

Einwirkungen auf Tragwerke
Teil 9: Außergewöhnliche Einwirkungen

DIN
1055-9

ICS 91.010.30

Actions on structures — Part 9: Accidental actions

Actions sur les structures — Partie 9: Actions des accidents

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe	5
4 Klassifizierung der Einwirkungen	5
5 Außergewöhnliche Bemessungssituationen	5
5.1 Allgemeines	5
5.2 Bemessung	6
6 Anprall	7
6.1 Allgemeines	7
6.2 Darstellung der Einwirkungen	7
6.3 Anprall von Kraftfahrzeugen	8
6.4 Außergewöhnliche Einwirkungen an Eisenbahnbetriebsanlagen	10
6.5 Anprall von Schiffen	23
6.6 Hubschrauberaufprall	27
6.7 Anprall von Gabelstaplern	28
Anhang A (normativ) Übersicht über die Regelungen für Überbauungen von Bahnanlagen	29
Anhang B (informativ) Verfeinerte Ermittlung der Einwirkung Schiffsanprall	31
B.1 Modellbildung	31
B.2 Literaturnachweise	31
Anhang C (informativ) Explosionen und Detonationen	32
C.1 Allgemeines	32
C.2 Darstellung der Vorgänge	32
C.3 Explosionen in Räumen	33
C.4 Hinweise zur Bemessung	35
C.5 Literaturhinweise	36

Fortsetzung Seite 2 bis 36

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Bilder

Bild 1 — Durchbrüche in Wänden; zulässige Abmessungen, Beispiel	12
Bild 2 — Anprallschutzkonstruktionen vor Unterstützungen, Mindestabmessungen, Beispiel	13
Bild 3 — Darstellung des Weichenbereichs	15
Bild 4 — Anordnung und Abmessung der Zerschellschicht	16
Bild 5 — Ausbildung der Zerschellschicht	17
Bild 6 — Bemessungssituation I – Ersatzlast Q_{A1d} und q_{A1d}	20
Bild 7 — Bemessungssituation II – Ersatzlast q_{A2d}	21
Bild 8 — Verhältnis E_{def}/E_a für Flankenstoß in Abhängigkeit des Anfahrwinkels	24
Bild 9 — Stoßlast-Zeit-Verläufe	25
Bild 10 — Reduktionsbeiwert zur Berücksichtigung des Abstandes Fahrinnenrand zu Pfeiler	27
Bild B.1 — Kollisions-Wahrscheinlichkeit	31
Bild C.1 — Druck als eine Funktion der Zeit für die Explosion und Deflagration	34
Bild C.2 — Druck-Zeitverlauf bei einer Detonation bzw. Deflagration im Freifeld	36

Tabellen

Tabelle 1 — Ersatzlasten für Anprall von Kraftfahrzeugen	8
Tabelle 2 — Kriterien für die Einteilung von Überbauungen nach Sicherheitsanforderungen	11
Tabelle 3 — Anprallersatzlasten für Überbauungen ohne Aufbauten außerhalb von Bahnhofsbereichen	18
Tabelle 4 — Anprallersatzlasten für Überbauungen mit Aufbauten und Überbauungen in Bahnhofsbereichen	19
Tabelle 5 — Trümmerersatzlasten	22
Tabelle 6 — Nennwerte für dynamische Stoßlasten F_{dyn} nach 6.5.3 (9)	26
Tabelle A.1 — Übersicht über die Bedingungen für Stützkonstruktionen bei temporären Überbauungen	29
Tabelle A.2 — Übersicht über die Nachweise für Stützkonstruktionen bei Überbauungen von Bahnanlagen mit und ohne Aufbauten in Abhängigkeit von den üblichen (ü. S.) und erhöhten (e. S.) Sicherheitsanforderungen.	30
Tabelle C.1 — Dynamische Lastfaktoren	35

Vorwort

DIN 1055 „Einwirkungen auf Tragwerke“ besteht aus:

- Teil 1: *Wichte und Flächenlasten von Baustoffen, Bauteilen und Lagerstoffen*
- Teil 2: *Bodenkennwerte (zz. Entwurf)*
- Teil 3: *Eigen- und Nutzlasten für Hochbauten*
- Teil 4: *Windlasten (zz. Entwurf)*
- Teil 5: *Schnee- und Eislasten (zz. Entwurf)*
- Teil 6: *Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter (zz. Entwurf)*
- Teil 7: *Temperatureinwirkungen*
- Teil 8: *Einwirkungen während der Bauausführung*
- Teil 9: *Außergewöhnliche Einwirkungen*
- Teil 10: *Einwirkungen aus Kranen und Maschinenbetrieb (zz. Entwurf)*
- Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln

Die zukünftigen Normen der Reihe DIN 1055 wurden auf der Grundlage entsprechender europäischer Vornormen der Reihe ENV 1991 „Eurocode 1 — Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke“ erarbeitet und sollen die bestehenden Normen der Reihe DIN 1055 „Lastannahmen für Bauten“ ersetzen bzw. ergänzen.

Die vorliegende Norm wurde unter Verantwortung des Arbeitsausschusses NABau 00.02.00 auf der Grundlage von DIN V ENV 1991-2-7 (Teil 2-7 „Einwirkung auf Tragwerke — Außergewöhnliche Einwirkungen“) erarbeitet.

Die Neufassung der Normen der Reihe DIN 1055 erfolgt einerseits mit der Zielsetzung, offensichtlich überalterte Regelungen dem fortgeschrittenen anerkannten Stand der Technik anzupassen. Andererseits soll der Umsetzung der entsprechenden europäischen Vornormen der Reihe ENV 1991 in die praktische Anwendung Vorschub geleistet werden. Eine direkte Übernahme der europäischen Vornormen der Reihe ENV 1991 erschien den zuständigen deutschen Fachkreisen nicht sinnvoll, da zu dieser Reihe Einsprüche verschiedener CEN-Mitglieder vorliegen, die bei der Überführung in Europäische Normen Änderungen und Ergänzungen erwarten lassen.

Abweichungen gegenüber der europäischen Vornorm ENV 1991-2-7 sollen der deutschen Stellungnahme hierzu entsprechen und sollen diejenigen Korrekturen und Änderungen enthalten, die nach deutscher Auffassung bei der Überführung von ENV 1991-2-7 in eine Europäische Norm Berücksichtigung finden sollten.

Die Anhänge B und C sind informativ, der Anhang A ist normativ.

DIN 1055-9:2003-08**Einleitung**

In dieser Norm wird in Abhängigkeit vom Charakter der einzelnen Regelungen zwischen Prinzipien und Anwendungsregeln unterschieden.

Prinzipien enthalten:

- allgemeine Festlegungen und Angaben, die in jedem Fall einzuhalten sind,
- Anforderungen und Rechenmodelle, für die keine Abweichungen erlaubt sind, sofern dies nicht ausdrücklich angegeben ist.

Anwendungsregeln sind allgemein anerkannte Regeln, die den Prinzipien folgen und deren Anforderungen erfüllen. Abweichungen von den Anwendungsregeln sind zulässig, wenn diese die maßgebenden Prinzipien erfüllen und hinsichtlich des Zuverlässigkeitsniveaus dieser Norm mindestens gleichwertig sind.

Im Gegensatz zu Prinzipien sind Anwendungsregeln *kursiv* gedruckt.

1 Anwendungsbereich

(1) Diese Norm enthält allgemeine Prinzipien und Angaben zu außergewöhnlichen Einwirkungen, wie z. B. Anprall und Explosion, für den Entwurf und die Bemessung von Bauwerken. Sie ist in Verbindung mit DIN 1055-100 und den anderen Teilen der Reihe DIN 1055 sowie den Bemessungsnormen verwendbar.

(2) Diese Norm behandelt keine Regelungen, die ungewöhnliche Zuverlässigkeitsüberlegungen erfordern, wie z. B. für Bauwerke aus dem Bereich der Kerntechnik, für die besondere Bemessungsvorschriften anzuwenden sind.

(3) Soweit nicht gesondert erwähnt, gelten die Regelungen für neu herzustellende Bauwerke bzw. Bauteile und für wesentliche Umbauten. Auf bestehende Bauwerke sind i. d. R. die dargelegte Methodik sowie ggf. eigens aufgeführte Regelungen anzuwenden.

2 Normative Verweisungen

Diese Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikation nur zu dieser Norm, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

DIN 1055-6, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 6: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter.*

DIN 1055-100, *Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 100: Grundlagen der Tragwerksplanung, Sicherheitskonzept und Bemessungsregeln.*

ISO/DIS 10252:1995, *Basis for design of structures — Accidental action due to human activities.*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Norm gelten die Begriffe nach DIN 1055-100 sowie die folgenden:

3.1

außergewöhnliche Einwirkung

Ereignis von gewöhnlich kurzer Dauer und mit geringer Eintritts-Wahrscheinlichkeit

3.2

Explosion

plötzliche Ausdehnung eines Gases auf Grund einer schnellen Oxidations- oder Zerfallsreaktion, mit oder ohne Temperaturerhöhung

3.3

Deflagration

Verbrennungswelle infolge einer Explosion, die sich im Unterschallbereich ausbreitet

3.4

Detonation

Verbrennungswelle infolge einer Explosion, die sich mit Überschallgeschwindigkeit ausbreitet, charakterisiert durch eine Stoßwelle

3.5

Haupttragteil

Tragwerkteil, das für die Gesamtstabilität des Gebäudes wesentlich ist, dessen Ausfall unverhältnismäßige Schäden bzw. das Versagen der Konstruktion verursacht

3.6

Risikoszenario

Ereignis, das durch Naturvorgänge oder menschliche Handlungen verursacht wird, die die Standsicherheit der Konstruktion gefährden können. Ein Risikoszenario wird durch einen vorhersehbaren Vorgang charakterisiert

4 Klassifizierung der Einwirkungen

(1) Nach DIN 1055-100 müssen Einwirkungen, die aus Anprall und Explosionen herrühren, als außergewöhnliche Einwirkungen, gleichbedeutend mit Unfall-Einwirkungen, eingestuft werden.

(2) Für diese außergewöhnlichen Einwirkungen stellt der repräsentative Wert im Allgemeinen den Bemessungswert dar. Die Einzelheiten der Modelle für die Ermittlung der Bemessungswerte werden in den Abschnitten 5 und 6 sowie ggf. den Anhängen angegeben.

5 Außergewöhnliche Bemessungssituationen

5.1 Allgemeines

(1) In außergewöhnlichen Bemessungssituationen werden außergewöhnliche Einwirkungen zusammen mit ständigen und veränderlichen Einwirkungen berücksichtigt.

ANMERKUNG Die Betrachtung kann sich auch auf eine Zeitspanne nach dem außergewöhnlichen Ereignis ausdehnen.

(2) Außergewöhnliche Ereignisse sind mit Hilfe von Risikoszenarien darzustellen. Der Umfang der Untersuchungen richtet sich nach den zu erwartenden Folgen. Zur Einschätzung der Folgen sind die von dem Ereignis ausgehende Gefährdung für Menschen, die Umweltfolgen und der wirtschaftliche Schaden für die Gesellschaft zu betrachten.

DIN 1055-9:2003-08

(3) Werden Nachweise auf der Grundlage von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen geführt, ist in Anlehnung an ISO/DIS 10252:1995 der repräsentative Wert einer außergewöhnlichen Einwirkung als Stoßenergie mit einer Überschreitungswahrscheinlichkeit von weniger als $p = 10^{-4}$ je Jahr für das Bauwerk festzulegen.

5.2 Bemessung

(1) Für die bei Bemessung eines Tragwerks anzunehmenden außergewöhnlichen Einwirkungen ist Folgendes zu berücksichtigen:

- die Wahrscheinlichkeit des Auftretens des auslösenden Ereignisses,
- die Gefährdung des Tragwerks,
- die Schutzmaßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung der Gefahren,
- die möglichen Folgen eines Schadens oder der Zerstörung des Tragwerks,
- die Höhe des zu akzeptierenden Risikos.

(2) Im Allgemeinen ist ein Restrisiko zu akzeptieren, wobei nicht erwartet wird, dass ein Tragwerk im Extremfall allen erdenklichen Einwirkungen widersteht.

(3) Das Auftreten und die Folgen einer außergewöhnlichen Einwirkung werden in der Praxis einem bestimmten Risiko zugeordnet. Ist dieses Risiko nicht hinnehmbar, werden zusätzliche Maßnahmen erforderlich. Das hinzunehmende Risiko sollte sich in der Größenordnung an dem allgemein akzeptierten Risiko in vergleichbaren Situationen orientieren. Dabei sollte die Schädigung im Verhältnis zur Schadensursache stehen. Die Festlegung erfolgt durch die zuständigen Behörden.

(4) Unter der Voraussetzung, dass die Standsicherheit des gesamten Tragwerks eines Gebäudes nicht gefährdet wird oder dass die Tragfähigkeit so lange erhalten bleibt, bis Rettungsmaßnahmen erfolgt sind, darf ein begrenzter Schaden infolge einer außergewöhnlichen Einwirkung hingenommen werden.

(5) Als Maßnahmen und Strategien zur Risikoreduzierung infolge außergewöhnlicher Einwirkungen gelten:

- das Verhindern oder die Reduzierung der Wahrscheinlichkeit des Auftretens der Einwirkung oder der Größe der Einwirkung als vorrangiges Ziel,
- der Schutz des Tragwerks,
- eine Konstruktion, die bei örtlichem Versagen weder insgesamt noch in wesentlichen Teilen versagt,
- die Konstruktion von wesentlichen, im Hinblick auf außergewöhnliche Einwirkungen besonders zuverlässigen Haupttragteilen,
- die Anwendung von Konstruktionsvorschriften zum Erzielen einer Reststandfestigkeit, die sicherstellt, dass Bauwerksnutzer sicher evakuiert werden können,
- die Festlegung von Grenztragfähigkeiten untergeordneter Bauteile, um Schäden des Haupttragwerks zu vermeiden,
- Maßnahmen zur Minderung der Folgen bei Versagen eines Tragwerks.

(6) Wenn vorbeugende und schützende Maßnahmen bei der Bemessung berücksichtigt werden, ist die Verantwortung für Erhaltung dieser Maßnahmen verbindlich festzulegen.

6 Anprall

6.1 Allgemeines

Einwirkungen nach diesem Abschnitt sind bei baulichen Anlagen in Verkehrsbereichen anzuwenden, wenn der Anprall von Fahrzeugen die Gefahr für ein Versagen von Bauwerken oder Bauteilen in sich birgt. Für einzelne Verkehrsbereiche sind weitere mit einem Kreuzungsbauwerk verbundene außergewöhnliche Einwirkungen angegeben, die in ihrer Handhabung im Weiteren den Einwirkungen aus Anprall gleichzusetzen sind.

6.2 Darstellung der Einwirkungen

(1) Der Anprallvorgang ist abhängig von der Masseverteilung, dem Verformungsverhalten, den Dämpfungseigenschaften des anprallenden Körpers und des getroffenen Tragwerks sowie von der Geschwindigkeit des anprallenden Körpers. Bei dem Anprall handelt es sich um eine Interaktion zwischen dem anprallenden Fahrzeug und dem Bauwerk. Zur Bestimmung der Kräfte an der Anprallstelle sollten Fahrzeug und Bauwerk als ein Gesamtsystem betrachtet werden.

(2) *Zur Festlegung der Materialeigenschaften des anprallenden Körpers und des Bauwerks sollten obere und untere Grenzwerte benutzt werden. Zusätzlich sollten gegebenenfalls Verfestigungseffekte in die Berechnung aufgenommen werden.*

(3) Stoßeinwirkungen sind außergewöhnliche Einwirkungen nach DIN 1055-100.

(4) Zur Bemessung von Bauteilen wird die Stoßeinwirkung, sofern nicht anders angegeben, als vergleichbare statische Ersatzlast vorgegeben, die zur Ermittlung eines statischen Gleichgewichtszustandes oder zur Ermittlung von Beanspruchungen in Abhängigkeit vom angestrebten Schutzziel benutzt wird.

(5) Eine gleichzeitige Wirkung der Ersatzlasten in Fahrtrichtung und rechtwinklig zur Fahrtrichtung ist nicht anzusetzen.

(6) Bei den zu führenden Nachweisen sind die Einwirkungen in die übrige Konstruktion weiterzuverfolgen, bei allgemeinen Hochbauten jedoch nicht für den Nachweis der Gründung.

(7) *Weitergehende Untersuchungen für unfallbedingte Stoßeinwirkungen sollten berücksichtigen:*

- *Wahrscheinlichkeitsüberlegungen;*
- *dynamisches Verhalten;*
- *nichtlineares Materialverhalten;*
- *Analyse der möglichen Auswirkungen;*
- *wirtschaftliche Optimierung mit Hilfe von geeigneten Abhilfemaßnahmen.*

(8) *Für Bauteile, die dazu dienen, die Stoßenergie durch elastisch-plastische Verformungen von Bauteilen zu vermindern, darf die zugehörige Einwirkung unter Berücksichtigung des plastischen Widerstands und der Verformungskapazität dieser Bauteile bestimmt werden.*

(9) Für Systeme, in denen die Stoßenergie im Wesentlichen vom aufprallenden Körper aufgenommen wird, ist nach 6.3 bis 6.6 vorzugehen.

DIN 1055-9:2003-08

6.3 Anprall von Kraftfahrzeugen

6.3.1 Anprall an stützende Bauteile

(1) Sind stützende Bauteile (z. B. Pfeiler, tragende Stützen, Rahmenstiele, Wände, Endstäbe von Fachwerkträgern oder dergleichen) für Anprall von Kraftfahrzeugen zu bemessen, so sind die in Tabelle 1 angegebenen horizontalen Ersatzlasten anzusetzen.

Tabelle 1 — Ersatzlasten für Anprall von Kraftfahrzeugen

1	Kategorie	Ersatzlast in MN	
		F_x in Fahrtrichtung	F_y rechtwinklig zur Fahrtrichtung
2	Straßen außerorts	1,0	0,5
3	Straßen innerorts bei $v \geq 50$ km/h ^a	1,0	0,5
4	Straßen innerorts bei $v < 50$ km/h ^{a b}		
5	– an ausspringenden Gebäudeecken	0,5	0,5
6	– in allen anderen Fällen	0,25	0,25
7	Für LKW befahrbare Verkehrsflächen (z. B. Hofräume)	0,1	0,075
8	Für PKW befahrbare Verkehrsflächen	0,050	0,025
9	Tankstellenüberdachungen ^{b c}	0,1	0,1
10	Parkgaragen für PKW < 2,5 t ^{b d}	0,01	0,01
11	– Einzel-/Doppel-Garage, Carports		
12	– sonst	0,04	0,025
13	Gebäude, in denen LKW verkehren können, bzw. Gebäude mit PKW-Verkehr $\geq 2,5$ t ^d	0,1	0,1

^a Nur anzusetzen, wenn stützende Bauteile der unmittelbaren Gefahr des Anpralls von Straßenfahrzeugen ausgesetzt sind, d. h. im Allgemeinen im Abstand von weniger als 1 m von der Bordschwelle.

^b Nur anzusetzen, wenn bei Ausfall der stützenden Bauteile die Standsicherheit von Gebäude/Überdachung/Decke gefährdet ist.

^c Nur anzusetzen, wenn die stützenden Bauteile nicht am fließenden Verkehr liegen, sonst wie Zeilen 2 bis 6.

^d Auch anzusetzen für Anprall an Holme, Brüstungen etc., von Rampen, Parkplätzen etc.

(2) Die Anpralllasten gemäß Tabelle 1 sind nicht anzusetzen bei:

- vollen Stahlbetonstützen und -scheiben
- mit einer Länge in Fahrtrichtung von $l \geq 1,6$ m,

- einer Breite $b = 1,6 - 0,2 l \geq 0,9$ m quer zur Fahrtrichtung,
 - vollen runden bzw. ovalen Stahlbetonstützen von mindestens
 - $l \geq 1,6 \text{ m} + x$,
 - $b \geq 1,6 \text{ m} - x \geq 1,2 \text{ m}$,
 - bei Stahlbeton-Hohlpfelern bei einer Mindestwanddicke von 0,6 m.
- (3) Eine gleichzeitige Wirkung von Anpralllasten aus LKW und aus PKW ist nicht anzusetzen.
- (4) Die horizontalen Ersatzlasten wirken bei LKW 1,25 m und bei PKW 0,5 m über der Fahrbahnoberfläche.
- (5) Die horizontale Ersatzlast rechtwinklig zur Fahrtrichtung ist je nach dem Standort des stützenden Traggliedes von beiden Seiten (Tragglied zwischen zwei Fahrbahnen) oder nur von einer Seite (Tragglied am äußeren Fahrbahnrand) anzunehmen.
- (6) Die Ersatzlasten dürfen abweichend von Tabelle 1 festgelegt werden:
- anhand von zuvor durchgeführten Risikostudien (siehe 5.1 und 5.2),
 - wenn genauere Untersuchungen über die Interaktionen zwischen anprallendem Fahrzeug und angefahrenem Bauteil durchgeführt werden, z. B. durch elastisch-plastisches Verhalten des Bauteils (siehe auch 6.2 (8)).
- (7) Werden die Stoß-Einwirkungen von einem absturzsichernden, umschließenden Bauteil allein nicht aufgenommen, so sind sie durch besondere geeignete bauliche Maßnahmen, z. B. durch Bordschwellen mit einer Mindesthöhe von 0,2 m oder z. B. durch ausreichend verformbare Schutzvorrichtungen, aufzunehmen. Bordschwellen bzw. die Schutzvorrichtungen sind zu bemessen bei Parkflächen mit ausschließlicher PKW-Nutzung für eine Ersatz-Streckenlast von 2 kN/m in 0,5 m Höhe, in allen anderen Fällen für eine Ersatz-Streckenlast von 5 kN/m in 1,2 m Höhe.
- (8) Die Stützen und Pfeiler von Straßen- bzw. Eisenbahnbrücken über Straßen sind zusätzlich zur Bemessung auf Anprall von Kraftfahrzeugen durch besondere Maßnahmen zu sichern. Als besondere Maßnahmen gelten abweisende Leiteinrichtungen, die in mindestens 1 m Abstand von den zu schützenden Bauteilen vorzusehen sind, oder Betonsockel unter den zu schützenden Bauteilen, die mindestens 0,8 m hoch sind und parallel zur Fahrtrichtung mindestens 2 m und rechtwinklig dazu mindestens 50 cm über die Außenkante dieser Bauteile hinausragen. Besondere Maßnahmen sind nicht erforderlich in bzw. neben Straßen innerhalb geschlossener Ortschaften
- mit Geschwindigkeitsbeschränkungen auf 50 km/h und weniger,
 - neben Gemeinde- und Hauptwirtschaftswegen,
 - wenn die oben angegebenen Mindestabmessungen eingehalten sind.
- Es gelten zusätzlich die Regelungen und Festlegungen der Richtlinie für passive Schutzeinrichtungen an Straßen (RPS).
- (9) Montagestützen und Lehrgerüste sind durch angemessene konstruktive Maßnahmen vor Fahrzeuganprall zu sichern.

DIN 1055-9:2003-08**6.3.2 Anprall an Überbauten von Brücken**

Die Gefährdung durch Anprall ist durch konstruktive Maßnahmen zu begrenzen. In Abhängigkeit von der lichten Höhe sind Überbauten mit Auflagerlasten aus ständigen Lasten je Stützenachse von weniger als 250 kN gegen Verschiebung durch Anprall von Straßenfahrzeugen zu sichern.

6.4 Außergewöhnliche Einwirkungen an Eisenbahnbetriebsanlagen**6.4.1 Entgleisung unter Überbauungen von Bahnanlagen****6.4.1.1 Allgemeines, Geltungsbereich und Definitionen**

(1) *Entgleiste Schienenfahrzeuge können Überbauungen von Bahnanlagen durch Anprall an die Stützkonstruktion gefährden.*

(2) Da der Grad der Gefährdung von der Anordnung und Ausbildung der Stützkonstruktionen wesentlich beeinflusst wird, sind Regelungen hierfür in 6.4.1.2 angegeben.

(3) Die Regelungen in 6.4.1 gelten für den Neubau von Überbauungen von Bahnanlagen, deren wesentlicher Umbau oder Erneuerung sowie für Baubehelfe und temporäre Überbauungen und enthalten Angaben

- zur Anordnung, konstruktiven Ausbildung und Bemessung der Stützkonstruktionen,
- zu Ersatzlasten für den Anprall von Eisenbahnfahrzeugen,
- zu Trümmerersatzlasten.

Ein Umbau ist wesentlich, wenn z. B. bei Brücken Überbauten und/oder Pfeiler erneuert werden.

(4) Die Anforderungen an die Stützkonstruktion hängen ab von der Nutzung der Überbauung, den Folgen bei Anprall von Eisenbahnfahrzeugen und den öffentlichen Sicherheitsbedürfnissen.

(5) Bei Überbauungen von Bahnanlagen wird daher nach Art der Nutzung in

- Überbauungen ohne Aufbauten,
- Überbauungen mit Aufbauten

und nach Sicherheitsanforderungen im Bereich der Überbauungen in

- üblich,
- erhöht

unterschieden.

(6) Zu den Überbauungen ohne Aufbauten gehören

- Eisenbahn-, Straßen-, Fußweg-, Radwegbrücken und ähnliche Verkehrsflächen sowie
- eingeschossige Anlagen, die nicht dem dauernden Aufenthalt von Menschen dienen (z. B. Parkflächen, Lagerhallen).

(7) Zu den Überbauungen mit Aufbauten gehören Überbauungen,

- die dem ständigen Aufenthalt von Menschen dienen (z. B. Büro-, Geschäfts- und Wohnräume),

- in denen zeitweise Menschenansammlungen stattfinden (z. B. Theater- und Kinosäle),
 - die mehrgeschossig sind und nicht dem ständigen Aufenthalt von Menschen dienen (z. B. mehrgeschossige Parkhäuser und Lagerhallen).
- (8) Die Festlegungen nach diesem Abschnitt gelten nicht für
- Treppenanlagen zu Überbauungen, wenn bei Ausfall der Treppenkonstruktion die Tragfähigkeit der Überbauung selbst erhalten bleibt,
 - Tunnel in offener Bauweise, wenn die Lasten aus Überbauungen unabhängig von der Tunnelkonstruktion abgetragen werden,
 - Oberleitungsmaste und andere Tragkonstruktionen für Oberleitungen,
 - Signalträger, einschließlich Signalausleger und -brücken,
 - Bahnsteigdachstützen.
- (9) Kriterien für die Zuordnung von Überbauungen in solche mit üblichen und erhöhten Sicherheitsanforderungen sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2 — Kriterien für die Einteilung von Überbauungen nach Sicherheitsanforderungen

1	2	3
Art und Lage der Überbauung	<u>übliche</u> Sicherheitsanforderungen	<u>erhöhte</u> Sicherheitsanforderungen
Überbauungen <u>ohne</u> Aufbauten		
– über Bahnsteigen	wenn $v \leq 120 \text{ km/h}^c$	wenn $v > 120 \text{ km/h}^c$
– über Bahnhofsbereichen ^a außerhalb von Bahnsteigen	wenn $v \leq 160 \text{ km/h}^c$	wenn $v > 160 \text{ km/h}^c$
– außerhalb von Bahnhofsbereichen ^a	siehe 6.4.1.2 (2), 6.4.1.3 (7) u. (8) und Tabelle 3	
Überbauungen <u>mit</u> Aufbauten		
Alle Arten unabhängig von der Lage	–	alle Überbauungen mit Aufbauten; zusätzliche Bedingung: $v \leq 120 \text{ km/h}^b$
^a Bahnhofsbereiche sind die Bereiche zwischen den Ein- und Ausfahrtsignalen. ^b Bei $v > 120 \text{ km/h}$ ist ein Sicherheitskonzept aufzustellen. ^c v ist die Zuggeschwindigkeit.		

6.4.1.2 Anordnung und Ausbildung der Unterstützungen von Überbauungen

- (1) Im lichten Abstand von $< 3,0 \text{ m}$ von der Gleisachse sind in der Regel keine Stützkonstruktionen anzuordnen.
- (2) Lassen sich Unterstützungen im lichten Abstand von $< 3,0 \text{ m}$ nicht vermeiden, gilt:
 - Bei Überbauungen ohne Aufbauten außerhalb von Bahnhofsbereichen sind die Anprallersatzlasten nach Tabelle 3 anzusetzen.

DIN 1055-9:2003-08

— Bei übrigen Überbauungen sind von den Eisenbahnen des Bundes in Abstimmung mit dem Eisenbahn-Bundesamt auf den Einzelfall bezogene Regelungen (Zustimmung im Einzelfall) zu treffen. Die in Tabelle 4 angegebenen Anprallersatzlasten sind Anhaltswerte.

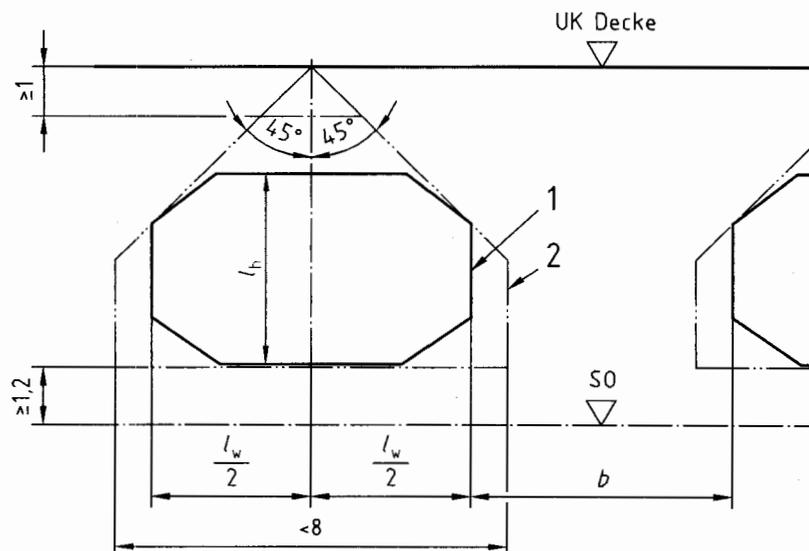
— Es sind immer Führungen im Gleis und zugehörige Fangvorrichtungen einzubauen. Führungen müssen 25 m vor der Unterstützung beginnen.

(3) Unterstützungen von Baubehelfen, z. B. Lehrgerüststützen, dürfen auch mit geringerem Abstand als 3,0 m ohne Ansatz von Anprallersatzlasten (s. auch Tabelle A.1) angeordnet werden, wenn die Zuggeschwindigkeit ≤ 120 km/h beträgt und Führungen im Gleis eingebaut werden.

(4) Die Abstandsgrenze von 3,0 m gilt für Gleisradien $R \geq 10\,000$ m und ist bei $R < 10\,000$ m auf 3,2 m zu vergrößern.

(5) Stützkonstruktionen mit einem lichten Abstand von $< 5,0$ m von der Gleisachse sind in der Regel als durchgehende Wände, gegebenenfalls auch mit Durchbrüchen, als wandartige Scheiben oder als Stützenreihen auszubilden. Für Wände mit Durchbrüchen gelten die Mindestmaße nach Bild 1. Für wandartige Scheiben betragen die Mindestmaße $L : B \geq 4 : 1$ mit $L \geq H/2$, $B \geq 0,6$ m bei üblichen Sicherheitsanforderungen und $B \geq 0,8$ m bei erhöhten Sicherheitsanforderungen (L : Länge, B : Breite, H : Höhe der Scheibe).

Maße in m

**Legende**

- 1 Beispiel für einen Durchbruch
 2 zulässige äußere Begrenzung für einen Durchbruch
 l_w lichte Weite
 l_h lichte Höhe
 b Abstand von Durchbrüchen, größerer Wert ist maßgebend ($\geq l_h$ oder $\geq 3,0$ m)
 SO Schienenoberkante

Bild 1 — Durchbrüche in Wänden; zulässige Abmessungen, Beispiel

(6) Stützkonstruktionen dürfen bei einem lichten Abstand von $< 5,0$ m von der Gleisachse auch als Einzelstützen oder Stützenreihen ausgebildet werden, wenn sie auf massiven Bahnsteigen oder erhöhten Fundamenten mit Höhen von mindestens 0,55 m über Schienenoberkante stehen. Rechtwinklig zur Gleisachse muss der Abstand zwischen Außenrand einer Einzelstütze und der Außenkante des zugehörigen Fundaments mindestens 0,8 m betragen. Bei gleisnahen Stützkonstruktionen ist der Bereich A des Regellichtraums nach § 9 EBO zu beachten. Diese erhöhten Fundamente müssen mindestens 5,0 m

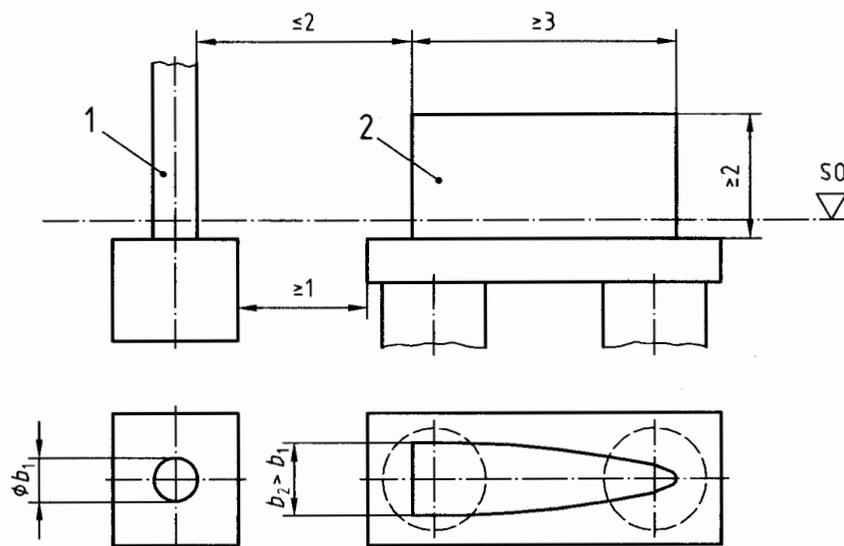
vor den Stützen beginnen und an ihrem Ende fahrzeugablenkend ausgebildet sein. Die Anordnung auf Bahnsteigen gegenüber dem Bahnsteigende ist im größten möglichen Abstand zu wählen, jedoch mindestens wie bei erhöhten Fundamenten.

(7) Bei Unterstützungen von temporären Fuß- und Radwegbrücken oder ähnlichen Überbauungen mit öffentlicher Nutzung braucht die Forderung nach durchgehenden Wänden o. Ä. bei einem lichten Abstand $\geq 3,0$ (3,2) m nicht erfüllt zu werden, wenn die Zuggeschwindigkeit $v \leq 120$ km/h beträgt. Bei Zuggeschwindigkeit $v > 120$ km/h sind in Abstimmung mit dem Eisenbahn-Bundesamt Anforderungen in Anlehnung an die Regelungen für Überbauungen festzulegen.

(8) Bei Unterstützungen von Baubehelfen, z. B. Lehrgerüststützen, in einem Abstand von $\geq 3,0$ (3,2) m brauchen die Forderungen nach durchgehenden Wänden o. Ä. und Lagerung auf erhöhten Fundamenten nicht erfüllt zu werden.

(9) Falls bei erhöhten Sicherheitsanforderungen Stützen ohne erhöhte Fundamente im lichten Abstand von $< 5,0$ m von der Gleisachse unbedingt erforderlich sind, ist ein starrer Anprallblock oder eine energieverzehrende Anprallschutzkonstruktion vor Einzelstützen oder vor der ersten Stütze von Stützenreihen anzuordnen. Anprallschutzkonstruktionen sind so auszubilden, dass sie die Bewegungsrichtung entgleister Fahrzeuge von der Stütze ablenken können. Anprallschutzkonstruktionen sind nicht erforderlich vor Stützen, die auf Anprall nicht untersucht zu werden brauchen (siehe Tabelle 3). Die Anprallschutzkonstruktionen sind so zu gründen, dass im Fall eines Anpralls die Tragfähigkeit der Stütze auch nicht über die Gründung beeinträchtigt wird. Die Mindestmaße und -abstände sind in Bild 2 beispielhaft dargestellt.

Maße in m



Legende

- 1 Stütze
- 2 Anprallschutz
- b_1 Durchmesser der Stütze
- b_2 Basisbreite des Anprallschutzes

Bild 2 — Anprallschutzkonstruktionen vor Unterstützungen, Mindestabmessungen, Beispiel

(10) In Stützenreihen gelten Stützen mit einem lichten Abstand von mehr als 8,0 m als Einzelstützen.

(11) Als Stützkonstruktionen sollten in der Regel keine Pendelstützen gewählt werden. Im lichten Abstand von $< 15,0$ m von der Gleisachse dürfen keine Pendelstützen stehen. Diese Regelung gilt nicht für Lehrgerüste/Baubehelfe oder temporäre Brücken nach Tabelle A.1.

DIN 1055-9:2003-08

(12) Im Bereich hinter Gleisabschlüssen sollten in der Regel keine Stützkonstruktionen angeordnet werden. Falls sie sich nicht vermeiden lassen, sind hierfür von den Eisenbahnen des Bundes in Abstimmungen mit dem Eisenbahn-Bundesamt auf den Einzelfall bezogene Regelungen (Zustimmung im Einzelfall) zu treffen.

6.4.1.3 Bemessung von anprallgefährdeten Stützkonstruktionen

(1) Stützkonstruktionen für Überbauungen von Bahnanlagen sind für die in den Tabellen 3 und 4 angegebenen Ersatzlasten F_x und F_y für Anprall von Eisenbahnfahrzeugen zu bemessen. Die Ersatzlasten sind mit F_x in Gleisrichtung und mit F_y rechtwinklig zur Gleisrichtung anzusetzen.

(2) Die Ersatzlasten F_x und F_y sind für Stützkonstruktionen in 1,8 m Höhe, für Anprallblöcke in 1,5 m Höhe über Schienenoberkante wirkend anzunehmen. Die Anprallfläche darf mit $b \times h = 2,0 \text{ m} \times 1,0 \text{ m}$ angesetzt werden, jedoch nicht mit mehr als der geometrisch vorhandenen Fläche (b : Breite; h : Höhe).

(3) Für den Nachweis sind die ständigen Lasten sowie Verkehrs- und Nutzlasten gleichzeitig mit einer der Ersatzlasten F_x oder F_y auf den vollen Querschnitt anzusetzen und bis in die Fundamente zu verfolgen.

(4) Bei erhöhten Sicherheitsanforderungen ist im Bereich der Überbauungen zusätzlich nachzuweisen, dass die Stützkonstruktionen, die für Anprall zu bemessen sind, die häufig auftretenden Lasten (Hauptlasten – ohne gleichzeitige Wirkung der Ersatzlasten) mit dem reduzierten Querschnitt aufnehmen können:

— bei Wänden und wandartigen Scheiben mit Breiten $B < 1 \text{ m}$ ist mit völliger Zerstörung des Wandkopfes auf 2 m Länge zu rechnen,

— bei Stützen ist mit Zerstörung des halben Querschnitts zu rechnen. Hierbei ist die Querschnittschwächung durch Fahrzeuganprall sinnvoll anzusetzen.

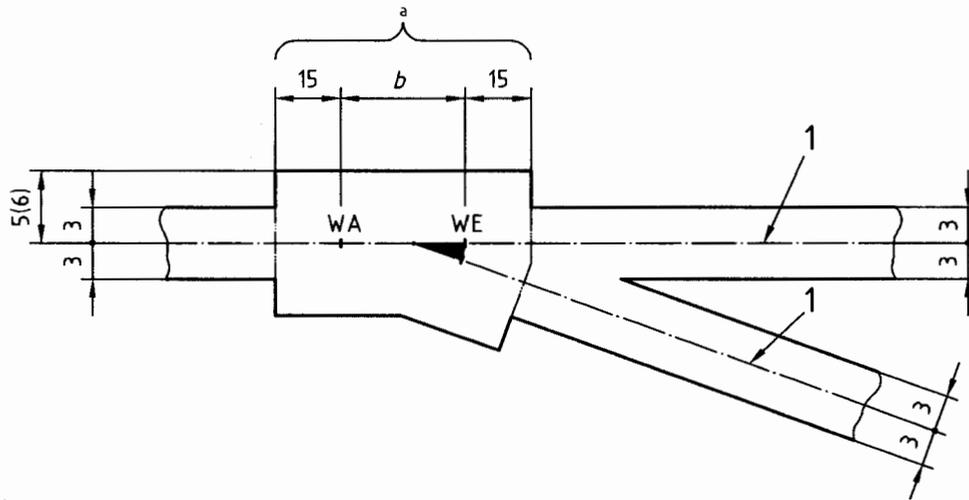
(5) Die Tragfähigkeit der Tragkonstruktion bei Ausfall einzelner Stützen ist nachzuweisen,

— wenn Stützen im Bereich erhöhter Sicherheitsanforderungen neben Gleisen ohne Weichen oder in Weichenbereichen mit technisch gesicherten Weichenstraßen im Abstand von $\leq 5,0 \text{ m}$ angeordnet werden,

— wenn Stützen – unabhängig von den Sicherheitsanforderungen – neben Weichenstraßen ohne technische Sicherung, z. B. in Bahnhofsbereichen, im Abstand von $\leq 6,0 \text{ m}$ angeordnet werden.

Weichenbereiche sind in Bild 3 dargestellt.

Maße in m

**Legende**

1	Gleisachse	a	Bereich der Weiche
WA	Weichenanfang	b	Länge der Weiche
WE	Weichenende		

Bild 3 — Darstellung des Weichenbereichs

(6) Auf den Nachweis „Stützensausfall“ darf verzichtet werden,

— wenn Gleise nur mit Zuggeschwindigkeiten $v \leq 25$ km/h befahren werden oder

— wenn die Stützkonstruktion als Stahlbetonscheibe mit der Länge $L \geq 3,0$ m und der Breite $B \geq 1,2$ m und ggf. mit Zerschellschicht (Bilder 4 und 5) ausgeführt wird.

(7) Auf die Nachweise „Stützenanprall“ und „Stützensausfall“ darf verzichtet werden,

— wenn die Stützkonstruktion als Stahlbetonscheibe mit der Länge $L \geq 6,0$ m und der Breite $B \geq 1,2$ m und mit Zerschellschicht (Bilder 4 und 5) ausgeführt wird,

— bei Überbauungen ohne Aufbauten außerhalb von Bahnhofsbereichen, wenn der lichte Abstand der Unterstützungen von der Gleisachse $\geq 3,0$ (3,2) m (ohne Weichen) und $\geq 5,0$ m (mit Weichen) ist,

— bei Baubehelfen, z. B. Lehrgerüsten – unabhängig vom Abstand der Stützen von der Gleisachse –, wenn die Zuggeschwindigkeit ≤ 120 km/h beträgt und – bei lichten Abständen von $< 3,0$ (3,2) m – Führungen und Fangvorrichtungen vorhanden sind,

— bei temporären Fuß- und Radwegbrücken oder ähnlichen Überbauungen mit öffentlicher Nutzung, wenn der lichte Abstand $\geq 3,0$ (3,2) m ist, die Stützen auf Bahnsteigen oder bahnsteigähnlichen Fundamenten stehen und die Zuggeschwindigkeit $v \leq 120$ km/h beträgt.

(8) Stützen, Pfeiler und Wandscheibenenden, die durch Fahrzeuganprall beschädigt werden können, müssen im Anprallbereich mit einer Zerschellschicht von $\geq 0,1$ m Dicke nach Bild 4 und zweilagiger Bewehrung nach Bild 5 ausgebildet werden. Die Zerschellschicht ist zusätzlich zum Querschnitt der Unterstützung anzuordnen, der im Gebrauchszustand statisch erforderlich ist. Als Anprallbereich ist eine Höhe von 4,0 m über Schienenoberkante anzunehmen und

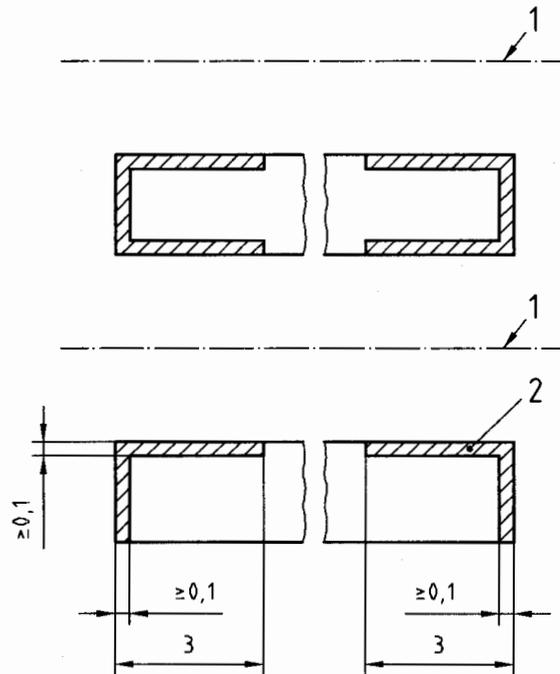
— in Fahrtrichtung die ganze Länge der Stützkonstruktion, jedoch nicht mehr als $L = 3,0$ m,

— rechtwinklig zur Fahrtrichtung die ganze Breite der Stützkonstruktion (siehe Bild 4).

DIN 1055-9:2003-08

(9) Bei Überbauungen von Bahnanlagen außerhalb von Bahnhofsbereichen gemäß Tabelle 3 darf auf die Zerschellschicht an Stützkonstruktionen verzichtet werden.

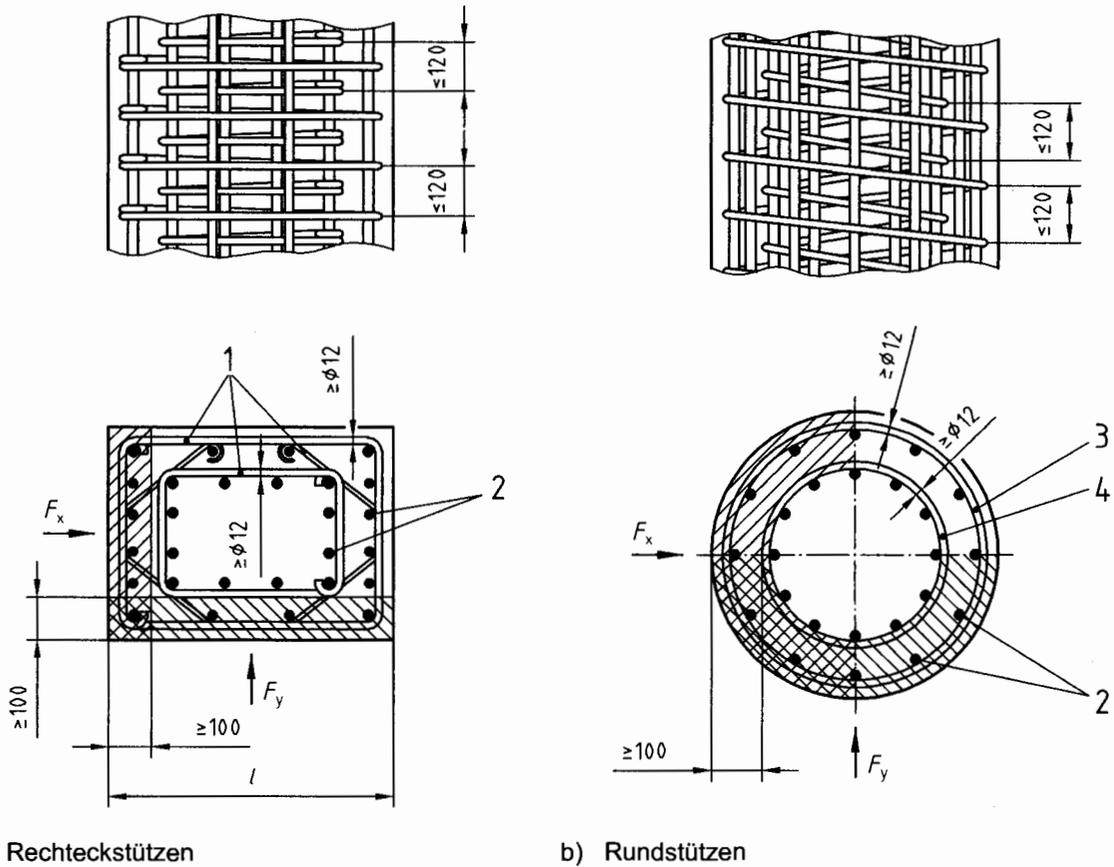
Maße in m

**Legende**

- 1 Gleisachse
- 2 Zerschellschicht

Bild 4 — Anordnung und Abmessung der Zerschellschicht

Maße in mm



a) Rechteckstützen

b) Rundstützen

Legende

- 1 Bügel
- 2 Längsbewehrung
- 3 Außenwendel
- 4 Innenwendel

Bild 5 — Ausbildung der Zerschellschicht**6.4.1.4 Ersatzlasten für den Anprall von Eisenbahnfahrzeugen**

Die Ersatzlasten für den Anprall von Eisenbahnfahrzeugen sind in Abhängigkeit

- vom Abstand der Stützkonstruktion von der Gleisachse,
- von der Art und Lage der Stützkonstruktion und
- von den Sicherheitsanforderungen im Bereich der Überbauung

in den Tabellen 3 und 4 angegeben.

Tabelle 3 — Anprallersatzlasten für Überbauungen ohne Aufbauten außerhalb von Bahnhofsbereichen

Gleisbereich	Abstand a der Stützkonstruktion von der Gleisachse	Art der Stützkonstruktion (Bedingungen)	Ersatzlast F_x in MN	Ersatzlast F_y in MN
ohne Weichen	$a < 3,0 \text{ m (3,2 m)}^a$	Alle Arten, wenn – die Zuggeschwindigkeit $v \leq 120 \text{ km/h}$ beträgt, – die Stützkonstruktion durch Führungen im Gleisbereich gesichert ist.	–	–
		<ul style="list-style-type: none"> • Einzelstützen • Außenstützen^b von Stützenreihen • Zwischenstützen^b in Stützenreihen mit lichem Stützenabstand $> 8,0 \text{ m}$ • Endbereiche von Wandscheiben (2 m in Längsrichtung) 	2,0	1,0
		Zwischenstützen ^b in Stützenreihen mit lichem Stützenabstand $\leq 8,0 \text{ m}$	1,0	0,5
		Mittenbereiche von Wandscheiben	–	0,5
	$a \geq 3,0 \text{ m (3,2 m)}^a$	alle Arten	–	–
mit Weichen	$a < 3,0 \text{ m (3,2 m)}^a$	nicht zulässig	–	–
	$3,0 \text{ m (3,2 m)} \leq a < 5,0 \text{ m}$	<ul style="list-style-type: none"> • Einzelstützen • Außenstützen^b von Stützenreihen • Zwischenstützen^b in Stützenreihen mit lichem Stützenabstand $> 8,0 \text{ m}$ • Endbereiche von Wandscheiben (2 m in Längsrichtung) 	2,0	1,0
		Zwischenstützen ^b in Stützenreihen mit lichem Stützenabstand $\leq 8,0 \text{ m}$	1,0	0,5
		Mittenbereiche von Wandscheiben	–	0,5
	$a \geq 5,0 \text{ m}$	alle Arten	–	–
<p>^a Für Gleisradien $R \geq 10\,000 \text{ m}$ gilt eine Abstandsgrenze von 3 m. Bei $R < 10\,000 \text{ m}$ ist die Abstandsgrenze auf 3,2 m zu vergrößern.</p> <p>^b Der Ausfall je einer Stütze ist zusätzlich zu untersuchen.</p>				

Tabelle 4 — Anprallersatzlasten für Überbauungen mit Aufbauten und Überbauungen in Bahnhofsbereichen

Abstand a der Stützkonstruktion von der Gleisachse	Art der Stützkonstruktion	Sicherheitsanforderung			
		üblich (ü. S.)		erhöht (e. S.)	
		Ersatzlast F_x in MN	Ersatzlast F_y in MN	Ersatzlast F_x in MN	Ersatzlast F_y in MN
$a < 3,0 \text{ m (3,2 m)}^a$	<ul style="list-style-type: none"> Wandscheibenenden, wenn kein Anprallblock vorhanden Anprallblock 	4,0	2,0	10,0	4,0
	<ul style="list-style-type: none"> Wandscheibenenden oder Stützen hinter Anprallblock 	2,0	1,0	4,0	2,0
	<ul style="list-style-type: none"> Mittenbereiche von Wandscheiben (Abstand $> 2 \text{ m}$ vom Wandende) 	–	1,0	–	2,0
$3,0 \text{ m (3,2 m)}^a \leq a < 5,0 \text{ m (6,0 m)}^b$	<ul style="list-style-type: none"> Wandscheibenenden, wenn kein Anprallblock vorhanden Anprallblock 	2,0	1,0	4,0	2,0
	<ul style="list-style-type: none"> Wandscheibenenden oder Stützen hinter Anprallblock Zwischenstützen von Stützenreihen mit lichtem Stützenabstand $\leq 8 \text{ m}$ ohne erhöhte Fundamente Wandscheibenenden und Stützen auf Bahnsteigen oder auf Fundamenten mit $h \geq 0,55 \text{ m}$ über Schienenoberkante 	1,0	0,5	2,0	1,0
	<ul style="list-style-type: none"> Mittenbereiche von Wandscheiben (Abstand $> 2 \text{ m}$ vom Wandende) 	–	0,5	–	1,0
$5,0 \text{ m (6,0 m)}^b \leq a < 7,0 \text{ m}$	Wandenden, Stützen	kein Anprall		2,0	1,0
$a \geq 7,0 \text{ m}$	alle Arten	kein Anprall			

^a Für Gleisradien $R \geq 10\,000 \text{ m}$ gilt eine Abstandsgrenze von 3 m . Bei $R < 10\,000 \text{ m}$ ist die Abstandsgrenze auf $3,2 \text{ m}$ zu vergrößern.

^b Für Gleise ohne Weichen und für Weichenbereiche mit technisch gesicherten Weichenstraßen gilt die Abstandsgrenze von $5,0 \text{ m}$. Für Weichenstraßen ohne technische Sicherung, z. B. in Bahnhofsbereichen, ist die Abstandsgrenze auf $6,0 \text{ m}$ zu vergrößern. Weichenbereiche sind in Bild 3 dargestellt.

6.4.2 Entgleisung auf Brücken

(1) Eisenbahnbrücken sind so zu bemessen, dass im Fall einer Entgleisung die Schädigung der Brücke auf ein Minimum reduziert wird. Insbesondere ist ein Umkippen oder ein Versagen des Tragwerkes als Ganzes zu verhindern.

DIN 1055-9:2003-08

(2) Bei der Entgleisung auf Brücken sind zwei Bemessungssituationen jeweils gesondert zu untersuchen:

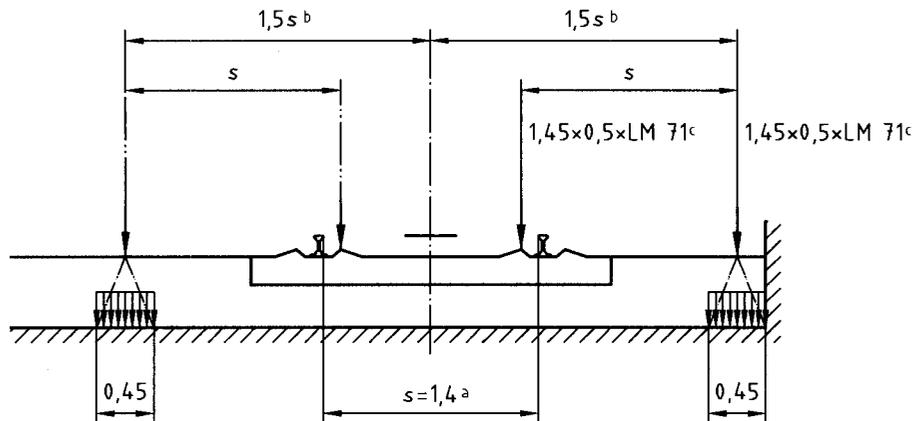
- a) **Bemessungssituation I:** Entgleisung von Eisenbahnfahrzeugen, bei denen die entgleisten Fahrzeuge im Gleisbereich auf der Brücke bleiben (siehe Bild 6).
- b) **Bemessungssituation II:** Entgleisung von Eisenbahnfahrzeugen, bei denen die entgleisten Fahrzeuge im Gleisbereich auf ihrer Kante liegen bleiben (siehe Bild 7).

Dabei brauchen Fliehkräfte, Anfahr- und Bremskräfte sowie weitere veränderliche Einwirkungen nicht angesetzt zu werden.

(3) Bei der Bemessungssituation I sind die betreffenden Teile des Tragwerkes für die folgenden Ersatzlasten zu bemessen:

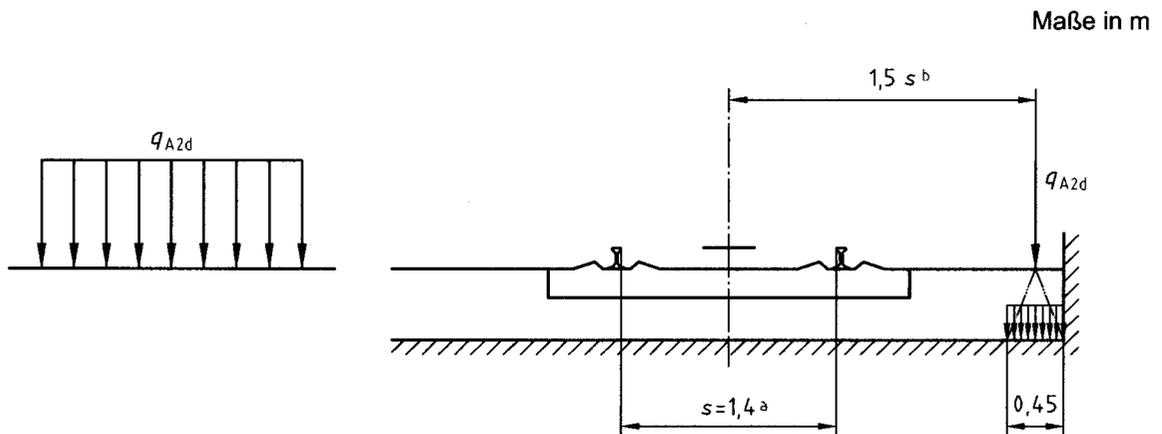
Zwei vertikale Einzel- und Linienlasten (Q_{A1d} , q_{A1d}) mit einem Bemessungswert von $1,45 \cdot 0,5 \cdot LM\ 71$ parallel zum Gleis in der ungünstigsten Stellung innerhalb eines Bereiches mit einer Breite der 1,5fachen Spurweite zu jeder Seite der Gleisachse.

Maße in m

**Legende**

- a Spurweite
- b $1,5 s$ tritt maximal bei der im Bild dargestellten Situation auf
- c LM71 (Lastmodell 71) entspricht dem statischen Anteil der Einwirkungen aus üblichem Eisenbahnverkehr (siehe auch DIN-Fachbericht 101)

Bild 6 — Bemessungssituation I – Ersatzlast Q_{A1d} und q_{A1d}



Legende

- a Spurweite
 b $1,5 s$ tritt maximal bei der im Bild dargestellten Situation auf

Bild 7 — Bemessungssituation II – Ersatzlast q_{A2d}

(4) Bei der Bemessungssituation II ist die Ersatzlast als eine vertikale Linienlast mit einem Bemessungswert $q_{A2d} = 1,45 \cdot 80 \text{ kN/m}$ anzunehmen. Die Belastung ist auf einer Gesamtlänge von 20,00 m mit einem Abstand der 1,5fachen Spurweite von der Gleisachse oder am Rand des zu bemessenden Tragwerkes anzunehmen. Randträger, Konsolen usw. bedürfen keiner Bemessung für diese Belastung.

(5) Bei Gleisen auf Eisenbahnbrücken sind Führungen – in der Regel mit einem Abstand zur Fahrachse von 180 mm und auf 25 m Länge über die Überbauenden hinaus – und zusätzlich zugehörige Fangvorrichtungen einzubauen:

- bei Brücken mit tragenden Konstruktionsteilen oberhalb des Gleises, die durch Anprall entgleister Fahrzeuge beschädigt oder zerstört werden können,
- bei Brücken, die entgleiste Fahrzeuge nicht vor dem Absturz schützen können; bei Deckbrücken mit Regelausführung der Fahrbahn kann davon ausgegangen werden, dass das Tragwerk entgleiste Fahrzeuge vor dem Abstürzen schützen kann, wenn es für die Ersatzlasten für entgleiste Eisenbahnfahrzeuge nach 6.4.2 nachgewiesen ist, und
- bei Brücken in Gleisbögen oder im Anschluss an Gleisbögen – auch mit Übergangsbögen – mit einem Radius $R < 300 \text{ m}$.

Führungen mit zugehörigen Fangvorrichtungen sind nach Regel- oder Richtzeichnung herzustellen. Falls in Sonderfällen Führungen im Bereich von Weichen erforderlich sind, wenn z. B. auf oder am Ende einer Fachwerk- oder Stabbogenbrücke Weichen angeordnet werden müssen, sind hierfür Sonderkonstruktionen außerhalb des Gleises einzusetzen.

6.4.3 Oberleitungsbruch

(1) Die auf das Tragwerk einwirkende Belastung als Folge eines Oberleitungsbruchs ist als statische Belastung in Richtung des intakten Teils der Oberleitung zu berücksichtigen. Diese außergewöhnliche Einwirkung ist mit einem Bemessungswert von 20 kN anzusetzen.

DIN 1055-9:2003-08

Es ist anzunehmen, dass für

- | | | |
|---------------------|---|--------------------------|
| — 1 Gleis | 1 | Tragseil und Fahrdrabt |
| — 2 bis 6 Gleise | 2 | Tragseile und Fahrdrähte |
| — mehr als 6 Gleise | 3 | Tragseile und Fahrdrähte |

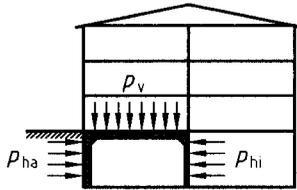
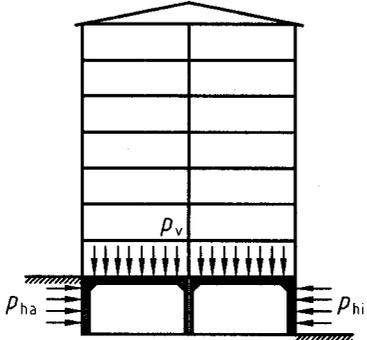
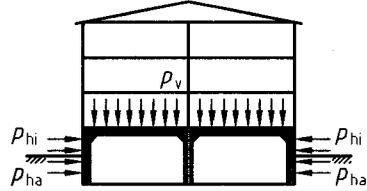
gleichzeitig brechen können.

(2) Es ist anzunehmen, dass diejenigen Fahrdrähte brechen, die die ungünstigste Einwirkung erzeugen.

6.4.4 Trümmerersatzlasten

Überbauungen von Bahnanlagen mit Aufbauten sind zusätzlich mit Trümmerersatzlasten zu bemessen. Hierfür sind die Lasten nach Tabelle 5 anzusetzen.

Tabelle 5 — Trümmerersatzlasten

		Anzahl n der Vollgeschosse	
		$n \leq 5$	$n > 5$
Trümmerersatzlasten			
			
Vertikale gleichmäßig verteilte Last auf Decken	p_v	10,0 kN/m ²	15,0 kN/m ²
Horizontale gleichmäßig verteilte Last für nicht erdberührte Umfassungswände	p_{hi}	10,0 kN/m ²	15,0 kN/m ²
Horizontale gleichmäßig verteilte Last für erdberührte Umfassungswände, abhängig von der Bodenart:			
Sand und Kies	p_{ha}	4,5 kN/m ²	6,75 kN/m ²
Lehm mittlerer Konsistenz	p_{ha}	6,0 kN/m ²	9,0 kN/m ²
Lehm von weicher Konsistenz und Ton	p_{ha}	7,5 kN/m ²	11,25 kN/m ²
Böden im Grundwasser	p_{ha}	10,0 kN/m ²	15,0 kN/m ²
Diese Lasten sind zusätzlich zum Eigengewicht, zur Verkehrslast und zu sonstigen dauernd wirkenden Lasten (z. B. Erddruck, ggf. Wasserdruck) zur Freihaltung der Verkehrswege nach dem Verkehrssicherungsgesetz (VSG) gemäß der Bekanntmachung der Bautechnischen Grundsätze für Hausschutzräume des Grundschutzes, Fassung Mai 1991 – veröffentlicht in der Beilage zum Bundesanzeiger Nr 184a und 185b vom 8. 7. 1991 – zu berücksichtigen.			

6.5 Anprall von Schiffen

6.5.1 Allgemeines

(1) Für die Ermittlung der Einwirkungen sind Erkenntnisse zur Situation und Entwicklung von Verkehr und Bauwerk zu berücksichtigen, was im Allgemeinen durch eine eingehendere Untersuchung erfolgt. Schiffahrtstechnische Angaben sind bei der für die Wasserstraße zuständigen Verwaltung zu erfragen. Insbesondere für bestehende Bauwerke sind verallgemeinerte, pauschalisierte Ansätze nicht angemessen; es empfiehlt sich vielmehr eine detailliertere Untersuchung.

(2) *Der repräsentative Wert der Einwirkung „Schiffsstoß“ darf in Abstimmung mit der bauaufsichtlich verantwortlichen Stelle über ein akzeptables Sicherheitsniveau nach unten wie auch nach oben angepasst werden:*

- bei Tragwerken mit auf wenige Jahre beschränkter Nutzungsdauer bzw. bei Bauzuständen,
- bei Tragwerken von besonderer Bedeutung (z. B. denkmalgeschützte Brücken, sehr große Brücken).

(3) Nachfolgende Regelungen beziehen sich auf Last-Ermittlungen für Güterschiffe im Binnenschiffsverkehr; Schiffstypen anderer Verkehre sind gesondert zu untersuchen.

(4) Kann die Einwirkung Schiffsstoß durch das Bauwerk bzw. Bauteil allein nicht aufgenommen werden, so sind angemessene konstruktive Maßnahmen, z. B. Schutzeinrichtungen, Verstärkungen etc., vorzusehen.

6.5.2 Ermittlung der Stoßlast

(1) Die Stoßlasten der Einwirkung „Schiffsstoß“ basieren auf der Wahrscheinlichkeit eines Anpralls sowie auf der Wahrscheinlichkeit einer bestimmten Stoßlast, die über die Deformationsenergie der Schiffe berechnet wird. Die Ermittlung sollte berücksichtigen:

- die Wahrscheinlichkeit eines Anpralls (Unfallgeschehen, Fahrlinie, Geometrie der Brücke, ...)
- die Flotten- und Verkehrsstruktur (z. B. Schiffsgrößen, hydrodynamische Zusatzmasse, Kraft-Verformungsverhalten der Schiffe, Verkehrsrichtungen, Geschwindigkeiten, Beladungszustände, Stoßhöhen der Schiffe, ...);
- Erkenntnisse aus dem Unfallgeschehen;
- den Winkel des Anpralls;
- die Wasserspiegellagen;
- ggf. die dynamische Steifigkeit der gestoßenen Bauwerke/Bauteile (z. B. Pfeiler).

(2) Im Allgemeinen ist die Stoßbelastung für zwei Lastfälle getrennt zu berechnen:

- der Frontalstoß wirkt in Fahrtrichtung,
- der Flankenstoß wirkt rechtwinklig zur Fahrtrichtung normal zur Bauteiloberfläche, wobei gleichzeitig ein Reibungsstoß parallel zur Bauteiloberfläche wirkt.

6.5.3 Stoßlast auf Unterbauten von Brücken

(1) Als stoßmechanische Grundlage wird nachfolgend vorausgesetzt, dass das gestoßene Tragwerk gegenüber der Einwirkung als starr betrachtet werden kann, so dass ein „weicher“ Stoß vorliegt. Nachfolgende Regelungen für Unterbauten von Brücken gelten sinngemäß für andere anprallgefährdete starre Bauwerke.

DIN 1055-9:2003-08

(2) Deformationsenergie E_{def} für die Berechnung der dynamischen Stoßlast ist

— für die Frontalstoßlast FF_{dyn} im Allgemeinen die Bewegungsenergie E_a (d. h. $E_{\text{def}} \approx E_a$),

— für die Flankenstoßlast FL_{dyn} die aus einer Impulsbilanz bei Kollision berechnete Deformationsenergie E_{def} .

(3) Die dynamische Stoßlast F_{dyn} in MN wird für FF_{dyn} bzw. FL_{dyn} berechnet nach:

$$F_{\text{dyn}} = 10,95 \cdot \sqrt{E_{\text{def}}} \quad \text{mit } E_{\text{def}} \leq 0,21 \text{ MNm, für elastischen Stoß} \quad (1)$$

$$F_{\text{dyn}} = 5,0 \sqrt{1 + 0,128 \cdot E_{\text{def}}} \quad \text{mit } E_{\text{def}} > 0,21 \text{ MNm, für plastischen Stoß} \quad (2)$$

wobei diese Stoßlast-Formeln für besonders steif ausgebildete Bug-Strukturen bestimmt wurden. Dabei ist E_{def} die jeweilige Deformationsenergie für Frontal- bzw. Flankenstoß in MNm.

(4) Unter der Voraussetzung eines Gleitreibungsstoßes, von dem bei Anfahrwinkeln $< 45^\circ$ auszugehen ist, sollte die Deformationsenergie zur Bestimmung der dynamischen Flankenstoßlast als Verhältnis zur Bewegungsenergie nach Bild 8 ermittelt werden.

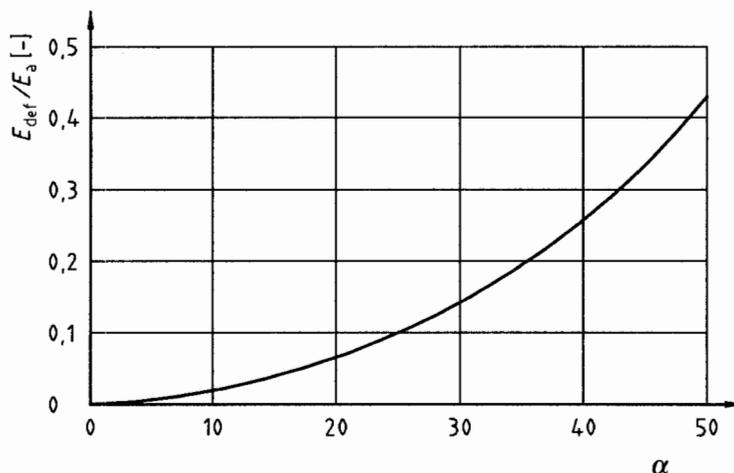


Bild 8 — Verhältnis E_{def}/E_a für Flankenstoß in Abhängigkeit des Anfahrwinkels α

(5) Für die dynamische Analyse sind anzusetzen:

- Eine halb-sinusförmige Stoßlastzeitfunktion, falls die dynamische Stoßlast F_{dyn} den Wert 5 MN nicht überschreitet (Stoß elastisch, siehe Bild 9a).
- Eine trapezförmige Stoßlastzeitfunktion, falls die dynamische Stoßlast F_{dyn} den Wert 5 MN überschreitet (Stoß plastisch, siehe Bild 9b).

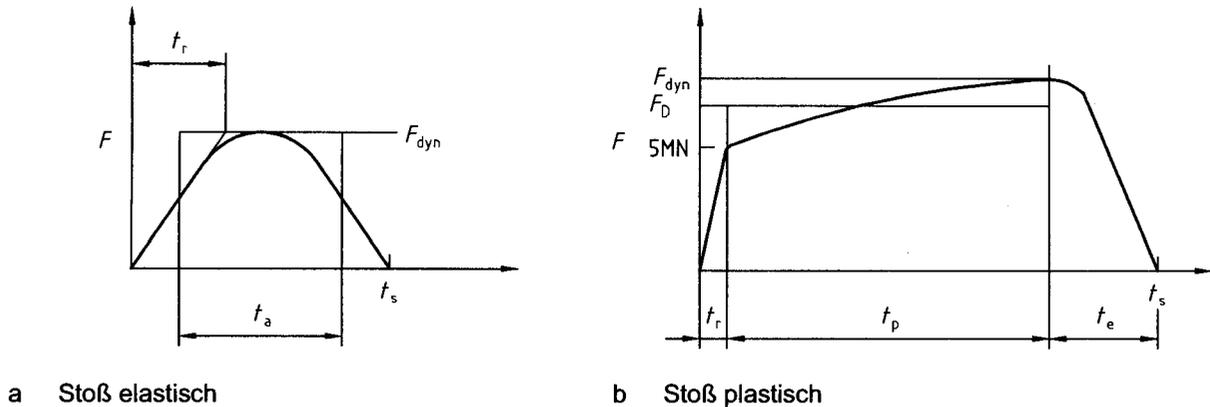


Bild 9 — Stoßlast-Zeit-Verläufe

Die Stoßlastzeitfunktion ist nach Bild 9 zu bestimmen, dabei ist:

mittlere Stoßlast in MN,	$F_D \approx (5 + F_{dyn})/2,$
elastische Anstiegszeit in s,	$t_r \approx x_e/v_n,$
plastische Stoßzeit in s,	$t_p \approx m^* \cdot v_n/F_D,$
elastische Rückfederungszeit in s,	$t_e \approx \Pi/2 \cdot \sqrt{m^*l c},$
äquivalente Stoßdauer in s,	$t_a \approx 2 \cdot \sqrt{m^*l c},$
gesamte Stoßdauer in s,	$t_s = \Pi/2 \cdot t_a$ (Stoß, elastisch) $= t_r + t_p + t_e$ (Stoß, plastisch),

und:

- m^* :
- bei Frontalstoß: $m^* = \text{Gesamtmasse des stoßenden Schiffes},$
 - für Flankenstoß: $m^* = (m_1 + m_{hydr}) \cdot 0,3,$
wobei m_1 die Masse des direkt am Stoß beteiligten Schiffes ist und m_{hydr} die hydrodynamische Zusatzmasse (etwa $0,2 \cdot m_1$) ist.
- c elastische Steifigkeit des Schiffes ($c_{el} = c = 60 \text{ MN/m}$),
- x_e elastische Verformung im Schiff ($x_e \approx 0,1 \text{ m}$),
- v_n Geschwindigkeit des anprallenden Schiffes senkrecht zum Stoßpunkt
- a) bei Frontalstoß entspricht v_n der Fahrgeschwindigkeit v ,
 - b) bei Flankenstoß entspricht $v_n = v \cdot \sin \alpha$, wobei v die Fahrgeschwindigkeit und α der Anprallwinkel ist.

(6) Der Reibungsstoß, der gleichzeitig mit dem Flankenstoß auftritt, wird berechnet nach:

$$R = F_{\text{dyn, Flanke}} \cdot f \quad (3)$$

Dabei ist der Reibungskoeffizient $f = 0,4$

(7) Wird bei Vorabschätzungen eine dynamische Analyse nicht durchgeführt, sollte zur Ermittlung der statischen Ersatzlast $F_{\text{stat}} = F_{\text{dyn}} \cdot DLF$ ein dynamischer Lastfaktor DLF angesetzt werden, mit

DIN 1055-9:2003-08

- a) $DLF = 1,3$ für dynamische Stoßlasten größer als 10 MN,
 b) $DLF = 1,7$ für dynamische Stoßlasten kleiner als 5 MN,

wobei Zwischenwerte interpoliert werden dürfen.

(8) Die Stoßlasten für Flanken- und Reibungsstoß sind als horizontale, wandernde Einzellast zu berücksichtigen.

(9) Probabilistisch hinterlegte, dynamische Stoßlasten sind nach Tabelle 6 als Nennwerte anzusetzen, sofern unter Berücksichtigung von 6.5.1 und 6.5.2 eine detailliertere Untersuchung nicht durchgeführt wird. Diese Werte sind in Abhängigkeit von den maßgebenden Wasserstraßen-Klassen und für gewählte, gegebenenfalls zu überprüfende Randbedingungen angegeben:

- höchstens zwei Pfeiler der Brücken befinden sich im Fahrwasser und können ganzjährig durch Schiffe erreicht werden,
- der im Bauwerks-Bereich unmittelbare Wasserstraßen-Abschnitt ist kein Unfall-Schwerpunkt.

(10) Die Stoßlast-Werte nach Tabelle 6 dürfen für Pfeiler, die in einem Abstand vom Fahrrinnenrand der Wasserstraße im Bereich der Brücke entfernt angeordnet werden, durch Multiplikation mit dem Reduktionsfaktor nach Bild 11 abgemindert werden.

(11) Sofern keine genauere Einbeziehung der Wasserspiegellagen erfolgt oder von Bedeutung ist, sollte die Stoßlast über dem höchsten Schifffahrtswasserstand angesetzt werden.

(12) Sofern keine genauere Einbeziehung der Stoßhöhe der Schiffe in Abhängigkeit des Schiffstiefganges (abgeladen bzw. leer) erfolgt, sollte als grobe Abschätzung die Stoßlast in einer Höhe von 1,5 m über dem maßgebenden Wasserstand angesetzt werden.

(13) Sofern keine genauere Bestimmung möglich ist, sollte bei Schiffskollision eine Verteilungsfläche der Stoßlast bei Frontalstoß von der beim Stoß getroffenen (Pfeiler-)Breite mal einer Höhe von 0,5 m, bei Flankenstoß $b \cdot h = 1,0 \text{ m} \cdot 0,5 \text{ m}$ angenommen werden.

Tabelle 6 — Nennwerte für dynamische Stoßlasten F_{dyn} nach 6.5.3 (9)

Wasserstraßen-Klasse ^a	Dynamische Stoßlasten	
	Frontal-Stoßlast FF_{dyn} MN	Flanken-Stoßlast FL_{dyn} MN
I	2,0	1,0
II	3,0	1,5
III	4,0	2,0
IV	5,0	2,5
Va	8,0	3,5
Vb/VIa	10,0	4,0
VIb	14,0	5,0
VIc	17,0	8,0
VII	20,0	10,0

^a Schiffs-Charakteristiken nach Wasserstraßen-Klassifikation (nach Europäische Kommission für Europa ECE, Hauptarbeitsgruppe Binnenschifffahrt, Resolution Nr 30, 12. November 1992)

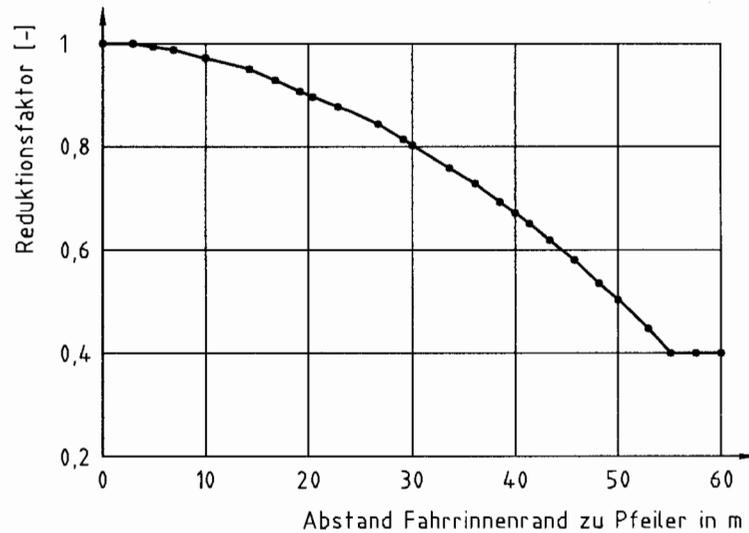


Bild 10 — Reduktionsbeiwert zur Berücksichtigung des Abstandes Fahrinnenrand zu Pfeiler

6.5.4 Stoßlast auf Überbauten von Brücken

(1) Der Überbau einer Brücke kann gefährdet sein:

- in Abhängigkeit von der Durchfahrts Höhe durch direkten Anprall von Schiffsaufbauten bzw. Ladung,
- durch dynamische Effekte bei Schiffsanprall auf die Unterbauten der Brücke.

(2) Bei neu herzustellenden Brücken sind der Überbau sowie die Lagerung auf eine statische Ersatzlast von $F = 1 \text{ MN}$ in ungünstigster Laststellung zu bemessen.

(3) Der Ansatz einer Stoßbelastung auf Überbauten bestehender Brücken sollte nach risikoanalytischen Überlegungen entschieden werden. Für Anprall und Auswirkung sollten Schadens-Szenarien erstellt werden. Dabei darf – mit Ausnahme von Fußgängerbrücken und Rohrbrücken – von einer Bemessung oder Sicherung abgesehen werden, wenn die jährliche Wahrscheinlichkeit eines Anpralls auf einen Brücken-Überbau geringer ist als $p_a = 10^{-5}$ /je Jahr. Ist eine Bemessung erforderlich, so gilt die o. a. statische Ersatzlast von $F = 1 \text{ MN}$, wenn nicht eine detaillierte Untersuchung erfolgt.

(4) Ein Überbau darf durch konstruktive Maßnahmen bei entsprechender Bemessung gegen eine horizontale Verschiebung gesichert werden.

(5) Die bei neu herzustellenden Brücken über der eigentlichen Fahrrinne erforderliche Lichtraumhöhe sollte für den maßgebenden Wasserstand über dem gesamten Fahrwasser eingehalten werden.

6.6 Hubschrauberanprall

(1) Bei Hubschrauberlandeplätzen auf Dächern von Gebäuden ist der Fall einer harten Landung durch eine vertikale statische Ersatzlast F_d zu berücksichtigen:

$$F_d = 100 \cdot \sqrt{m} \quad (4)$$

Dabei ist

F_d statische Ersatzlast in kN,

m Masse in t.

DIN 1055-9:2003-08

(2) Die Ersatzlast F_d ist anzusetzen auf jedem Bauteil innerhalb eines Bereiches, der die planmäßige Landefläche allseitig in einer Breite von 7 m umschließt. Die Einwirkungsfläche kann mit 2,0 m · 2,0 m angenommen werden.

6.7 Anprall von Gabelstaplern**6.7.1 Anpralllasten auf tragende Stützen und Wände**

(1) Aus einer genaueren Untersuchung über die Interaktion zwischen anprallendem Gabelstapler und Bauteil, z. B. dynamische Berechnungen unter Berücksichtigung eines nichtlinearen Verformungsverhaltens der Bauteile, ist die maßgebende Stoß-Einwirkung zu bestimmen.

(2) *Wenn eine detaillierte Untersuchung nicht durchgeführt werden kann, darf bei stützenden Bauteilen in ein- und mehrgeschossigen Gebäuden zur Berücksichtigung eines Anpralles von Gabelstaplern in 0,75 m Höhe eine Horizontallast gleich der fünffachen zulässigen Gesamtlast angesetzt werden.*

(3) Werden die Stoß-Einwirkungen nicht von einem Bauteil allein aufgenommen, so sind sie durch besondere geeignete bauliche Maßnahmen, z. B. durch ausreichend verformbare Schutzvorrichtungen aus Stahl, von dem stützenden Bauteil fernzuhalten oder so zu vermindern, dass dieses Bauteil der übrig bleibenden Belastung standhält.

6.7.2 Anpralllasten auf nichttragende, umschließende Bauteile

Der Anprall von Gabelstaplern gegen Wände bzw. Rampenbrüstungen sollte grundsätzlich durch, z. B. Bordschwellen, vorgesetzte Riegel mit einer Höhe von mindestens 0,2 m verhindert werden.

Anhang A (normativ)

Übersicht über die Regelungen für Überbauungen von Bahnanlagen

Die in 6.4.1.2 bis 6.4.1.4 angegebenen Anforderungen an Stützkonstruktionen für die Überbauung von Bahnanlagen sind in den **Tabellen A.1** und **A.2** zusammengefasst.

Tabelle A.1 — Übersicht über die Bedingungen für Stützkonstruktionen bei temporären Überbauungen

Art der temporären Überbauung	Abstand a der Stützkonstruktion von der Gleisachse	Bedingungen	Anprallersatzlast
Baubehelfe, z. B. Lehrgerüste,	$a < 3 \text{ m (3,2 m)}^a$	zulässig bei – $v \leq 120 \text{ km/h}$ und – Führungsschienen und Fangvorrichtungen	keine
	$a \geq 3 \text{ m (3,2 m)}^a$	keine	keine
Temporäre Fuß- und Radwegbrücken oder ähnliche Überbauungen mit öffentlicher Nutzung	$a < 3 \text{ m (3,2 m)}^a$	nicht zulässig	–
	$a \geq 3 \text{ m (3,2 m)}^a$	zulässig bei – $v \leq 120 \text{ km/h}$ und – Stützenlagerung auf Bahnsteigen	keine

^a Für Gleisradien $R \geq 10\,000 \text{ m}$ gilt eine Abstandsgrenze von 3 m. Bei $R < 10\,000 \text{ m}$ ist die Abstandsgrenze auf 3,2 m zu vergrößern.

DIN 1055-9:2003-08

Tabelle A.2 — Übersicht über die Nachweise für Stützkonstruktionen bei Überbauungen von Bahnanlagen mit und ohne Aufbauten in Abhängigkeit von den üblichen (ü. S.) und erhöhten (e. S.) Sicherheitsanforderungen

In jedem Fall gelten die ausführlichen Angaben in 6.4.1.2 bis 6.4.1.4.

Für Überbauungen ohne Aufbauten außerhalb von Bahnhofsbereichen gilt Tabelle 3.

Abstand a der Stützkonstruktion von der Gleisachse	Hinweise zur Anordnung und Ausbildung ^c der Stützkonstruktion	„Reduzierter Querschnitt“?		Stützen-Ausfall? ^e		Anprall-Ersatzlast ^f F_x/F_y in MN	
		ü. S.	e. S.	ü. S.	e. S.	ü. S.	e. S.
$a < 3,0 \text{ m}$ (3,2 m) ^a	<ul style="list-style-type: none"> Stützkonstruktion möglichst vermeiden Falls nicht möglich: <ul style="list-style-type: none"> immer Zustimmung im Einzelfall durch das Eisenbahn-Bundesamt immer Führungsschienen, 25,0 m vor der Stützkonstruktion beginnend 	Zustimmung im Einzelfall				4,0/ 2,0	10,0/ 4,0
$3,0 \text{ m}$ (3,2 m) ^a $\leq a < 5,0 \text{ m}$ (6,0 m) ^b	<ul style="list-style-type: none"> möglichst durchgehende Wände, ggf. mit Durchbrüchen jedoch bei Wandscheiben mit $L \geq 6 \text{ m}$, $B \geq 1,2 \text{ m}$ Einzelstützen auf Bahnsteigen oder Fundamenten mit $h \geq 0,55 \text{ m}$ über Schienenoberkante Einzelstützen hinter Anprallblock 	nein	ja	–	–	2,0/ 1,0	4,0/ 2,0
		nein		–	–	nein	
		–	ja	–	ja	1,0/ 0,5	2,0/ 1,0
		nein	ja	nein ^d	ja	1,0/ 0,5	2,0/ 1,0
$5,0 \text{ m}$ (6,0 m) ^b $\leq a < 7,0 \text{ m}$	–	nein	ja	nein ^d	nein ^d	nein	2,0/ 1,0
$a \geq 7,0 \text{ m}$	–	nein		nein		nein	
$a \leq 15,0 \text{ m}$	• Pendelstützen nicht zulässig	–		–		–	

^a Für Gleisradien $R \geq 10\,000 \text{ m}$ gilt eine Abstandsgrenze von 3 m. Bei $R < 10\,000 \text{ m}$ ist die Abstandsgrenze auf 3,2 m zu vergrößern.

^b Für Gleise ohne Weichen und für Weichenbereiche mit technisch gesicherten Weichenstraßen gilt die Abstandsgrenze von 5,0 m. Für Weichenstraßen ohne technische Sicherung, z. B. in Bahnhofsbereichen, ist die Abstandsgrenze auf 6,0 m zu vergrößern. Weichenbereiche sind in Bild 3 dargestellt.

^c Anprallgefährdete Stützkonstruktionen sind ggf. mit einer Zerschellschicht auszubilden (siehe Bilder 4 und 5).

^d Jedoch für Stützen neben Weichenstraßen ohne technische Sicherung mit $a \leq 6,0 \text{ m}$: ja!

^e Der Nachweis „Stützensausfall“ darf entfallen
– bei Zuggeschwindigkeiten $\leq 25 \text{ km/h}$,
– bei Stahlbetonscheiben mit $L \geq 6,0 \text{ m}$ und $B \geq 1,20 \text{ m}$.

^f Bei Überbauungen mit Aufbauten sind zusätzlich Trümmerersatzlasten nach **Tabelle 5** zu berücksichtigen.

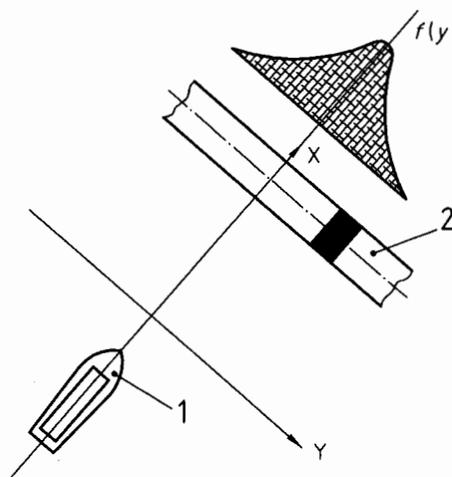
Anhang B (informativ)

Verfeinerte Ermittlung der Einwirkung Schiffsanprall

B.1 Modellbildung

Die Ermittlung des charakteristischen Wertes F_{SK} für Schiffsanprall auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Basis als dynamische Einwirkung sollte erfolgen nach (siehe Bild B.1):

$$P(F > F_{SK}) = n \cdot T \cdot \iint \lambda_0(x) \cdot f(y) \cdot P_c(x, y) \cdot P(F > F_{dyn}) \, dx \, dy = 10^{-4}/a \quad (\text{B.1})$$



n	Anzahl der (betrachteten) Schiffe je Zeiteinheit (= Verkehrsintensität),
T	betrachtete Zeiteinheit (i. A. 1 Jahr),
$\lambda_0(x)$	Unfallrate je Wegeinheit,
$f(y)$	bedingte Wahrscheinlichkeit des Kollisionskurses,
$P_c(x, y)$	bedingte Wahrscheinlichkeit, dass eine Kollision eintritt,
$P(F > F_{dyn})$	Wahrscheinlichkeit der dynamischen Schiffsstoßlast in Abhängigkeit der Randbedingungen,
F_{dyn}	dynamische Stoßlast.

Legende

- 1 Schiff
- 2 Brücke mit Pfeiler

Bild B.1 — Kollisions-Wahrscheinlichkeit

B.2 Literaturnachweise

Schiffsstoß auf Bauwerke, Technische Empfehlung der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) Karlsruhe, Postfach 21 02 53, 76152 Karlsruhe

Anhang C (informativ)

Explosionen und Detonationen

C.1 Allgemeines

- (1) Bemessungen für Explosionen und Detonationen müssen nur auf gesonderte Veranlassung durch den Bauherrn und in Abstimmung mit der zuständigen Behörde erfolgen.
- (2) Bei gering einzustufenden Schädigungsfolgen (kein Personenschaden, geringer wirtschaftlicher Schaden) sind keine besonderen Nachweise zu führen.
- (3) Bei anderen als gering einzustufenden Schädigungsfolgen sollten die Haupttragteile der Konstruktion mit Hilfe von statischen Ersatzlast-Modellen oder mit Hilfe von dynamischen Analysen bemessen werden.

C.2 Darstellung der Vorgänge

- (1) Explosionen sind schnell ablaufende Vorgänge. Die Energiequelle kann detonierender Sprengstoff, eine Staub- oder Gasexplosion sein. Die Energie wird durch Beschleunigung von Material, durch Blastwellen, durch Aufheizen und Strahlungseffekte abgebaut. Das Ergebnis sind hohe Temperaturen und hohe Überdrücke. Explosionsdrücke breiten sich als Druckwellen aus.
- (2) Bei Gas-Luft-Gemischen ergeben sich bei langsam abbrennenden Gemischen Deflagrationen mit Ausbreitungsgeschwindigkeiten von 100 m/s. Dabei erfolgt eine langsamere Freisetzung der Energie als bei der Detonation mit einer geringeren mechanischen Wirkung auf die Umgebung. Bei freier Ausbreitung ergeben sich Drücke bis 10 kN/m² und Einwirkzeiten von mehreren 100 ms. Bei Gas-/Staubexplosion im Rauminnern hängt der entstehende Druck vom Gas-/Staub-Typ ab, von der Gleichmäßigkeit des Gas-/Staub-Gemisches, der Größe und Form des Raumes und den verfügbaren Öffnunganteilen sowie möglicher Druckentspannungen. Bei ungünstigen Konstellationen können Drücke bis 2 000 kN/m² entstehen.
- (3) Bei Detonationsvorgängen wird durch die schnelle Expansion (bis Geschwindigkeit von 3 000 m/s) der Reaktionsprodukte (Schwaden) in die umgebende Luft eine Stoßwelle mit nachfolgender Strömung von Luft und Schwaden erzeugt (Blastwelle). Die dabei sehr hohen auftretenden Drücke hängen stark vom Abstand zwischen Detonationsort und Bauwerk ab. Die Dauer der Druckbelastung beträgt nur wenige Millisekunden.
- (4) Folgende Maßnahmen können angewendet werden, um den Explosionsdruck zu vermindern und die Folgen zu begrenzen:
 - Gebrauch von Ausblaswänden mit definiertem Öffnungsdruck bei Explosionen im Innern;
 - Trennung der Bereiche mit Explosionsrisiko von anderen Bereichen;
 - Begrenzung der Bereiche mit Explosionsrisiko;
 - zweckbestimmte Schutzmaßnahmen zwischen den Explosionsrisiko-Bereichen und anderen Bereichen, um Explosionen und Druckausbreitungen zu vermeiden.

C.3 Explosionen in Räumen

C.3.1 Gasexplosionen in Räumen mit Ausblasöffnungen

(1) Bei Gebäuden mit vorhandenem oder geplantem Erdgas-Anschluss sollten alle Haupttragteile und ihre Verbindungen für einen einaxial wirkenden statischen Druck von $p_d = 20 \text{ kN/m}^2$ bemessen werden. Für die zu erwartenden Reaktionen sollten für alle Richtungen, die direkt auf ein Bauteil und angrenzende Bauwerkskomponenten übertragen werden können, dieselben Drücke berücksichtigt werden.

(2) Sofern nicht genauer nachgewiesen, sollten Haupttragteile so bemessen werden, dass sie den Auswirkungen von Innenraum-Erdgas-Explosionen widerstehen, wobei der angenommene äquivalente statische Druck für Räume bis zu einem Gesamtvolumen von $1\,000 \text{ m}^3$:

$$p_d = 3,0 + p_v, \text{ in kN/m}^2 \quad (\text{C.1})$$

oder

$$p_d = 3,0 + p_v/2 + 0,04/(A_v/V)^2, \text{ in kN/m}^2 \quad (\text{C.2})$$

ist.

Dabei ist

p_v der gleichmäßig verteilte statische Druck, in kN/m^2 , bei dem das Öffnungselement zerstört wird, in kN/m^2 ;

A_v die Fläche der Öffnungselemente, in m^2 ;

V das Volumen des Raumes, in m^3 ;

$$0,05 \text{ m}^{-1} \leq (A_v/V) \leq 0,15 \text{ m}^{-1}. \quad (\text{C.3})$$

Der größere Wert ist maßgebend. Der Explosionsdruck wirkt gleichzeitig auf alle Begrenzungsflächen des Raumes.

C.3.2 Einwirkungen aus Staubexplosionen

Für Einwirkungen aus Staubexplosionen gilt DIN 1055-6.

C.3.3 Sprengstoffexplosionen in Räumen

(1) Die maßgebenden Parameter bei Detonationen sind die Belastungsdauer, der Spitzenüberdruck und der Impuls der Belastung. Die Zahlenwerte dafür hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab, die in der einschlägigen Literatur benannt sind (vgl. z. B. [1], [2], [3]).

(2) Bei detonierendem Sprengstoff entsteht eine kombinierte Blast-/Gasdruckbelastung. Der Spitzenüberdruck der Blastwelle kann Werte über $100\,000 \text{ kN/m}^2$ annehmen, die allerdings nur kurzzeitig wirken ($t_p \leq 0,1 \text{ ms}$). Der nachfolgende Gasdruck liegt im Bereich von $2\,000 \text{ kN/m}^2$ mit einer Wirkungsdauer $t_g = 20 \text{ ms}$. Öffnungen (A_v) in Räumen wirken sich in Abhängigkeit von A_v/V nur auf den Gasdruck aus (Amplitude und Wirkungsdauer), nicht aber auf die Blastwirkung.

(3) Berechnungsverfahren mit statischen Ersatzlasten sind nicht möglich. Erforderlich ist eine dynamische Analyse auf der Basis spezieller *FE*-Codes, so genannter „Wave Propagation Codes“.

DIN 1055-9:2003-08**C.3.4 Gasexplosionen in Tunneln**

(1) Die Auswirkungen einer Explosion (siehe auch [4]) dürfen mit folgenden Funktionen für Druck-Zeiten berücksichtigt werden (Bild C.1):

$$p(x, t) = p_0 \exp \left[- (t - |x|/c_1)/t_0 \right] \quad \text{für } |x|/c_1 \leq t \leq |x|/c_2 - |x|/c_1 \quad (\text{C.4})$$

$$p(x, t) = p_0 \exp \left[- (x/c_1 - 2x/c_2)/t_0 \right] \quad \text{für } (|x|/c_2 - |x|/c_1) \leq t \leq |x|/c_2 \quad (\text{C.5})$$

$$p(x, t) = 0 \text{ andernfalls} \quad (\text{C.6})$$

In den Gleichungen (C.4) bis (C.6) ist:

p_0 der maßgebende Spitzendruck, in kN/m²;

c_1 die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schockwellen, in m/s;

c_2 die Schallausbreitungsgeschwindigkeit in heißen Gasen, in m/s;

t_0 die Zeitkonstante = 0,01 s;

t die Zeit, in s;

x der Abstand zum Explosionszentrum, in m.

(2) Die Auswirkungen einer Deflagration dürfen mit folgenden Druck-Zeit-Charakteristiken bestimmt werden (Bild C.1):

$$p(t) = 4,0 \cdot p_0 (t/t_0) (1 - t/t_0) \quad \text{für } 0 \leq t \leq t_0 \quad (\text{C.7})$$

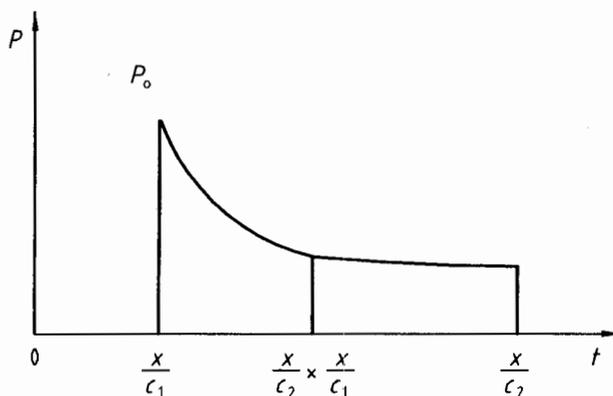
Dabei ist:

p_0 der maßgebende Spitzendruck kN/m²;

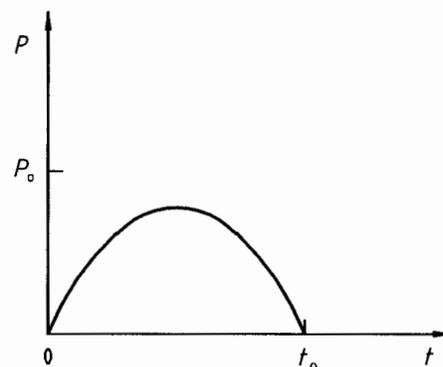
t_0 die Zeitkonstante (= 0,1 s);

t die Zeit s.

Dieser Druck gilt für die gesamte innere Tunneloberfläche.



a) Explosion



b) Deflagration

Bild C.1 — Druck als eine Funktion der Zeit für die Explosion und Deflagration

C.4 Hinweise zur Bemessung

(1) Bei Bemessungsfragen sind die Druckanstiegszeit t_a und die gesamte Druckeinwirkungsdauer t_g in Relation zur Eigenschwingdauer t_e von entscheidender Bedeutung. In Abhängigkeit davon sind die dynamischen Lastfaktoren ($\lambda = p_s/p_d$) zur Ermittlung statischer Ersatzlasten ($p_s = \lambda \cdot p_d$) sowohl kleiner als auch größer 1. Anhaltswerte dazu enthält Tabelle C.1.

Tabelle C.1 — Dynamische Lastfaktoren

Beanspruchungsart	Einfluss der Druckanstiegszeit t_a	Einfluss der Gesamt-Belastungsdauer t_g	Dynamischer Lastfaktor $\lambda = p_s/p_d$
Statisch	$t_a/t_e \gg 10$	—	—
Quasistatisch	$t_a/t_e < 1$	$t_g/t_e \gg 1$	$\lambda_{\max} = 2$
Impulsartig		$t_g/t_e < 1$	$\lambda < 0,1$
Stoßartig	$t_a/t_e < 1$	$t_g/t_e < 10$	—

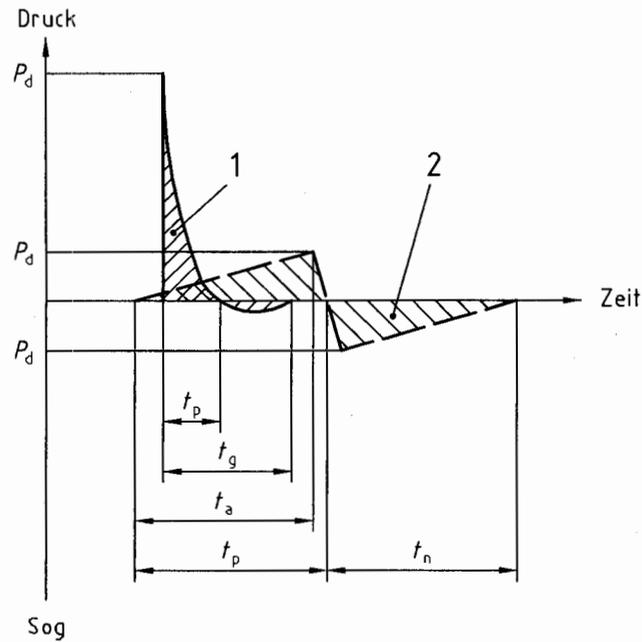
(2) Bei Detonationen genügt bei der Strukturbewertung im Allgemeinen die Berücksichtigung der Überdruckphase (p_d – positiv). Nur bei spröden Baustoffen (Glas) mit geringer Resttragfähigkeit (nach erster Belastungsphase) oder Stabilitätsnachweisen des Gesamttragsystems können Unterdruckphasen (zweite Belastungsphase) maßgebend werden.

(3) Bei der Planung explosionsgefährdeter Gebäude sollten nachstehende Aspekte beachtet werden:

- Wahrscheinlichkeitsaspekte und Analyse der Folgeschäden,
- Präventivmaßnahmen in Form von Sicherheitszäunen oder Sicherheitszonen,
- Beachtung von Sekundärschäden durch Abplatzungen und Splitterwirkungen,
- Schadensreduzierung durch Verwendung energieabsorbierender Baustoffe (Schäume) sowie zugfester Faserverbundwerkstoffe,
- duktile Werkstoffe mit hohen plastischen Verformungsanteilen, Bildung plastischer Gelenke,
- nichtlineare Berechnungsverfahren,
- Optimierung unter ökonomischen Gesichtspunkten (Entlastungsöffnungen).

Für Deflagrationen sollte die Sogphase (gleiche Intensität wie Druckphase) immer beachtet werden (siehe Bild C.2).

DIN 1055-9:2003-08

**Legende**

- 1 Detonation
- 2 Deflagration
- p_d dynamischer Bemessungsdruck
- t_a Druckanstiegszeit
- t_p positive Druckdauer
- t_n negative Druckdauer
- t_g gesamte Druckeinwirkungsdauer

Bild C.2 — Druck-Zeitverlauf bei einer Detonation bzw. Deflagration im Freifeld**C.5 Literaturhinweise**

- [1] Chr. Mayrhofer
Druckausbreitung im Innern von Räumen, Ernst-Mach-Institut, Freiburg, E 5/96, 1996
- [2] W. E. Baker, P. A. Cox, P. S. Westine, J. J. Kulesz, R. A. Strehlow
Fundamental Studies in Engineering 5, Explosion Hazards and Evaluation, Elsevier Scientific Publishing Company, 1983
- [3] A. Klomfass, K. Thoma
Ausgewählte Kapitel der Kurzzeitdynamik, Teil 1: Explosionen in Luft, Ernst-Mach-Institut, Freiburg, 1/97, 1997
- [4] G. Scheklinski-Glück
Blast in Stollen, Verzweigungen, L- und T-Abzweige, Ernst-Mach-Institut, Freiburg, E 9/96, 1996