

DIN 4019

ICS 93.020

Ersatz für
DIN 4019-1:1979-04,
DIN 4019-2:1981-02 und
DIN V 4019-100:1996-04

**Baugrund –
Setzungsberechnungen**

Soil –
Analysis of settlement

Sol –
Analyse des tassements

Gesamtumfang 28 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Formelzeichen und Indizes	7
4.1 Formelzeichen	7
4.2 Indizes	8
5 Unterlagen	8
6 Spannungen im Boden.....	9
7 Einfluss von Vorbelastung und Spannungsniveau.....	9
8 Ermittlung des Rechenmoduls E^*	10
8.1 Allgemeines	10
8.2 Zusammenhänge mit der Elastizitätstheorie	10
8.3 Ermittlung durch Auswertung von Setzungsbeobachtungen	10
8.4 Ermittlung aus Laborversuchen.....	10
8.5 Ermittlung aus Feldversuchen	10
8.6 Ermittlung aus empirischen Beziehungen	10
8.7 Auswahl der maßgebenden Kenngrößen für die Zusammendrückbarkeit.....	10
9 Setzungseinflusstiefe	11
10 Ermittlung der Setzungen	11
10.1 Grundlagen	11
10.2 Ermittlung mit Hilfe von Setzungsgleichungen	11
10.2.1 Allgemeines	11
10.2.2 Setzungen aus gleichförmigen Lasten	12
10.2.3 Setzungen starrer Fundamente	13
10.3 Setzungsermittlung mit Hilfe der vertikalen Spannungen im Boden	13
10.3.1 Setzungsermittlung durch Integration der Dehnungen	13
10.3.2 Setzungsermittlung mit dem Kompressionsbeiwert.....	14
11 Verdrehungen.....	14
12 Berechnung des zeitlichen Verlaufs der Setzung	15
12.1 Allgemeines	15
12.2 Konsolidationssetzung	16
12.3 Kriechsetzung	17
13 Bewertung der Ergebnisse	17
Anhang A (normativ) Berechnung der Vertikalspannung im Boden	18
Anhang B (normativ) Setzungsbeiwerte	23
Anhang C (normativ) Verdrehungsbeiwerte.....	27
Literaturhinweise	28

Vorwort

Dieses Dokument wurde im Arbeitsausschuss NA 005-05-04 AA „Baugrund, Berechnungsverfahren“ im Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. erarbeitet.

Die in dieser Norm enthaltenen Berechnungsverfahren sind unabhängig vom Sicherheitskonzept.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. Das DIN [und/oder die DKE] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Änderungen

Gegenüber DIN 4019-1:1979-04, DIN 4019-2:1981-02 und DIN V 4019-100:1996-04 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) die Berechnungsverfahren wurden erweitert und ergänzt;
- b) die Bestimmung von Berechnungskennwerten wurde überarbeitet;
- c) die Berechnung des zeitlichen Verlaufs von Setzungen wurde neu aufgenommen.

Frühere Ausgaben

DIN 4019-1: 1955-05, 1958x-06, 1974-09, 1979-04
DIN 4019-2: 1961x-02, 1981-2
DIN V 4019-100: 1996-04

1 Anwendungsbereich

Diese Norm gilt für die Ermittlung der Größe und des Zeitverlaufs der durch Volumen- und Gestaltsänderung des Baugrundes entstehenden Setzungen und Fundamentverkantungen, die sich bei lotrechter, statischer Beanspruchung einstellen. Sie legt allgemeine Grundsätze für deren Berechnung fest und gibt Berechnungsverfahren an. Für Hebungen aus Entlastungsvorgängen können diese Grundsätze und Verfahren sinngemäß angewendet werden.

Die analytischen Berechnungsverfahren in dieser Norm behandeln die Grenzfälle schlaffer oder starrer Bauwerke. Die Anwendung der Verfahren setzt für den betrachteten Fall einen ausreichenden Abstand zu Versagenszuständen im Boden voraus.

Numerische Berechnungsverfahren wie z. B. die Methode der Finiten Elemente (FEM) oder die Methode der Finiten Differenzen (FDM) sind nicht Gegenstand dieser Norm.

ANMERKUNG Die Wechselwirkung zwischen Bauwerk und Baugrund wird im DIN-Fachbericht 130 behandelt. [1]

Senkungen, Sackungen, Schrumpfen und Quellen sowie Einwirkungen wie z. B. aus Erschütterungen, Temperaturänderung, Bergbau und Herstellungsprozessen werden nicht behandelt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

DIN 1054, *Baugrund — Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau — Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1*

DIN 4020, *Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke — Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2*

DIN 18135, *Baugrund, Untersuchung von Bodenproben — Eindimensionaler Kompressionsversuch*

DIN 18137-1, *Baugrund, Untersuchung von Bodenproben — Bestimmung der Scherfestigkeit — Teil 1: Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen*

DIN EN 1997-1, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

DIN EN 1997-1/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 1: Allgemeine Regeln*

DIN EN 1997-2, *Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*

DIN EN 1997-2/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik — Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 1997-1, DIN 1054 und die folgenden Begriffe.

3.1

Verformung

Gestalts- und Volumenänderung des Bodens

3.2

Verschiebung

Lageänderung der Bodenpunkte in beliebiger Richtung

3.3

Setzung

Verschiebung in Richtung der Schwerkraft aus einer Verformung des Bodens durch Spannungs- und Zeitänderung

3.4

Gesamtsetzung

s_{ges}

Summe der Setzungsanteile Sofortsetzung s_0 , Konsolidationssetzung s_1 und Kriechsetzung s_2

3.5

Hebung

Verschiebung entgegen der Richtung der Schwerkraft aus einer Verformung des Bodens durch Spannungs- und Zeitänderung

3.6

Senkung

Verschiebung in Richtung der Schwerkraft infolge Materialentzug

3.7

Sackung

Verschiebung in Richtung der Schwerkraft infolge einer Umlagerung des Korngerüsts, verursacht durch den Verlust der Bindekräfte (z. B. Kapillarkohäsion) im Korngerüst oder durch Erschütterung

3.8

Schrumpfen

Verringerung des Bodenvolumens durch Austrocknen

3.9

Schwellen

Zunahme des Bodenvolumens verursacht durch Abnahme der wirksamen Spannungen im Korngerüst

[Quelle: DIN 18135:2012, 3.1.7., modifiziert übernommen]

3.10

Quellen

Zunahme des Bodenvolumens durch Fremdstoffaufnahme, z. B. Wasser, in die Mineralstruktur

[Quelle: DIN 18135:2012, 3.1.8., modifiziert übernommen]

3.11

Sofortsetzung

s_0

Summe der zeitunabhängigen Setzungsanteile aus volumentreuer Anfangsschubverformung und Sofortverdichtung unmittelbar nach Lastaufbringung

3.12

Konsolidationssetzung

s_1

zeitlich verzögerter Setzungsanteil infolge Auspressens von Porenwasser und Porenluft nach Lastaufbringung

3.13

Kriechsetzung

s_2

lang andauernder Setzungsanteil ohne Änderung der effektiven Spannungen

3.14

Kennzeichnender Punkt

K

Punkt in der Grundrissfläche, an dem die rechnerische Setzung eines starren Gründungskörpers mit der rechnerischen Setzung unter einer gleichmäßig verteilten Ersatzlast übereinstimmt

3.15

Ausgangsspannung

Spannung im Boden, die unmittelbar vor der zu untersuchenden Beanspruchung wirksam ist

3.16

Zusatzspannung

Spannungsänderung im Boden für die die Setzung berechnet werden soll

3.17

Setzungseinflusstiefe

Grenztiefe

t_s

Tiefe im Boden, von der ab die Zusatzspannungen nur noch vernachlässigbar kleine Verformungen im Baugrund hervorrufen

3.18

Modul

Steifigkeitsparameter als Verhältniswert von Spannungen zu Dehnungen

Anmerkung 1 zum Begriff: Oberbegriff für die nachfolgenden Steifigkeitsparameter.

3.19

Elastizitätsmodul

E

Modul bei linear-elastischem Materialverhalten

3.20

Setzungsmodul

E_m

Modul, der aus Setzungsbeobachtungen berechnet wird

3.21

Steifemodul

E_s

Modul nach DIN 18135, der für eine bestimmte Spannung aus der Tangente oder für ein bestimmtes Spannungsintervall aus der Sekante der Druck-Zusammendrückungs-Linie des Kompressionsversuchs mit verhinderter Seitendehnung ermittelt wird

3.22

Rechenmodul

E^*

Modul, der als Rechenwert für die Setzungsberechnung verwendet wird

3.23

Halbraum

durch eine ebene Oberfläche begrenzter, ansonsten unendlich ausgedehnter Baugrund

4 Formelzeichen und Indizes

4.1 Formelzeichen

Tabelle 1 — Formelzeichen

Nr	Formelzeichen	Benennung	Einheit
1	C_α	Kriechbeiwert nach DIN 18135	1
2	C_c	Kompressionsbeiwert nach DIN 18135	1
3	C_r	Rekompressionsbeiwert nach DIN 18135	1
4	C_s	Schwellbeiwert nach DIN 18135	1
5	E	Elastizitätsmodul	N/m ²
6	E_m	Setzungsmodul (Zusammendrückungsmodul)	N/m ²
7	E_s	Steifemodul nach DIN 18135	N/m ²
8	E_u	Elastizitätsmodul des undrainierten Bodens	N/m ²
9	E^*	für die Setzungsberechnung verwendeter Rechenmodul	N/m ²
10	M	Moment	N/m ²
11	V	Vertikalkomponente der Gesamtlast	N
12	a	Bezugslänge, häufig die größere Seite der Grundfläche	m
13	b	Bezugslänge, häufig die kürzere Seite der Grundfläche	m
14	c_v	Konsolidationsbeiwert nach DIN 18135	m ² /s
15	e	Porenzahl	1
16	f	Setzungsbeiwert für gleichförmige rechteckige Flächenlasten	1
17	f_R, f_K, f_D	Setzungsbeiwert für gleichförmige rechteckige Flächenlasten (für Eckpunkt, Kennzeichnender Punkt) bzw. dreiecksförmige Spannungsverteilung am Eckpunkt unter der Lastordinate $p = 0$	1
18	f_a	Verdrehungsbeiwert für Rechteckfundamente	1
19	h	Dicke einer Bodenschicht	m
20	i	Verteilungsbeiwert für die lotrechte Spannung im Baugrund (Spannungseinflussbeiwert)	1
21	p	mittlere Sohlspannung in der Gründungssohle (Druckspannung positiv)	N/m ²
22	r	Radius der Kreisplatte	m
23	s	Setzung aus Sofort- und Konsolidationssetzung	m
24	s_0	Sofortsetzung	m
25	s_1	Konsolidationssetzung	m
26	s_2	Kriechsetzung	m
27	s_{ges}	Gesamtsetzung; Setzung einschließlich Kriechsetzung	m
28	t	Zeit	s
29	t_0	Zeit bis zur vollständigen Konsolidation	s
30	t_s	Setzungseinflusstiefe	m
31	z	Tiefe gerechnet ab Unterkante einer Gründung (nach unten positiv)	m
32	α	Verdrehung der Sohlfläche	Grad
33	α_x	Verdrehung der Sohlfläche um die x -Achse	Grad
34	α_y	Verdrehung der Sohlfläche um die y -Achse	Grad

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Nr	Formelzeichen	Benennung	Einheit
35	γ_w	Wichte des Wassers	N/m ³
36	ε	Stauchung	1
37	ε_z	auf die ursprüngliche Höhe einer Teilschicht bezogene Setzung in der Tiefe z	1
38	τ	dimensionslose Zeit	
39	ν	Poissonzahl ($0 \leq \nu \leq 0,5$)	1
40	σ_a	Ausgangsspannung des Bodens (Druckspannung positiv)	N/m ²
41	$\sigma_{\bar{u}}$	lotrechte Druckspannung aus der Eigenlast des Bodens (Druckspannung positiv)	N/m ²
42	σ_z	lotrechte effektive Zusatzspannung in beliebiger Tiefe z (Druckspannung positiv)	N/m ²
43	σ_{z0}	lotrechte effektive Zusatzspannung in der Tiefe $z = 0$ (Druckspannung positiv)	N/m ²

4.2 Indizes

Sofern ein verwendeter Index nicht mit dem Formelzeichen in Tabelle 1 definiert ist, gilt die Benennung für Indizes nach Tabelle 2.

Tabelle 2 — Indizes

Nr	Indizes	Benennung für
1	0	Sofort- bzw. Anfangs- ...
2	1, 2, 3	Ordnungszahl
3	x, y, z	Achse bzw. Koordinate

5 Unterlagen

Folgende Angaben zum Baugrund sind für die Setzungsberechnung erforderlich:

- geometrisches Baugrund- und Grundwassermodell;
- Berechnungskennwerte der Bodenschichten.

ANMERKUNG 1 Diese Angaben sind in der Regel in einem geotechnischen Bericht nach DIN EN 1997-2 bzw. DIN 4020 enthalten.

Folgende Angaben zum Bauwerk und zum Gelände werden für die Setzungsberechnung benötigt:

- die Abmessungen und die Höhenlage der Gründung;
- Größe und, sofern relevant, zeitliche Entwicklung der Belastung der Gründungskörper;
- die Lage der untersuchten Gründung zu benachbarten Gründungskörpern;
- Geometrie und Belastung der benachbarten Gründungskörper;
- Geländehöhen.

ANMERKUNG 2 In vielen Fällen ist nur ein Teil der veränderlichen Belastung setzungsrelevant.

6 Spannungen im Boden

Bei der Ermittlung der Spannungen im Boden sind Volumenkräfte (Eigengewicht des Bodens, Grundwasserwirkung) und Kontaktkräfte (z. B. Sohlspannung unter dem Fundament) zu berücksichtigen. Für die Setzungsberechnung darf eine lineare Verteilung der Sohlspannung angesetzt werden (siehe Anhang A). Zugspannungen dürfen nicht in Ansatz gebracht werden.

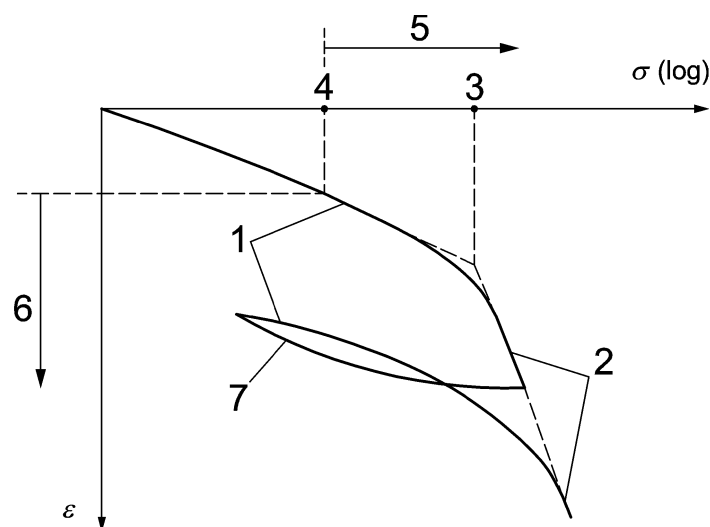
Die Spannungsausbreitung darf mit dem Modell des homogenen isotropen elastischen Halbraums bestimmt werden. Dabei sind für die Setzungsberechnung die auf das Korngerüst wirkenden Spannungen maßgebend.

7 Einfluss von Vorbelastung und Spannungsniveau

Die Ausgangsspannung und die Zusatzspannung bestimmen den für die Setzungsberechnung maßgebenden Spannungsbereich. Die maßgebenden Kennwerte sind für diesen Spannungsbereich zu ermitteln.

Eine Vorbelastung führt in der Regel zu einer Erhöhung der Steifigkeit des Bodens (siehe Bild 1).

Die Größe einer geologischen Vorbelastung, die in der Setzungsberechnung berücksichtigt wird, muss durch Erfahrung abgesichert sein.



Legende

- 1 Wiederbelastungsast
- 2 Erstbelastungsast
- 3 Vorbelastung
- 4 Ausgangsspannung
- 5 Zusatzspannung
- 6 Stauchung $\Delta\varepsilon$
- 7 Entlastungsast

Bild 1 —Verlauf und Auswertung der Versuchskurve aus einem Kompressionsversuch an vorbelastetem Boden