

# **Vergleichende Darstellung der Pfahlbemessung in DIN 1054 neu und DIN EN 1997-1 (EC 7) sowie Entwicklung der nationalen Anwendung**

H.-G. Kempfert

M. Rudolf

## **1 Einleitung**

Zur Zeit liegt die deutsche Fassung der DIN EN 1997-1:2004-11 (EC 7) sowie die DIN 1054:2005-01 vor. In dieser neuen Ausgabe sind die bisherige DIN 1054:2003-01 und die dazu ergänzenden Regelungen nach DIN 1054/A1:2004-08 zusammengeführt.

Die bauaufsichtliche Einführung der DIN 1054 ist für das Jahr 2005 vorgesehen, nachdem die Fachkommission Bautechnik beschlossen hat, die DIN 1054 ebenso wie die DIN EN1536 (Ausführungsnorm Bohrpfähle) im Jahr 2004 in die Musterliste der technischen Baubestimmungen aufzunehmen. Die DIN EN 1997-1 wird voraussichtlich 2007 bauaufsichtlich eingeführt. Für diese Norm wird derzeit ein nationaler Anhang erarbeitet, der eine Verbindung zur DIN 1054 und damit zu den deutschen Vorstellungen herstellt.

Da zwischen der derzeitigen Fassung der beiden Bemessungsnormen u.a. auch im Pfahlbereich einige unterschiedliche Regelungen vorliegen, werden diese Unterschiede im nachfolgenden Beitrag vorgestellt und mit Beispielen hinterlegt.

Der Beitrag soll auch als Grundlage für weitere Diskussionen zum Thema Pfahlgründungen bei der Zusammenführung von EC 7 und DIN 1054 im Zusammenhang mit der Erarbeitung des nationalen Anhangs und einer möglichen nationalen Ergänzungsnorm dienen.

## **2 Überblick zum Vergleich von DIN 1054 und DIN EN 1997-1**

Mit der DIN EN 1997-1 gilt für die Mitgliedsländer der EU und EFTA ein einheitliches Regelwerk für den Entwurf, die Berechnung und die Bemessung im geotechnischen Aufgabenbereich. Aufgrund der unterschiedlichen Vorgehensweisen, mit denen die einzelnen Länder langjährige Praxiserfahrung vorweisen können, war es in letzter Konsequenz nicht möglich, eine tatsächlich einheitliche Vorgehensweise in der DIN EN 1997-1 umzusetzen. Vielmehr wurde sich mit dem Teilsicherheitskonzept zwar auf eine Bemessungsphilosophie

verständigt, für die Anwendung wurden dann allerdings drei parallel geltende Nachweisverfahren aufgestellt, die zurückzuführen sind auf die britisch, die deutsche und die französische Vorgehensweise. Diese drei Nachweisverfahren werden in Abschnitt 3.1 näher erläutert.

Den drei Nachweisverfahren liegen unterschiedliche Teilsicherheitsbeiwerte zugrunde. Auf die Werte und die Kombination der einzelnen Teilsicherheitsbeiwerte wird in Abschnitt 3.2 eingegangen.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen DIN EN 1997-1 und DIN 1054 liegt in der Bewertung von Pfahlprobelastungsergebnissen. Die Messwerte werden über den Streuungsfaktor  $\xi$  in charakteristische Werte umgewandelt. Dabei zeigen sich deutliche Unterschiede in den Werten des Streuungsfaktors, siehe auch Abschnitt 3.3. Für zwei Pfahlprobelastungen wird in Abschnitt 4.1 vergleichend die charakteristische Widerstandsetzungslinie nach beiden Normen bestimmt.

Die globale Sicherheit ergibt sich aus der Kombination der Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände sowie dem Streuungsfaktor  $\xi$ . In Abschnitt 4.2 wird ein Vergleich der globalen Sicherheitsniveaus der drei Nachweisverfahren nach DIN EN 1997-1 sowie nach DIN 1054 vorgenommen.

Der Nachweis von Zugpfahlgruppen oder verankerten Gründungssohlen wird nach DIN 1054 für den Grenzzustand des Verlustes der Lagesicherheit GZ 1A geführt, welches sich in der Vorgehensweise vom Nachweis nach DIN EN 1997-1 unterscheidet, siehe Abschnitt 3.4. In beiden Normen werden unterschiedliche Geometrien für einen widerstehenden Bodenblock definiert. Zahlenbeispiele sind in Abschnitt 4 aufgeführt.

Zwischen DIN EN 1997-1 und DIN 1054 gibt es weitere geringfügige Unterschiede, die für die Praxis aber weniger relevant sind und auf die deshalb hier nicht weiter eingegangen wird.

### 3 Wesentliche Unterschiede zwischen der DIN 1054 und DIN EN 1997-1

#### 3.1 Nachweisverfahren

In vielen Ländern wurde bisher die Pfahltragfähigkeit auf der Grundlage des Globalsicherheitskonzeptes bestimmt. Das bedeutet beispielsweise, dass sich die zulässige Tragfähigkeit eines Pfahles durch Bezug auf den Bruchzustand dividiert durch einen globalen Sicherheitsbeiwert ergibt, z.B.  $\eta = 2,0$ .

Das nach DIN 1054 und DIN EN 1997-1 gültige Teilsicherheitskonzept definiert partielle Sicherheitsbeiwerte getrennt für Einwirkungen, Widerstände und Bodenkenngrößen. Die Gesamtsicherheit ergibt sich dann aus dem Produkt der einzelnen Teilsicherheitsbeiwerte, wobei diese automatisch über den Anteil ihrer Bezugsgröße (Einwirkungen, Widerstände oder Bodenkenngrößen) gewichtet werden.

Gegenüber DIN 1054 stellt die DIN EN 1997-1 mehrere Sätze an Teilsicherheitsbeiwerten, siehe Tabelle 1 bis Tabelle 3, zur Verfügung. Im Einzelnen sind dies die Sätze A1 und A2 für Einwirkungen bzw. Beanspruchungen, die Sätze M1 und M2 für Baugrundkenngrößen und die Sätze R1 bis R4 für Widerstände.

Im Folgenden werden die nach DIN EN 1997-1 anzuwendenden Nachweisformen skizziert. Diese unterscheiden sich zunächst darin, dass aus den drei Sätzen (A, M, R) jeweils unterschiedliche Werte miteinander kombiniert werden.

Im Nachweisverfahren 1 muss für Pfähle nachgewiesen werden, dass ein Grenzzustand durch Bruchversagen oder zu große Verformungen mit jeder der beiden folgenden Kombinationen von Gruppen von Teilsicherheitsbeiwerten ausgeschlossen ist:

Kombination 1: A1 "+" M1 "+" R1

Kombination 2: A2 "+" (M1 oder M2) "+" R4

Ist es offensichtlich, dass eine dieser Kombinationen die Bemessung bestimmt, so ist es nicht notwendig, die andere Kombination nachzuweisen. Bei der zweiten Kombination werden in Abhängigkeit von der Art der Belastung die Sicherheitsbeiwerte für die Bodenkenngrößen gewählt. Dabei ist der Satz M2 im Falle von ungünstig wirkenden Beanspruchungen

**Tabelle 1** Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen für den Grenzzustand GZ 1B nach DIN 1054 und DIN EN 1997-1 angewendet auf Pfahlgründungen

Einwirkung		Symbol	DIN 1054			DIN EN 1997-1	
			Lastfall			Satz	
Dauer	Bedingung		LF 1	LF 2	LF 3	A1	A2
ständig	ungünstig	$\gamma_G$	1,35	1,20	1,00	1,35	1,00
	günstig	$\gamma_G$	*)	*)	*)	1,00	1,00
veränderlich	ungünstig	$\gamma_Q$	1,50	1,30	1,00	1,50	1,30
	günstig	$\gamma_Q$	-	-	-	0	0

\*) Eine Unterscheidung von ständigen Einwirkungen günstig oder ungünstig im Grenzzustand GZ 1B ist in DIN 1054 nicht vorgesehen. Ausgenommen bei Pfählen, die sowohl Druck- als auch Zugbeanspruchungen ausgesetzt sind. Bei der Ermittlung der Zugbeanspruchung ist eine gleichzeitig wirkende Druckbeanspruchung aus günstigen ständigen Einwirkungen mit dem Teilsicherheitsbeiwert  $\gamma_{G,inf} = 1,00$  zu berücksichtigen.

**Tabelle 2** Teilsicherheitsbeiwerte für Baugrund-Kenngrößen nach DIN EN 1997-1

Baugrund-Kenngrößen	Symbol	Satz	
		M1	M2
effektiver Scherwinkel	$\gamma_\varphi^1$	1,00	1,25
effektive Kohäsion	$\gamma_c$	1,00	1,25
Scherfestigkeit im undrännierten Zustand	$\gamma_{cu}$	1,00	1,40
einaxiale Druckfestigkeit	$\gamma_{qu}$	1,00	1,40
Wichte	$\gamma_s$	1,00	1,00

<sup>1</sup> Diese Bezeichnung bezieht sich auf  $\tan \varphi'$

Bei den Teilsicherheitsbeiwerten für die Pfahlwiderstände treten erhebliche Unterschiede bei dem Nachweisverfahren 2 (R2) und den Teilsicherheitsbeiwerten nach DIN 1054 auf. Ein direkter Vergleich ist schwierig, da nach DIN 1054 die Pfahlwiderstände unterschieden werden nach der Ermittlungsmethode der Pfahlwiderstände (Pfahlprobelastung, Erfahrungswerte) während in DIN EN 1997-1 zunächst nach Widerstandsanteilen (Spitzen- druck, Mantelreibung) und nach Druck- und Zugpfählen unterschieden wird. Es wird anschließend definiert, welcher Teilsicherheitsbeiwert bei welcher Methode zur Bestimmung des Pfahlwiderstandes angesetzt werden darf.

Insgesamt sind die Teilsicherheitsbeiwerte R2 nach DIN EN 1977-1 aber geringer als die Werte nach DIN 1054. Zusätzlich gibt DIN EN 1997-1 auch noch Teilsicherheitsbeiwerte für unterschiedliche Pfahlarten an. Diese unterscheiden sich allerdings bei den Teilsicherheitsbeiwerten R2 nicht.

**Tabelle 3** Teilsicherheitsbeiwerte  $\gamma_R$  der Pfahlwiderstände für den Grenzzustand GZ 1B nach DIN 1054 und DIN EN 1997-1 angewendet auf Pfahlgründungen

DIN 1054			DIN EN 1997-1					
Pfahlwiderstand	Symbol	LF 1 – LF 3	Pfahlwiderstand	Symbol	Satz	Verdrängungspfahl	Bohrpfahl	Schneckenbohrpfahl
Gesamtwiderstand Erfahrungswerte	$\gamma_P$	1,40	Spitzendruck Pfahlprobebelastung oder Erfahrungswerte	$\gamma_b$	R1	1,00	1,25	1,10
					R2	1,10	1,10	1,10
					R3	1,00	1,00	1,00
					R4	1,30	1,60	1,45
			Mantelreibung (Druck) Pfahlprobebelastung oder Erfahrungswerte	$\gamma_s$	R1	1,00	1,00	1,00
					R2	1,10	1,10	1,10
					R3	1,00	1,00	1,00
					R4	1,30	1,30	1,30
Gesamtwiderstand (Druck) Pfahlprobebelastung	$\gamma_{Pc}$	1,20	Gesamtwiderstand (Druck) Pfahlprobebelastung oder dyn. Schlagversuch	$\gamma_t$	R1	1,00	1,15	1,10
					R2	1,10	1,10	1,10
					R3	1,00	1,00	1,00
					R4	1,30	1,50	1,40
Gesamtwiderstand (Zug) Pfahlprobebelastung	$\gamma_{Pt}$	1,30	Mantelreibung (Zug)	$\gamma_{s,t}$	R1	1,25	1,25	1,25
					R2	1,15	1,15	1,15
					R3	1,10	1,10	1,10
					R4	1,60	1,60	1,60

Im Vergleich der Teilsicherheitsbeiwerte zeigt DIN EN 1997-1 zunächst ein insgesamt geringeres Sicherheitsniveau als DIN 1054, da sich die Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Baugrund-Kenngrößen entsprechen, die Teilsicherheitsbeiwerte für die Widerstände nach DIN EN 1997-1 aber deutlich geringer sind.

Zusätzlich muss allerdings das unterschiedliche Vorgehen in der Festlegung der charakteristischen Pfahlwiderstände beider Normen berücksichtigt werden. Bei Pfahlprobebelastung

tungen werden nach Vorgaben von DIN EN 1997-1 die Messwerte über den Streuungsfaktor  $\xi$  in charakteristische Werte umgerechnet. Nach DIN EN 1997-1 wird der Streuungsfaktor ebenfalls bei der Anwendung von Erfahrungswerten angewandt. Der bisher in Deutschland nicht übliche Streuungsfaktor  $\xi$  wurde aus Gründen der Kompatibilität mit DIN EN 1997-1 eingeführt. Dabei wurde der  $\xi$ -Wert in DIN 1054 wesentlich niedriger als in DIN EN 1997-1 gewählt und dieser kompensiert somit weitestgehend die Unterschiede der Teilsicherheitsbeiwerte beider Normen, siehe Abschnitt 3.3.

Anmerkung: Bei der Entscheidung für die Zahlenwerte der Teilsicherheitsbeiwerte und Streuungsfaktoren für Pfahlgründungen wurde in DIN 1054 der bisherigen Vorgehensweise der Vorzug gegeben, nämlich dass bei Flach- und Pfahlgründungen etwa die gleichen Sicherheitsbeiwerte (früher  $\eta = 2,0$ , jetzt  $\gamma = 1,4$ ) anzusetzen sind. Außerdem wurden die  $\xi$ -Werte bei wenigen Probelastungen als zu hoch angesehen, da dadurch möglicherweise in der Praxis Pfahlprobelastungen verhindert würden.

### 3.3 Werte und Anwendung des Streuungsfaktors $\xi$

Grundlage für die Bemessung von Pfahlgründungen ist der charakteristische Pfahlwiderstand. Im Falle von Pfahlprobelastungen werden die Messwerte des Pfahlwiderstandes  $R_{1m,i}$  im Grenzzustand der Tragfähigkeit GZ 1 über den Streuungsfaktor  $\xi$ , der Pfahlherstellungseinflüsse und Baugrundunregelmäßigkeiten berücksichtigen soll, in charakteristische Pfahlwiderstände  $R_{1,k}$  umgewandelt, indem der Messwert des Widerstandes durch den Streuungsfaktor geteilt wird. Dabei werden grundsätzlich zwei Fälle unterschieden. Zum einen das System mit starrer Pfahlkopfplatte, bei dem davon ausgegangen werden kann, dass Lasten auf die Nachbarpfähle übertragen werden können und das weiche System, bei dem von voneinander unabhängig wirkenden Einzelpfählen ausgegangen wird.

Nach DIN 1054 ergibt sich der charakteristische Pfahlwiderstand  $R_{1,k}$  bei weichen Systemen aus dem Kleinstwert der Probelastungsergebnisse nach Gleichung (1a). Kommt es im vorgesehenen Bauwerk zu einer Lastverteilung auf mehrere Pfähle, z. B. durch eine weitgehend starre Kopfplatte, und ist der Variationskoeffizient  $s_N/\bar{R}_m \leq 0,25$ , darf der

Streuungsfaktor  $\xi$  auf den Mittelwert  $\bar{R}_{1m}$  der Probelastungsergebnisse bezogen werden, siehe Gleichung (1b).

$$R_{1k} = R_{1m,min} / \xi \quad (1a)$$

$$R_{1k} = \bar{R}_{1m} / \xi \quad (1b)$$

**Tabelle 4** Streuungsfaktor  $\xi$  zur Berücksichtigung von Anzahl und Streuung der Ergebnisse von Pfahlprobelastungen nach DIN 1054

Zahl der Probelastungen N	Streuungsfaktor $\xi$		
	Mittelwert $\bar{R}_{1m}$		Kleinstwert $R_{1m,min}$
	$s_N / R_{1m} = 0$	$s_N / \bar{R}_m \leq 0,25$	
1	-	-	1,15
2	1,05	1,10	1,05
>2	1,00	1,05	1,00

**Tabelle 5** Erhöhung des Streuungsfaktors  $\xi$  nach Tabelle 2 bei der Auswertung von dynamischen Probelastungen

1) Kalibrierung an statischer Probelastung		
Ort der Probelastung	Auswerteverfahren	Erhöhung
gleiches Baufeld	erweitertes Verfahren (z.B. CAPWAP)	keine
	direktes Verfahren (z.B. CASE-Formel)	$\Delta\xi = 0,10$
andere Baumaßnahme	erweitertes Verfahren	$\Delta\xi = 0,05$
	direktes Verfahren	$\Delta\xi = 0,15$
2) Ableitung aus allgemeinen Erfahrungswerten (nur erweitertes Verfahren zulässig)		$\Delta\xi = 0,15$

*Anmerkung:* Bei der Anwendung der Streuungsfaktoren  $\xi$  der Tabelle 4 auf dynamische Probelastungen muss jeweils in der ersten Spalte von Tabelle 4 die doppelte Anzahl an Probelastungen N vorliegen (z.B. statisch N=1, dynamisch N=2).

Der Wert des Streuungsfaktors ergibt sich nach Tabelle 4. Zwischenwerte dürfen interpoliert werden. Dabei ist

$$s_N = \sqrt{\sum_{i=1}^N (\bar{R}_{1m} - R_{1m,i})^2 / (N-1)} \quad (2)$$

Unter bestimmten Voraussetzungen dürfen nach DIN 1054 auch die Pfahlwiderstände aus dynamischen Pfahlprobebelastungen abgeleitet werden. Dabei sind ebenfalls die Streuungsfaktoren  $\xi$  nach Tabelle 4 zu berücksichtigen, wobei je nach Vorinformationen aus vergleichbaren statischen Probebelastungen und gewählten Verfahren die Anzahl der dynamischen Pfahlprobebelastungen bzw. auch die  $\xi$ -Faktoren zu erhöhen sind. Die wesentlichen Regelungen der DIN 1054 sind in Tabelle 5 zusammengefasst.

Nach DIN EN 1997-1 ist der charakteristische Pfahlwiderstand als das Minimum aus den folgenden Gleichungen definiert:

$$R_{1,k} = \bar{R}_m / \xi_1 \quad (3a)$$

$$R_{1,k} = R_{m,min} / \xi_2 \quad (4b)$$

Der Streuungsfaktor ist nach Tabelle 6 anzusetzen. Dabei dürfen beim Vorhandensein einer ausreichend starren Pfahlkopfplatte die Zahlenwerte von  $\xi_1$  und  $\xi_2$  durch 1,1 dividiert werden, vorausgesetzt, dass  $\xi_1$  niemals kleiner als 1,0 ist.

**Tabelle 6** Streuungsfaktor  $\xi$  zur Berücksichtigung von Anzahl und Streuung der Ergebnisse von Pfahlprobebelastungen nach DIN EN 1997-1

Zahl der Probebelastungen	Streuungsfaktor $\xi_1$ für den Mittelwert, $\xi_2$ für den kleinsten Wert	
	$\xi_1$ für $\bar{R}_m$	$\xi_2$ für $R_{m,min}$
N		
1	1,40	1,40
2	1,30	1,20
3	1,20	1,05
4	1,10	1,00
$\geq 5$	1,00	1,00

DIN EN 1997-1 gibt weitere Streuungsfaktoren an und zwar bei der Festlegung der charakteristischen Pfahlwiderstände aufgrund von Baugrunduntersuchungen, siehe Tabelle 7, und zur Ableitung des Pfahlwiderstandes aus Schlagversuchen, siehe Tabelle 8.



**Tabelle 7** Streuungsfaktor  $\xi$  zur Ableitung des charakteristischen Pfahlwiderstandes aus Ergebnissen von Baugrunduntersuchungen nach DIN EN 1997-1

Zahl der Versuchsprofile	Streuungsfaktor $\xi_3$ für den Mittelwert, $\xi_4$ für den kleinsten Wert	
	$\xi_3$ für $\bar{R}_m$	$\xi_4$ für $R_{m,min}$
N		
1	1,40	1,40
2	1,35	1,27
3	1,33	1,23
4	1,31	1,20
5	1,29	1,15
7	1,27	1,12
10	1,25	1,08

Die Pfahlwiderstände können rechnerisch auch durch

$$R_{b,k} = A_b \cdot q_{b,k} \quad \text{und} \quad R_{s,k} = \sum A_{s,i} \cdot q_{s,i,k} \quad (5)$$

ermittelt werden. Dabei brauchen dann die Streuungsfaktoren nach Tabelle 7 nicht zugrunde gelegt werden. Wenn diese Alternative angewendet wird, kann es aber erforderlich sein, die Teilsicherheitsbeiwerte nach Tabelle 3 durch Modellfaktoren  $> 1,0$  zu korrigieren.

Verfahren nach DIN EN 1997-1, bei denen der Druckwiderstand einer Pfahlgründung anhand von Ergebnissen von Baugrunduntersuchungen festgelegt wird, müssen auf Grundlage von Pfahlprobelastungen und vergleichbaren Erfahrungen bei gleichen Boden- oder Felsarten sowie vergleichbaren geotechnischen Verhalten und bei vergleichbaren Bauwerken entwickelt worden sein. Diese Verfahren sind vergleichbar mit der Ableitung von Pfahlwiderständen anhand von Erfahrungswerten nach DIN 1054.

Für die Ableitung von charakteristischen Pfahlwiderständen nach Tabelle 8 der DIN EN 1997-1 ist die Anwendung unterschiedlicher dynamischer Verfahren oder Rammformeln möglich.

**Tabelle 8** Streuungsfaktor  $\xi$  zur Ableitung des charakteristischen Pfahlwiderstandes aus Schlagversuchen<sup>a,b,c,d,e</sup> nach DIN EN 1997-1

Zahl der untersuchten Pfähle	Streuungsfaktor $\xi_5$ für den Mittelwert, $\xi_6$ für den kleinsten Wert	
	$\xi_5$ für $\bar{R}_m$	$\xi_6$ für $R_{m,min}$
N		
≥ 2	1,60	1,50
≥ 5	1,50	1,35
≥ 10	1,45	1,30
≥ 15	1,42	1,25
≥ 20	1,40	1,25

<sup>a</sup> Die  $\xi$ -Werte in der Tabelle gelten für Schlagversuche.

<sup>b</sup> Die  $\xi$ -Werte dürfen mit einem Modellfaktor = 0,85 reduziert werden, wenn bei den Versuchen die Wellenausbreitung gemessen wird.

<sup>c</sup> Die  $\xi$ -Werte sollen mit einem Modellfaktor = 1,10 erhöht werden, wenn eine Rammformel mit Messung der quasi-elastischen Pfahlkopfbewegung beim Schlag angewendet wird.

<sup>d</sup> Die  $\xi$ -Werte sollen mit einem Modellfaktor = 1,20 erhöht werden, wenn die Rammformel ohne Messung der quasi-elastischen Pfahlkopfbewegung angewendet wird.

<sup>e</sup> Wenn unterschiedliche Pfähle in der Gründung vorhanden sind, sollen bei der Wahl der Anzahl n von Versuchspfählen Gruppen gleichartiger Pfähle getrennt berücksichtigt werden.

Im Abschnitt 4.2 sind Zahlenbeispiele für die Entwicklung der globalen Sicherheit in Abhängigkeit der Anzahl der Pfahlprobelastungen und dem damit verbundenen Streuungsfaktor für die drei Nachweisverfahren nach DIN EN 1997-1 im Vergleich zur DIN 1054 zusammengestellt.

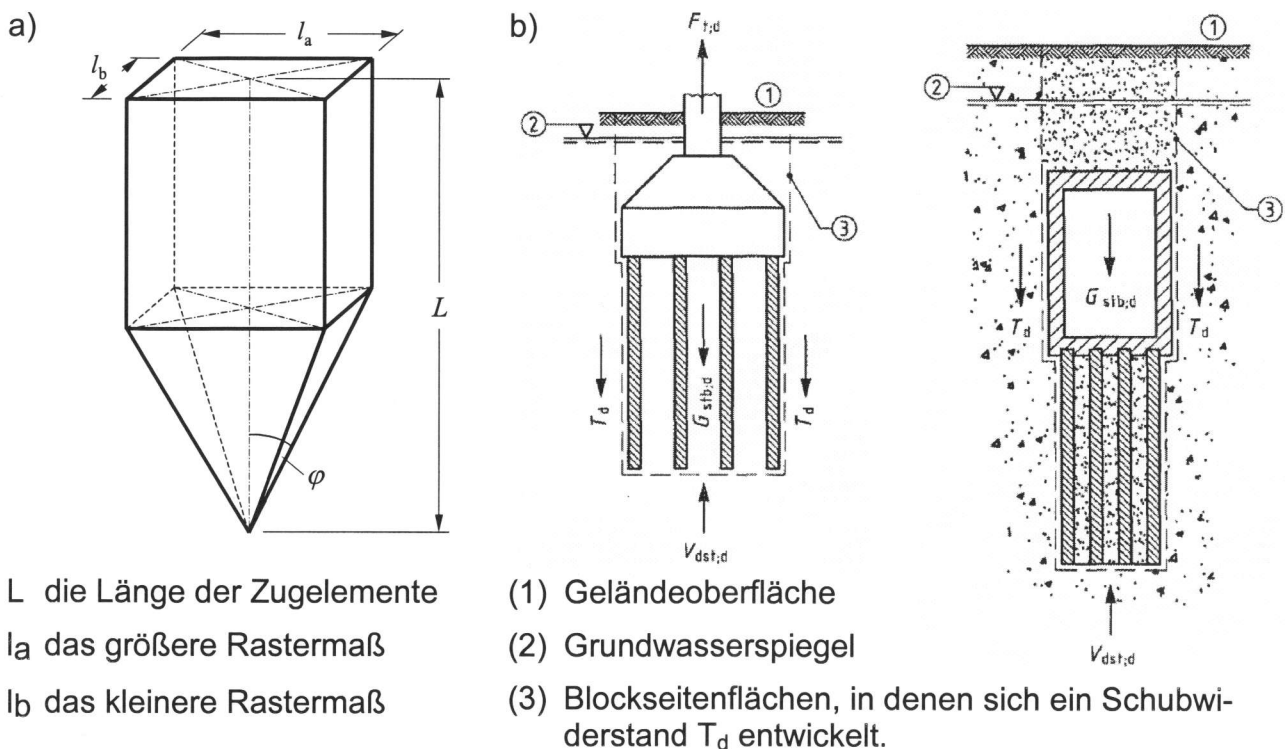
### 3.4 Zugpfahlgruppen und verankerte Auftriebssohlen

Erhebliche Unterschiede gibt es zwischen den Regelungen der DIN 1054:2003-01 und der DIN EN 1997-1 bzgl. den Nachweisen von Zugpfahlgruppen und verankerten Auftriebssohlen. Die Regelungen der DIN 1054:2003-01 sind aber im vergangenen Jahr nochmals grundsätzlich überarbeitet worden. Die im folgenden angesprochenen Punkte beziehen sich nur auf die nun gültigen Regelungen, wie sie in der neuesten Ausgabe der DIN 1054 (Januar 2005) enthalten sind.

Beim Nachweis von Zugpfahlgruppen sind grundsätzlich zwei Grenzfälle zu unterscheiden. Zum einen muss das Versagen des Einzelpfahles durch Herausziehen aus dem Boden ausgeschlossen werden, zum anderen muss die Tragfähigkeit der gesamten Pfahlgruppe nachgewiesen werden, wobei das Anheben des Bodenblockes mit den Pfählen betrachtet wird. Dabei unterscheidet sich in den beiden Normen die geometrische Definition dieses Bodenblockes.

Nach DIN 1054 ist der Bodenblock als eine vom Pfahlfuß ausgehende Pyramide festgelegt, die in einem Quader mit den Pfahlabständen als Seitenlängen übergeht, siehe Bild 1a. Die Höhe der Pyramide ist vom Reibungswinkel  $\varphi'$  des Bodens abhängig. Für die gesamte Pfahlgruppe ergibt sich der angehängte Bodenblock als die Summe der Einzelpfahlbodenkörper.

Nach DIN EN 1997-1 wird entlang der Außenkante der Gründungkörper eine umhüllende Linie angesetzt. Der angehängte Bodenblock besteht aus dem Boden und Gründungselementen, die sich innerhalb dieser Umhüllenden befinden. Den Gründungkörper überlagernde Bodenschichten werden dabei mit zum Bodenblock gerechnet, siehe Bild 1b.



**Bild 1** Definition des angehängten Bodenkörpers beim Nachweis von Zugpfahlgruppen nach a) DIN 1054 und b) DIN EN 1997-1

Die anzusetzende Gewichtskraft des Bodenblockes hängt von den geometrischen Abmessungen der Gründung ab (Pfahllänge, -abstand und -anzahl). Diese drei Größen beeinflussen die Gewichtskraft des Bodenblockes derart, dass die Änderung eines Parameters sich nicht grundsätzlich bei dem Ansatz einer der beiden Normen günstiger auswirkt. Hingegen wirken sich größere Pfahldurchmesser günstig nach DIN EN 1997-1 aus, größere Reibungswinkel begünstigen dagegen die Gewichtskraft nach DIN 1054.

Der Nachweis gegen Abheben des angehängten Bodenblockes wird nach DIN 1054 im Grenzzustand des Verlustes der Lagesicherheit GZ 1A mit zu Tabelle 1 und Tabelle 3 abweichenden Teilsicherheitsbeiwerten durchgeführt. Entsprechend den Werten nach Tabelle 9 werden günstige ständige Einwirkungen abgemindert, ungünstige ständige und veränderliche Einwirkungen werden einfach angesetzt. In der Grenzzustandsgleichung werden die stabilisierenden Einwirkungen den destabilisierenden Einwirkungen gegenübergestellt, siehe Gleichung (6). Widerstände treten hierbei definitionsgemäß nicht auf und werden als stabilisierende Einwirkungen betrachtet.

$$G_{k,dst} \cdot \gamma_{G,dst} + Q_k \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_{k,stb} \cdot \gamma_{G,stb} + G_{E,k} \cdot \gamma_{G,stb} \quad (6)$$

Nach DIN EN 1997-1 wird der Nachweis des Abhebens des Bodenblockes im Grenzzustand UPL geführt. Hierbei werden ebenfalls die destabilisierenden Einwirkungen den stabilisierenden Einwirkungen gegenübergestellt, siehe Gleichung (7). Die anzusetzenden Teilsicherheitsbeiwerte nach Tabelle 9 entsprechen sich bei ständige Einwirkungen in beiden Normen. Für ungünstige veränderlichen Einwirkungen muss nach DIN EN 1997-1 ein gegenüber DIN 1054 höherer Teilsicherheitsbeiwert von  $\gamma_{Q,dst} = 1,50$  angesetzt werden.

$$F_{dst,k} \cdot \gamma_{dst} + V_{dst,k} \cdot \gamma_{dst} \leq G_{stb,k} \cdot \gamma_{stb} \quad (7)$$

**Tabelle 9** Teilsicherheitsbeiwerte der Einwirkungen für den Grenzzustand GZ 1A nach DIN 1054 und DIN EN 1997-1

Einwirkung bzw. Beanspruchung	Formelzeichen	DIN 1054			DIN EN 1997-1
		Lastfall			
		LF 1	LF 2	LF 3	
Günstige ständige Einwirkung	$\gamma_{G,stb}$	0,90	0,90	0,95	0,90
Ungünstige ständige Einwirkungen	$\gamma_{G,dst}$	1,00	1,00	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	$\gamma_{Q,dst}$	1,00	1,00	1,00	1,50

Im Abschnitt 4 werden diese beiden Vorgehensweisen anhand von Zahlenbeispielen miteinander verglichen. Beim Nachweis des Einzelpfahles gegen Herausziehen ergeben sich die bereits diskutierten Unterschiede zwischen den beiden Normen bzgl. der Kombination unterschiedlicher Teilsicherheitsbeiwerte und Streuungsfaktoren, siehe Abschnitte 3.1 bis 3.3.

## 4 Beispiele

### 4.1 Beispiel zur Ermittlung von charakteristischen Widerstands-Setzungslinien aus Probelbelastungen

Bild 2a zeigt eine Gründungssituation mit einem Bohrpfahldurchmesser  $D = 0,90$  m und einer ständigen Last  $F_{G,k} = 1,0$  MN sowie der veränderlichen Last  $F_{Q,k} = 0,5$  MN. Ausgeführt werden zwei Pfahlprobelbelastungen, deren Ergebnisse als Messwerte  $R_{m,min}$  und  $R_{m,max}$  in Bild 2 und Tabelle 10 enthalten sind. Die Grenzsetzung wird mit Gleichung (8) zu  $s_1 = 0,1 \cdot 90$  cm = 9 cm festgelegt. Die Beispiele wurden aus Kempfert (2005) entnommen.

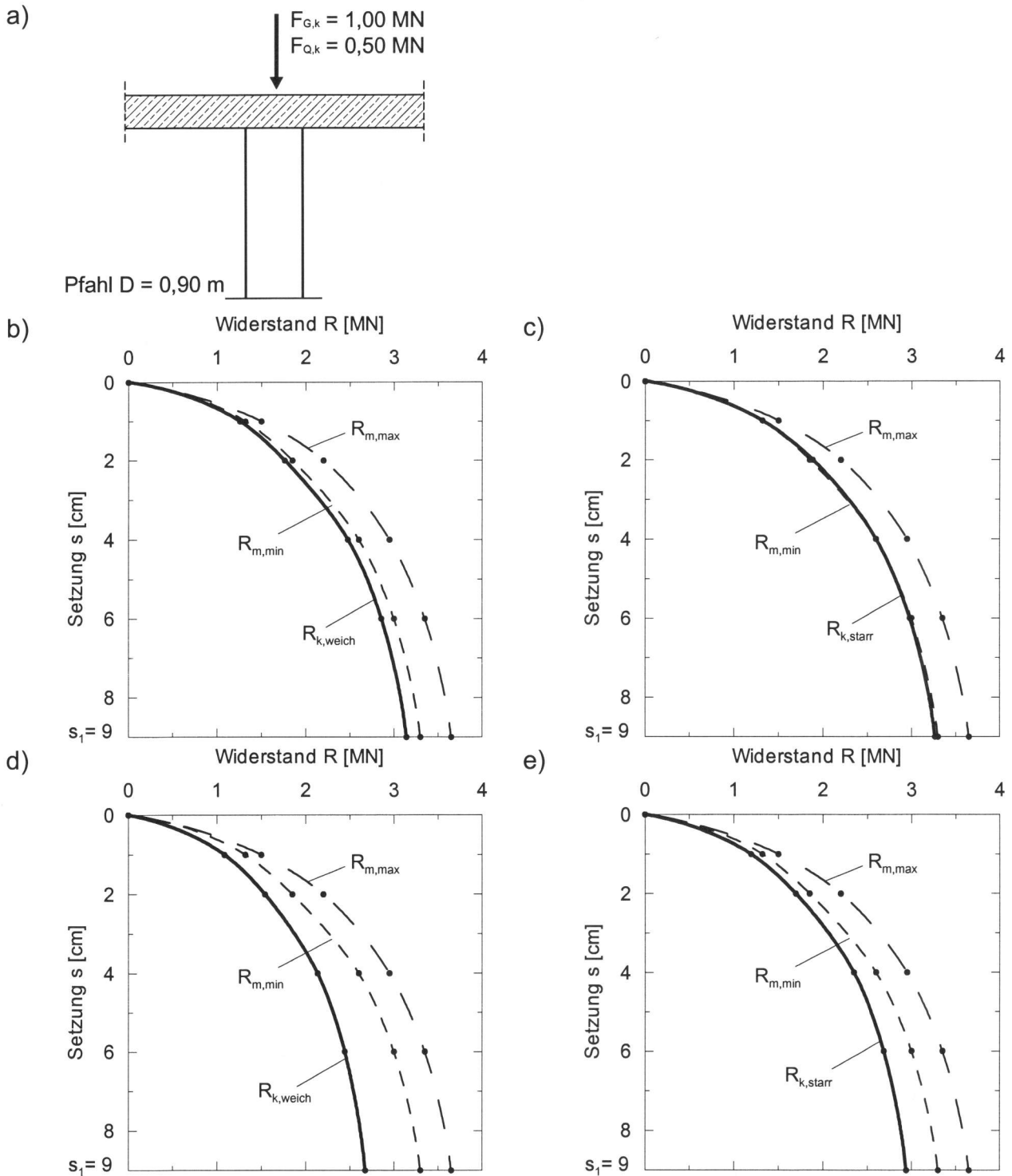
$$s_1 = 0,10 \cdot D_b \quad (8)$$

**Tabelle 10** Ergebnisse von zwei Probelbelastungen und Ableitung der charakteristischen WSL für ein weiches bzw. starres System nach DIN 1054

Setzung $s$ [cm]	$R_{m,min}$ [MN]	$R_{m,max}$ [MN]	$\bar{R}_m$ [MN]	$\xi_{weich}$	$R_{k,weich} = R_{m,min} / \xi_{weich}$ [MN]	$s_N / \bar{R}_{1m}$ [-]	$\xi_{starr}$	$R_{k,starr} = R_{m,mittel} / \xi_{starr}$ [MN]
0	0	0	0	1,05	0	0	0	0
1	1,32	1,50	1,410	1,05	1,257	0,090	1,0681	1,320
2	1,85	2,20	2,025	1,05	1,762	0,122	1,0744	1,885
4	2,60	2,95	2,775	1,05	2,476	0,089	1,0678	2,598
6	3,00	3,35	3,175	1,05	2,857	0,077	1,0656	2,980
9	3,30	3,65	3,475	1,05	3,143	0,071	1,0642	3,265

(a) Ableitung der charakteristischen Widerstands-Setzungslinie (WSL) nach DIN 1054

Werden die Lasten des Tragsystems in Bild 2a nicht gleichmäßig auf mehrere Pfähle verteilt, wird von einer „weichen“ Kopfplatte ausgegangen, d.h. die charakteristischen Werte



**Bild 2** Vergleichendes Beispiel zur Ableitung der charakteristischen WSL aus Pfahlprobelastungen a) System und Beanspruchung, b) Ableitung nach DIN 1054 ohne Lastverteilung (weiches System), c) Ableitung nach DIN 1054 mit Lastverteilung (starres System), d) Ableitung nach DIN EN 1997-1 ohne Lastverteilung (weiches System), e) Ableitung nach DIN EN 1997-1 mit Lastverteilung (starres System)

der WSL werden auf den Kleinstwert der Messung  $R_{m,min}$  bezogen. Der Streuungsfaktor ist  $\xi = 1,05$  nach Tabelle 4. Bild 2b zeigt die damit abgeleitete charakteristische WSL.

Bei weitgehend starrer Kopfplatte und Lastverteilung auf mehrere Pfähle, darf der charakteristische Pfahlwiderstand aus den Mittelwerten der Probelastungen abgeleitet und  $\xi$  durch Interpolation berechnet werden, wenn wie im vorliegenden Fall die bezogenen Streuungen von  $s_N/\bar{R}_m \leq 0,25$  sind, so dass die  $\xi$ -Werte nach Abschnitt 3.3 hier auf die gesamte Widerstands-Setzungslinie angewendet werden können, ohne dass Sprünge zu erwarten sind. Die sich ergebende charakteristische Widerstands-Setzungslinie zeigt Bild 2c.

(b) Ableitung der charakteristischen Widerstands-Setzungslinie nach DIN EN 1997-1

Die Ergebnisse gemäß dem Vorgehen nach DIN EN 1997-1, siehe Abschnitt 3.3, sind in Tabelle 11 und Bild 2d und e) zusammengestellt.

**Tabelle 11** Ergebnisse von zwei Probelastungen und Ableitung der charakteristischen WSL für ein weiches bzw. starres System nach DIN EN 1997-1

Setzung s [cm]	$R_{m,min}$ [MN]	$R_{m,max}$ [MN]	$\bar{R}_m$ [MN]	$\xi_2$	$R_k =$ $R_{m,min}/\xi_2$ [MN]	$\xi_1$	$R_k =$ $\bar{R}_m/\xi_1$ [MN]	$R_{k,weich}$ [MN]	$R_{k,starr} =$ $R_{k,weich} \cdot 1,1$ [MN]
0	0	0	0	1,2	0	1,3	0	0	0
1	1,32	1,50	1,41	1,2	1,100	1,3	1,085	1,085	1,194
2	1,85	2,20	2,025	1,2	1,542	1,3	1,558	1,542	1,696
4	2,60	2,95	2,775	1,2	2,167	1,3	2,135	2,135	2,349
6	3,00	3,35	3,175	1,2	2,500	1,3	2,442	2,442	2,686
9	3,30	3,65	3,475	1,2	2,750	1,3	2,673	2,673	2,940

#### 4.2 Vergleich der verschiedenen Nachweisverfahren auf der Grundlage des globalen Sicherheitsniveaus

Für das Beispiel nach Abschnitt 4.1, Bild 2, siehe auch Kempfert et al. (2003), wird angenommen, dass die Einwirkungen auf die Pfähle aus einem aufgehenden Bauwerk resultieren. Die Nachweise der Tragfähigkeit ergeben sich damit wie folgt:

(a) Bei unabhängig voneinander wirkenden Einzelpfählen (weiches System)

- Nachweis nach DIN EN 1997-1

### Nachweisverfahren 1

Kombination 1:

$$F_{1,d} = F_{k,G} \cdot \gamma_G + F_{k,Q} \cdot \gamma_Q = 1,00 \text{ MN} \cdot 1,35 + 0,50 \text{ MN} \cdot 1,50 = 2,10 \text{ MN}$$

$$R_{1,d} = R_{1,k} / \gamma_t = 2,673 \text{ MN} / 1,15 = 2,324 \text{ MN}$$

$$F_{1,d} = 2,10 \text{ MN} < R_{1,d} = 2,324 \text{ MN}$$

Kombination 2:

$$F_{1,d} = F_{k,G} \cdot \gamma_G + F_{k,Q} \cdot \gamma_Q = 1,00 \text{ MN} \cdot 1,00 + 0,50 \text{ MN} \cdot 1,30 = 1,65 \text{ MN}$$

$$R_{1,d} = R_{1,k} / \gamma_t = 2,673 \text{ MN} / 1,50 = 1,782 \text{ MN}$$

$$F_{1,d} = 1,65 \text{ MN} < R_{1,d} = 1,782 \text{ MN}$$

### Nachweisverfahren 2

$$F_{1,d} = F_{k,G} \cdot \gamma_G + F_{k,Q} \cdot \gamma_Q = 1,00 \text{ MN} \cdot 1,35 + 0,50 \text{ MN} \cdot 1,50 = 2,10 \text{ MN}$$

$$R_{1,d} = R_{1,k} / \gamma_t = 2,673 \text{ MN} / 1,10 = 2,430 \text{ MN}$$

$$F_{1,d} = 2,10 \text{ MN} < R_{1,d} = 2,430 \text{ MN}$$

### Nachweisverfahren 3

$$F_{1,d} = F_{k,G} \cdot \gamma_G + F_{k,Q} \cdot \gamma_Q = 1,00 \text{ MN} \cdot 1,35 + 0,50 \text{ MN} \cdot 1,50 = 2,10 \text{ MN}$$

$$R_{1,d} = R_{1,k} / \gamma_t = 2,673 \text{ MN} / 1,00 = 2,673 \text{ MN}$$

$$F_{1,d} = 2,10 \text{ MN} < R_{1,d} = 2,673 \text{ MN}$$

- Nachweis nach DIN 1054

$$F_{1,d} = F_{k,G} \cdot \gamma_G + F_{k,Q} \cdot \gamma_Q = 1,00 \text{ MN} \cdot 1,35 + 0,50 \text{ MN} \cdot 1,50 = 2,10 \text{ MN}$$

$$R_{1,d} = R_{1,k} / \gamma_{Pc} = 3,143 \text{ MN} / 1,20 = 2,619 \text{ MN}$$

$$F_{1,d} = 2,10 \text{ MN} < R_{1,d} = 2,619 \text{ MN}$$

- (b) Bei Lastverteilung z.B. durch starre Kopfplatte (starres System)  
Die Einwirkungen ergeben sich wie unter (a).

- Nachweis nach DIN EN 1997-1

### Nachweisverfahren 1

Kombination 1:

$$R_{1,d} = R_{1,k} / \gamma_t = 2,940 \text{ MN} / 1,15 = 2,557 \text{ MN}$$

$$F_{1,d} = 2,10 \text{ MN} < R_{1,d} = 2,557 \text{ MN}$$



Kombination 2:

$$R_{1,d} = R_{1,k} / \gamma_t = 2,940 \text{ MN} / 1,50 = 1,960 \text{ MN}$$

$$F_{1,d} = 1,65 \text{ MN} < R_{1,d} = 1,960 \text{ MN}$$

Nachweisverfahren 2

$$R_{1,d} = R_{1,k} / \gamma_t = 2,940 \text{ MN} / 1,10 = 2,673 \text{ MN}$$

$$F_{1,d} = 2,10 \text{ MN} < R_{1,d} = 2,673 \text{ MN}$$

Nachweisverfahren 3

$$R_{1,d} = R_{1,k} / \gamma_t = 2,940 \text{ MN} / 1,00 = 2,940 \text{ MN}$$

$$F_{1,d} = 2,10 \text{ MN} < R_{1,d} = 2,673 \text{ MN}$$

- Nachweis nach DIN 1054

$$R_{1,d} = R_{1,k} / \gamma_{Pc} = 3,265 \text{ MN} / 1,20 = 2,721 \text{ MN}$$

$$F_{1,d} = 2,10 \text{ MN} < R_{1,d} = 2,721 \text{ MN}$$

In einem weiteren Beispiel sind als Grundlage für den Vergleich der bekannten Pfahlnachweise nach dem bisher häufig angewendeten Globalsicherheitskonzept und dem in Zukunft anzuwendenden Teilsicherheitskonzept in Tabelle 12 bis Tabelle 14 für Druckpfähle im Lastfall 1 die Globalsicherheitsbeiwerte  $\eta$  für unterschiedliche Randbedingungen gegenübergestellt. Damit können die Tendenzen der zahlenmäßigen Änderungen der Sicherheit nach der neuen, bezogen auf das bisher übliche Vorgehen, dargestellt werden. Für die Beispiele nach DIN EN 1997-1 sind nur Nachweiskombinationen mit dem Satz für Einwirkungen A1 aufgeführt. Folgende Annahmen werden für das Beispiel getroffen:

- Variation der Anteile aus ständigen und veränderlichen Einwirkungen; daraus ergibt sich ein zusammengefasster Teilsicherheitsbeiwert für die Einwirkungen zu

$$\gamma_F = \text{Anteil aus } \gamma_G + \text{Anteil aus } \gamma_Q$$

- Die Grundgleichung für den Globalsicherheitsbeiwert lautet

$$\eta = \xi \cdot \gamma_R \cdot \gamma_F \tag{9}$$

- Bei keiner lastverteilenden Wirkung (weiches System) wurde für  $\xi$  vorausgesetzt, dass der Wert bezogen auf den Kleinstwert  $R_{m,\min}$  maßgebend ist.

**Tabelle 12** Beispiel zu den Globalsicherheitsbeiwerten  $\eta$  für  $\gamma_F = 1,35$

weiches System

N	DIN 1054		DIN EN 1997-1			
			Verfahren			
	$\xi$	$\eta$	$\xi$	$\eta$	$\eta$	$\eta$
1	1,15	1,86	1,40	2,17	2,08	1,89
2	1,05	1,70	1,20	1,86	1,78	1,62
3	1,00	1,62	1,05	1,63	1,56	1,42
4	1,00	1,62	1,00	1,55	1,49	1,35
5	1,00	1,62	1,00	1,55	1,49	1,35

starres System

N	DIN 1054		DIN EN 1997-1			
			Verfahren			
	$\xi$	$\eta$	$\xi / 1,1 \geq 1,0$	$\eta$	$\eta$	$\eta$
1	1,150	1,86	1,27	1,98	1,89	1,72
2	1,075	1,74	1,09	1,69	1,62	1,47
3	1,025	1,66	1,00	1,55	1,49	1,35
4	1,025	1,66	1,00	1,55	1,49	1,35
5	1,025	1,66	1,00	1,55	1,49	1,35

**Tabelle 13** Beispiel zu den Globalsicherheitsbeiwerten  $\eta$  für  $\gamma_F = 1,425$

weiches System

N	DIN 1054		DIN EN 1997-1			
			Verfahren			
	$\xi$	$\eta$	$\xi$	$\eta$	$\eta$	$\eta$
1	1,15	1,97	1,40	2,29	2,19	2,00
2	1,05	1,80	1,20	1,97	1,88	1,71
3	1,00	1,71	1,05	1,72	1,65	1,50
4	1,00	1,71	1,00	1,64	1,57	1,43
5	1,00	1,71	1,00	1,64	1,57	1,43

starres System

N	DIN 1054		DIN EN 1997-1			
			Verfahren			
	$\xi$	$\eta$	$\xi / 1,1 \geq 1,0$	$\eta$	$\eta$	$\eta$
1	1,150	1,97	1,27	2,09	2,00	1,81
2	1,075	1,84	1,09	1,79	1,71	1,55
3	1,025	1,75	1,00	1,64	1,57	1,43
4	1,025	1,75	1,00	1,64	1,57	1,43
5	1,025	1,75	1,00	1,64	1,57	1,43

**Tabelle 14** Beispiel zu den Globalsicherheitsbeiwerten  $\eta$  für  $\gamma_F = 1,5$

weiches System

N	DIN 1054		DIN EN 1997-1			
			Verfahren			
	$\xi$	$\eta$	$\xi$	$\eta$	$\eta$	$\eta$
1	1,15	2,07	1,40	2,42	2,31	2,10
2	1,05	1,89	1,20	2,07	1,98	1,80
3	1,00	1,80	1,05	1,81	1,73	1,58
4	1,00	1,80	1,00	1,73	1,65	1,50
5	1,00	1,80	1,00	1,73	1,65	1,50

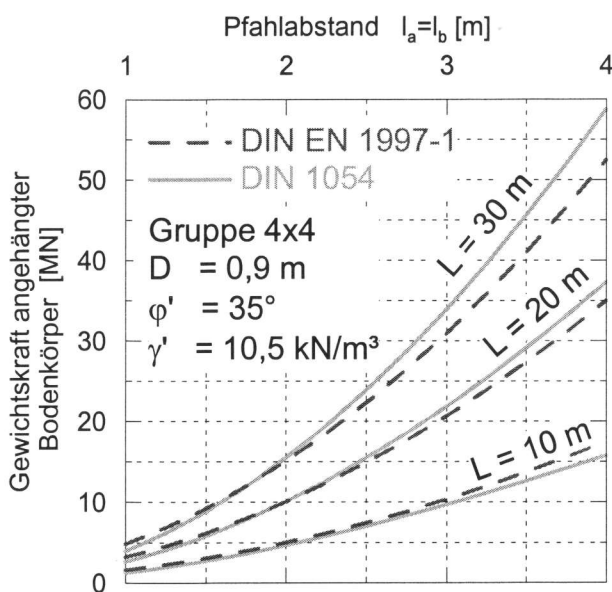
starres System

N	DIN 1054		DIN EN 1997-1			
			Verfahren			
	$\xi$	$\eta$	$\xi / 1,1 \geq 1,0$	$\eta$	$\eta$	$\eta$
1	1,150	2,07	1,27	2,20	2,10	1,91
2	1,075	1,94	1,09	1,88	1,80	1,64
3	1,025	1,85	1,00	1,73	1,65	1,50
4	1,025	1,85	1,00	1,73	1,65	1,50
5	1,025	1,85	1,00	1,73	1,65	1,50

- Bei einer lastverteilenden Wirkung (starres System) wurde  $\xi$  nach DIN EN 1997-1 auf  $R_{m,min}$  mit  $\xi/1,1$  bezogen und für DIN 1054  $s_N / \bar{R}_m = 0,125$  vorausgesetzt.

### 4.3 Zahlenbeispiel zum Nachweis gegen Abheben einer Zugpfahlgruppe

In Abschnitt 3.4 sind die beiden Definitionen für den angehängten Bodenkörper nach DIN 1054 und DIN EN 1997-1 für den Nachweis gegen Abheben einer Pfahlgründung beschrieben. Es zeigt sich jedoch, dass beide Definitionen unabhängig von der Pfahlgruppengeometrie und der Bodenart vergleichbare Ergebnisse liefern, siehe Bild 3.



**Bild 3**

Beispiel zur Entwicklung der Gewichtskraft des angehängten Bodenkörpers mit dem Pfahlabstand für unterschiedliche Pfahllängen

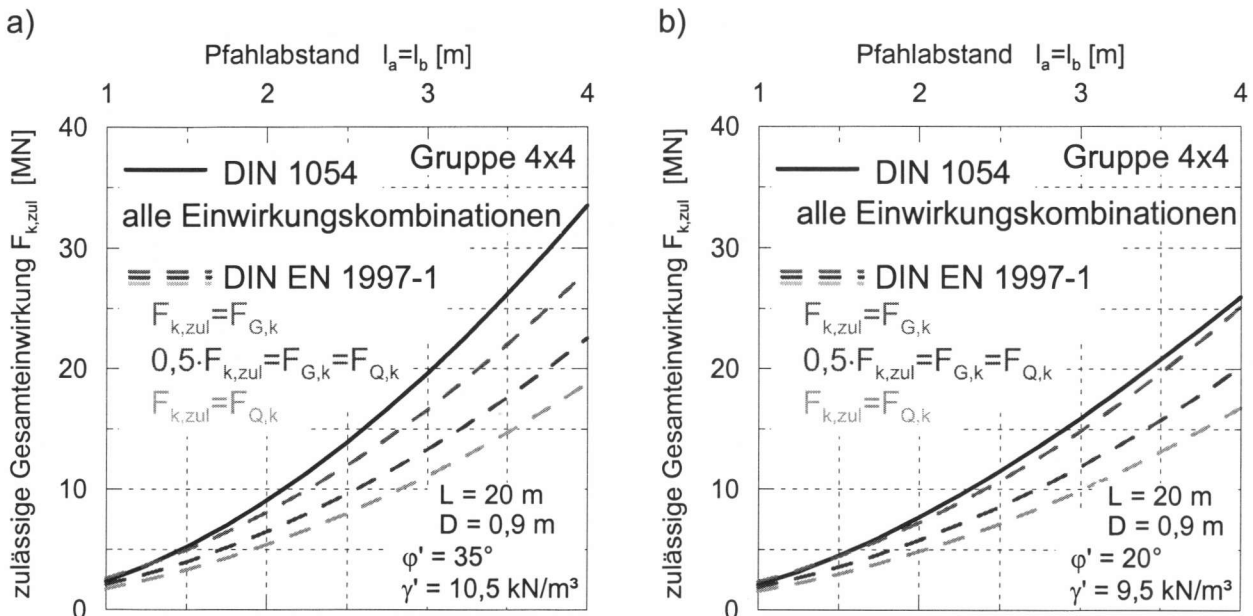
Weiterhin soll das Sicherheitsniveau beider Normen bei diesem Nachweis verglichen werden. Dazu wird die jeweilige Grenzzustandsbedingung nach der ungünstigen Einwirkung umgestellt und somit die noch zulässige charakteristischen Einwirkung  $F_{k,zul}$  bestimmt:

$$F_{k,zul} = \frac{G_{E,k} \cdot \gamma_{stb}}{\gamma_{dst}} \quad (\text{nach DIN 1054, Gleichung 34}) \quad (10)$$

$$F_{k,zul} = \frac{G_{stb,k} \cdot \gamma_{stb} - V_{dst,k} \cdot \gamma_{dst}}{\gamma_{dst}} \quad (\text{nach DIN EN 1997-1, Gleichung 2.8}) \quad (11)$$

In diesem Beispiel wird nur das Gewicht des Bodenkörpers als widerstehende Größe angesetzt, weitere günstige, lotrecht nach unten wirkende Größen werden nicht angenommen. Für die ungünstig wirkenden Einwirkungen werden drei Fälle betrachtet, die Ge-

samteinwirkung besteht lediglich aus ständigen oder veränderlichen Einwirkungen oder beide Anteile kommen in selber Höhe vor. Die Teilsicherheitsbeiwerte werden entsprechend Tabelle 9 angesetzt.



**Bild 4** Beispiel zur Entwicklung der zulässigen Gesamteinwirkung mit dem Pfahlabstand beim Nachweis gegen Abheben des Bodenkörpers bei a) nichtbindigen und b) bindigen Böden für unterschiedliche Verhältnisse von ständigen und veränderlichen Einwirkungen

Es zeigt sich, dass sich für den Nachweis des Abhebens von Zugpfahlgruppen nach DIN EN 1997-1 geringere zulässige Einwirkungen ergeben, siehe Bild 4. Dies ist im abweichenden Teilsicherheitsbeiwert für ungünstige veränderliche Einwirkungen von  $\gamma_{Q,dst} = 1,50$  nach DIN EN 1997-1 gegenüber  $\gamma_{Q,dst} = 1,00$  nach DIN 1054 begründet. Damit ergibt sich unter ausschließlich ständigen ungünstigen Einwirkungen ein vergleichbares Sicherheitsniveau zwischen den beiden Normen, während beim Auftreten von veränderlichen ungünstigen Einwirkungen das Vorgehen nach DIN 1054 wirtschaftlicher ist.

## 5 Zusammenfassende Bewertung

Mit der Umstellung der DIN 1054 auf das Teilsicherheitskonzept wurde für den Pfahlabschnitt eine zur DIN EN 1997-1 weitestgehend formal übereinstimmende Norm erstellt. Die wesentlichen Unterschiede liegen in den Werten und der Anwendung der Teilsicherheitsbeiwerte und der Streuungsfaktoren, wobei auch in DIN EN 1997-1 explizit darauf hingewiesen

wird, dass die Teilsicherheitsbeiwerte und die Streuungsfaktoren bei der nationalen Anwendung der DIN EN 1997-1 auch aus den zu dieser Norm gehörenden und noch zu entwickelnden Nationalen Anhängen der jeweiligen Länder entnommen werden dürfen.

Ein Vergleich der globalen Sicherheiten zwischen DIN 1054 und DIN EN 1997-1 zeigt, dass beide Normen ein vergleichbares Sicherheitsniveau erreichen, siehe Abschnitt 4.2. Dabei ist DIN 1054 bei wenigen Pfahlprobelastungen etwas wirtschaftlicher als das dem deutschen Vorgehen entsprechende Nachweisverfahren 2 nach DIN EN 1997-1. Mit steigender Anzahl an Pfahlprobelastungen wird DIN 1054 leicht unwirtschaftlicher.

Beim Nachweis des Abhebens von Zugpfahlgruppen ergeben sich aufgrund des höheren Teilsicherheitsbeiwertes nach DIN EN 1997-1 für ungünstige veränderliche Einwirkungen nach DIN 1054 höhere zulässige Einwirkungen. Treten nur ständige ungünstige Einwirkungen auf, ist das Sicherheitsniveau beider Normen vergleichbar.

## 6 Literatur

*Kempfert, H.-G. / Eigenbrod, D. / Smoltczyk, U. (2003):* Kapitel „Pile Foundations“ aus Geotechnical Engineering Handbook, Volume 3: Elements and Structures, Ernst & Sohn Verlag

*Kempfert, H.-G. (2005):* Kommentar zum Abschnitt „Pfahlgründungen“ der DIN 1054:2005-01 (in Vorbereitung)

Prof. Dr.-Ing. H.-G. Kempfert,  
Dipl.-Ing. M. Rudolf

Institut für Geotechnik und Geohydraulik (IGG)  
Universität Kassel  
Mönchebergstraße 7  
34125 Kassel

Tel.: +49-(0)561-804-2630  
Fax.: +49-(0)561-804-2651  
geotech@uni-kassel.de

Mitteilung des Instituts  
für Grundbau und Bodenmechanik  
Technische Universität Braunschweig

Heft Nr. 80



IGB·TUBS

## Pfahl - Symposium 2005

Fachseminar: 24./25. Februar 2005

Organisation:

Dr. J. Gattermann  
M. Fritsch

*Anmerk.:*

*geprüftes Heft 80  
genüßlich gezeichnet  
(Fehler korrigiert)*

Braunschweig 2005

---

Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. J. Stahlmann