiwerte ergeben,
- verzichtet DIN 1054 auf die Berücksichtigung von $\gamma_{G,inf} = 1$.

Sowohl der Entwurf für EN 1990 als auch DIN 1055-100 verlangen den Ansatz von $\gamma_{G,inf} = 1$ ohnehin nur dann, wenn „zwischen günstigen und ungünstigen Auswirkungen einer ständigen Einwirkung unterschieden werden muß“.

3.6 Berechnungsverfahren

Der Kernpunkt der neuen DIN 1054 liegt in den neuen Festlegungen zur Ermitt-

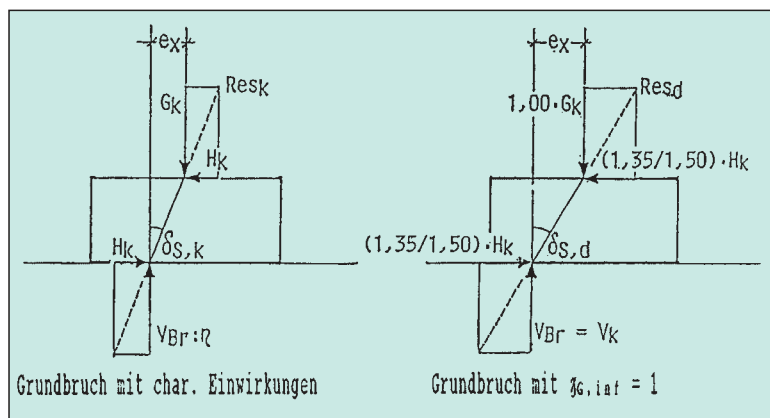


Abb. 4: Einfluss der Lastneigung beim Grundbruchnachweis

lung der geotechnisch bedingten Bauwerksabmessungen und der Bemessungsschnittgrößen. Insbesondere werden die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen nicht auf die charakteristischen Einwirkungen selbst, sondern auf die mit charakteristischen Einwirkungen ermittelten Beanspruchungen angewendet. Der Ablauf von Berechnung und Bemessung einer Konstruktion nach diesem Ansatz lässt sich am Beispiel einer einmal gestützten, im Boden frei aufgelagerten Wand nach **Abb. 6** wie folgt beschreiben:

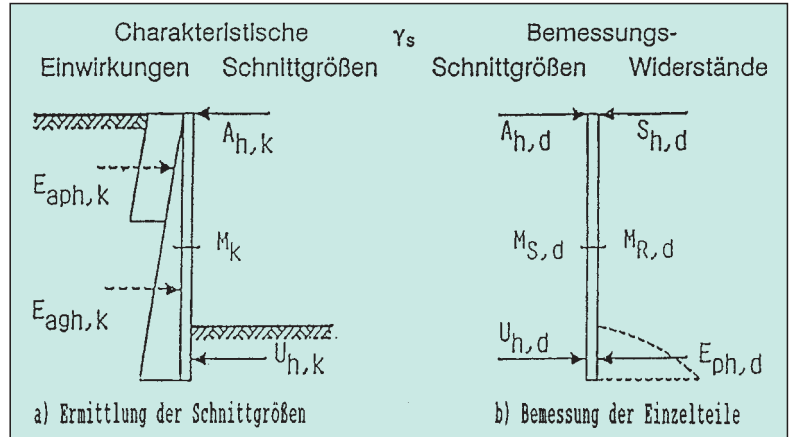


Abb. 6: Schnittgrößenermittlung und Bemessung nach DIN 1054

- a) In einem ersten Schritt werden die charakteristischen Einwirkungen auf das gewählte statische System angesetzt und damit die charakteristischen Schnittgrößen ermittelt.
- b) In einem zweiten Schritt werden die charakteristischen Schnittgrößen mit den Teilsicherheitsbeiwerten für Einwirkungen in Bemessungsschnittgrößen umgerechnet.
- c) In einem dritten Schritt werden die Bemessungsschnittgrößen den Bemessungswiderständen gegenübergestellt. Das gilt gleichermaßen für die Steifenkräfte, für das Biegemoment in der Spundwand und für das Erdauflager.

Dieses Verfahren geht davon aus, dass bei geotechnischen Bauwerken in der Regel eine linear-elastische Berechnung möglich ist. Bei nichtlinearen Systemen ist sinngemäß vorzugehen.

3.7 Bewertung der neuen DIN 1054

Wenn man bedenkt, wie schwer wir uns im Grundbau mit dem neuen Sicherheitskonzept getan haben, ist der jetzt vorgelegte Gelbdruck für die DIN 1054 sehr ordentlich geraten:

- a) Die rechnerische Untersuchung eines statischen Systems mit charakteristischen Einwirkungen kommt der Wirklichkeit näher als jede andere Art der Berechnung. Damit ist aber auch zu erwarten, dass die Ergebnisse der Wirklichkeit sehr gut entsprechen.
- b) Der Ablauf der Berechnung deckt sich mit dem Vorgehen im übrigen konstruktiven Ingenieurbau bei linear-elastischen Problemen. Das Verfahren ist somit leicht nachvollziehbar.
- c) Der Erd- und Grundbau benötigt, ohne dass grundbauspezifische Belange beeinträchtigt werden, keine Sonderbehandlung. Das Verfahren ist damit auch anwenderfreundlich.
- d) Es wird mit vorgegebenen Abmessungen und mit charakteristischen Einwirkungen und Vorverfor-

mungen gerechnet. Somit erhält man charakteristische Durchbiegungen und Verschiebungen. Mit diesen kann man ohne weiteren Berechnungsgang die Gebrauchstauglichkeit des gewählten Systems nachweisen bzw. prüfen. Wir brauchen nur eine einzige Durchrechnung, abgesehen von der immer erforderlichen Vorbemessung.

- e) Der Vorschlag ist offen für alle herkömmlichen Berechnungsverfahren: für die klassischen Verfahren auf der Grundlage der Elastizitätstheorie, das Traglastverfahren, lineare und nichtlineare Federmodelle und die Methode der finiten Elemente.

Der einzige nennenswerte Unterschied zum übrigen konstruktiven Ingenieurbau liegt darin, dass bei geotechnischen Bauwerken die neuen Kombinationsbeiwerte nach der neuen EN 1990 bzw. der DIN 1055-100 durch die bisherigen Lastfälle ersetzt werden. Allerdings gelten die angegebenen Kombinationsbeiwerte ohnehin ausdrücklich nur für Hochbauten.

4 Folgerungen aus den Einsprüchen

4.1 Allgemeine Hinweise

Es sind insgesamt 31, teilweise sehr ausführliche Einsprüche eingegangen, mit denen die Fachwelt zum Gelbdruck Stellung nahm. Die Einsprüche lassen sich ganz grob einteilen in

- Einsprüche, die zu einer Verbesserung des Textes führen und gerne berücksichtigt werden,
- Einsprüche, die auf der mangelnden Kenntnis der Einsprecher über die Vorgaben von EN 1990 bzw. DIN 1055-100 beruhen,

- Einsprüche, die sich im Gespräch mit den Einsprechern ausräumen lassen,
- leider aber auch Einsprüche, denen eine Fundamentalopposition zugrunde liegt.

Die Gespräche mit den Einsprechern sind abgeschlossen. Im einzelnen zeichnen sich die nachfolgend beschriebenen Konsequenzen ab.

4.2 Entfall der Tabellenwerte für Bodenkenngrößen

Es war von Anfang an geplant, die Aussagen der DIN 1055 Teil 2 „Bodenkenngrößen; Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel“ an neuere Erkenntnisse anzupassen und in die neue DIN 1054 zu übernehmen.

Gegen die Aufnahme der neuen Tabellen in die DIN 1054 wurde von mehreren Fachkollegen sachlich wenig überzeugend, aber mit großem Nachdruck Stellung bezogen. Um die Verabschiedung der Norm nicht zu verzögern, werden die Anhänge A und B entfallen. Es ist vorgesehen, an ihrer Stelle die bisherige DIN 1055 Teil 2 angemessen fortzuschreiben. Damit gelten die Tabellenwerte formal wie bisher nur für Einwirkungen.

4.3 Änderungen im Anhang E

Die bisherige normative Tabelle E.1 wird ersetzt durch zwei neue informative Tabellen, die sich allerdings nur auf nichtbindige Böden beziehen und deren Anwendbarkeit im konkreten Fall von einem Sachverständigen für Geotechnik zu bestätigen ist. Die bisherigen Tabellen E.3 und E.4 mit Tragfähigkeitsangaben für den Grenzzustand GZ 2 bleiben erhalten, werden aber vom Status „normativ“ auf „informativ“ herabgestuft und als Näherung bezeichnet.

4.4 Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge

In der Diskussion um den Gelbdruck hatten einige Fachkollegen gegen das bewährte Verfahren von Kranz und die Erweiterung nach Ranke/Ostermayer Vorbehalte angemeldet. Um dem zu folgen, wurde ein neues Verfahren vorgeschlagen. Die erneute Diskussion ergab als zweckmäßigste Lösung, beide Verfahren zuzulassen:

- das bisherige Verfahren für verankerte Wände, die für den aktiven Erddruck bemessen worden sind,
- das neue Verfahren für verankerte Wände, die für einen höheren als den aktiven Erddruck bemessen worden sind.

Da die Nachweise aus pragmatischen Gründen für den Grenzzustand GZ 1B zu führen sind, passen sie nicht in die DIN 4084. Da es sich um Berechnungsverfahren handelt, gehören sie aber auch nicht in die DIN 1054. Sie sollen, wie auch schon in der Vergangenheit, in EAB und EAU geregelt werden. Die Anlage H des Gelbdruckes entfällt.

4.5 Entfall der Begriffe „nichtbindiger Boden“ und „bindiger Boden“

Die Vorsitzenden von vier NABau-Ausschüssen, die der Bodenmechanik zuzurechnen sind, haben gefordert, die Begriffe „nichtbindiger Boden“ und „bindiger Boden“ durch Bezugnahme auf die Hauptgruppen „grobkörniger Boden“, „gemischtkörniger Boden“ und „feinkörniger Boden“ nach DIN 18196 bzw. durch die Kurzbezeichnungen GE bis TA für die einzelnen Bodengruppen sowie durch Hinweise auf die Handversuche zur Erkennung der plastischen Eigenschaften nach DIN 4022 zu ersetzen. Trotz aller Argumente, Einwendungen und Kompromissangebote war es nicht möglich, eine Einigung zu erzielen. In der Hoffnung, dass sprachlich halbwegs brauchbare Formulierungen gefunden werden können, akzeptierte der NABau-Arbeitsausschuß „Sicherheit im Erd- und Grundbau“ schließlich die Forderung, um die Fertigstellung des Weißdruckes nicht weiter zu verzögern. In der Zwischenzeit aber zeigte sich, dass die möglichen Ersatzformulierungen mit den Bedürfnissen des Grundbaues, insbesondere in der täglichen Baupraxis, nicht vereinbar sind. Bis zum Erscheinen des vorliegenden Berichtes wird die strittige Frage voraussichtlich endgültig entschieden sein.

4.6 Beseitigung von unsachgemäßen Eingriffen in das Manuskript

Als letztes noch kurz ein Thema, welches die maßgeblich beteiligten Mitglieder des NABau-Arbeitsausschusses auch persönlich sehr berührt: Viele Einsprecher beanstandeten zu Recht, daß der Gelbdruck von Fehlern nur so strotzt, z.B. Fehler in der Gliederung, Fehler in der Numerierung der Absätze, falsche Indizes, falsche Formelzeichen, falsche Einheiten, Schreibfehler, Grammatikfehler, Interpunktionsfehler und fehlerhafte Bezüge. Und das alles, obwohl wir eine so gut wie fehlerfreie Druckvorlage abgeliefert haben. Die fehlerhafte Umarbeitung erfolgte in der Normenprüfstelle des DIN aufgrund der neuen DIN 820-2 „Gestaltung von Normen“ vom Januar 2000, nachdem der NABau diese Überarbeitung in der Gelbdruckphase abgelehnt hatte. Wir werden alles daran setzen, diese Umarbeitung weitgehend wieder rückgängig zu machen.