

DIN 25449

ICS 27.120.20

Ersatz für
DIN 25449:2008-02
Siehe Anwendungsbeginn

**Bauteile aus Stahl- und Spannbeton in kerntechnischen Anlagen –
Sicherheitskonzept, Einwirkungen, Bemessung und Konstruktion**

Reinforced and prestressed concrete components in nuclear facilities –
Safety concept, actions, design and construction

Composants en béton armé et béton précontraint dans les installations nucléaires –
Conception de sécurité, actions, dimensionnement et construction

Gesamtumfang 42 Seiten

DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP)
DIN-Normenausschuss Bauwesen (NABau)

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn dieser Norm ist 2016-04-01.

Für DIN 25449:2008-02 besteht eine Übergangsfrist bis 2016-10-01.

Inhalt

	Seite
Vorwort	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe und Formelzeichen	7
3.1 Begriffe.....	7
3.2 Formelzeichen.....	7
4 Baustoffe	9
4.1 Beton.....	9
4.1.1 Allgemeines.....	9
4.1.2 Temperaturabhängigkeit der Kennwerte.....	9
4.1.3 Gehalt an gebundenem Wasser.....	10
4.1.4 Wärmekapazität.....	11
4.2 Betonstahl.....	11
4.3 Spannstahl.....	12
5 Einwirkungen	12
5.1 Allgemeines.....	12
5.2 Ständige Einwirkungen.....	13
5.3 Veränderliche Einwirkungen.....	13
5.4 Außergewöhnliche Einwirkungen.....	13
5.4.1 Allgemeines.....	13
5.4.2 Einwirkungen von innen.....	14
5.4.3 Einwirkungen von außen.....	16
6 Sicherheitskonzept	18
6.1 Allgemeines.....	18
6.2 Kombinationsregeln.....	18
6.3 Teilsicherheitsbeiwerte und Kombinationsbeiwerte für Einwirkungen.....	20
6.4 Grenzzustände der Tragfähigkeit.....	21
6.5 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.....	23
7 Verfahren zur Tragwerksberechnung und Nachweisführung	23
7.1 Allgemeines.....	23
7.2 Linear-elastische Berechnungsverfahren.....	23
7.3 Nichtlineare Berechnungsverfahren.....	24
7.4 Bauteilverhalten unter dynamischen Einwirkungen.....	25
7.4.1 Allgemeines.....	25
7.4.2 Bauteilsteifigkeiten.....	25
7.4.3 Massen.....	25
7.4.4 Bauteildämpfung.....	26
7.4.5 Baugrund und Gründung.....	26
7.4.6 Vereinfachte Verfahren für Einzelbauteile.....	27
8 Bemessungshinweise	28
8.1 Festigkeitskennwerte Stahlbeton.....	28
8.2 Grenzdehnungen für Betonstahl und Beton.....	29
8.3 Querkraft.....	29

8.4	Durchstanzen	30
8.4.1	Allgemeines	30
8.4.2	Bauteile ohne Durchstanzbewehrung	30
8.4.3	Bauteile mit Durchstanzbewehrung.....	31
8.4.4	Bauteile für Wrackteillasten	33
8.4.5	Konstruktive Durchbildung.....	34
Anhang A (informativ) Anlagenzustände und Einwirkungen.....		35
Anhang B (informativ) Lastannahmen auf das Gesamtgebäude und auf schlanke Bauteile für den Lastfall Explosionsdruckwelle		38
B.1	Allgemeines	38
B.2	Kastenförmige Gebäude.....	39
B.2.1	Unmittelbar belastete Einzelbauteile	39
B.2.2	Gesamtgebäude, aussteifende Bauteile, Gründung.....	39
B.3	Gebäude mit zylindrischer und kugelförmiger Außenfläche.....	39
B.4	Schlanke Bauteile	41
Literaturhinweise.....		42

Vorwort

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Diese Norm wurde vom Arbeitsausschuss NA 062-07-43 AA „Bauteile aus Stahl- und Spannbeton in kerntechnischen Anlagen“ im DIN-Normenausschuss Materialprüfung (NMP) erstellt.

Bei der Errichtung von Bauwerken und bei wesentlichen Änderungen an Bauwerken werden vom Antragsteller die zu beachtenden Vorschriften und sonstigen Bedingungen (z. B. Einwirkungen) in einem Bericht „Grundlagen der bautechnischen Auslegung“ zusammengestellt. Dieser Bericht wird im atomrechtlichen und im baurechtlichen Verfahren geprüft. Damit wird sichergestellt, dass die sicherheitstechnischen Anforderungen bei der Auslegung der Bauwerke berücksichtigt werden.

Die Belastungen aus ständigen und vorübergehenden Einwirkungen (einschließlich Montage- und Bauzuständen) sowie aus außergewöhnlichen Einwirkungen (z. B. Störfälle und sehr seltene Ereignisse und die damit verbundenen sicherheitstechnischen Anforderungen an die Bauteile, die sowohl aus bautechnischer als auch aus anlagentechnischer Sicht begründet sein können, werden im jeweiligen Genehmigungs- oder Aufsichtsverfahren festgelegt.

Diese Norm behandelt zusätzliche Anforderungen, die in anderen Richtlinien, Vorschriften und Normen nicht erfasst sind. Sie beschreibt insbesondere die Art der bei der Auslegung der Bauteile in kerntechnischen Anlagen zu berücksichtigenden Einwirkungen von außen und innen, einschließlich der anzuwendenden Kombinationsregeln. Darüber hinaus sind die Anforderungen aus dem baurechtlichen Verfahren zu beachten.

Außerdem gibt diese Norm Hinweise auf die erforderlichen dynamischen Berechnungen und die dabei erlaubten Vereinfachungen. Die für die Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit anzusetzenden Teilsicherheitsbeiwerte, Kombinationsbeiwerte und Werte der Materialeigenschaften werden festgelegt.

Weiter werden zusätzliche Bedingungen angegeben, die aus sicherheitstechnischer Sicht an definierten Stellen von Bauteilen einzuhalten sind (z. B. Verformungs- und Rissbreitenbegrenzungen).

Bei Anwendung dieser Norm ist die Tragfähigkeit der Konstruktion und bei Berücksichtigung zusätzlicher Bedingungen auch deren weitere sicherheitstechnische Aufgabenerfüllung sichergestellt.

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

Änderungen

Gegenüber DIN 25449:2008-02 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Berücksichtigung der aktuellen BMU-Sicherheitsanforderungen für Kernkraftwerke;
- b) Anpassung an das kerntechnische Regelwerk;
- c) Umstellung des Normen-Bezugs auf die Eurocode-Normen;
- d) Überarbeitung des Abschnitts 8 „Bemessungshinweise“ zur Berücksichtigung der Vorgaben von DIN EN 1992-1-1:2011-01.

Frühere Ausgaben

DIN 25449: 1983-02, 1987-05, 2008-02

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt grundlegende Anforderungen für die Nachweise sowie Konstruktionsregeln für Stahlbeton- und Spannbetonbauteile in Kernkraftwerken fest. Hierbei werden die wesentlichen Einwirkungen von Störfällen und sehr seltenen Ereignissen berücksichtigt.

Für die Sicherheitsumschließung aus Stahlbeton oder Spannbeton in Kernkraftwerken sind weitergehende Anforderungen aus DIN 25459 zu beachten.

Diese Norm darf sinngemäß auch für entsprechende Bauteile in anderen kerntechnischen Anlagen angewendet werden.

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 488 (alle Teile), *Betonstahl*

DIN 4102-4:1994-03, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen; Zusammenstellung und Anwendung klassifizierter Baustoffe, Bauteile und Sonderbauteile*

DIN 4102-22:2004-11, *Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen — Teil 22: Anwendungsnorm zu DIN 4102-4 auf der Bemessungsbasis von Teilsicherheitsbeiwerten*

DIN EN 197-1, *Zement — Teil 1: Zusammensetzung, Anforderungen und Konformitätskriterien von Normalzement*

DIN EN 1990:2010-12, *Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung; Deutsche Fassung EN 1990:2002+A1:2005/AC:2010*

DIN EN 1990/NA:2010-12, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode: Grundlagen der Tragwerksplanung*

DIN EN 1992-1-1:2011-01, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau; Deutsche Fassung EN 1992-1-1:2004+AC:2010*

DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

DIN EN 1992-3:2011-01, *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 3: Silos und Behälterbauwerke aus Beton; Deutsche Fassung EN 1992-3:2006*

DIN EN 1992-3/NA:2011-01, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken — Teil 3: Silos und Behälterbauwerke aus Beton*

KTA 2201.1:2011-11, *Auslegung von Kernkraftwerken gegen seismische Einwirkungen — Teil 1: Grundsätze¹⁾*

1) Herausgeber: Kerntechnischer Ausschuss (KTA) beim Bundesamt für Strahlenschutz (BFS).

KTa 2207:2004-11, *Schutz von Kernkraftwerken gegen Hochwasser*¹⁾

BMI-Richtlinie:1976-09, *Richtlinie für den Schutz von Kernkraftwerken gegen Druckwellen aus chemischen Reaktionen durch Auslegung der Kernkraftwerke hinsichtlich ihrer Festigkeit und induzierter Schwingungen sowie durch Sicherheitsabstände*, BAnz. Nr. 179 vom 22. September 1976

BMU-Sicherheitsanforderungen vom 22. November 2012, *Sicherheitsanforderungen an Kernkraftwerke*

3 Begriffe und Formelzeichen

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach DIN EN 1990:2010-12 und DIN EN 1990/NA:2010-12.

3.2 Formelzeichen

In Tabelle 1 sind die für die Anwendung dieses Dokumentes in Bezug genommenen Formelzeichen erläutert. SI-Einheiten sind anzuwenden.

Tabelle 1 — Formelzeichen (1 von 3)

Formelzeichen	Benennung
A	Außergewöhnliche Einwirkung
A_d	Bemessungswert einer außergewöhnlichen Einwirkung
A_{Ed}	Bemessungswert einer Einwirkung infolge Bemessungserdbeben
A_{Ek}	Charakteristischer Wert einer Einwirkung infolge Erdbeben
$A_{s,erf}$	erforderliche Längsbewehrung
c_g	Wärmekapazität Normalzuschlag (4.1.4)
c_w	Wärmekapazität Wasser (4.1.4)
c_z	Wärmekapazität Zement (4.1.4)
E_d	Bemessungswert einer Beanspruchung, Schnittgröße, Spannung oder Verformung
F	Kraft
F_S	Strahlkraft
f_{ck}	Charakteristische Zylinderdruckfestigkeit des Betons nach 28 Tagen
f_{cm}	Mittelwert der Zylinderdruckfestigkeit des Betons
f_{cR}	Rechenwert der Betondruckfestigkeit
f_{pk}	Charakteristischer Wert der Zugfestigkeit des Spannstahls
$f_{p0,1R}$	Rechenwert der 0,1 %-Dehngrenze Spannstahl
f_{yk}	Charakteristischer Wert der Streckgrenze des Betonstahls
f_{yR}	Rechenwert der Streckgrenze Betonstahl
G	Ständige Einwirkung z. B. Eigenlast

Tabelle 1 — Formelzeichen (2 von 3)

Formelzeichen	Benennung
G_k	Charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung
P_k	Charakteristischer Wert einer Vorspannkraft
Δp	Differenzdruck
Q	veränderliche Einwirkung
$Q_{k,1}$	Charakteristischer Wert einer maßgebenden veränderlichen Einwirkung 1 (Leiteinwirkung)
$Q_{k,i} (i > 1)$	Charakteristischer Wert einer nicht maßgebenden veränderlichen Einwirkung i (Begleiteinwirkung)
T	Temperatur
t	Zeit
t_E	Grundschwingzeit
t_1, t_2	Zeitpunkte
V	Querkraft
V_{Ed}	Bemessungswert der einwirkenden Querkraft
V_{Rd}	Querkraftwiderstand eines Bauteils mit Querkraftbewehrung
$V_{Rd,c}$	Querkraftwiderstand eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung
$V_{Rd,s}$	Durch die Fließgrenze der Querkraftbewehrung begrenzter Querkraftwiderstand
$V_{Rd,max}$	Durch die Druckstrebenfestigkeit begrenzter maximaler Querkraftwiderstand
$V_{Rd,c,min}$	Mindestquerkrafttragfähigkeit eines Bauteils ohne Querkraftbewehrung
v_{Ed}	Einwirkende Querkraft je Flächeneinheit
v_{min}	Mindestwert des Durchstanzwiderstandes (Querkraftwiderstandes) einer Platte ohne Durchstanzbewehrung
$v_{Rd,c}$	Durchstanzwiderstand je Flächeneinheit einer Platte ohne Durchstanzbewehrung
$v_{Rd,cs}$	Durchstanzwiderstand je Flächeneinheit einer Platte mit Durchstanzbewehrung
$v_{Rd,max}$	Bemessungswert des maximalen Durchstanzwiderstandes je Flächeneinheit
α_{cc}	Beiwert für die Berücksichtigung von ungünstigen Langzeitauswirkungen auf die Betondruckfestigkeit
γ_1	Wichtungsfaktor (6.2)
γ_c	Teilsicherheitsbeiwert Beton
γ_G	Teilsicherheitsbeiwert für die ständigen Einwirkungen
γ_I	Bedeutungsbeiwert (6.2)
γ_p	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkungen aus Vorspannung
γ_Q	Teilsicherheitsbeiwert für die veränderliche Einwirkungen
γ_R	Teilsicherheitsbeiwert für den Systemwiderstand

Tabelle 1 — Formelzeichen (3 von 3)

Formelzeichen	Benennung
γ_s	Teilsicherheitsbeiwert Betonstahl/Spannstahl
φ_{DLF}	dynamischer Lastfaktor
$\psi_{E,i}$	Kombinationswert für eine veränderliche i , der bei der Bestimmung der Beanspruchungsgrößen für die Bemessungserdbebeneinwirkung zu verwenden ist
ψ_0	Kombinationsbeiwert einer veränderlichen Einwirkung
ψ_1	Kombinationsbeiwert für häufige Werte der veränderlichen Einwirkungen
ψ_2	Kombinationsbeiwert für quasi-ständige Werte der veränderlichen Einwirkungen
$\oplus$	„zu kombinieren mit“

4 Baustoffe

4.1 Beton

4.1.1 Allgemeines

Beton im Anwendungsbereich der vorliegenden Norm muss DIN EN 1992-1-1:2011-01 und DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 in Verbindung mit den zugehörigen Normen entsprechen und ist beschränkt auf Normalbeton bis zu einer Festigkeitsklasse C50/60.

Für Normalbeton mit einer Trockenrohdichte von 2 000 kg/m³ bis 2 600 kg/m³ gelten die Kennwerte der Baustoffeigenschaften in DIN EN 1992-1-1:2011-01, 3.1, und DIN EN 1992-1-1:2013-04. Für Beton mit einer Rohdichte über 2 600 kg/m³, insbesondere für Schwerbeton, sind die Festigkeits- und Verformungseigenschaften durch Eignungsprüfungen zu belegen. Das Gleiche gilt für Baustoffeigenschaften, die von den in DIN EN 1992-1-1 genannten Werten abweichen oder dort nicht aufgeführt sind, wie z. B. Wärmeleitfähigkeit, soweit Kennwerte dieser Eigenschaften aus der Literatur nicht hinreichend belegbar sind.

4.1.2 Temperaturabhängigkeit der Kennwerte

Es ist zu unterscheiden zwischen einer kurzzeitigen Temperatureinwirkung (bis etwa 24 h) und einer längerfristigen Temperatureinwirkung (über 24 h).

Bei längerfristiger Temperatureinwirkung gelten die Kennwerte der Baustoffeigenschaften für Druckfestigkeit, Elastizitätsmodul, Querdehnzahl, Temperaturdehnzahl, Kriechzahl und Schwindmaß bis zu einer Grenztemperatur von 100 °C, da diese Eigenschaften temperaturabhängig sind. Bei höheren Temperaturen sind die Kennwerte und ihre Gültigkeitsgrenzen im Einzelfall zu überprüfen.

Beton mit einer höheren Gebrauchstemperatur bis 250 °C ist mit einer Gesteinskörnung herzustellen, die sich für diese Beanspruchung als geeignet erwiesen hat.

ANMERKUNG Weitere Informationen, siehe Heft 337 und Heft 404 des DAfStb.

Bei kurzzeitiger Temperatureinwirkung über 100 °C sind die Festigkeit und der Elastizitätsmodul abzumindern. Bei 250 °C ist die Druckfestigkeit auf 70 %, der Elastizitätsmodul auf 60 % der Kennwerte nach DIN EN 1992-1-1 zu begrenzen. Bei Zwischenwerten der Temperatureinwirkungen darf linear interpoliert werden. Die Temperaturdehnzahl kann bis 250 °C als konstant angenommen werden.

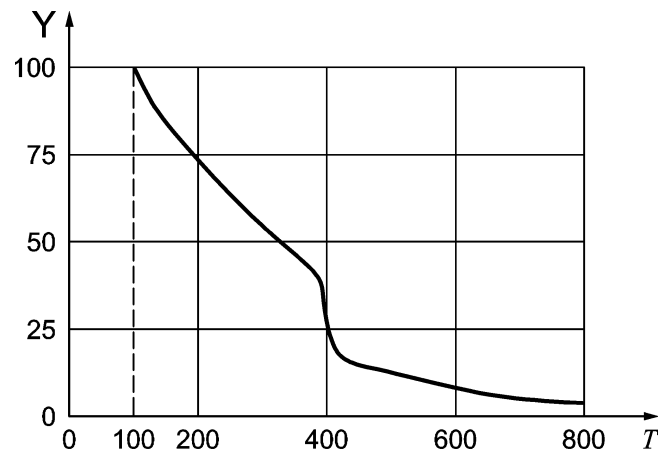
4.1.3 Gehalt an gebundenem Wasser

In Sonderfällen, in denen der Beton hohen Temperaturen ausgesetzt ist und der Gehalt an gebundenem Wasser für die Sicherstellung des Strahlenschutzes sowie der Wasserdampfaustritt für die Beurteilung der Sicherheit von Stahlauskleidungen erfasst werden müssen, ist zu beachten:

- Kennwerte für den Gehalt an gebundenem Wasser in kg/m^3 sind in der Regel durch Versuche zu belegen; hierbei müssen die besonderen Umgebungsbedingungen (Temperatur, Wasserdampfpartialdruck) berücksichtigt werden.
- Näherungsrechnungen dürfen entsprechend den nachfolgenden Festlegungen durchgeführt werden. Für den möglichen Wasserdampfaustritt in kg/m^3 ist die Differenz zwischen dem Gehalt an gebundenem Wasser und dem im Ausgangszustand vorhandenen Wassergehalt maßgebend. Der obere Grenzwert für den im Ausgangszustand vorhandenen Wassergehalt ergibt sich aus dem Massenverlust infolge Wasserabgabe nach einer Trocknung bei einer Temperatur, die der zu erwartenden maximalen Beanspruchungstemperatur entspricht.
- Der Wassergehalt bei höheren Temperaturen (Gehalt an gebundenem Wasser) von Beton ohne kristallwasserhaltigen Zuschlag darf aus dem Verhalten von Zementstein abgeleitet werden. Der Gehalt an gebundenem Wasser von trockenem Zementstein kann nach Tabelle 2 abgeschätzt werden. Der Gehalt an gebundenem Wasser bei höheren Betriebstemperaturen kann aus diesem Wert nach Bild 1 ermittelt werden.

Tabelle 2 — Anhaltswerte für den Gehalt an gebundenem Wasser in trockenem (getrocknetem) Zementstein

Hydratationsgrad bzw. Lagerungsdauer	Gebundenes Wasser (Massenanteil in %) bezogen auf den Zement	
	bei einem Wasserzementwert von $\leq 0,50$	bei einem Wasserzementwert von $> 0,50$
Vollständige Hydratation	0,21 bis 0,23	0,23 bis 0,25
weitgehende Hydratation ^a	0,19 bis 0,21	0,21 bis 0,23
28 Tage Normlagerung ^b		
N-Zement ^c	0,14 bis 0,16	0,15 bis 0,17
R-Zement	0,16 bis 0,18	0,17 bis 0,19
^a Für Bauteile, die vor dem Austrocknen geschützt sind, oder für massige Bauteile können in höherem Alter (3 Monate) die Werte für weitgehende Hydratation Verwendung finden. ^b Für Zemente mit hohem Anteil an Tricalciumsilicat und für Zemente mit hoher Mahlfineinheit sind Werte aus dem oberen Bereich zu wählen. ^c Für L-Zemente nach DIN EN 197-1 können die Werte im oberen Bereich des N-Zement verwendet werden.		



Legende

T Temperatur in °C

Y Gebundenes Wasser in Massenanteil in %

Bild 1 — Gehalt an gebundenem Wasser bei niedrigem Wasserdampfpartialdruck (0,8 kPa) und stufenweise konstant gehaltener Temperatur

4.1.4 Wärmekapazität

Die Wärmekapazität eines Betons wird aus dem Zementgehalt, dem Zuschlaggehalt, dem Wassergehalt und den entsprechenden spezifischen Wärmekapazitäten berechnet. Bei dauernd wirkenden höheren Temperaturen muss der Wassergehalt um den Gehalt an verdampfbarem Wasser korrigiert werden. Bei der Berechnung der Wärmekapazität darf bei einer Temperaturbeanspruchung bis zu 250 °C als spezifische Wärmekapazität angenommen werden für

— Zement $c_z = 0,85 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$;

— Normalzuschlag $c_g = 0,85 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$;

— Wasser $c_w = 4,19 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.

Für Näherungsrechnungen darf bei einer Temperaturbeanspruchung bis zu 250 °C die spezifische Wärmekapazität von Normalbeton mit $1,00 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$ und die Rohdichte mit $2\,300 \text{ kg}/\text{m}^3$ angenommen werden.

4.2 Betonstahl

Betonstahl muss im Lieferzustand den Normen der Reihe DIN 488 entsprechen oder eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung haben. Für Betonstabstahl, der in Ringen produziert wurde, gelten die Anforderungen für den Zustand nach dem Richten.

Für die Bemessung und Konstruktion gelten die Festlegungen nach DIN EN 1992-1-1:2011-01, 3.2, und DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04, C.1, in einem Temperaturbereich zwischen -40 °C bis $+100 \text{ °C}$. Wird Betonstahl höheren Temperaturen ausgesetzt, so sind die Festlegungen nach DIN 4102-4:1994-03, 3.1.3, unter Berücksichtigung von DIN 4102-22:2004-11 zu beachten.

4.3 Spannstahl

Spannstahl muss eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung haben. Für die Bemessung und Konstruktion gelten die Festlegungen in DIN EN 1992-1-1:2011-01, 3.3, in einem Temperaturbereich zwischen -40 °C bis $+100\text{ °C}$. Wird Spannstahl höheren Temperaturen ausgesetzt, so sind die Festlegungen nach DIN 4102-4:1994-03, 3.1.3, unter Berücksichtigung von DIN 4102-22:2004-11 zu beachten.

5 Einwirkungen

5.1 Allgemeines

Als Anlagenzustände sind der bestimmungsgemäße Betrieb (Normalbetrieb als regelmäßiger Zustand und anomaler Betrieb als häufiger Zustand), die Störfälle und die sehr seltenen Ereignisse zu betrachten. Für diese verschiedenen Anlagenzustände werden in Anlehnung an DIN EN 1990:2010-12 die folgenden Einwirkungen unterschieden:

- unabhängige ständige Einwirkungen G_k ;
- unabhängige Einwirkung infolge Vorspannung P_k ;
- vorherrschende unabhängige veränderliche Einwirkungen $Q_{k,1}$;
- andere unabhängige veränderliche Einwirkungen $Q_{k,i}$ ($i > 1$);
- außergewöhnliche Einwirkungen A_d einschließlich Einwirkungen des anomalen Betriebs und Einwirkungen infolge von Erdbeben A_{Ed} .

Alle Einwirkungen mit Ausnahme der außergewöhnlichen Einwirkungen sind als charakteristische Werte anzugeben. Außergewöhnliche Einwirkungen werden als Bemessungswerte vorgegeben (A_d bzw. A_{Ed} als Nennwerte).

Der Bemessungswert einer Einwirkung infolge von Erdbeben A_{Ed} ist unter Berücksichtigung aller Vertikallasten, die in die folgende Kombination eingehen, zu ermitteln:

$$\sum G_{k,j} \oplus \sum \psi_{E,i} \cdot Q_{k,i} \quad (1)$$

Dabei ist

$\oplus$ „zu kombinieren mit“;

$\sum$ „die kombinierte Wirkung von“;

$G_{k,j}$ der charakteristische Wert der ständigen Einwirkung j ;

$\psi_{E,i}$ Kombinationswert für eine veränderliche i , der bei der Bestimmung der Beanspruchungsgrößen für die Bemessungserdbebeneinwirkung zu verwenden ist;

$Q_{k,i}$ der charakteristische Wert der veränderlichen Einwirkung i .

Die Einwirkungen lassen sich zusammenfassen in Abhängigkeit verschiedener Anlagenzustände und Ereignisse. Beispiele sind in Anhang A enthalten.

5.2 Ständige Einwirkungen

Ständige Einwirkungen sind die Eigenlasten von baulichen Anlagen sowie von fest eingebauten Anlagenteilen (Maschinen- und Elektrotechnik).

5.3 Veränderliche Einwirkungen

Veränderliche Einwirkungen sind alle nichtständigen Lasten als direkte Einwirkungen (wie z. B. Nutzlasten/Betriebslasten, Verkehrslasten) und alle indirekten Einwirkungen (wie z. B. Temperatureinwirkungen).

Zu den veränderlichen Einwirkungen gehören auch alle Kräfte, die nicht aus Massenwirkungen entstehen (z. B. Reibungs- und Festpunktkräfte aus behinderter Wärmedehnung, Druckstößen aus Rohrleitungen, Unterdruckhaltung).

5.4 Außergewöhnliche Einwirkungen

5.4.1 Allgemeines

Einwirkungen, die während des anomalen Betriebs sowie bei Störfällen und sehr seltenen Ereignissen auftreten, gehören zu den außergewöhnlichen Einwirkungen. Die nachfolgend dargestellten außergewöhnlichen Einwirkungen sind als Bemessungswerte nach DIN EN 1990:2010-12 und DIN EN 1990/NA:2010-12 anzusehen. Größe und Verlauf der Einwirkungen werden im Genehmigungs- oder im Aufsichtsverfahren festgelegt.

Bei den Störfällen und sehr seltenen Ereignissen wird im Allgemeinen unterschieden zwischen Einwirkungen von innen (EVI) und Einwirkungen von außen (EVA).

Zu relevanten Einwirkungen von innen gehören die Einwirkungen in Folge von

- Lecks oder Brüchen druckführender Rohrleitungen (z. B. Strahlkräfte und Differenzdrücke),
- Störungen und Störfälle bei der Handhabung schwerer Lasten (z. B. Lastabsturzscenarien),
- anlageninterne Ereignissen wie Explosionen oder Überflutung (z. B. Temperatur- oder Druckdifferenzen) anlageninterne Brände²⁾.

Zu den Einwirkungen von außen gehören

- naturbedingte Einwirkungen mit sehr geringen Eintrittsraten, wie Einwirkungen aus dem Bemessungserdbeben mit der Eintrittsrate $1 \cdot 10^{-5}$ /Jahr nach KTA 2201.1:2011-11 und Hochwassereinwirkungen (Bemessungshochwasser) mit der Eintrittsrate $1 \cdot 10^{-4}$ /Jahr nach KTA 2207:2004-11;
- zivilisatorische Einwirkungen, z. B. aus einem spezifizierten Flugzeugabsturz und aus einer spezifizierten Explosionsdruckwelle.

ANMERKUNG Die Einwirkungen Dritter werden im Rahmen der DIN 25449 nicht behandelt.

2) Anlageninterne Brände werden in dieser Norm nicht behandelt, siehe hierzu KTA 2101.