

**Richtlinie für den Entwurf, die Bemessung und den Bau
von Kombinierten Pfahl-Plattengründungen (KPP)
(KPP-Richtlinie)**

Herausgegeben vom
Arbeitskreis „Pfähle“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V. (DGGT)
Juli 2001

1 Begriffsdefinition

Die Kombinierte Pfahl-Plattengründung (kurz: KPP) ist eine geotechnische Verbundkonstruktion, die unter Inanspruchnahme der in Bild 1.1 dargestellten Interaktionseinflüsse die gemeinsame Tragwirkung der Gründungselemente Fundamentplatte und Pfähle bei der Einleitung von Bauwerkslasten in den Baugrund erfassst.

Der von der Setzung s des Gründungskörpers abhängige charakteristische Gesamtwiderstand $R_{\text{tot},k}(s)$ der KPP setzt sich demnach aus der Summe der charakteristischen Pfahlwiderstände der KPP $\sum_{j=1}^m R_{\text{pile},k,j}(s)$ und dem charakteristischen Sohldruckwiderstand $R_{\text{raft},k}(s)$ zusammen, der sich aus dem Integral des Sohldrucks $\sigma(x,y)$ über die Grundrissfläche A der Fundamentplatte ergibt.

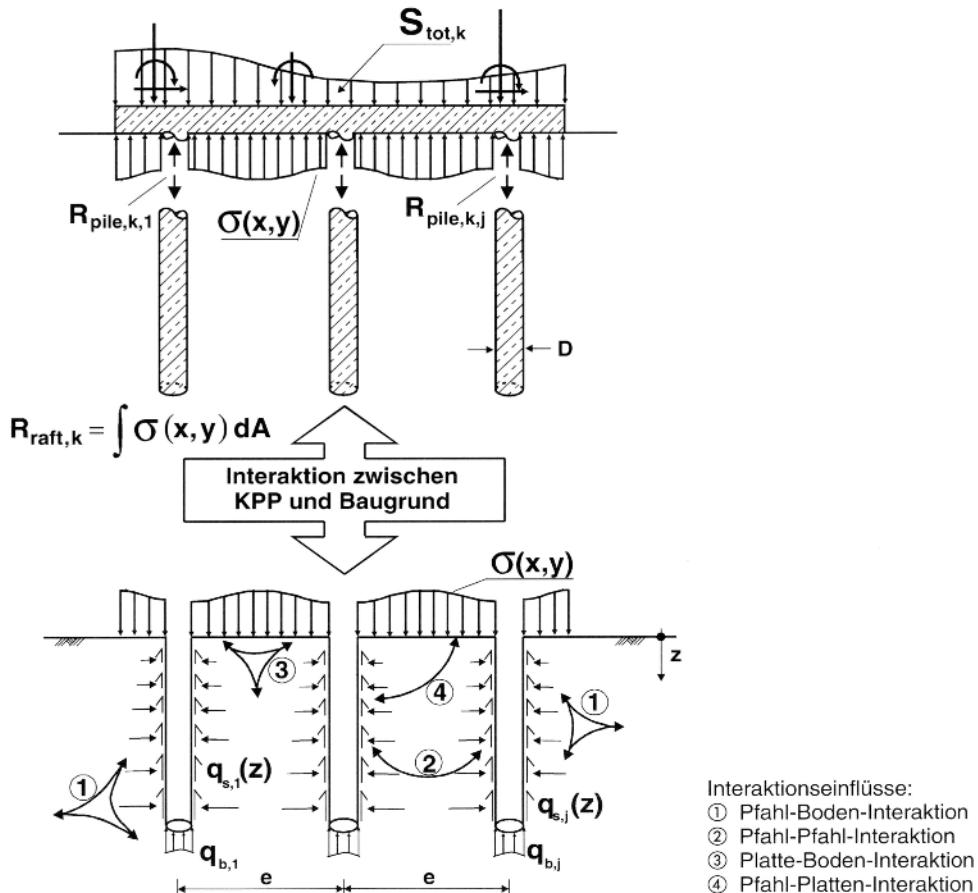


Bild 1.1 Kombinierte Pfahl-Plattengründung (KPP) als geotechnische Verbundkonstruktion mit den das Tragverhalten prägenden Interaktionseinflüssen

$$R_{\text{tot},k}(s) = \sum_{j=1}^m R_{\text{pile},k,j}(s) + R_{\text{raft},k}(s) \quad (1.1)$$

mit:

$$R_{\text{pile},k,j}(s) = R_{b,k,j}(s) + R_{s,k,j}(s) \quad (1.2)$$

Die Tragwirkung einer KPP wird durch den Pfahlplatten-Koeffizienten α_{KPP} beschrieben, der angibt, welcher Anteil der Einwirkung $S_{\text{tot},k}$ über die Pfähle abgetragen wird, bzw. welchen Anteil die Pfähle an dem Gesamtwiderstand $R_{\text{tot},k}$ der KPP haben:

$$\alpha_{\text{KPP}}(s) = \frac{\sum_{j=1}^m R_{\text{pile},k,j}(s)}{R_{\text{tot},k}(s)} \quad (1.3)$$

Der Pfahlplatten-Koeffizient kann zwischen den beiden Grenzwerten $\alpha_{\text{KPP}}=0$ (Flächengründung nach DIN 1054 · Abs. 4) und $\alpha_{\text{KPP}}=1$ (Pfahlgründung nach DIN 1054 · Abs. 5) variieren (Bild 1.2). Bild 1.2 zeigt ein qualitatives Beispiel für den Zusammenhang zwischen dem Pfahlplatten-Koeffizienten α_{KPP} und dem Verhältnis der Setzung einer KPP s_{KPP} zur Setzung einer Flächengründung s_{FI} mit gleicher Gründungsfläche unter der gleichen Einwirkung.

Der Pfahlplatten-Koeffizient α_{KPP} ist abhängig vom Beanspruchungsniveau und damit von der Setzung der KPP.

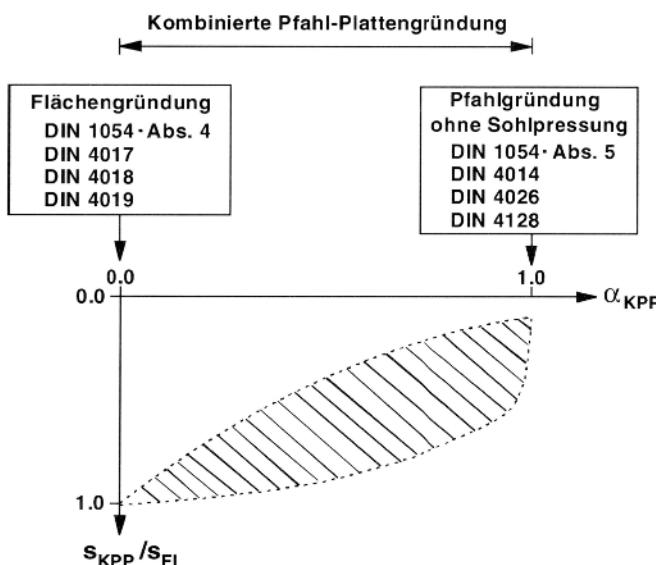


Bild 1.2 Qualitatives Beispiel für die mögliche Setzungsreduktion einer KPP in Funktion des Pfahlplatten-Koeffizienten α_{KPP}

2 Geltungsbereich

Die KPP-Richtlinie gilt für den Entwurf, die Bemessung, die Prüfung und den Bau von überwiegend vertikal belasteten Kombinierten Pfahl-Plattengründungen.

Anmerkung: Die KPP-Richtlinie gilt sinngemäß auch für Gründungen mit anderen Tiefgründungselementen als Pfählen, wie z.B. Schlitzwandelementen bzw. Schlitzwänden, Spundwänden etc.

Die KPP-Richtlinie gilt nicht in Fällen, bei denen unter der Fundamentplatte Schichten relativ geringer Steifigkeit (z.B. weiche bindige bzw. organische Böden, sackungsfähige Auffüllungen) anstehen, und sie gilt nicht bei geschichtetem Baugrund mit einem Steifigkeitsverhältnis der oberen zur unteren Schicht von $E_{S\text{ oben}}/E_{S\text{ unten}} \leq 1/10$ sowie in allen Fällen, bei denen der Pfahlplatten-Koeffizient $a_{KPP} > 0,9$ ist.

3 Geotechnische Kategorie

Kombinierte Pfahl-Plattengründungen sind der geotechnischen Kategorie GK 3 nach DIN 4020 zuzuordnen.

4 Formelzeichen

Tabelle 1 Formelzeichen

Zeile	Formel-zeichen	Benennung	Übliche Einheit	Kapitel
1	C	Wert für die Beanspruchbarkeit im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (z. B. Verformungen) (resistance property for SLS)		8
2	D	Pfahldurchmesser (pile diameter)	m	1
3	e	Pfahlachsabstand (pile spacing)	m	1
4	E	Beanspruchungsgröße im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (action effect)		8
5	E_s	Steifemodul des Bodens (bulk modulus)	MN/m ²	2
6	H	Summe der horizontalen Einwirkungen (sum of horizontal actions)	MN	2
7	i	Laufvariable über die Anzahl n der Einwirkungen (index for an action)	–	7
8	j	Laufvariable über die Anzahl m der Pfähle (index for a pile)	–	1
9	k	Fußzeiger für charakteristischen Wert (index for characteristic value)	–	1
10	n	Anzahl der Einwirkungen (number of actions)	–	7
11	m	Anzahl der Pfähle einer KPP (number of piles of a piled raft)	–	1
12	q_b	Pfahlspitzenwiderstandsspannung (base pressure of a pile)	MN/m ²	1
13	$q_s(z)$	Pfahlmantelreibung als Funktion der Tiefe z (skin friction of a pile)	MN/m ²	1
14	R	Widerstand (allgemein) (resistance)	MN	1
15	$R_{b,k}(s)$	Charakteristischer Pfahlfußwiderstand (characteristic value of the base resistance of a pile)	MN	1

Tabelle 1 Formelzeichen (Fortsetzung)

Zeile	Formel-zeichen	Benennung	Übliche Einheit	Kapitel
16	$R_{\text{tot}, k} (s)$	Charakteristischer Gesamtwiderstand der KPP als Funktion der Setzung (characteristic value of the total resistance of a piled raft as function of the settlement)	MN	1
17	$R_{1,\text{tot}, k}$	Charakteristischer Gesamtwiderstand der KPP im Grenzzustand der Tragfähigkeit (characteristic value of the total resistance of a piled raft for ULS)	MN	7
18	$R_{\text{pile}, k, j}$	Charakteristischer Pfahlwiderstand des Pfahles j der Pfahlgruppe (characacteristic value of the resistance of the pile j of a pile group)	MN	1
19	$\sum_{j=1}^m R_{\text{pile}, k, j}$	Summe der charakteristischen Pfahlwiderstände aller m Pfähle der Pfahlgruppe (sum of the characteristic values of the resistances of all m piles of a pile group)	MN	1
20	$R_{\text{raft}, k}$	Charakteristischer Sohldruckwiderstand der Fundamentplatte (Integral des Sohldrucks über die Gründungsfläche) (characteristic value of the resistance of a piled raft mobilized by contact pressure)	MN	1
21	$R_{s, k} (s)$	Charakteristischer Pfahlmantelwiderstand (characteristic value of the skin friction resistance of a pile)	MN	1
22	s	Setzung (allgemein) (settlement)	m	1
23	s_{KPP}	Setzung einer KPP (settlement of a piled raft)	m	1
24	s_{Fl}	Setzung einer Flächengründung (settlement of a shallow foundation)	m	1
25	s_2	Aufnehmbare Setzung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZ 2) (allowable settlement for SLS)	m	8
26	Δs_2	Aufnehmbare Setzungsdifferenz im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (GZ 2) (allowable differential settlement for SLS)	m	8
27	S	Einwirkung (allgemein) (Action)	MN	1
28	$S_{k, i}$	Charakteristischer Wert der Einwirkung i (characteristic value of an action i)	MN	7

Tabelle 1 Formelzeichen (Fortsetzung)

Zeile	Formel-zeichen	Benennung	Übliche Einheit	Kapitel
29	$S_{\text{tot}, k}$	Summe der charakteristischen Werte der Einwirkungen (sum of characteristic values of all actions)	MN	1
30	V	Summe der vertikalen Einwirkungen (sum of vertical actions)	MN	1
31	x, y, z	Kartesische Koordinaten	m	1
32	a_{KPP}	Pfahlplatten-Koeffizient (piled raft coefficient (a_{pr}))	–	1
33	η	Globaler Sicherheitsbeiwert für äußere Tragfähigkeit (global safety factor for geotechnical bearing capacity)	–	7
34	$\sigma(x, y)$	Sohldruck (contact pressure)	MN/m ²	1

5 Baugrunderkundung und Baugrundbeurteilung

Voraussetzung für den Entwurf und die Bemessung einer KPP und Grundlage aller Nachweise ist die Erkundung und Untersuchung des Baugrundes im Feld und im Labor in einem Umfang, der in jedem Fall den aktuellen geotechnischen, an die Besonderheiten der für die KPP geführten Nachweise angepassten Standards entsprechen muss.

Art und Umfang der geotechnischen Untersuchungen und die Ausführung der Aufschlüsse und der Feld- und Laborversuche sind durch einen *Sachverständigen für Geotechnik* (DIN 4020) zu planen und zu überwachen und unter Berücksichtigung der durch die KPP bedingten Baugrund-Tragwerk-Interaktion bodenmechanisch zu beurteilen.

Bei der Festlegung der für die Bemessung einer KPP anzusetzenden charakteristischen Bodenkennwerte sind die Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen mit den örtlich für diesen Boden vorliegenden Erfahrungswerten abzugleichen.

5.1 Felderkundung

Für den Entwurf und die Bemessung einer KPP sind auch bei Vorliegen örtlicher Erfahrungswerte zusätzlich direkte Aufschlüsse erforderlich. Dabei gelten bezüglich der Festlegung der Aufschlussstiefe die in DIN 4020 · Abs. 6.2.4.4 für Pfahlgründungen definierten Anforderungen. In Abhängigkeit von den projektspezifischen Randbedingungen und den örtlichen Gegebenheiten ist zu prüfen, ob weitere Untersuchungen *in situ* erforderlich sind.

5.2 Laboruntersuchungen

Der Entwurf und die Bemessung einer KPP setzt eine ausreichende Kenntnis der Verformungs- und Festigkeitseigenschaften des Baugrundes voraus. Neben Klassifikationsversuchen sind daher entsprechende Laborversuche an einer ausreichenden Anzahl von aus den direkten Aufschläßen gewonnenen Bodenproben der Gütekasse 1 nach DIN 4021 zur Bestimmung der Steifigkeit und der Scherfestigkeit des Bodens durchzuführen.

Art und Umfang der durchzuführenden Laborversuche richtet sich nach DIN 4020 · Abs. 7.8. Die Versuche sind in Abhängigkeit von den in den Berechnungsverfahren zur Bemessung der KPP verwendeten Stoffgesetzen zu planen und durchzuführen.

5.3 Maßnahmen während der Bauausführung

Die bei der Herstellung der KPP anfallenden Baugrundaufschlüsse sind von einem *Sachverständigen für Geotechnik* (DIN 4020) aufzunehmen, bodenmechanisch zu be-

werten und nachprüfbar den Ergebnissen der Baugrundkundung gegenüberzustellen. Die bei der Herstellung von Bohrpfählen anfallenden Daten sind in Pfahlprotokollen und graphisch in Pfahlbohrdiagrammen festzuhalten. Bei Einsatz von Rammpfählen oder anderen Tiefgründungselementen ist sinngemäß zu verfahren.

Wenn die bei der Bauausführung angetroffenen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse von den im Rahmen der Baugrundkundung ermittelten Verhältnissen nachweisrelevant abweichen, so sind zusätzliche Baugrundkundungsmaßnahmen durchzuführen und der Entwurf und die Bemessung der KPP fortzuschreiben.

6 Anforderungen an Berechnungsverfahren für die Bemessung einer KPP

6.1 Vorbemerkungen

Die Tragwirkung einer KPP wird durch die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Traggliedern beeinflusst (siehe Bild 1.1).

Neben der Pfahlgruppenwirkung, d. h. der gegenseitigen Beeinflussung der Pfähle innerhalb der Pfahlgruppe, beeinflusst der Sohldruckwiderstand maßgeblich das Tragverhalten der Gründungspfähle einer KPP.

Voraussetzung für einen sicheren Entwurf und die Bemessung einer KPP ist daher die wirklichkeitsnahe Erfassung der Wechselwirkungen zwischen aufgehendem Bauwerk, Gründungselementen und Baugrund. Diese Anforderung bedingt den Einsatz eines Rechenmodells, das in der Lage ist, diese die Tragwirkung der KPP bestimmenden Interaktionswirkungen in Abhängigkeit von der Systemkonfiguration zuverlässig und wirklichkeitsnah zu erfassen.

Das für die Bemessung einer KPP eingesetzte Rechenmodell muss Ansätze für eine realistische geometrische Modellierung der Gründungselemente und des Bodenkontinuums sowie für die Formulierung einer wirklichkeitsnahen Beschreibung des Werkstoffverhaltens von Tragwerk und Baugrund und des Kontaktverhaltens zwischen dem Boden und den mit ihm in Verbindung stehenden Bauteilen enthalten. Die Wahl des Ansatzes zur Beschreibung des Werkstoffverhaltens des Bodens und die in die Berechnung eingeführten Stoffparameter sind zu begründen.

6.2 Tragverhalten eines Einzelpfahles

Für den Entwurf und die Bemessung einer KPP ist die Kenntnis des Tragverhaltens eines freistehenden Einzelpfahles unter vergleichbaren Baugrundverhältnissen erforderlich (siehe Abschnitt 6.3, Absatz 1).

Soweit keine Erfahrungen zum äußeren Tragverhalten eines Einzelpfahles aus Probebelastungen für einen entsprechenden Pfahltypus unter vergleichbaren Baugrundverhältnissen vorliegen, ist nach DIN 1054 eine statische axiale Pfahlprobobelastung durchzuführen. Dabei sind die entsprechenden Regelungen in DIN 4014 · Abs. 7 und in DIN 4026 · Abs. 8.4 zugrunde zu legen, wobei die von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik · DGGT · Arbeitskreis 2.1 formulierten „Empfehlungen für die Durchführung von statischen axialen Pfahlprobobelastungen“ berücksichtigt werden sollten.

Soweit keine Pfahlprobobelastungen durchgeführt werden, kann das äußere Tragverhalten eines Einzelpfahles unter den in DIN 4014 und DIN 4026 definierten Voraussetzungen auf der Basis der in diesen Normen angegebenen Erfahrungswerte ermittelt werden (DIN 4014 · Abs. 7 bzw. DIN 4026 · Abs. 8.4). Die Übertragbarkeit der in den Normen

genannten Erfahrungswerte auf die erkundeten Baugrundverhältnisse und die geplante KPP ist prüffähig nachzuweisen.

6.3 Anforderungen an ein Rechenmodell

Das eingesetzte Rechenmodell muss in der Lage sein, das nach Abschnitt 6.2 ermittelte Tragverhalten eines entsprechenden Einzelpfahles rechnerisch zu simulieren und dabei sowohl den Schervorgang am Pfahlmantel als auch den Kompressionsvorgang am Pfahlfuß qualitativ und quantitativ richtig abzubilden.

Das eingesetzte Rechenmodell muss auch in der Lage sein, das Tragverhalten eines Einzelpfahles auf das durch die Pfahl-Pfahl-Interaktion und die Pfahl-Platten-Interaktion beeinflusste Tragverhalten der KPP zu übertragen und dabei die wesentlichen, in Bild 1.1 dargestellten Interaktionseinflüsse und deren Auswirkungen auf das Tragverhalten der KPP abzubilden.

Für den Entwurf und die Bemessung einer KPP stehen unterschiedliche Berechnungsverfahren zur Verfügung, die auf verschiedenen Berechnungsansätzen und Modellbildungen beruhen.

Das für die Bemessung einer KPP eingesetzte Berechnungsverfahren ist im Rahmen des Entwurfs- und Bemessungsvorganges zu dokumentieren.

7 Nachweis der Tragfähigkeit (GZ 1 – Ultimate Limit State – ULS)

Für eine KPP sind die Nachweise der äußeren und inneren Tragfähigkeit zu führen. Die äußere Tragfähigkeit beschreibt die Tragfähigkeit des Werkstoffes Boden in Wechselwirkung mit den Gründungselementen, die innere Tragfähigkeit beschreibt die Tragfähigkeit der Einzelbauteile, wie die der Pfähle und die der Fundamentplatte.

Das Tragverhalten der KPP wird unter Ansatz der charakteristischen Boden- und Baustoffkennwerte berechnet. Zeitabhängige Eigenschaften von Baugrund bzw. Baustoff sind gegebenenfalls zu berücksichtigen.

Die Steifigkeit des aufgehenden Tragwerkes und ihr Einfluss auf das Tragverhalten der Kombinierten Pfahl-Plattengründung ist bei der rechnerischen Untersuchung der Gründung und bei der Nachweisführung zu berücksichtigen.

Bild 7.1 stellt das Nachweiskonzept für den Nachweis der Tragfähigkeit (GZ 1) schematisch dar.

7.1 Nachweis der äußeren Tragfähigkeit im GZ1 (ULS)

Eine ausreichende Sicherheit gegen Versagen des Gesamtsystems ist eingehalten, wenn die Bedingung

$$\eta \cdot \sum_{i=1}^n S_{k,i} \leq R_{1,tot,k} \quad (7.1)$$

erfüllt ist. Der Wert für den globalen Sicherheitsbeiwert η ist in Abhängigkeit von dem maßgebenden Lastfall (DIN 1054·Abs. 2.2) Bild 7.1 zu entnehmen.

Der charakteristische Gesamtwiderstand der KPP im Grenzzustand der Tragfähigkeit $R_{1,tot,k}$ ist aus der Berechnung der KPP als Gesamtsystem mit einem die maßgebenden Wechselwirkungen erfassenden Rechenmodell nach Abschnitt 6.2 zu ermitteln. In der Berechnung sind die charakteristischen Boden- und Baustoffkennwerte zu verwenden. $R_{1,tot,k}$ ergibt sich dann aus der berechneten Widerstandssetzungslinie für den Widerstand des Gesamtgründungskörpers unter einer 2,0-fachen Einwirkung.

Tritt bereits bei einer Einwirkung, die kleiner ist als die 2,0-fache Einwirkung, rechnerisch ein merkliches Versagen der KPP auf, so entspricht der charakteristische Wert für den Gesamtwiderstand der KPP im Grenzzustand der Tragfähigkeit $R_{1,tot,k}$ dem Wert, der sich an der Stelle ergibt, bei welcher der flache Ast der Widerstandssetzungslinie nach einem Übergangsbereich mit zunehmend größer werdenden Setzungen in einen steil abfallenden Ast übergeht.

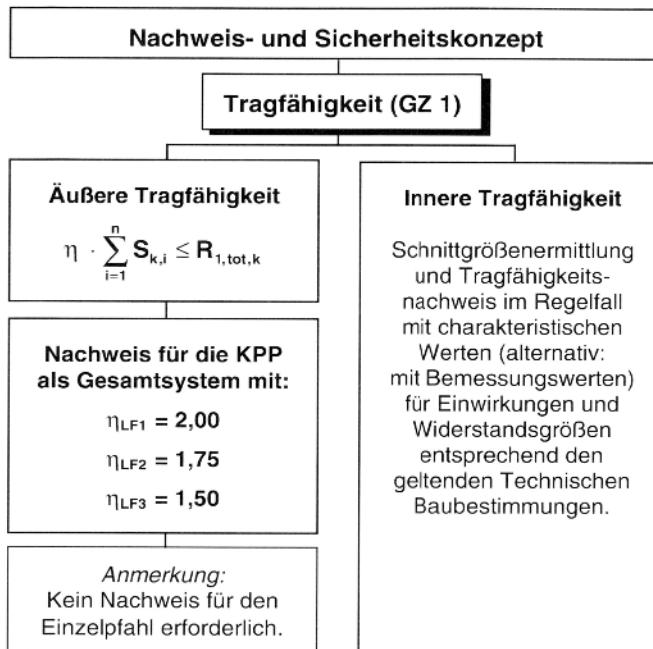


Bild 7.1 Nachweis- und Sicherheitskonzept für die KPP für den Nachweis der Tragfähigkeit (Grenzzustand GZ 1 – ULS)

Soweit der Nachweis nicht mit einem wirklichkeitsnahen Rechenmodell nach Abschnitt 6.3 erfolgt, kann $R_{1,tot,k}$ in „einfachen Fällen“ ersatzweise aus dem charakteristischen Grundbruchwiderstand der Fundamentplatte der KPP ermittelt werden.

„Einfache Fälle“ liegen vor, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind:

- Geometrisch gleichmäßige Konfiguration der KPP:
 - gleiche Pfahlängen und -durchmesser
 - konstanter Pfahlachsabstand e
 - rechteckförmige, quadratische oder runde Fundamentplatte
 - Überstand der Fundamentplatte über die äußere Pfahlreihe hinaus $\leq 3 \cdot D$ (D =Pfahldurchmesser)
- Homogener Baugrund (keine Baugrundschichtung):
 - keine großen Steifigkeitsunterschiede der einzelnen Schichten (siehe Kapitel 2)
- Einwirkungen
 - zentrische Beanspruchung der Fundamentplatte, d.h. die resultierende Einwirkung greift im Flächenschwerpunkt der Fundamentplatte an
 - keine vorwiegend dynamischen Einwirkungen

Zur Ermittlung des Grundbruchwiderstandes ist als Gründungsniveau zur Festlegung der Einbindetiefe die Unterkante der Fundamentplatte anzusetzen.

Die vertikale Tragwirkung der Pfähle ist in diesen Fällen bei der Ermittlung des charakteristischen Grundbruchwiderstandes der Fundamentplatte zu vernachlässigen.

Die horizontale Tragwirkung der Pfähle darf als der Dübelwiderstand der die Gleitfläche der Grundbruchfigur nach DIN4017 schneidenden Pfähle angesetzt werden. Die Kraftweiterleitung im Boden ist nachzuweisen. Der Ermittlung des Grundbruchwiderstandes sind die charakteristischen Bodenkennwerte zugrunde zu legen.

Beim Nachweis der äußeren Tragfähigkeit einer KPP ist grundsätzlich kein Nachweis für den Einzelpfahl erforderlich.

7.2 Nachweis der inneren Tragfähigkeit im GZ1 (ULS)

Für die Gründungselemente ist eine ausreichende Sicherheit gegen Versagen der Baustoffe (Bauteilversagen) im GZ1 nach den werkstoffspezifischen Normen nachzuweisen. Der Nachweis der inneren Tragfähigkeit ist für alle maßgeblichen Beanspruchungszustände und Lastfallkombinationen zu erbringen. Nachzuweisen sind die folgenden Beanspruchungszustände:

- Pfähle: Zug (in Bauphasen), Druckkraft bzw. Druckkraft mit Biegung und Schub.
- Fundamentplatte: Biegung, Schub, Durchstanzen in den Lasteinleitungsbereichen aus den aufgehenden Bauteilen (Stützen) sowie aus den Gründungspfählen.

Die Schnittgrößenermittlung soll wegen der Nichtlinearität zwischen Setzung und den Teilwiderständen von Platte und Pfählen mit 2 Grenzfällen durchgeführt werden. Es sollen sowohl im Grenzzustand der Tragfähigkeit für das Gesamtsystem (Abschnitt 7.1) wie auch im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit für das Gesamtsystem (Abschnitt 8.1) die Plattenkoeffizienten ermittelt werden. Entsprechend der durch die Pfahlplattenkoeffizienten vorgegebenen Aufteilung auf Platte und Pfähle sind die charakteristischen Größen der Einwirkungen zu verteilen und damit die Schnittgrößen in den Pfählen und in der Bodenplatte zu ermitteln. Das ungünstigere Bemessungsergebnis ist maßgebend (Doppelnachweis).

Der Nachweis der inneren Tragfähigkeit der Gründungselemente erfolgt für die auf diesem Wege ermittelten Schnittgrößen in den Bauteilen entsprechend den aktuellen Bemessungsnormen entweder nach DIN 1045 (alt) oder nach DIN V ENV 1992-1 (Eurocode 2).

In die Pfähle ist, soweit kein genauerer Nachweis erfolgt, über die gesamte Länge Mindestbewehrung bzw. die rechnerisch erforderliche Bewehrung einzulegen.

8 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (GZ2 – Serviceability Limit State – SLS)

Der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (GZ2) erfolgt nach Bild 8.1.

Der Ermittlung von E ist ein Rechenmodell nach Abschnitt 6.2 zugrunde zu legen. Die Berechnung erfolgt mit den charakteristischen Werkstoffkennwerten. Die Beanspruchung E ergibt sich aus dem für die KPP als Gesamtsystem berechneten Verformungszustand unter 1,0-fachen Einwirkungen.

8.1 Nachweis der äußeren Gebrauchstauglichkeit im GZ2 (SLS)

Eine ausreichende Sicherheit gegen den Verlust der Gebrauchstauglichkeit (GZ2) ist eingehalten, wenn die Bedingung

$$E \left(\sum_{i=1}^n S_{k,i} \right) \leq C \quad (8.1)$$

erfüllt ist.

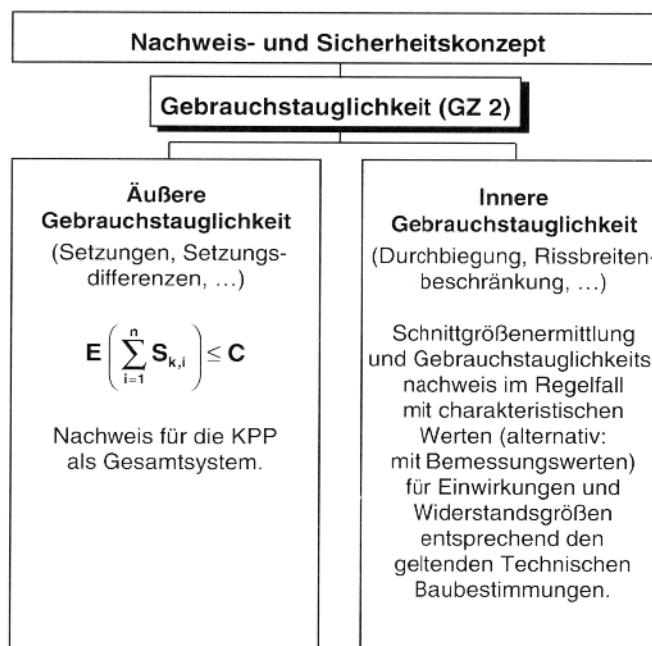


Bild 8.1 Nachweis- und Sicherheitskonzept für die KPP für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (Grenzzustand GZ 2 – SLS)

Dabei ist nachzuweisen, dass im Gebrauchszustand die Beanspruchung E für die als Beurteilungsmaßstab herangezogene Größe der Setzung oder der Setzungsdifferenz kleiner ist als der zulässige Wert C für die Beanspruchbarkeit im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

Die Kenngröße für die Gebrauchstauglichkeit C definiert sich aus den Anforderungen, die sich aus den Charakteristika der geplanten KPP und der durch die Baumaßnahme möglicherweise beeinflussten Nachbarbebauung ergeben. In Abhängigkeit von der Empfindlichkeit des Tragwerks gegen Verformungen und insbesondere gegen Setzungunterschiede und in Abhängigkeit von der Sensitivität der umgebenden unter- und oberirdischen Bauwerke und Infrastruktureinrichtungen sind Grenzwerte für die aufnehmbaren Setzungen s_2 bzw. Setzungsdifferenzen Δs_2 festzulegen.

8.2 Nachweis der inneren Gebrauchstauglichkeit im GZ 2 (SLS)

Für die Gründungselemente ist eine ausreichende Sicherheit gegen Verlust der Gebrauchstauglichkeit nach den werkstoffspezifischen Normen nachzuweisen. Nachzuweisen sind die folgenden Beanspruchungszustände:

- Pfähle: Rissbreitenbeschränkung
- Fundamentplatte: Rissbreitenbeschränkung, zulässige Durchbiegung bzw. Setzungunterschiede im Hinblick auf die Anforderungen aus dem aufgehenden Tragwerk

Die Schnittkraftermittlung erfolgt im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

9 Prüfung des Entwurfs, der Bemessung und der Ausführung einer KPP

Bei der Prüfung des Entwurfs, der Bemessung und der Ausführung sollen insbesondere folgende Aspekte durch einen *auf diesem Gebiet besonders qualifizierten Ingenieur des Erd- und Grundbaus*¹ kontrolliert werden:

- Prüfung des Umfanges, der Ergebnisse und der Bewertungen der Baugrunderkundung (Feld- und Laborversuche).
- Beurteilung der Plausibilität und Angemessenheit der in den Rechenmodellen für die KPP angesetzten Bodenkennwerte.
- Prüfung des zur Bemessung der KPP eingesetzten Rechenmodells und der Berechnungsergebnisse mittels unabhängiger Vergleichsberechnungen.
- Prüfung der Beurteilung der Auswirkungen des Bauwerks auf die Nachbarbebauung.
- Prüfung des Messprogramms, der bei der Herstellung der KPP anfallenden Baugrundaufschlüsse und deren Bewertung.
- Prüfung der Abnahmeprotokolle und der Messwerte.

10 Bauausführung einer KPP

Die Herstellung einer KPP ist hinsichtlich grundbautechnischer Belange im Auftrag des Bauherrn bzw. der Bauaufsichtsbehörde von einem *auf diesem Gebiet besonders qualifizierten Ingenieur des Erd- und Grundbaus* zu überwachen und bodenmechanisch abzunehmen. Dies gilt sowohl für die Pfahlherstellung (vgl. Abschnitt 5.3) als auch für die Herstellung der Gründungssohle. Die Abnahmeprotokolle und die Messwerte sind in die Prüfung einzubeziehen.

¹ In den Ländern, in denen die Musterverordnung über die Anerkennung von Sachverständigen für Erd- und Grundbau nach Bauordnungsrecht in Landesrecht umgesetzt ist, der „Sachverständige für Erd- und Grundbau nach Bauordnungsrecht“.

11 Messtechnische Überwachung einer KPP

Das Tragverhalten und der Kraftfluss innerhalb einer KPP ist in Abhängigkeit von den sich aus dem Baugrund, dem Tragwerk bzw. der Gründung ergebenden Anforderungen nach dem Konzept der Beobachtungsmethode auf der Basis des in der Entwurfsphase erstellten Messprogramms messtechnisch durch einen *auf diesem Gebiet besonders qualifizierten Ingenieur des Erd- und Grundbaus* zu überwachen. Bestandteil des Überwachungskonzeptes sind geotechnische und geodätische Messungen am Neubau und in der Nachbarschaft des Neubaus. Die messtechnische Überwachung einer KPP ist ein elementarer und unverzichtbarer Bestandteil des Sicherheitskonzeptes. Sie dient:

- der Verifikation des Rechenmodells und der Berechnungsansätze,
- der frühzeitigen Erkennbarkeit möglicher kritischer Zustände,
- einer baubegleitenden Überprüfung der rechnerischen Setzungsprognose, und
- der Qualitäts- und Beweissicherung

sowohl in der Bauphase als auch in der Betriebs- und Nutzungsphase.

Durch den *Sachverständigen für Geotechnik* (DIN 4020) ist in der Entwurfsphase das Messprogramm zu entwerfen. Die Messungen müssen Aufschluss über die Lastaufteilung zwischen Fundamentplatte und den Pfählen geben. Zu diesem Zweck sind an ausgewählten Pfählen Kraftmessdosen am Pfahlkopf und Sohldruckgeber und Porenwasserdruckgeber unter der Fundamentplatte anzuhören.

In einfachen Fällen kann die Anordnung und regelmäßige Einmessung von Setzungsmessbolzen ausreichend sein.

Bei der Bewertung der Messdaten darf das Konzept der Teilsicherheitsbeiwerte herangezogen werden.

12 Bezugsnormen

- DIN 1045 (Ausgabe 1988)
Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton
- DIN 1054 (Ausgabe 1976)
Baugrund – Zulässige Belastung des Baugrundes
- DIN 1055 (Ausgabe 1963/76)
Lastannahmen für Bauten
- DIN 4014 (Ausgabe 1990)
Bohrpfähle – Herstellung, Bemessung und Tragverhalten
- DIN 4017 (Ausgabe 1979)
Berechnung des Grundbruchwiderstandes von Flachgründungen
- DIN 4019 (Ausgabe 1979/81)
Baugrund – Setzungsberechnungen
- DIN 4020 (Ausgabe 1990)
Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke
- DIN 4021 (Ausgabe 1990)
Aufschluss durch Schürfe und Bohrungen sowie Entnahme von Proben
- DIN 4026 (Ausgabe 1975)
Rammpfähle – Herstellung, Bemessung und zulässige Belastung
- DGGT·Arbeitskreis 2.1 (Ausgabe September 1998)
„Empfehlungen für die Durchführung von statischen axialen Pfahlprobobelastungen“
der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik