

DIN EN 13814

ICS 91.040.99; 97.200.99

Einsprüche bis 2013-04-25
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 13814:2005-06**Entwurf****Maschinen und Strukturen für Jahrmärkte und in Vergnügungsparks –
Sicherheit;
Deutsche Fassung prEN 13814:2013**Fairground and amusement park machinery and structures –
Safety;
German version prEN 13814:2013Machines et structures pour foires et parcs d'attractions –
Sécurité;
Version allemande prEN 13814:2013**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2013-02-25 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses
Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nabau@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN, 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten
Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 244 Seiten

Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13814:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 152 „Fliegende Bauten auf Veranstaltungsplätzen und in Vergnügungsparks — Sicherheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI (Italien) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der NABau-arbeitsausschuss 11.15.00 „Fliegende Bauten, Jahrmarkt- und Freizeitparkmaschinen, -geräte und -bauten; Sicherheit“ des Normenausschusses Bauwesen (NABau) im DIN.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13814:2004 ersetzen.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 13814:2005-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Anwendungsbereich modifiziert bzw. enger gefasst;
- b) Begriffe überarbeitet;
- c) Dokument inhaltlich überarbeitet;
- d) Anhang C gelöscht.

Maschinen und Strukturen für Jahrmärkte und in Vergnügungsparks — Sicherheit

Machines et structures pour foires et parcs d'attractions — Sécurité

Fairground and amusement park machinery and structures — Safety

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm
Dokument-Untertyp:
Dokument-Stage: CEN-Umfrage
Dokument-Sprache: D

Inhalt

	Seite
Vorwort	7
Einleitung.....	8
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	13
4 Symbole	17
5 Anforderungen der Entwurfsanalyse und Überprüfung.....	18
5.1 Bauvorlagen	18
5.1.1 Allgemeines	18
5.1.2 Bau- und Betriebsbeschreibung	18
5.1.3 Konstruktions- und Herstellungszeichnungen.....	18
5.1.4 Entwurfsanalyse	19
5.2 Auswahl der Werkstoffe	19
5.2.1 Allgemeines	19
5.2.2 Empfohlene Stähle.....	20
5.2.3 Aluminiumlegierungen	20
5.2.4 Holz	20
5.2.5 Kunststoffverbundwerkstoffe.....	21
5.2.6 Beton	21
5.2.7 Befestigungselemente	21
5.3 Lastannahmen.....	21
5.3.1 Allgemeines	21
5.3.2 Charakteristische Werte.....	21
5.3.3 Veränderliche Einwirkungen	21
5.3.4 Erdbebenlasten	27
5.3.5 Zuschläge für Stöße, für die Schwingung direkt befahrener Bauteile und für den Anprall.....	27
5.3.6 Lastkombinationen	27
5.4 Statische Berechnung — Grundsätze	28
5.4.1 Allgemeines	28
5.4.2 Berechnungsgrundsätze für bestimmte Fahrgeschäftstypen	29
5.4.3 Tribünen.....	39
5.5 Standsicherheitsnachweis.....	39
5.5.1 Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit.....	39
5.5.2 Bodenverankerungen	41
5.5.3 Unterpallungen.....	45
5.6 Nachweis	45
5.6.1 Allgemeines	45
5.6.2 Vorwiegend ruhende Beanspruchung.....	46
5.6.3 Schwingende Beanspruchung	46
5.6.4 Schrauben	51
5.6.5 Seile, Ketten, Sicherheitsvorrichtungen, Anschluss- und Verbindungsteile	53
5.7 Bauliche Durchbildung und Ausführung	56
5.7.1 Anordnung, Zugänglichkeit	56
5.7.2 Sicherheitsmaßnahmen gegen das Lösen von Befestigungselementen	56
5.7.3 Lösbare Verbindungen.....	56
5.7.4 Formgebung schwingend beanspruchter Teile.....	57
5.7.5 Unterstützungen	57
5.7.6 Zentralmasten	57
5.7.7 Korrosions- und Fäulnisschutz.....	57

6	Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von Fliegenden Bauten	57
6.1	Risikominderung durch generelle Konstruktions- und Sicherheitsvorkehrungen	57
6.1.1	Allgemeines	57
6.1.2	Gefahrenanalyse.....	58
6.1.3	Risikominderung bei Podien, Rampen, Böden, Treppen und Laufstegen	58
6.1.4	Risikominderung durch Geländer, Zäune und Schutzvorrichtungen	62
6.1.5	Risikominderung bei Zu- und Abgängen	66
6.1.6	Risikominderung bei Fahrzeugen.....	67
6.1.7	Risikominderung durch Sondermaßnahmen	74
6.2	Zusätzliche Sicherheitsanforderungen an verschiedene Kategorien Fliegender Bauten	74
6.2.1	Karusselle mit horizontalen und/oder vertikalen Bewegungen	74
6.2.2	Riesenräder, Schaukeln (mit und ohne motorischen Antrieb)	77
6.2.3	Achterbahnen, Wasserbahnen, Geisterbahnen, Eisenbahnen und andere kanalgeführte oder schienengebundene Anlagen.....	79
6.2.4	Autoskooter	81
6.2.5	Rennbahnen, Gokarts	87
6.2.6	Motorrollerbahnen für Kinder	87
6.2.7	Bootsfahrgeschäfte.....	88
6.2.8	Wasserbahnen	89
6.2.9	Rutschbahnen, Rutschen usw.	90
6.2.10	Schaugeschäfte, Buden, Ausspielungs- und Verkaufsgeschäfte, Spiegelkabinette, Belustigungsgeschäfte, Labyrinth, Schlaghämmer und Ähnliches	91
6.2.11	Transportable Tribünen, Manegen usw.	93
6.2.12	Schießbuden und -wagen, Schießgeräte	94
6.3	Mechanische Systeme	96
6.3.1	Hydraulische und pneumatische Bauteile	96
6.3.2	Hebe- und Fördervorrichtungen als feste Bestandteile eines Fahrgeschäfts	97
6.4	Herstellung und Lieferung	100
6.4.1	Allgemeines	100
6.4.2	Herstellung	100
6.4.3	Lieferung	104
6.5	Erstabnahme, Hauptüberprüfungen und Zulassung — Empfohlene Verfahren.....	106
6.5.1	Allgemeines	106
6.5.2	Erstabnahme von Fliegenden Bauten.....	107
6.6	Vorkehrungen bei Lieferung und vor Inbetriebnahme	110
6.6.1	Prüfbuch.....	110
6.6.2	Offizielle technische Akte	111
6.6.3	Kennzeichnung.....	112
7	Betrieb, Wartung und Gebrauch von Fliegenden Bauten	113
7.1	Einleitung	113
7.2	Dokumentationsstandard	113
7.3	Anforderungen an das Personal.....	113
7.4	Pflichten des Betreibers	113
7.4.1	Allgemeines	113
7.4.2	Kauf und Verkauf.....	114
7.4.3	Personalauswahl und -schulung	114
7.4.4	Auf- und Abbau.....	115
7.4.5	Pflege der Betriebsmittel	118
7.4.6	Probetrieb und Kontrollen.....	121
7.4.7	Betrieb	123
7.4.8	Besondere Pflichten bei der Überwachung während des Betriebs	124
7.4.9	Instandhaltung (Wartung, Reparatur und Änderungen).....	126
7.5	Pflichten des Bedieners eines Fliegenden Baus	128
7.5.1	Sicherheit der Anlage.....	128
7.5.2	Allgemeine Pflichten	128
7.5.3	Tägliche Kontrollen	129
7.5.4	Sicherer Betrieb durch Bediener	129
7.5.5	Überwachung durch Bediener	129
7.6	Pflichten des Aufsichtspersonals.....	129

7.7	Unabhängige Überprüfungen	130
7.7.1	Überprüfungen im Betriebszustand	130
7.7.2	Gebrauchsabnahme	132
7.7.3	Überprüfung nach Reparatur oder Änderung	133
7.7.4	Berichte	133
7.7.5	Überprüfungsabstände	133
7.8	Brand	133
7.8.1	Allgemeines	133
7.8.2	Verhalten im Brandfall	133
7.8.3	Maßnahmen im Brandfall	134
7.8.4	Zugang für Rettungsdienste	135
Anhang A (informativ) Ermüdungsnachweis		137
A.1	Allgemeines	137
A.2	Symbole und Definitionen	137
A.3	Anforderungen bezüglich des Ermüdungsnachweises	138
A.4	Ermüdungsfestigkeit bei Stahlbauten	139
A.4.1	Schwingende Beanspruchung mit konstanter Amplitude (Palmgreen-Miner-Regel)	139
A.4.2	Schadensäquivalente Spannungsschwingbreite bezogen auf N Spannungsspiele	139
A.4.3	Schadensäquivalente Spannungsschwingbreite bezogen auf $N_C = 2 \times 10^6$	140
A.4.4	Schadensnachweis für kombinierte Beanspruchungen	141
A.5	Gleichungen zur Lebensdauervorhersage	141
A.5.1	Allgemeines	141
A.5.2	Grundlegendes Verfahren	142
A.5.3	Berechnung der Lebensdauer	142
Anhang B (normativ) Detaillierte Nachweisregeln		144
B.1	Schaukeln	144
B.1.1	Allgemeines	144
B.1.2	Strebenkräfte	145
B.1.3	Kippsicherheit der Schaukel	146
B.1.4	Motorisch angetriebene Schaukeln	149
B.2	Riesenräder	149
B.2.1	Lasten	149
B.2.2	Maßgebende Lastfälle	151
B.2.3	Berechnung	151
B.2.4	Aufbau	156
B.2.5	Allgemeine Hinweise	156
B.3	Flieger- und Hängekarusselle	157
B.4	Karusselle mit ebener Bewegung	162
B.5	Karusselle mit mehreren Bewegungen	165
B.6	Bodenkarusselle (Hänge- und Drehbodenkarusselle)	166
B.7	Autofahrgeschäfte	167
B.7.1	Autofahrgeschäfte mit Fahrbahnen für eine Fahrtrichtung (z. B. Autopisten, Stockwerksautobahnen, Gokart-Bahnen, Motorrollerbahnen)	167
B.7.2	Fahrgeschäfte mit beliebigen Fahrtrichtungen (Autoskooter)	168
B.8	Steilwandbahnen/Todeswand	168
B.9	Globusse	169
B.10	Anlagen für artistische Vorführungen in der Luft	169
B.11	Rotoren	169
B.12	Rodelbahnen (Toboggans)	169
B.13	Rollende Tonnen	170
B.14	Schiebebühnen	170
B.15	Drehscheiben	170
Anhang C (normativ) Formulare für die Überprüfungen		171
C.1	Formular für die Hauptüberprüfung	171
C.2	Erstabinahmeformular	172

Anhang D (normativ) Elektrische und elektronische Betriebsmittel	173
D.1 Elektrische Betriebsmittel	173
D.1.1 Allgemeines	173
D.1.2 Gleitkontakte	173
D.1.3 Erdungssysteme und Blitzschutz	173
D.1.4 Schutz gegen elektrischen Schlag	174
D.1.5 Blitz	174
D.1.6 Notbeleuchtung	174
D.1.7 Fehlerstrom-Schutzeinrichtungen	175
D.1.8 Generatoren	175
D.1.9 Heizgeräte	175
D.1.10 Sicherheitsbezogenes Kommunikationssystem	175
D.2 Steuerungssysteme	175
D.2.1 Allgemeines	175
D.2.2 Sicherheitsfunktionen	176
D.2.3 Sicherheitsrelevante Parameter	178
D.2.4 Status von Fahrgastrückhaltesystemen	179
D.2.5 Blockieren oder Überbrücken von Sicherheitsfunktionen	179
D.2.6 Bedienungsmodus	180
D.2.7 Verhinderung von Kollisionen durch Steuerungssysteme	182
Anhang E (informativ) Anleitung bezüglich der Konstruktion und Auslegung von Fahrgasteinheiten	186
E.1 Konstruktion und Auslegung von Fahrgasteinheiten	186
E.1.1 Allgemeines	186
E.1.2 Anthropometrische Daten	186
E.1.3 Anwendungsbereich von Fahrgasteinheiten	187
E.1.4 Anforderungen an die Dokumentation	187
Anhang F (informativ) Prüfbuch für einen Fliegenden Bau	192
Anhang G (informativ) Wirkung der Beschleunigung auf Fahrgäste	212
G.1 Medizinische Verträglichkeit — Allgemeines	212
G.2 Fahrgeschäfte	212
G.2.1 Allgemeines	212
G.2.2 Allgemeine Festlegungen und Beschränkungen	213
G.2.3 Beschleunigung in X-Richtung	213
G.2.4 Beschleunigung in Y-Richtung	215
G.2.5 Beschleunigung in Z-Richtung (parallel zur Wirbelsäule)	215
G.2.6 Kombinationen	216
G.3 Umkehr	218
G.3.1 Umkehr in X und Y	218
G.3.2 Übergang in Z	219
Anhang H (informativ) Vorkehrungen vor der Inbetriebnahme	221
H.1 Allgemeines	221
H.2 Ausführungsgenehmigung oder -erlaubnis	221
H.3 Zuständigkeit	221
H.4 Ausführungsgenehmigung bzw. -erlaubnis für gebrauchte bzw. importierte Fliegende Bauten	221
H.4.1 Vorgehen	221
H.4.2 Transfer	221
H.5 Verlängerung und Übertragung der Ausführungsgenehmigung bzw. -erlaubnis	222
H.6 Berichte zur Verlängerung einer Ausführungsgenehmigung bzw. -erlaubnis	222
H.7 Erstprüfung	222
H.8 Prüfstellen	223
H.8.1 Allgemeines	223
H.8.2 Eignung	223
H.8.3 Ausstattung mit Mess- und Prüfmitteln	223
H.9 Gebrauchsabnahme	223

H.10	Beispiele für die nach den Vorschriften der einzelnen EU-Mitgliedstaaten angewendeten Überprüfungsintervalle	224
H.10.1	Allgemeines	224
H.10.2	Deutschland	224
H.10.3	Vereinigtes Königreich.....	227
H.10.4	Italien.....	227
H.10.5	Niederlande	227
H.10.6	Schweden	227
Anhang I (informativ)	Gefährdungsliste	228
I.1	Hauptgefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse für Zuschauer und Fahrgäste während des Betriebs und der Verwendung von Fahrgeschäften	228
Anhang J (informativ)	Bewegungssicherheitsbereich des Fahrgastes.....	230
J.1	Gestaltungskriterien.....	230
J.1.1	Bewegungssicherheitsbereich des Fahrgastes	230
J.1.2	Bodenfreiraum	240
J.1.3	Überprüfung des Bewegungssicherheitsbereichs.....	241
Anhang K (informativ)	Fahrgastverhalten.....	242
K.1	Allgemeines	242

Vorwort

Dieses Dokument (prEN 13814:2013) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 152 „Fliegende Bauten auf Veranstaltungsplätzen und in Vergnügungsparks — Sicherheit“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom UNI gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN 13814:2004 ersetzen.

Einleitung

Gegenstand des vorliegenden Dokumentes ist die Festlegung von Sicherheitsanforderungen für bauliche Strukturen und maschinelle Anlagen, die entweder Bestandteil von oder in ihrer Gesamtheit Fliegende Bauten sind. Die Sicherheitsanforderungen dienen dem Schutz von Personen vor einem Unfallrisiko aufgrund von Mängeln im Entwurf, in der Herstellung und im Betrieb dieser baulichen Strukturen und maschinellen Anlagen. Die Anforderungen dieses Dokumentes basieren auf früheren Erfahrungen und Risikoanalysen.

Anhang A (informativ) enthält Leitlinien für die Berechnung von Stahlbauteilen.

Anhang B (normativ) behandelt ausführlich die erforderlichen Berechnungsverfahren und Sicherheitsanforderungen.

Anhang C (normativ) zeigt ein typisches Formular für die Überprüfung.

Anhang D (normativ) enthält Leitlinien zu elektrischen Einrichtungen und Steuerungssysteme.

Anhang E (informativ) enthält Leitlinien zu den Fahrgasteinheiten.

Anhang F (informativ) enthält ein Muster für das Prüfbuch eines Fliegenden Baus.

Anhang G (informativ) enthält Hinweise und Leitlinien zu Beschleunigungseinwirkungen auf die Fahrgäste.

Anhang H (informativ) beschreibt ausführlich die Vorkehrungen, die vor der Inbetriebnahme zu beachten sind.

Anhang I (informativ) listet die Gefährdungen auf, die Fliegende Bauten betreffen.

Anhang J (informativ) enthält Leitlinien zum Bewegungssicherheitsbereich des Fahrgastes eines Fliegenden Baus.

Anhang K (informativ) enthält Leitlinien zum Fahrgastverhalten.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Mindestanforderungen fest, um die Sicherheit bezüglich Entwurf, Berechnung, Herstellung und Aufstellung von mobilen, vorübergehend oder dauerhaft installierten baulichen Strukturen und maschinellen Anlagen, wie z. B. von Karussellen, Schaukeln, Booten, Riesenrädern, Achterbahnen, Rutschen, Tribünen, textilen und Membrankonstruktionen, Buden, Bühnen, Schaugeschäften und Aufbauten für artistische Vorstellungen, sicherzustellen. Vorstehende Einrichtungen werden im Folgenden Fliegende Bauten genannt, die sowohl zu einem wiederholten Aufbau ohne Substanzverlust als auch vorübergehend oder dauerhaft auf Veranstaltungsplätzen, in Vergnügungsparks oder anderen Örtlichkeiten vorgesehen sind.

Dieses Dokument behandelt keine feststehenden Tribünen, Bau- und andere Gerüste sowie entfernbare landwirtschaftliche Konstruktionen und einfache münzbetriebene Fahrgeschäfte für Kinder, die nicht mehr als 2 Kinder tragen.

Dieses Dokument kann auch für den Entwurf ähnlicher Bauten oder Fahrgast-Fördereinrichtungen verwendet werden, selbst wenn diese hier nicht explizit erwähnt sind.

Bestehende nationale Vorschriften zur Arbeitssicherheit werden von diesem Dokument nicht berührt.

Dieses Dokument betrifft keine Fliegenden Bauten, die vor der Veröffentlichung dieses Dokumentes hergestellt wurden.

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).

EN 2, *Brandklassen*

EN 3 (alle Teile), *Tragbare Feuerlöscher*

EN 286-1, *Einfache unbefeuerte Druckbehälter für Luft oder Stickstoff — Teil 1: Druckbehälter für allgemeine Zwecke*

EN 287-1, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 1: Stähle*

EN 287-6, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 6: Gusseisen*

EN 573-3, *Aluminium und Aluminiumlegierungen — Chemische Zusammensetzung und Form von Halbzeug — Teil 3: Chemische Zusammensetzung und Erzeugnisform*

EN 818 (alle Teile), *Kurzgliedrige Rundstahlketten für Hebezwecke*

EN 1176 (alle Teile), *Spielplatzgeräte und Spielplatzböden*

EN 1261, *Faserseile für allgemeine Verwendung — Hanf*

EN 1418, *Schweißpersonal — Prüfung von Bedienern von Schweißeinrichtungen zum Schmelzschweißen und von Einrichtern für das Widerstandsschweißen für vollmechanisches und automatisches Schweißen von metallischen Werkstoffen*

EN 1677 (alle Teile), *Einzelteile für Anschlagmittel*

EN 1990, *Grundlagen der Tragwerksplanung*

EN 1991-1-3, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-3: Allgemeine Einwirkungen — Schneelasten*

EN 1991-1-4, *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke — Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen — Windlasten*

EN 1992 (alle Teile), *Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton*

EN 1993-1-1:2005, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*

EN 1993-1-9:2005, *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-9: Ermüdung*

EN 1993 (alle Teile), *Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten*

EN 1995-1-1, *Eurocode 5: Bemessung und Konstruktion von Holzbauten — Teil 1-1: Allgemeines — Allgemeine Regeln und Regeln für den Hochbau*

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

EN 10025 (alle Teile), *Warmgewalzte Erzeugnisse aus Baustählen*

EN 10027 (alle Teile), *Bezeichnungssysteme für Stähle*

EN 10083-1, *Vergütungsstähle — Teil 1: Allgemeine technische Lieferbedingungen*

EN 10084, *Einsatzstähle — Technische Lieferbedingungen*

EN 10160, *Ultraschallprüfung von Flacherzeugnissen aus Stahl mit einer Dicke größer oder gleich 6 mm (Reflexionsverfahren)*

EN 10164, *Stahlerzeugnisse mit verbesserten Verformungseigenschaften senkrecht zur Erzeugnisoberfläche — Technische Lieferbedingungen*

EN 10204, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

EN 12385 (alle Teile), *Drahtseile aus Stahldraht — Sicherheit*

EN 13411 (alle Teile), *Endverbindungen für Drahtseile aus Stahldraht — Sicherheit*

EN 13445 (alle Teile), *Unbefeuerte Druckbehälter*

EN 13889, *Geschmiedete Schäkel für allgemeine Hebezwecke — Gerade und geschweißte Schäkel — Güteklasse 6 — Sicherheit*

EN 14399 (alle Teile), *Hochfeste planmäßig vorspannbare Schraubenverbindungen für den Metallbau*

EN 50172, *Sicherheitsbeleuchtungsanlagen (EN 50172:2004)*

EN 60204-1, *Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60204-1, EN 60204-1:2006)*

EN 60204-32, *Sicherheit von Maschinen — Elektrische Ausrüstung von Maschinen — Teil 32: Anforderungen für Hebezeuge (IEC 60204-32:2008, EN 60204-32:2008)*

EN 60947 (alle Teile), *Niederspannungsschaltgeräte*

EN 61496-1, *Sicherheit von Maschinen — Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen — Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen (EN 61496-1:2003)*

EN 61496-2, *Sicherheit von Maschinen — Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen — Teil 2: Besondere Anforderungen an Einrichtungen, welche nach dem aktiven opto-elektronischen Prinzip arbeiten (EN 61496-2:2003)*

EN 62061, *Sicherheit von Maschinen — Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer, elektronischer und programmierbarer elektronischer Steuerungssysteme (EN 62061:2005)*

CEN/TS 1992-4, (alle Teile), *Bemessung der Verankerung von Befestigungen in Beton*

EN ISO 898-1, *Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen aus Kohlenstoffstahl und legiertem Stahl — Teil 1: Schrauben mit festgelegten Festigkeitsklassen — Regelgewinde und Feingewinde (ISO 898-1)*

EN ISO 1140, *Faserseile — Polyamid — 3-, 4- und 8-litzige Seile (ISO 1140)*

EN ISO 1141, *Faserseile — Polyester — 3-, 4- und 8-litzige Seile (ISO 1141)*

EN ISO 1181, *Faserseile — Manila and Sisal — 3-, 4- und 8-litzige Seile (ISO 1181)*

EN ISO 1346, *Faserseile — Polypropylen-Splitfilm, Monofilament und Multifilament (PP2) und hochfestes Polypropylen-Multifilament (PP3) — 3-, 4- und 8-litzige Seile (ISO 1346)*

EN ISO 1969, *Faserseile — Polyethylen — 3- und 4-litzige Seile (ISO 1969)*

EN ISO 2307, *Faserseile — Bestimmung einiger physikalischer und mechanischer Eigenschaften (ISO 2307)*

EN ISO 3834 (alle Teile), *Qualitätsanforderungen für das Schmelzschweißen von metallischen Werkstoffen (ISO 3834 (alle Teile))*

EN ISO 4014, *Sechskantschrauben mit Schaft — Produktklassen A und B (ISO 4014)*

EN ISO 4016, *Sechskantschrauben mit Schaft — Produktklasse C (ISO 4016)*

EN ISO 4017, *Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf — Produktklassen A und B (ISO 4017)*

EN ISO 4018, *Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf — Produktklasse C (ISO 4018)*

EN ISO 4032, *Sechskantmuttern, Typ 1 — Produktklassen A und B (ISO 4032)*

EN ISO 4034, *Sechskantmuttern — Produktklasse C (ISO 4034)*

EN ISO 5817, *Schweißen — Schmelzschweißverbindungen an Stahl, Nickel, Titan und deren Legierungen (ohne Strahlschweißen) — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 5817)*

EN ISO 7090, *Flache Scheiben mit Fase — Normale Reihe — Produktklasse A (ISO 7090)*

EN ISO 8676, *Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf und metrischem Feingewinde — Produktklassen A und B (ISO 8676)*

EN ISO 9554, *Faserseile — Allgemeine Festlegungen (ISO 9554)*

EN ISO 9606-2, *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen — Teil 2: Aluminium und Aluminiumlegierungen (ISO 9606-2)*

EN ISO 10042, *Schweißen — Lichtbogenschweißverbindungen an Aluminium und seinen Legierungen — Bewertungsgruppen von Unregelmäßigkeiten (ISO 10042)*

EN ISO 10325, *Faserseile — Hochmodulares Polyethylen — 8-litzige geflochtene Seile, 12-litzige geflochtene Seile und ummantelte Seile (ISO 10325)*

EN ISO 10547, *Polyester-Faserseile — Doppelgeflechtausführung (ISO 10547)*

EN ISO 10554, *Polyamid-Faserseile — Doppelgeflechtausführung (ISO 10554)*

EN ISO 10556, *Faserseile aus Polyester/Polyolein-Doppelfaserseile (ISO 10556)*

EN ISO 10572, *Polyolefingemisch-Faserseile (ISO 10572)*

EN ISO 12100, *Sicherheit von Maschinen — Allgemeine Gestaltungsleitsätze — Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100)*

EN ISO 13849-1:2008, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (ISO 13849-1)*

EN ISO 13849-2, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 2: Validierung (ISO 13849-2)*

EN ISO 13850, *Sicherheit von Maschinen — Not-Halt — Gestaltungsleitsätze (ISO 13850)*

EN ISO 13857, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefährdungsbereichen mit den oberen und unteren Gliedmaßen (ISO 13857)*

EN ISO 14118, *Sicherheit von Maschinen — Vermeiden von unerwartetem Anlauf (ISO 14118)*

EN ISO TR 14121-2, *Sicherheit von Maschinen — Risikobeurteilung — Teil 2: Praktischer Leitfaden und Methodenbeispiele (ISO TR 14121-2)*

EN ISO 14731, *Schweißaufsicht — Aufgaben und Verantwortung (ISO 14731)*

EN ISO 15607, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Allgemeine Regeln (ISO 15607)*

EN ISO 15609-1, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißanweisung — Teil 1: Lichtbogenschweißen (ISO 15609-1)*

EN ISO 15610, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund des Einsatzes von geprüften Schweißzusätzen (ISO 15610)*

EN ISO 15611, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund von vorliegender schweißtechnischer Erfahrung (ISO 15611)*

EN ISO 15612, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung durch Einsatz eines Standardschweißverfahrens (ISO 15612)*

EN ISO 15613, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Qualifizierung aufgrund einer vorgezogenen Arbeitsprüfung (ISO 15613)*

EN ISO 15614-1, *Anforderung und Qualifizierung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe — Schweißverfahrensprüfung — Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen (ISO 15614-1)*

EN ISO/IEC 17020, *Konformitätsbewertung — Anforderungen an den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen (ISO/IEC 17020)*

IEC 60364-4-41, *Electrical installations of buildings — Part 4-41: Protection for safety — Protection against electric shock (IEC 60364-4-41)*

IEC 60364-5-54, *Electrical installation of buildings — Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment — Chapter 54: Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors (IEC 60364-5-54)*

IEC 60364-7-740, *Electrical installations of buildings — Part 7-740: Requirements for special installations or locations — Temporary electrical installations for structures, amusement devices and booths at fairgrounds, amusement parks and circuses (IEC 60364-7-740)*

IEC 61558-1, *Safety of power transformers, power supplies, reactors and similar products — Part 1: General requirements and tests (IEC 61558-1)*

IEC 61800-5-2, *Adjustable speed electrical power drive systems — Safety requirements — Functional (IEC 61800-5-2)*

IEC 62305 (alle Teile), *Protection against lightning (IEC 62305)*

ISO 3864 (alle Teile), *Graphical symbols — Safety colours and safety signs*

ISO 7010:2011, *Graphical symbols — Safety colours and safety signs — Registered safety signs*

ISO/TR 23849, *Guidance on the application of ISO 13849-1 and IEC 62061 in the design of safety-related control systems for machinery (ISO/TR 23849)*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Fliegender Bau

Anlagen, wie Fahrgeschäfte, Bauten, textile Strukturen, Membranstrukturen oder -anlagen, Schießgeschäfte, Schaugeschäfte oder Laufgeschäfte, Zelte, die Teil eines Fahrgeschäftes sind, Buden, Tribünen usw., die wiederholt ohne Substanzverlust sowohl vorübergehend als auch dauerhaft auf Messen, Jahrmärkten, in Freizeitparks oder anderen Örtlichkeiten aufgestellt werden können

3.2

Aufsichtsperson

Person, die ernannt wurde, unter der Aufsicht oder Anleitung eines Bedieners beim öffentlichen Betrieb eines Fliegenden Baus mitzuwirken

3.3

Automatikbetrieb

Fähigkeit, nach der Bereitstellung eines Fliegenden Baus, eine Funktion oder eine Reihe von Arbeitsabläufen mit eingeschränktem oder ohne Eingriff durch den Bediener durchzuführen

3.4

Verhalten

nicht passive physische Handlung oder Bewegung eines Fahrgasts während eines Fahrzyklus. Ein ‚Verhalten‘ bezieht sich auf einen Vorgang einer Verhaltensweise (einschließlich Ausführung und Verhaltensmuster, Wiederholungsrate usw.). Ein ‚Ereignis‘ bezieht sich auf das Eintreten eines Verhaltens

3.5

geschlossen (Rückhaltevorrichtung)

Position, in der die Rückhaltevorrichtung während des Betriebs des Fliegenden Baus verbleibt, um den/die Fahrgast/Fahrgäste zurückzuhalten

- 3.6
fachkundig (Person)**
Person, die durch Schulung, Zulassungen oder Erfahrung bzw. einer Kombination daraus über das Wissen und die Fähigkeiten verfügt, eine bestimmte Aufgabe auszuführen
- 3.7
Betreiber**
Fahrgeschäftsbetreiber
Person oder Organisation, welche die allgemeine Verfügungsgewalt über einen Fliegenden Bau hat. Hierbei kann es sich um eine natürliche oder juristische Person handeln, die Eigentümer des Fliegenden Baus ist, oder um einen Konzessionär oder Pächter, welchem der Eigentümer für eine bestimmte Zeit die Verfügungsgewalt über den Fliegenden Bau überlassen hat
- 3.8
tägliche Kontrolle**
Funktionsüberprüfung, die täglich vor Aufnahme des Publikumbetriebs durchgeführt wird, um festzustellen, ob der Zustand eines Fliegenden Baus den weiteren sicheren Betrieb ermöglicht
- 3.9
Konstrukteur**
Person oder Stelle, die für die Konstruktion eines Fliegenden Baus (oder einer Modifikation daran) verantwortlich ist, einschließlich aber nicht ausschließlich der Konfiguration von Fahrgeschäften oder Fliegenden Bauten mithilfe der Durchführung geeigneter Risikobeurteilung(en), Bestimmen von Festigkeiten (einschließlich Ermüdungsfestigkeit), Planen und Festlegen von elektrischen/elektronischen Steuerungssystemen, Festlegen von Inspektionskriterien und Berücksichtigung der Veröffentlichung erforderlicher Dokumente
- 3.10
Prüfung der Bauvorlagen**
Dokument, das ausführlich die Überprüfung aller gültigen Bauvorlagen beschreibt, um die Gebrauchstauglichkeit eines Fliegenden Baus festzustellen
- 3.11
Risikobeurteilung der Konstruktion**
DRA (en: Design Risk Assessment)
vom Konstrukteur erstelltes Dokument, das alle berücksichtigten Risiken, die für den Entwurf eines Fliegenden Baus typisch sind, ausführlich beschreibt sowie die Maßnahmen, um diese Risiken zu mindern
- 3.12
ausfallsicher**
Eigenschaft eines Fliegenden Baus oder einer Anlage, oder eines Bauteils davon, so ausgelegt zu sein, dass das Eintreten eines normalen und erwartungsgemäßen Fehlers zu einem sicheren Zustand führt

Ein Zustand oder eine Bedingung, wobei ein System vorliegt, in dem ein Anstieg des beurteilten Risikos in Verbindung mit dem Fliegenden Bau verhindert wird, wenn ein Bauteil eines Fliegenden Baus versagt.
- 3.13
Zaun**
Art einer Absperrung, bestehend aus aber nicht begrenzt auf Pfosten, Bretter, Draht, Pfähle oder Geländer, die verwendet wird, um Besucher daran zu hindern, in unerwünschten Kontakt mit dem sich bewegenden Teil oder dem eingeschränkten Bereich eines Fliegenden Baus oder einer Anlage zu kommen
- 3.14
Tor**
Art einer Absperrung, die mithilfe manueller oder automatischer Vorrichtungen geöffnet werden kann, um den Zugang oder den Ausgang bereitzustellen

3.15

Fahrgast

Besucher

Person, die mit dem Fliegenden Bau interagiert. Sie kann eine „passive“ Interaktion (Zuschauer) oder eine „aktive“ Interaktion (Fahrgast) besitzen

3.16

unabhängige Prüfstelle

unabhängige Organisation, die in der Lage ist, Drittprüfungen, Zulassungen, Überprüfungen und Tests an Fliegenden Bauten durchzuführen

3.17

unabhängige Hauptüberprüfung

Verfahren und Untersuchungen, mithilfe derer die unabhängige Prüfstelle feststellt, ob der Zustand des Fliegenden Baus dessen sicheren Betrieb auch in Zukunft ermöglicht oder ob Mängel bestehen, die umgehend bzw. innerhalb einer bestimmten Frist zu beheben sind

3.18

Erstabnahme

Prüfung der Bauvorlagen und Nachberechnungen, Nachweise, Untersuchungen und Überprüfungen, die von der unabhängigen Prüfstelle erbracht bzw. durchgeführt werden, bevor ein Fliegender Bau erstmalig zum Transport von Fahrgästen in Betrieb genommen wird

3.19

Selbsthalten

sicherer Halt gegen Öffnen, außer bei beabsichtigter Betätigung. Dies kann Rückhaltevorrückungen (z. B. Einfallbügel) umfassen, die durch die Schwerkraft, Arretierungen oder andere Vorrichtungen in Position gehalten werden

3.20

Verriegelung (Rückhaltevorrückung)

sicherer Halt gegen Öffnen, außer bei beabsichtigter Betätigung durch den Bediener oder andere Vorrichtungen, die vom Besucher nicht zugänglich sind

3.21

Prüfbuch

Buch oder Akte, das/die alle notwendigen Informationen über die Verwendung und den Werdegang eines Fliegenden Baus enthält, einschließlich dessen Konstruktion und Erstabnahme

3.22

Hersteller

Personen oder Stellen, die die Herstellung (einschließlich aber nicht ausschließlich Schmieden, Gießen, Schweißen, Fertigen, mechanische Bearbeitung, Formen, Endbehandlung und Zusammenbauen) eines Fliegenden Baus (oder Modifikationen davon) entsprechend eines bestimmten Entwurfs ausführen, einschließlich der Ausstellung notwendiger Dokumente

3.23

leichte Verletzungen/leichte Erkrankungen

Verletzungen und Erkrankungen, die gegebenenfalls sofortige Notfallhilfe und/oder eine besondere Behandlung erfordern, aber nicht als schwere Verletzungen oder schwere Erkrankungen eingestuft werden können. Diese Kategorie umfasst Vorfälle, bei denen die Behandlung auf die Vergabe von rezeptfreien Medikamenten oder Pflastern, Reinigung, Ruhe und andere vergleichbare Aufgaben oder Hilfeleistungen beschränkt ist

3.24

Modifikation

Änderungen sowohl an Bauteilen als auch an der Steuerung eines Fliegenden Baus, die zu einer Abweichung von den ursprünglichen Planungsunterlagen führt, u. a. der Einbau eines neuen oder der Austausch eines alten sicherheitsrelevanten Bauteils

3.25

Bewegungssicherheitsbereich

Fahrgastsicherheitsbereich

theoretischer oder tatsächlicher Raum, der von einem beliebigen Körperteil des Fahrgasts eines Fahrgeschäfts während eines Fahrzyklus eingenommen werden kann, wie mithilfe der Fahrtanalyse ermittelt, und der ausschließlich durch die Gestaltung des Fahrzeugs und des Rückhaltesystems begrenzt ist

3.26

Fahrgastlichtraumprofil

Fahrgastsicherheitsbereich plus geeigneten Spielraum, wie in Anhang J festgelegt

3.27

normales Verhalten (von Gästen)

Erkenntnis, dass Gäste eines Vergnügungsparks/Veranstaltungsortes entspannt sind und davon ausgehen, dass sie sich in einer sicheren Umgebung aufhalten

3.28

Fahrgast

Person, die den Fliegenden Bau benutzt und sich in einer Personentransporteinheit in Form eines Fahrzeugs oder Ähnlichem, auf Zugangswegen, Podien, Übergangswegen usw. befindet und sich aktiv oder passiv entsprechend den Fahreigenschaften des Fliegenden Baus und zu deren Vergnügen verhält

3.29

Fahrgasteinheit

Bauteile (z. B. Sitzvorrichtungen, Fußraum, Handgriffe und Rückhaltevorrückungen), die konstruiert wurden, um zu verhindern, dass sich die Fahrgäste eines Fahrgeschäfts, sei es aufgrund der durch das Fahrgeschäft wirkenden Kräfte oder aufgrund ihres Verhaltens, außerhalb eines vorgegebenen Sicherheitsbereichs bewegen

3.30

Fahrzeug

Teil bzw. Teile eines Fliegenden Baus, die zur Aufnahme der Fahrgäste bestimmt sind

3.31

Genehmigung

Erlaubnis zum Betrieb eines Fliegenden Baus in einem bestimmten Mitgliedstaat, die von einer gesetzlich befugten Stelle nach erfolgreicher Zulassung oder Prüfung ausgestellt wird

3.32

Podium

horizontale oder geringfügig geneigte Fläche, die sich über die angrenzende Fläche erhebt

3.33

Bediener

Person, die von dem Betreiber eines Fliegenden Baus ernannt wurde und für den öffentlichen Betrieb des Fliegenden Baus verantwortlich ist

3.34

Risikobeurteilung des Betriebs und Gebrauchs

OURA (en: Operation and Use Risk Assessment)

Dokument, das vom Betreiber erstellt wurde und das alle berücksichtigten Risiken, die für sämtliche Betriebsarten des Fliegenden Baus typisch sind, sowie die Maßnahmen, um diese Risiken abzumildern, ausführlich beschreibt

3.35

Reparatur

Wiederherstellen eines betriebsfähigen Zustands bei sicherheitsrelevanten Bauteilen oder Baugruppen durch Ausbessern abgenutzter, beschädigter oder gealterter Teile, wobei keine Abweichung von den Spezifikationen der Originalteile entsteht

3.36

vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung

Verwendung einer Maschine in einer Weise, die vom Konstrukteur nicht vorgesehen ist, sich jedoch aus dem leicht vorhersehbaren menschlichen Verhalten ergeben kann

[EN ISO 12100:2010]

3.37

sicherheitsrelevantes Bauteil

Bauteil eines Fliegenden Baus, von dem die Sicherheit der Benutzer abhängt

3.38

sicherheitsbezogenes Steuerungssystem

SRCS (en: Safety Related Control System)

Anordnung von Bauteilen, die elektronisch, elektrisch, elektromechanisch, hydraulisch, pneumatisch oder mechanisch miteinander kombiniert sind, um einen Fliegenden Bau so zu überwachen und zu steuern, dass die Gefährdungen gegenüber Personen abgemindert werden

3.39

Instandhaltung

Austauschen oder Auffüllen von Bauteilen, einschließlich Flüssigkeiten, die in bestimmten Zeitabständen auszutauschen oder aufzufüllen sind

3.40

Schaugeschäft

Bude oder ähnlicher geschlossener Bau, in der/dem Shows, Aktivitäten oder Spiele zur Unterhaltung des Publikums untergebracht sind und der Besucher in keiner Weise durch die Konstruktion befördert wird

3.41

Zuschauer

Person, die sich in der näheren Umgebung eines Fliegenden Baus aufhält. In der Regel wird der Zuschauer als die Person definiert, die dem Betrieb des Fliegenden Baus zuschaut oder darauf wartet, Zutritt zur Verwendung eines Fliegenden Baus zu erlangen

3.42

nachhaltige Beschleunigung

messbare Dauer der Beschleunigung

3.43

Probefahrt

Fahrt des Fliegenden Baus zu Prüfzwecken, bei der keine Fahrgäste befördert werden

3.44

unzulässiges Verhalten

rücksichtslose Handlungen, die zu Verletzungen des Handelnden oder anderer Personen führen könnten

4 Symbole

Alle Symbole in Verbindung mit den jeweiligen Einheiten werden in den betreffenden Absätzen behandelt.

5 Anforderungen der Entwurfsanalyse und Überprüfung

5.1 Bauvorlagen

5.1.1 Allgemeines

Zu den Bauvorlagen gehören alle für die Beurteilung der Stand- und Betriebssicherheit des Fliegenden Baus erforderlichen Unterlagen einschließlich der DRA (siehe 6.1). Sie sind für jegliche anschließende Zulassung durch die unabhängigen Prüfstellen vorzulegen. Diese Dokumente müssen alle Bauzustände für den Betrieb des Fliegenden Baus oder von baulichen Strukturen umfassen. Zu diesem Zweck sind eine Bau- und Betriebsbeschreibung, Konstruktionszeichnungen und umfassende Spannungs-, Ermüdungs- und Stand-sicherheitsnachweise nach 5.1.4 sowie eine Beurteilung der Betriebssicherheit notwendig.

5.1.2 Bau- und Betriebsbeschreibung

In dieser Beschreibung sind der Fliegende Bau, insbesondere seine Konstruktion, seine Betriebsarten und seine bauliche Struktur zu erläutern. Ausreichende Angaben über mechanische, hydraulische, pneumatische, elektrische und elektrotechnische Einrichtungen einschließlich aller Steuerungssysteme sind aufzuführen. Zur Beschreibung gehören auch Angaben über Besonderheiten des Fliegenden Baus und eventuelle Aufstellungsvarianten. Einzelheiten zu Hauptmaßen und darüber hinausgehende Bewegungsräume, Begrenzungen, Besonderheiten der Konstruktion und Werkstoffe, Bewegungsabläufe, Antriebsarten, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, elektrotechnische Einrichtungen, Funktions- und Betriebsabläufe sowie eventuelle Einschränkungen des Benutzerkreises sind ebenfalls zu beschreiben.

5.1.3 Konstruktions- und Herstellungszeichnungen

Diese sind für alle Baugruppen und Untereinheiten und Einzelteile erforderlich, bei deren Bruch oder Versagen die Stand- oder Betriebssicherheit des Fliegenden Baus gefährdet werden könnte. Die Zeichnungen müssen alle für die Prüfungen und Abnahmen notwendigen Maße und Querschnittswerte sowie Angaben zu Werkstoffen, Bauteilen, Befestigungs- und Verbindungsmitteln und die maßgeblichen Geschwindigkeiten enthalten. Zu den Konstruktionszeichnungen gehören mindestens:

- Übersichtszeichnungen im Grund- und Aufriss sowie Schnitte, je nach Größe des Fliegenden Baus in einem leserlichen Maßstab;
- Angabe des für die beweglichen Teile erforderlichen Lichtraumprofils;
- Detailzeichnungen in größerem Maßstab von allen in den Übersichtszeichnungen nicht klar erkennbaren Bauteilgruppen sowie Detailzeichnungen von Verbindungen und einzelnen bau-, maschinen- und elektrotechnischen Teilen, welche sich auf die Sicherheit und den Betrieb des Fliegenden Baus auswirken könnten;
- Zu diesem Zweck könnte die Darstellung folgender Teile erforderlich sein:
 - Drehwerke, Hub- und Schwenkeinrichtungen einschließlich ihrer Lager, Antriebe und Steuerungen, Hub- und Schwenkbereiche;
 - Fahrzeuge bzw. Gondeln und dergleichen, in allen notwendigen Ansichten und Querschnitten, mit Angabe der Gesamtmaße, der für die Fahrgäste wichtigen Innenmaße (Sitze, Seiten- und Rückenlehnen, Bein- und Fußraum), Festhaltungsmöglichkeiten für Hände und Füße sowie Verriegelungs- und Sicherungseinrichtungen;
 - Fahrwerke mit Angaben zu Lauf-, Führungs- und Gegenrädern, deren Lager, Achsen, Wellen und ihrer Befestigung sowie Freigängigkeit gegenüber dem Fahrzeug, Lenkung und Steuerung sowie Rücklaufsicherung, Entgleisungs- und Kippsicherungen, Puffer, Anhängavorrichtungen, Schutzzeineinrichtungen, Antriebe und Bremsen sowie Verankerung mit dem Untergrund;
 - Pneumatik-, Hydraulik-, Elektro- und Elektronikschaltpläne.

5.1.4 Entwurfsanalyse

5.1.4.1 Rechnerischer Nachweis

Der Nachweis setzt sich wie folgt zusammen:

- Grenzzustandsanalyse der Tragfähigkeit;
- Grenzzustandsanalyse der Ermüdungsfestigkeit;
- Grenzzustandsanalyse der Stabilität, d. h. Knicken von Stäben, Platten- und Schalenbeulen;
- erforderlichenfalls Formänderungsnachweis;
- Nachweis der Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit;
- dynamische Berechnungen.

5.1.4.2 Einzelheiten des rechnerischen Nachweises

Die vorstehend genannten Nachweise müssen mindestens folgende Einzelheiten enthalten:

- Lastannahmen unter Berücksichtigung der möglichen Betriebszustände bzw. der Aufstellungsvarianten. Bei bewegten Teilen sind Geschwindigkeit bzw. Drehzahl und Beschleunigung anzugeben. Spezielle auftretende Lasten beim Errichten der Fliegenden Bauten (z. B. Begehen von Teilen, die dafür nicht ausgelegt sind) müssen näher bestimmt und (auf den entsprechenden Bauteilen) markiert werden;
- Hauptmaße und Querschnittswerte aller lasttragenden Bauteile sowie ausführliche Angaben zur Beurteilung der Ermüdungsfestigkeit;
- Einzelheiten zu Werkstoffen und Bauteilen;
- Ermittlung der ungünstigsten Spannungen (Ober- und Unterspannung und Spannungsschwingbreite) und Einzelheiten über die zulässige Beanspruchung der lasttragenden Bauteile und Verbindungen. Erscheinen die Berechnungen zur Beurteilung der Grenzzustände von Bauteilen unzureichend, so kann der Nachweis auch durch eine Prüfung erbracht werden. Das Prüflabor muss bezüglich der erforderlichen Anzahl von Prüfungen, Proben, des Prüfverfahrens und Prüfberichts usw. entsprechend den maßgeblichen Europäischen Normen verfahren. Falls keine Europäischen Normen bestehen, hat das Prüflabor entsprechend äquivalenten nationalen Normen vorzugehen;
- Einzelheiten über elastische Verformungen (Biegung/Torsion), die für die Stand- oder Betriebssicherheit des Fliegenden Baus von Bedeutung sind;
- Einzelheiten zu denjenigen Bauteilen, die einer speziellen Überprüfung und Kontrolle nach 5.6.3.2. bedürfen.

5.2 Auswahl der Werkstoffe

5.2.1 Allgemeines

Für Tragwerksbauteile dürfen nur Werkstoffe verwendet werden, für die in entsprechenden Europäischen Normen des Bauwesens Bemessungsangaben enthalten sind.

Andere Werkstoffe können nur unter der Bedingung verwendet werden, dass der Nachweis ihrer Verwendbarkeit erbracht ist. Müssen Verbindungen im Tragwerk geschweißt werden, so muss der Konstrukteur die Anforderungen an die Verbindung sowie die Schweißeignung der verwendeten Werkstoffe nach den entsprechenden Europäischen Normen besonders beachten.

5.2.2 Empfohlene Stähle

5.2.2.1 Stähle für Tragwerksbauteile

Die folgenden Stähle müssen ausgewählt werden:

S235JRG2	nach EN 10025
S355JO	nach EN 10025
E 295	nach EN 10027 (alle Teile)
E 335	nach EN 10027 (alle Teile) ¹⁾
E 360	nach EN 10027 (alle Teile) ¹⁾
2 C 22	nach EN 10083-1 ¹⁾
16MnCr5	nach EN 10084 ¹⁾
20MnCr5	nach EN 10084 ¹⁾
2 C 45	nach EN 10083-1 ¹⁾
2 C 60	nach EN 10083-1 ¹⁾
34CrNiMo6	nach EN 10083-1 ¹⁾
41Cr4	nach EN 10083-1 ¹⁾
42CrMo4	nach EN 10083-1 ¹⁾
51CrV4	nach EN 10083-1 ¹⁾
GS-45.3	nach ISO/AWI 3755 ¹⁾

Andere Stahlsorten, deren technologische Werkstoffdaten (mechanische und chemische Eigenschaften) in Europäischen Normen bzw. in gleichwertigen nationalen Normen, wenn keine entsprechenden Europäischen Normen vorliegen, aufgeführt sind, können ebenfalls verwendet werden.

5.2.3 Aluminiumlegierungen

Aluminiumlegierungen sind nach EN 573-3 oder anderen Europäischen Normen bzw. gleichwertigen nationalen Normen auszuwählen.

Aluminiumlegierungen mit einem Verhältnis von $f_{0,2\%}/f_u > 0,85$ oder einer Bruchdehnung von weniger als $\varepsilon \leq 8\%$ dürfen nicht für Bauteile und Befestigungselemente verwendet werden.

5.2.4 Holz

Holz ist in Übereinstimmung mit EN 1995-1-1 auszuwählen.

1) Nicht für geschweißte Teile.

5.2.5 Kunststoffverbundwerkstoffe

Kunststoffverbundwerkstoffe sind in Übereinstimmung mit den Europäischen Normen zur Verwendung von Kunststoffverbundwerkstoffen im Bauwesen bzw. mit den gleichwertigen nationalen Normen, wenn keine entsprechenden Europäischen Normen vorliegen, auszuwählen.

5.2.6 Beton

Die Betongüteklasse ist nach EN 1992 (alle Teile) zur Anwendung von Beton im Bauwesen zu wählen.

5.2.7 Befestigungselemente

Schrauben und Bolzen der Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 6.8, 8.8 und 10.9 nach EN ISO 898-1 sind zu wählen.

Nieten sind nach Europäischen Normen bzw. nach nationalen Normen, wenn keine gleichwertigen Europäischen Normen vorliegen, zu wählen.

Blindnieten sind nach Europäischen Normen bzw. nach nationalen Normen, wenn keine gleichwertigen Europäischen Normen vorliegen, zu wählen oder ihre Eignung für den vorgesehen Zweck muss durch Versuche nach EN 1993-1-8 und 5.1.4.2 nachgewiesen werden.

5.3 Lastannahmen

5.3.1 Allgemeines

Alle zutreffenden Einwirkungen müssen nach EN 1991 (alle Teile) gewählt werden. Anpassungen aufgrund der Besonderheiten von Fliegenden Bauten sind nachfolgend angeführt.

5.3.2 Charakteristische Werte

Im Allgemeinen ist für Fliegende Bauten eine sehr genaue Annahme der ständigen Einwirkungen möglich. Sofern Abweichungen auftreten können, müssen die Werte G_{kh} und G_{kl} berücksichtigt werden, um die zutreffende Reaktion des Bauwerks beurteilen zu können. Andernfalls ist ein einziger charakteristischer Wert G_k ausreichend. Die Werte sind wie folgt definiert:

- G_k charakteristischer Wert der ständigen Einwirkung;
- G_{kh} oberer charakteristischer Wert;
- G_{kl} unterer charakteristischer Wert.

Zu den vorstehenden Werten gehören die tatsächliche Eigenlast des Tragwerks, des Zubehörs und der zum Betrieb notwendigen technischen Einrichtungen sowie der Verkleidungen, Besspannungen und anderer dekorativer Elemente. Der Einfluss von trockenem und nassem Werkstoff ist in G_{kh} und G_{kl} zu berücksichtigen.

Die ständigen Einwirkungen sind nach EN 1991 (alle Teile) zu bestimmen. Die tatsächliche Masse der Maschinenteile, elektrischen Einrichtungen, Fahrzeuge, Gondeln und dergleichen ist nachzuweisen.

5.3.3 Veränderliche Einwirkungen

5.3.3.1 Verkehrslasten

5.3.3.1.1 Allgemeines

Diese bestehen aus äußeren Lasten und eingepprägten Zwängungen (z. B. Verkehrslasten, gyroskopische Effekte, dynamische Lasten, Wind- und Schneelasten, Temperaturbeanspruchungen oder Setzungen), die auf ein Bauteil wirken und in Bezug auf ihre Größe, ihre Richtung oder ihren Angriffspunkt während des normalen Betriebs veränderlich sein können (zeitliche sowie räumliche Änderung).

5.3.3.1.2 Lotrechte Verkehrslasten

5.3.3.1.2.1 Fahrgastaufnehmende Einheiten

Für fahrgastaufnehmende Einheiten (Fahrzeuge, Wagen, Gondeln) sind folgende Lasten anzunehmen:

- für jede Person älter als 10 Jahre:
 - $Q_k = 0,75$ kN für alle Ermüdungsberechnungen;
 - $Q_k = 0,75$ kN für statische Berechnungen (ohne Ermüdungsberechnung) für mehr als vier Fahrgäste je Fahrgeschäft, außer im nachstehend beschriebenen Fall;
 - $Q_k = 1,45 - (n/4 \times 0,6)$ kN für einzeln gestützte oder aufgehängte Sitze mit 1 bis 4 Fahrgästen je Einzelfahrgeschäft (gilt nur für die statische Berechnung und die lastübertragenden Bauteile vom Sitz zu den in der Mitte befindlichen Baugruppen), dabei ist $n = 1$ bis 4 Fahrgäste je Fahrgeschäft.

ANMERKUNG Diese statischen Lasten stellen keine Grenzwerte oder Anforderungen für die Betriebsmasse oder die allgemeine Masse dar und brauchen nicht in den allgemeinen Berechnungen (z. B. Gleiten, Kippen usw.) des Fahrgeschäfts oder des Fliegenden Baus selbst berücksichtigt werden. Wenn Fahrgäste der vorstehenden statischen Last nicht in einen derartigen Sitz passen, kann die Last entsprechend verringert werden.

- für jede Person bis zu 10 Jahren:
 - $Q_k = 0,40$ kN in sowohl Ermüdungsfällen als auch statischen Fällen.

5.3.3.1.2.2 Begehbare Bereiche

Die folgenden Werte für vertikale Verkehrslasten sind für alle begehbaren Bereiche anzunehmen.

- allgemeiner öffentlicher Zugang:
 - $q_k = 3,5$ kN/m² für Böden, Treppen, Podeste, Rampen, Zu- und Abgänge und andere vergleichbare Vorrichtungen in Fahrgeschäften und anderen Einrichtungen;
 - $q_k = 5,0$ kN/m² für Tribünen und deren Treppen und Podeste mit fest eingebauten Sitzen; und als erhöhter Wert für vorstehend genannte Kategorien, falls besonders dichte Menschenmengen erwartet werden;
 - $q_k = 7,5$ kN/m² für Tribünen und deren Treppen und Podeste ohne Sitze oder mit nicht fest eingebauten Sitzen; und als erhöhter Wert für vorstehend genannte Kategorien, falls besonders dichte Menschenmengen erwartet werden;
 - $q_k = 2$ kN/m² in von Besuchern während des Betriebs begangenen Dreh- bzw. Auslegerbereichen (Aus- und Einsteigen); oder die doppelte Fahrgastlast aller Plätze nach 5.3.3.1.2.1, wobei der ungünstigere Fall anzunehmen ist, um eine ausreichende Berücksichtigung des Fahrgastwechsels sicherzustellen;
 - $Q_k = 1$ kN je Stufe für Treppen; alternativ eine Flächenlast entsprechend den vorstehenden Abschnitten, wobei der ungünstigere Fall anzunehmen ist;
 - $q_k = 1,5$ kN/m für Sitzbretter je Sitzreihe und für Fußböden zwischen festen Sitzreihen, es sei denn, es ergeben sich höhere Lasten aus der Anwendung von Flächenbelastungen ($q_k = 3,5$ kN/m²).

— nicht für die Öffentlichkeit zugänglich:

- $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$ für alle Fußböden, Podien, Rampen, Treppen, Laufstege, Bühnen und dergleichen, die von einzelnen Personen begangen werden, oder $Q_k = 1,5 \text{ kN}$ als Einzellast, wobei der ungünstigere Fall anzunehmen ist.

5.3.3.1.3 Waagerechte Verkehrslasten

5.3.3.1.3.1 Begrenzungsmerkmale

Die folgenden Werte horizontal aufgebracht Lasten sind auf Geländer, Zäune, Brüstungen, Wandtafeln usw. anzuwenden:

- für Bereiche mit öffentlichem Zugang, die für eine Flächenlast von $q_k = 3,5 \text{ kN/m}^2$ ausgelegt sind:
 - $p_k = 0,5 \text{ kN/m}$ in Handlaufhöhe;
 - $p_k = 0,1 \text{ kN/m}$ in halber Handlaufhöhe.
- für Bereiche mit öffentlichem Zugang, die für eine Flächenlast von $q_k = 5 \text{ kN/m}^2$ ausgelegt sind:
 - $p_k = 1 \text{ kN/m}$ in Handlaufhöhe;
 - $p_k = 0,15 \text{ kN/m}$ in halber Handlaufhöhe.
- für Bereiche ohne öffentlichen Zugang, die für eine Flächenlast von $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$ ausgelegt sind:
 - $p_k = 0,3 \text{ kN/m}$ in Handlaufhöhe;
 - $p_k = 0,1 \text{ kN/m}$ in halber Handlaufhöhe.

Bei Wandtafeln ohne speziellen Handlauf sind die vorstehend genannten Werte auf Handlaufhöhe anzuwenden, nicht jedoch über einer Höhe von 1,2 m, wenn dies zutrifft.

5.3.3.1.3.2 Steifigkeitsberechnungen

Um bei Tribünen und ähnlichen Anlagen mit Sitz- oder Stehplatzmöglichkeiten eine ausreichende Längs- und Quersteifigkeit sicherzustellen, ist zusätzlich zu einer eventuellen Windlast nach 5.3.3.4 eine in Fußbodenhöhe in die jeweils ungünstigste Richtung angreifende, horizontale Seitenkraft in die Berechnung einzubeziehen. Diese horizontale Komponente ist mit 1/10 der vertikalen Verkehrslast nach 5.3.3.1.2.2 anzusetzen.

5.3.3.2 Antriebs- und Bremskräfte

Antriebskräfte und Bremskräfte sind für den gewählten Antrieb (z. B. Gleichstrommotor, Drehstrommotor, Hydraulikmotor usw.) und die gewählten Bremsen zu berechnen und mit ihren jeweiligen Werten in der Berechnung anzusetzen. Bei Hydraulikzylindern sind die Einflüsse aus Anfahren und Abbremsen durch konstruktive Maßnahmen erfassbar klein zu halten und rechnerisch zu berücksichtigen.

Im Allgemeinen sind die Brems- bzw. Anfahrkräfte entsprechend der tatsächlichen Brems- bzw. Motorleistung zu berechnen (Beschleunigung/Verzögerung):

$$B = a_b \times (m_v + m_p) \quad (1)$$

Dabei ist

- B die Kraft beim Bremsen bzw. Anfahren;
- a_b die Beschleunigung beim Bremsen bzw. Anfahren;
- m_v die Masse der bewegten Teile ohne Berücksichtigung der Fahrgäste;
- m_p die Gesamtmasse der Fahrgäste, abgeleitet von Q_k nach 5.3.3.1.2.1.

Bei kreisförmigen Bewegungen sind die entsprechenden Parameter in die Gleichung einzusetzen. Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass Geschwindigkeitswandler (z. B. Übersetzungen, Getriebe) dabei berücksichtigt werden. Ein eventueller Stoßfaktor ist ebenfalls zu berücksichtigen (siehe auch 5.3.5.1).

Bei Fahrgeschäften, deren Geschwindigkeiten einen Wert von 3 m/s nicht überschreiten, können, wenn kein genauerer Nachweis geführt wird, die Antriebs- bzw. Bremskräfte mit $a_b = 0,7 \text{ m/s}^2$ angenommen werden.

5.3.3.3 Lasten auf Abstütz- und Rückhaltevorrichtungen

Diese Lasten sind bei der Konstruktion von Rückhaltevorrichtungen und Fahrgasteinheiten sowie Handläufen und Abstützeinrichtungen in Fahrzeugen zu berücksichtigen. Zu berücksichtigen sind alle wichtigen Situationen während des Fahrablaufs, einschließlich Ein- und Aussteigen sowie Notfallsituationen. Die von den Fahrgästen, die sich gegen die Rückhaltevorrichtungen oder andere Teile der Fahrgasteinheit (z. B. Fußablagen) stemmen, verursachten Kräfte sind ebenfalls zu berücksichtigen. Die Größe der maximalen Abstützkkräfte hängt im Einzelnen von der jeweiligen Konstruktion der Fahrgasteinheit ab und ergibt sich aus der bewussten Ausführungen durch den Fahrgast. Bei der Berechnung müssen für diese Kräfte jedoch stets Werte von mindestens 500 N je Person angesetzt werden.

5.3.3.4 Windlasten

5.3.3.4.1 Windlasten allgemein

Die Windlasten basieren auf EN 1991-1-4 und wurden im Hinblick auf die nachstehend angeführten Punkte an die Besonderheiten von Fliegenden Bauten angepasst:

- Aufstellort;
- Dauer und Jahreszeit der Aufstellung;
- Betrieb unter der Aufsicht eines Bedieners;
- Möglichkeiten zum Schutz und zur Verstärkung.

Die Werte aus Tabelle 1 können für „allgemeine, ortsveränderliche“ Fahrgeschäfte und/oder andere bauliche Strukturen angewendet werden, die in Gebieten verwendet werden, in denen die Referenzwindgeschwindigkeit $v_{\text{ref},0}$ nach den Karten in EN 1991-1-4, Anhang A, höchstens 28 m/s beträgt (Fahrgeschäfte oder Bauten außer Betrieb) und wenn der Betrieb ab einer Windgeschwindigkeit von 15 m/s (im Betriebszustand) eingestellt wird.

Das Fahrgeschäft oder die bauliche Struktur muss geschützt oder angemessen verstärkt worden sein, wenn die tatsächliche Windgeschwindigkeit in einer Höhe von 10 m $v_{\text{actual}} \geq 25 \text{ m/s}$ erreicht.

Aus der Berechnung der Werte von Tabelle 1 ergeben sich folgende Annahmen:

- $v_{\text{ref}(p)} = 0,85 v_{\text{ref},0}$ im Zustand außer Betrieb der Anlage (gemittelt über die letzten 5 Jahre);
- $c_{\text{season}} = 1,00$ (für Höhen von 0 m bis 20 m im Zustand außer Betrieb der Anlage), weil Schutz, Verstärkung und Überdachung möglich sind (der Konstrukteur muss die Schutz-, Überdachungs- und Verstärkungsmaßnahmen festlegen). Siehe auch EN 1991-1-6.

Fahrgeschäfte oder Bauten dürfen nicht schwingungsempfindlich sein, da für die Werte von Tabelle 1 ein dynamischer Faktor von $c_d = 0,90$ (unempfindlich gegen dynamische Beanspruchungen) angesetzt wurde.

Die Bestimmung der in der Tabelle enthaltenen Werte basiert auf folgenden weiteren Annahmen $c_{\text{dir}} = 1,0$, $c_{\text{alt}} = 1,0$, $c_t = 1,0$, Gebietskategorie III.

Für andere Aufstellplätze, bei denen die Referenzwindgeschwindigkeit $v_{\text{ref},0}$ mehr als 28 m/s beträgt (laut der Karten in EN 1991-1-4, Anhang A, bzw. aufgrund der örtlichen Gegebenheiten oder der Höhenlage), sind für Fliegende Bauten oder bauliche Strukturen Berechnungen vorzulegen, welche die Standfestigkeit unter den örtlichen Bedingungen nachweisen. In den Berechnungen muss der Nachweis erbracht werden, dass geeignete, der jeweiligen Situation angemessene Maßnahmen ergriffen wurden. Bei Anwendung von Tabelle 1 muss die bauliche Struktur in der Lage sein, sowohl im gefestigten als auch im verstärkten Zustand (Nachweis durch den Konstrukteur) 70 % der Windlasten von EN 1991-1-4 unter Bedingungen außer Betrieb standzuhalten. Alternativ zur Anwendung von Tabelle 1 können die Windlasten von EN 1991-1-4 multipliziert mit einem Faktor von 0,7 verwendet werden. In diesem Fall ist keine zusätzliche Verringerung der Windlasten unter Bedingungen außer Betrieb mehr möglich.

Tabelle 1 — Werte des Winddrucks für Fliegende Bauten

Bauhöhe	Druck $w_{e,i} = q_p(z_{e,i}) \times c_{p_{e,i}}$ (kN/m ²) für Referenzwindgeschwindigkeit	
	$v_{\text{ref}} \leq 15$ m/s (in Betrieb)	$v_{\text{ref},0} \leq 28$ m/s (außer Betrieb)
0 m ≤ 8 m	0,20	0,35
8 m ≤ 20 m	0,30	0,50
20 m ≤ 35 m	0,35	0,90
35 m ≤ 50 m	0,40	1,00

Die Windlast auf eine bestimmte Fläche kann bewertet werden, indem die vorstehend genannten Werte in nachfolgende Gleichung eingesetzt werden:

$$F_w = q_{\text{eq}} \times c_f \times A_{\text{ref}} \quad (2)$$

Bei exponierten Standorten (z. B. Standorte in Küsten- und Bergregionen, die nicht in Gebietskategorie III fallen oder eine andere Topographie und Rauigkeit aufweisen) sind die in EN 1991-2-4 genannten Windlasten unter Berücksichtigung der örtlichen Rauigkeits- und Topographiebeiwerte usw. anzusetzen.

Aerodynamische Beiwerte für diverse Bau- und Bauteilformen sind im Allgemeinen der EN 1991-2-4 zu entnehmen.

5.3.3.4.2 Windlasten im Betriebszustand

Bei Fliegenden Bauten im Betriebszustand kann die Windlast mit einem Staudruck nach Spalte 2 in Tabelle 1 berechnet werden. Der Betrieb ist einzustellen, wenn die Windgeschwindigkeit $v_{10} = 15$ m/s (in 10 m Höhe gemessen) überschreitet. Die Windangriffsfläche aus der Verkehrslast (z. B. die Umrisse der Fahrgäste) ist zu berücksichtigen.

5.3.3.5 Schneelasten

Schneelasten müssen nach EN 1991-2-3 angenommen werden.

Schneelasten müssen nicht berücksichtigt werden, wenn die Fliegenden Bauten:

- in Regionen aufgestellt werden, in denen Schnee sehr unwahrscheinlich ist; oder
- nur in schneefreien Jahreszeiten betrieben werden;
- so konstruiert und betrieben werden, dass sich kein Schnee auf dem Fliegenden Bau ansammeln kann;
- betrieben und gleichzeitig Vorbeugemaßnahmen zur Verhinderung einer Schneeansammlung auf dem Fliegenden Bau ergriffen werden.

Letzteres kann durch Erfüllen aller nachfolgend aufgezählten Anforderungen erreicht werden:

- ausreichende Heizvorrichtungen sind installiert und betriebsbereit;
- die Heizung wird vor Einsetzen des Schneefalls eingeschaltet;
- der Fliegende Bau wird so beheizt, dass alle Teile der dem Schnee ausgesetzten lasttragenden Oberflächen eine Außenflächentemperatur von über $+2$ °C aufweisen;
- die dem Schnee ausgesetzten lasttragenden Oberflächen werden so konstruiert und verspannt, dass sich keine Wasseransammlungen bilden können.

Wenn durch Entfernen des Schnees stets sichergestellt werden kann, dass eine Schneehöhe von $h = 80$ cm nicht überschritten wird, dann kann bei Fliegenden Bauten eine reduzierte Schneelast von $0,2$ kN/m² über die gesamte Dachfläche angenommen werden.

Diese vorstehend genannten Einschränkungen bezüglich der Schneelasten sind im Prüfbuch einzutragen.

5.3.3.6 Massenkkräfte (Fliehkkräfte, Kreiselkräfte und Corioliskräfte)

Trägheitskräfte sind stets nach den jeweils vorherrschenden Bedingungen zu bestimmen; bezüglich der Berechnung dieser Kräfte bei verschiedenen Arten von Fahrgeschäften siehe z. B. Anhang B.

5.3.3.7 Planmäßiger Anprall während des Betriebs

Die Wirkungen der Anprallkräfte müssen nur bei unmittelbar betroffenen Bauteilen und den zugehörigen Verbindungen berücksichtigt werden.

Der Anprall ist an der ungünstigsten Stelle des betroffenen Bauteils anzunehmen, und die Berechnung muss auf der Masse eines vollbesetzten (m_{tot} in kg) Fahrzeuges basieren.

Wenn ein Anprall nur bei Winkeln von $\alpha \leq 90^\circ$ möglich ist, so berechnet sich die Anprallkraft F (in N) zu $F = 9,81 \times m_{\text{tot}} \times \sin \alpha$, jedoch mindestens zu $9,81 \times m_{\text{tot}} \times 0,3$.

Handelt es sich bei dem Anprall nicht um einen planmäßigen Teil der Konstruktion bzw. um den Zweck des Fahrspiels, so ist er als außergewöhnliche Einwirkung zu betrachten (siehe 5.3.6.3).

5.3.4 Erdbebenlasten

Seismische Kräfte sind nur bei speziellem Erfordernis zu berücksichtigen; sie müssen nicht mit Windlastfällen kombiniert werden. Für die Anwendung von Erdbebenlastfällen, sofern erforderlich, siehe EN 1998-1.

5.3.5 Zuschläge für Stöße, für die Schwingung direkt befahrener Bauteile und für den Anprall

5.3.5.1 Stöße

Treten während der Fahrbewegung in der Konstruktion oder in ihren einzelnen Teilen Stoßkräfte auf (z. B. an Schienenstößen oder durch Abnutzung), dann sind die betreffenden, sich bewegenden Lasten (Eigenlast und Verkehrslast) mit einem Stoßfaktor von mindestens $\varphi_1 = 1,2$ zu multiplizieren, es sei denn, die Art der Konstruktion erfordert einen noch höheren Faktor. Werden während der Probeläufe an der fertigen Anlage wesentlich höhere Werte für die Stoßkräfte (z. B. durch Schienenstöße) festgestellt und können diese Stoßkräfte durch bauliche Maßnahmen nicht auf ihren Auslegungswert reduziert werden, dann ist der Stoßfaktor in einer modifizierten Berechnung entsprechend zu erhöhen. Anfahr- und Bremskräfte, z. B. bei hydraulischen Zylindern, gelten nicht als Stoßkräfte (sondern als normale Verkehrslasten), siehe in diesem Zusammenhang auch 5.3.3.2.

5.3.5.2 Schwingungen direkt befahrener Bauteile

Aufgrund der Schwingwirkung in direkt befahrenen Bauteilen, z. B. Achterbahnschienen, sind alle resultierenden Schnittgrößen mit einem Schwingbeiwert von $\varphi_2 = 1,2$ zu multiplizieren.

Bei entsprechendem Nachweis kann ein niedrigerer Beiwert von $1,0 \leq \varphi_2 \leq 1,2$ angenommen werden. Folgendes kann ohne Schwingbeiwert berechnet werden:

- Unterstützungen oder Aufhängungen der direkt befahrenen Bauteile;
- Bodenpressungen;
- Verformungen;
- Stand- und Gleitsicherheit.

Bei bestimmten Anlagen können zusätzliche bauliche Maßnahmen erforderlich werden, um unzulässige Schwingungen (z. B. Resonanzen) zu verringern oder zu dämpfen.

5.3.6 Lastkombinationen

5.3.6.1 Allgemeines

Die Grenzzustände für Fliegende Bauten sind mit folgenden Kombinationen und Teilsicherheitsbeiwerten zu beurteilen.

5.3.6.2 Grundkombinationen

Die Bemessungswerte der Einwirkungen sind wie folgt zu ermitteln:

$$\sum \gamma_G G_k \quad \left(= \sum 1,35 G_k \right) \quad (3)$$

$$\sum \gamma_G G_k + \sum \gamma_{G,k,i} Q_{k,i} \quad \left(= \sum 1,1 G_k + \sum 1,35 Q_{k,i} \right) \quad (4)$$

Beide Fälle sind zu überprüfen.

Dabei ist

- $\gamma_G = 1,1$ oder $1,35$ der Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen;
- $\gamma_G = 0,90$ der Teilsicherheitsbeiwert für günstig wirkende ständige Einwirkungen;
- $\gamma_G = 1,35$ der Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Einwirkungen (bei turmartigen Bauten, „außergewöhnlichen“ ortsveränderlichen Fahrgeschäften müssen die Teilsicherheitsbeiwerte von EN 1991-1-1 angewendet werden);
- G_k der charakteristische Wert für ständige Einwirkungen;
- $Q_{k,i}$ der charakteristische Wert für eine der veränderlichen Einwirkungen.

Die ständigen Einwirkungen müssen mithilfe eines oberen und eines unteren Grenzwerts berücksichtigt werden, wenn die ständigen Einwirkungen veränderlich sind.

5.3.6.3 Außergewöhnliche Kombinationen

$$1,0 \times G_k + A_d + \sum 1,0 \times Q_{k,i} \quad (5)$$

Dabei ist

- $Q_{k,i}$ der charakteristische Wert für veränderliche Einwirkungen;
- A_d der Bemessungswert für außergewöhnliche Einwirkungen.

Außergewöhnliche Einwirkungen (z. B. seismische Kräfte) sind nur bei besonderer Erfordernis zu berücksichtigen. In solchen Fällen gilt Gleichung (5).

5.3.6.4 Ermüdungskombinationen

Jede Spannung bzw. Spannungsschwingbreite, die zum Gesamtkollektiv eines einzelnen Bauteils beiträgt, ist durch einen Teilsicherheitsbeiwert für Ermüdungslasten $\gamma_{Ff} \geq 1,00$ in den Nachweis einzubinden. Kombinationsbeiwerte sind nicht anzuwenden.

5.4 Statische Berechnung — Grundsätze

5.4.1 Allgemeines

Die Grenzzustände, die sich aus den verschiedenen Einwirkungen ergeben, sind für die einzelnen unter 5.3 aufgeführten Lastfälle separat zu bestimmen. Es ist der Nachweis zu erbringen, dass kein relevanter Grenzzustand die Bemessungseigenschaften übersteigt. Die Grenzzustände, die sich aufgrund der Lastkombinationen ergeben, sind zu berechnen. Es ist nachzuweisen, dass der Bemessungswert der inneren Kräfte oder Momente die entsprechenden Bemessungswiderstände des betreffenden Bauteils nicht überschreitet und dass die Grenzzustände der Tragfähigkeit sowie der Gebrauchstauglichkeit nicht überschritten werden. Bezüglich Prüfungen siehe 5.1.4.2.

Besondere Sorgfalt ist auf die Grenzzustände der Verformung und Standsicherheit von Fliegenden Bauten zu anzuwenden, da hier der Verformungsgrenzwert entscheidend sein kann. Ein positiver Einfluss, der sich aus der Methode der Theorie zweiter Ordnung ergibt, kann berücksichtigt werden.

Alle Nachweise sind jeweils für die ungünstigste Belastung aufzustellen. Dabei sind die ständigen, veränderlichen und außergewöhnlichen Einwirkungen sowie die dynamischen Kräfte stets in der Position und Größenordnung anzunehmen, welche für die zu berechnenden baulichen und mechanischen Teile die ungünstigsten Grenzzustände ergeben. Bei nicht fest installierten Bauteilen, mechanischen Teilen und sonstigen Einrichtungen ist außerdem zu untersuchen, ob durch Verschieben oder Entfernen dieser Teile ungünstigere Verhältnisse auftreten können.

Nicht genormte Gleichungen sind schriftlich mithilfe der Zeichen nach EN- oder ISO-Normen zu dokumentieren. Für solche Gleichungen ist die Quelle anzugeben, wenn diese allgemein zugänglich ist. Anderenfalls ist die Ableitung der Gleichung so darzustellen, dass ihre Richtigkeit verifiziert werden kann.

Bei EDV-Berechnungen ist besonderes Augenmerk auf die Anforderungen an die Kontrolle von EDV-Berechnungen im Rahmen der Prüfung technischer Unterlagen zu legen. Eindeutige Angaben zu Software, Gleichungen, Einheiten usw. sind vorzulegen. Für die Berechnung wichtige Eingabe- und Ausgabedaten sind vollständig auszudrucken. Die Prüfung der Berechnung muss mit unabhängigen Parallelberechnungen und/oder einer unabhängigen Software ausgeführt werden. Im Zuge der Prüfung der technischen Unterlagen sind die Annahmen bzgl. der Eingabe- und Ausgabedaten umfassend zu überprüfen.

Der Bemessungswiderstand ist mithilfe von Gleichung (6) zu ermitteln:

$$R_d = R_k / \gamma_M \quad (6)$$

Dabei ist

R_d	der Bemessungswiderstand der Werkstoffeigenschaft;
R_k	der charakteristische Wert der Werkstoffeigenschaft;
$\gamma_M = 1,1$	der Teilsicherheitsbeiwert für die Werkstoffeigenschaft von Stahl bei statischen Lastkombinationen;
γ_{Mf}	der Teilsicherheitsbeiwert für die Werkstoffeigenschaft bei Kombinationen von Ermüdungslasten (siehe Tabelle 5).

Bei anderen Werkstoffen als Stahl sind die in der entsprechenden Europäischen Norm angegebenen Werte für γ_M zu berücksichtigen.

5.4.2 Berechnungsgrundsätze für bestimmte Fahrgeschäftstypen

5.4.2.1 Voraussetzungen zur Berechnung von Rundfahrgeschäften

Fahrgeschäfte sind im Betriebszustand, im Ruhezustand, mit Voll- und Teilbeladung sowie mit ungleichmäßiger Belastung zu berechnen. Ungleichmäßige (einseitige) Belastung bedeutet, dass nur Sitze besetzt sind, die auf 1/4 bzw. auf 3/4 des Umfangs liegen. Für eine solche einseitige Belastung ist der Allgemeine Spannungsnachweis/Stand sicherheitsnachweis zu erbringen.

Das durch die einseitige Belastung bei einer Besetzung der Sitze auf mindestens 1/6 des Umfangs entstehende Kippmoment darf nicht größer sein als das gleichzeitig vorhandene Standmoment ohne Berücksichtigung von Zugankern. Für diese einseitige Belastung ist die Ermüdungsfestigkeit nachzuweisen. Das Gleiche ist für eine einseitige Belastung auf 5/6 des Umfangs durchzuführen (siehe auch 5.6.3.5.1). Die entsprechenden Sektorabschnitte sind für den ungünstigsten Fall auszuwählen, wobei die sich auf dem Sektorrand befindenden Sitze in die Berechnung mit einzubeziehen sind.

Das gleiche Verfahren ist auf Gondeln mit mehreren Sitzen anstelle von Einzelsitzen anzuwenden. Sind mindestens 18 Sitze gleichmäßig über den Umfang verteilt, kann eine größere einseitige Belastung unter bestimmten Umständen bezüglich der Kippsicherheit maßgebend werden. Bei diesen Nachweisen sind die Teilsicherheitsbeiwerte nach Tabelle 2 in dem Quotienten aus M_{St} (Standmoment) und M_{Ky} (Kippmoment) zu berücksichtigen.

Kann ein Rundfahrgeschäft auch in die Gegenrichtung drehen, so sind für die Berechnung des Fahrgeschäfts beide Drehrichtungen in Betracht zu ziehen.

5.4.2.2 Annahmen für die Konstruktion und Berechnung von Fahrzeugen

Die Sitze und Gondeln sind unter Berücksichtigung der sich aus Eigenlast, Verkehrslast und aus der Bewegung ergebenden Kräfte zu bemessen. Gelenkig gelagerte Sitze sind so anzuordnen, dass keine Zwängungen auftreten können. Auch die Befestigung der Sitze auf den Auslegern ist für die vorstehend genannten Kräfte auszulegen.

Die Seiten- und Rückenlehnen, Sicherheitsgurte, Ketten, Seile und zugehörigen Schließvorrichtungen müssen in der Lage sein, die vorstehend genannten Kräfte aus der Personenlast aufzunehmen. Die Bauart der Sitze und Gondeln ist so auszulegen und zu berechnen, dass die auftretenden Kräfte (beispielsweise Anfahr- und Bremskräfte, Stöße, Kräfte infolge ungleicher Beladung und Kräfte, die von Fahrgästen auf Rückhaltevorrichtungen, Geländer usw. ausgeübt werden) sicher in die Konstruktion eingeleitet werden und Werkstoffermüdung vermieden wird.

5.4.2.3 Karusselle

Siehe ausführliche Berechnungen in Anhang B.

5.4.2.3.1 Karusselle mit rein ebener Bewegung

Siehe ausführliche Berechnungen in Anhang B.

5.4.2.3.2 Karusselle mit Auslegern auf einer Schienenbahn

5.4.2.3.2.1 Karusselle mit zentraler Auslegerführung und Innen- oder Außenantrieb

Bei dieser Art von Karussellen ist sorgfältig auf mögliche Zwängungen sowie Biege- und Torsionsmomente in den Auslegern zu achten, die sich aufgrund der Gondel- oder Sitzbefestigung ergeben. Die Schienen bzw. die Laufbahn sind so zu bemessen, dass die Durchbiegung unter der Radlast maximal $1/500$ der Spannweite zwischen den Schienenauflagern beträgt.

5.4.2.3.2.2 Karusselle ohne zentrale Führung

Die Kippsicherheit der Fahrzeuge ist durch geeignete Querneigung, mithilfe von Gegenrädern oder Ähnlichem bzw. gegebenenfalls durch beide Vorkehrungen sicherzustellen. Ohne Berücksichtigung der Verankerung muss die Kippsicherheit unter Verwendung von Teilsicherheitsbeiwerten von mindestens $\gamma_G = 1,0$ sichergestellt sein. Zum Erreichen einer Kippsicherheit mit einem Teilsicherheitsbeiwert nach 5.5.1 kann die Verankerung in der Berechnung berücksichtigt werden.

5.4.2.3.2.3 Karusselle mit wellenartiger Laufbahn

Bei diesen Anlagen sind die Massenkkräfte aufgrund der räumlichen Bewegung der Gondeln zu berücksichtigen.

5.4.2.3.2.4 Karusselle mit mehreren Drehwerken

Bei diesen Anlagen sind die Auswirkungen der Corioliskräfte auf die Konstruktion zu untersuchen.

Bei nicht zwangsgesteuerten Drehbewegungen (freie Drehbarkeit oder fahrgastbedingte Drehung) sind die Auswirkungen der Drehungen der einzelnen Drehwerke zu untersuchen. Bei Auslegerflugkarussellen (z. B. Round-up, Twister, Hully-Gully), deren Gondeln gehoben werden können, sind die beim Heben und Senken, Anfahren und Bremsen auftretenden Kräfte unter Berücksichtigung ungünstig wirkender Stoß- und Fliehkräfte zu berücksichtigen.

Dabei sind die Auswirkungen der vorstehend genannten Kräfte auf den einzelnen Ausleger, das gesamte Karussell und die Kippsicherheit des Karussells jeweils für die ungünstigste Position für die statischen Lastkombinationen zu untersuchen. Die in 5.4.2.1 enthaltenen Annahmen bezüglich der einseitigen Belastung sind zu berücksichtigen. Ermüdungsberechnungen nach 5.6.3 sind durchzuführen. Die Teleskophubvorrichtungen müssen zwangsfrei gelagert und knicksicher bemessen sein. Gleiches gilt sinngemäß für Hubkarusselle. Unvermeidbare Beschleunigungen der Teleskophubvorrichtung zu Beginn und am Ende eines Hubvorgangs müssen, soweit sie nicht durch Dämpfer gemildert werden, bei der Bemessung der Karussellbauteile durch entsprechende Lasterhöhung berücksichtigt werden.

Bei Versagen der Druckleitungen der Hubzylinder darf die Absenkgeschwindigkeit den doppelten Wert der normalen betriebsgemäßen Absenkgeschwindigkeit bzw. 1,0 m/s nicht überschreiten. Die Anforderungen von 6.3 sind zu erfüllen.

5.4.2.4 Achterbahnen mit schienengebundenen Fahrzeugen

5.4.2.4.1 Schiene

Die Längsneigung der Schiene ist so zu begrenzen, dass die sich rechtwinklig zu ihr ergebende Kraft nicht weniger als 0,2 g beträgt. Dieser Wert gilt bei Zügen auch für das Fahrzeug mit der höchsten Geschwindigkeit. Wird dieser Wert unterschritten, so sind die Fahrgäste nach 6.2.3.3 gegen Abheben zu sichern.

Folgende Gleichung kann zur Bestimmung der theoretischen Querneigung α der Schiene verwendet werden, welche die Querkraft auf das Fahrzeug bei einer bestimmten Geschwindigkeit null werden lässt:

$$\tan \alpha = \frac{v^2 \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \cos \gamma + \frac{v^2}{R_v} \right)} \quad (7)$$

Der Winkel α ist im rechten Winkel zu R_h und zur Schienenebene zu messen.

Die Variablen von Gleichung (7) sind wie folgt definiert:

v die Fahrzeuggeschwindigkeit;

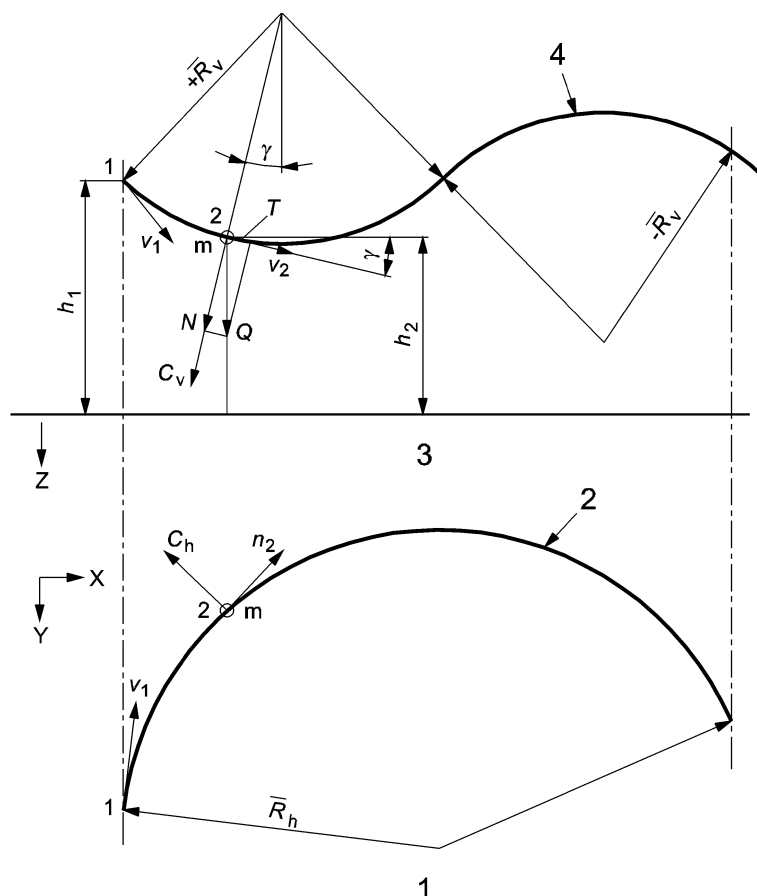
γ die Schienenlängsneigung;

R_h der horizontale Radius;

R_v der vertikale Radius; (+ entspricht Wanne; – entspricht Kuppe).

„+“ gilt, wenn C_v so gerichtet ist, dass das Fahrzeug gegen die Schiene gedrückt wird, und „–“, wenn C_v so gerichtet ist, dass das Fahrzeug von der Schiene abhebt.

Die maximale Querneigung der Schiene ist an den Stellen, an denen die Fahrzeuge betriebsmäßig zum Stillstand kommen können (z. B. an Sicherheitsbremsen) auf 25° zu begrenzen. Der Schienenverlauf ist so zu wählen, dass bei Überschreiten des unmittelbaren theoretischen Beschleunigungssprungs mit einem Wert von 2 g die ruckartigen Bewegungen innerhalb der in Anhang G festgelegten Grenzen liegen. Dieser Wert bezieht sich auf den Massenschwerpunkt und schließt die Notwendigkeit weiterer Berechnungen der Beschleunigung auf den Fahrgast nicht aus. Mit Gleichung (47) können Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und Kräfte für den Massenschwerpunkt berechnet werden. Bei aneinander gekoppelten Fahrzeugen kann der gesamte Massenschwerpunkt angenommen werden.



Legende

- 1 Grundriss
- 2 Schienenachse
- 3 Aufriss
- 4 Schienenachse

Bild 1 — Schienenverlauf in Grundriss und Aufriss

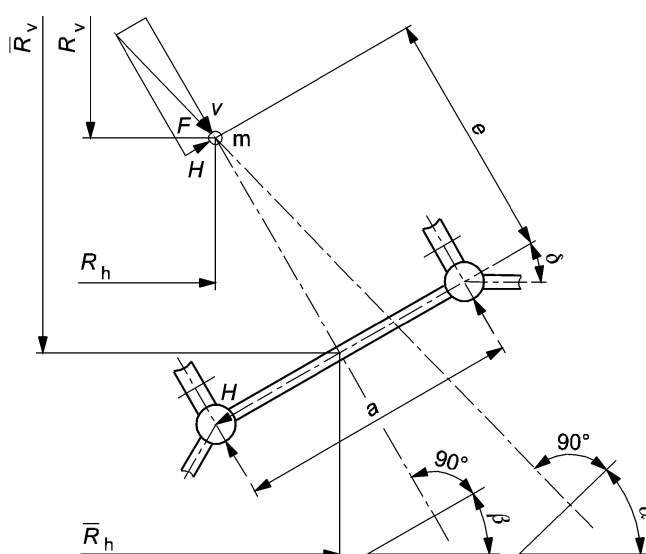


Bild 2 — Schienenquerschnitt mit Lauf- und Führungsrädern

In den Gleichungen (8) bis (20) werden folgende Symbole verwendet:

a	Spurweite;
e	Schwerpunktsabstand;
g	Erdbeschleunigung;
α	theoretische Schienenquerneigung;
β	tatsächliche Schienenquerneigung;
γ	Schienenlängsneigung;
δ	Anstellwinkel der Führungsräder;
$\bar{R}_v$	vertikaler Radius der Schienenachse;
$\bar{R}_h$	horizontaler Radius der Schienenachse;
$\pm R_v$	vertikaler Radius des Massenschwerpunkts (+ entspricht Wanne, – entspricht Kuppe); „+“ ist anzuwenden, wenn C_v so gerichtet ist, dass das Fahrzeug gegen die Schiene gedrückt wird, und „–“, wenn C_v so gerichtet ist, dass das Fahrzeug von der Schiene abhebt;
R_h	horizontaler Radius des Massenschwerpunkts;
C_v	vertikale Fliehkraft;
C_h	horizontale Fliehkraft;
F_{res}	resultierende Last;
V	Last aus R vertikal zur Schiene;
H	Last aus R horizontal zur Schiene;
μ_1	Reibbeiwert zwischen Laufrädern und Schiene;
$\bar{\mu}_1$	Reibbeiwert zwischen Führungsrädern und Schiene;
f	Hebelarm der Reibung;
μ_2	Reibbeiwert der Lager;
A	Windangriffsfläche des Fahrzeugs;
c_f	aerodynamischer Beiwert;
h	(= $h_1 - h_2$) Höhendifferenz;
Q	Fahrzeuglast einschließlich Fahrgastlasten;
m	Masse;
D_1	Laufraddurchmesser;
D_2	Führungsraddurchmesser;

- d_1 Durchmesser der Laufradachse;
 d_2 Durchmesser der Führungsradachse;
 v_1 Geschwindigkeit im Punkt 1;
 v_2 Geschwindigkeit im Punkt 2;
 l tatsächliche Schienenlänge von Punkt 1 bis Punkt 2;
 h_1 Höhe an Punkt 1;
 h_2 Höhe an Punkt 2;
 ρ Dichte der Luft.

Gleichungen:

$$R_h = \bar{R}_h - e \sin \beta \quad (8)$$

$$R_v = \bar{R}_h - e \cos \beta \quad (9)$$

In Bereichen, in denen die Schiene starke Verwindungen aufweist, können die Gleichungen für R_h und R_v ungenau und eine genauere Berechnung erforderlich werden.

$$m = \frac{Q}{g} \quad (10)$$

$$C_v = m \frac{v_m^2}{R_v} \quad (11)$$

$$v_m = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (12)$$

$$F = \sqrt{(Q \cos \gamma + C_v)^2 + C_h^2} \quad (13)$$

$$V = F \cos (\alpha - \beta) \quad (14)$$

$$H = F \sin (\alpha - \beta) \quad (15)$$

$$\tan \alpha = \frac{v_m^2 \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \cos \gamma + \frac{v_m^2}{R_v} \right)} \quad (16)$$

Reibbeiwerte:

$$\mu_1 = \frac{2f}{D_1} \quad (17)$$

$$\bar{\mu}_1 = \frac{2f}{D_2} \quad (18)$$

Alle Kräfte beziehen sich auf die Intervallmitte, die Intervalllänge darf 5 m nicht überschreiten.

$$v_2^2 = v_1^2 + 2 g h - c_f A \rho v_m^2 \frac{l}{m} - \left(\mu_1 + \mu_2 \frac{d_1}{D_1} \right) \frac{2l}{m} (V + |H| \tan \delta) - \frac{|H|}{\cos \delta} \left(-\mu_1 + \mu_2 \frac{d_2}{D_2} \right) \frac{2l}{m} \quad (19)$$

Werden alle Werte eingesetzt, ergibt sich:

$$\begin{aligned} v_2^2 = v_1^2 + 2g \times h - c_f \times A \times \rho \times v_m^2 \times \frac{l}{m} - \sqrt{\left(Q \times \cos \gamma + m \frac{v_m^2}{R_v} \right)^2 + \left(m \frac{v_m^2 \times \cos^2 \gamma}{R_h} \right)^2} \\ \times \cos \left[\arctan \frac{v_m^2 \times \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \times \cos \gamma + \frac{v_m^2}{R_v} \right)} - \beta \right] \times \left(\mu_1 + \mu_2 \frac{d_1}{D_1} \right) \frac{2 \times l}{m} \\ - \frac{1}{\cos \delta} \sqrt{\left(Q \times \cos \gamma + m \frac{v_m^2}{R_v} \right)^2 + \left(m \frac{v_m^2 \times \cos^2 \gamma}{R_h} \right)^2} \times \sin \left[\arctan \frac{v_m^2 \times \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \times \cos \gamma + \frac{v_m^2}{R_v} \right)} - \beta \right] \\ \times \left(-\mu_1 + \mu_2 \frac{d_2}{D_2} \right) \frac{2 \times l}{m} \tan \delta \sqrt{\left(Q \times \cos \gamma + m \frac{v_m^2}{R_v} \right)^2 + \left(m \frac{v_m^2 \times \cos^2 \gamma}{R_h} \right)^2} \\ \times \sin \left[\arctan \frac{v_m^2 \times \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \times \cos \gamma + \frac{v_m^2}{R_v} \right)} - \beta \right] \times \left(\mu_1 + \mu_2 \frac{d_1}{D_1} \right) \frac{2 \times l}{m} \end{aligned} \quad (21)$$

Die Gleichung ist iterativ zu berechnen, wobei

$$v_m = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (22)$$

Bei der ersten Iteration kann v_m gleich v_1 gesetzt werden.

Da die Reibbeiwerte abhängig von der Einlaufzeit, der Konstruktion, der Oberflächenbeschaffenheit der Schiene und der Witterung stark schwanken können, muss eine Messung der tatsächlichen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen durchgeführt werden. Diese Messung darf keine wesentliche Abweichung von den berechneten Werten ergeben. Zur Bestimmung der einzelnen Radkräfte sind zusätzliche Berechnungen erforderlich. Bei Hochgeschwindigkeitsbahnen mit engen Loopings oder Kurven ist die Festkörperdynamik zu berücksichtigen.

5.4.2.4.2 Traggerüst

Geht man bei der Berechnung der Fahrschiene von einer Durchlaufrichtung über den Stützen aus, dann ist eine Stützensenkung durch Abminderung des Stützmomentes um 50 % und eine Stützenerhöhung durch Erhöhung des Stützmomentes um 25 % anzunehmen. Aufgrund der gering zu erwartenden Lastspiele muss die Erhöhung bzw. Abminderung dieser Momente beim Ermüdungsnachweis nicht berücksichtigt werden.

Bei freiliegenden, unverkleideten Stützen, die über die Schienen im Gesamtbauwerk verankert sind, kann beim Stand- und Gleitsicherheitsnachweis auf den Ansatz der Windbelastung verzichtet werden.

Die Kippsicherheit der Anlage bei Belastung durch Wind muss im Allgemeinen nicht nachgewiesen werden, es sei denn, es können aufgrund einer besonders ungünstigen Form, außergewöhnlich großer Windangriffsflächen der Tragwerkskomponenten (Dekorationen, Lichtleisten) oder aufgrund von Teil- oder Ganzverkleidungen des Tragwerks oder der Fahrbahn ungewöhnlich große Horizontalkräfte auftreten.

5.4.2.4.3 Fahrzeuge

Alle Kräfte, die im Chassis und den Aufbauten auftreten können, sind in der Berechnung vom Entstehungsort bis zu den Auflagern zu verfolgen. So können beispielsweise bei Fahrzeugen mit einer Pendel- und einer Starrachse Momente aus Kräften quer zum Fahrzeug oberhalb der Pendelachse nur von der Starrachse aufgenommen werden.

Kräfte quer zum Fahrzeug können beispielsweise nur über Räder, die seitlich an der Schiene anlaufen, abgeleitet werden.

Sind die Laufräder nicht so gestaltet, dass sie auch Seitenführungskräfte aufnehmen können, dann sind dafür eigene Führungsräder vorzusehen.

Die Fahrzeuge sind mit Entgleisungs- und Abhebesicherungen auszustatten. Abhebesicherungen (Gegenräder oder Kufen) sind in jedem Fall für die tatsächlich auf sie einwirkenden Kräfte zu berechnen. Sie sind stets, selbst wenn das Fahrzeug planmäßig nicht abhebt, für mindestens 50 % der Fahrzeugmasse bei voll besetztem Fahrzeug zu bemessen.

5.4.2.4.4 Bremsen

Jede Halte- oder Reduzierbremse (am Ende der Abfahrt, nach jeder Fahrt) ist so auszulegen, dass die Bremsverzögerung in der Regel einen Höchstwert von $5,0 \text{ m/s}^2$ nicht überschreitet. Größere Bremsverzögerungen sind zulässig, wenn besondere Vorrichtungen zum Schutz des Fahrgastes (Hüftbügel usw.) vorgesehen werden; siehe 6.1.6.2.

Zur Sicherstellung eines Mindestabstands zwischen aufeinanderfolgenden Wagen oder Zügen sind Sicherheitsbremsen so anzuordnen, dass sich zwischen zwei Wagen oder Zügen stets genügend Brems Elemente befinden, um ein Auffahren zu vermeiden.

Die von jeder Sicherheitsbremse hervorgerufene Bremsverzögerung darf $7,0 \text{ m/s}^2$ nicht überschreiten, sofern keine besonderen Vorrichtungen zum Schutz des Fahrgastes (Hüftbügel usw.) vorgesehen werden. Siehe 6.1.6.2.

Für Sicherheitsbremsen, die nur in Notfällen zum Einsatz kommen, muss kein Nachweis der Ermüdungsfestigkeit erbracht werden. Bei der Berechnung der maximalen Bremsverzögerung ist bezüglich der gewählten Bremsflächenwerkstoffe vom höchsten erreichbaren Reibbeiwert auszugehen.

Bei der Bemessung des tatsächlichen Bremswegs ist davon auszugehen, dass das Fahrzeug auch bei aufgrund von Witterungseinflüssen und Verschleiß minimalem Reibbeiwert noch mit 1,2-facher Sicherheit (bezogen auf den Reibbeiwert) zum Halten kommt. Muss die Betätigungskraft zum Ausgleich unterschiedlicher Reibbeiwerte vergrößert werden (abgesehen von geringen Änderungen infolge von Verschleiß), so ist dies zusätzlich zu berücksichtigen. Die Grenzwerte sind an der fertigen Anlage zu überprüfen. Während dieser Prüfungen muss die Reibung so weit wie möglich für nasse Schienen und nasse Bremsflächen verringert werden.

Reduzierbremsen sind mit den Ermüdungslastfällen zu berechnen.

5.4.2.4.5 Rücklaufsicherungen

Anlagen, bei denen die Fahrzeuge oder Züge in der Auffahrtstrecke mithilfe von Ketten, Seilen, Reibrädern oder durch eigenen Antrieb befördert werden, sind entweder mit Rücklaufsicherungen oder mit selbsttätig wirkenden Rücklaufbremsen zu versehen.

Falls es planmäßig vorgesehen ist, dass sich im Streckenabschnitt zwischen Aufzugs- bzw. Auffahrtende und Bahnhof bzw. der vor dem Bahnhof gelegenen Bremse gleichzeitig mehrere Fahrzeuge oder Züge befinden, so sind auch in den Bergstrecken der Fahrbahn nach den Tälern Rücklaufsicherungen einzubauen.

Bei planmäßiger Rückwärtsfahrt eines Fahrzeugs oder eines Zugs auf der Fahrbahn oder durch den Bahnhof darf jedoch in den Auffahrtstrecken und Bergstrecken auf Rücklaufsicherungen verzichtet werden.

Darüber hinaus gilt, wenn sich mehrere Fahrzeuge oder Züge auf der Strecke befinden, kann auf Rücklaufsicherungen in den Bergstrecken verzichtet werden, wenn die einzelnen Streckenabschnitte durch ein ausfallsicheres Blocksysteem mit automatisch gesteuerten Bremsen gesichert sind.

Die vertikale Steigungshöhe H bis zum Beginn der Rücklaufsicherung und die sich bei Rückwärtsfahrt ergebende Höchstgeschwindigkeit darf folgende Grenzwerte nicht überschreiten. Mindestens einer der beiden Grenzwerte ist einzuhalten:

- $H = 7 \text{ m}$, $v = 42 \text{ km/h}$ bei in Draufsicht gerader Rückwärtsfahrt ohne Schienenquerneigung;
- $H = 5 \text{ m}$, $v = 35 \text{ km/h}$ bei Rückwärtsfahrt in großen Kurven mit Schienenquerneigung bis 20° ;
- $H = 3,5 \text{ m}$, $v = 30 \text{ km/h}$ bei Rückwärtsfahrt in engeren Kurven mit Schienenquerneigungen $> 20^\circ$.

Es sind zwei Werte anzugeben, da H eine Funktion der Höhe des Zugschwerpunktes ist und nicht unbedingt mit der Steigungshöhe des geometrischen Zugmittelpunktes identisch ist. Auch die Lage der Rücklaufsicherung am Zug ist für die vorstehend genannten Grenzwerte von Bedeutung.

Befindet sich planmäßig nur ein Fahrzeug oder ein Zug in der Bahn, kann auf Rücklaufsicherungen in den Bergstrecken nach den Tälern verzichtet werden.

Für Rücklaufsicherungen muss kein Nachweis der Ermüdungsfestigkeit erbracht werden. Wird das Fahrzeug durch die Rücklaufsicherung schlagartig angehalten, dann ist für die Bemessung ein Stoßfaktor anzunehmen, der ohne exakten Nachweis mindestens mit der halben maximalen vertikalen Rücklaufhöhe h anzusetzen ist, geringstenfalls jedoch 2,0 betragen muss. Für die Bemessung ist eine Last von $\varphi \times Q$ anzunehmen, wobei Q dem in 5.3.3.1.2.1 festgelegten Wert entspricht.

$$\varphi \geq 0,5 \times h \quad (23)$$

$$2,0 \leq \varphi \quad (24)$$

Beide vorstehenden Bedingungen müssen erfüllt sein.

Gibt es je Fahrzeuge oder Zug nur eine nicht redundante Rücklaufsicherung und die Verschiebung ist bekannt oder kann zuverlässig ermittelt werden, so gilt folgende Gleichung:

$$\varphi \geq 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{\delta_0 \sin \alpha}} \quad (25)$$

Dabei ist δ_0 die gesamte Verschiebung (aus Deformation) des Massenschwerpunkts entlang der Neigung.

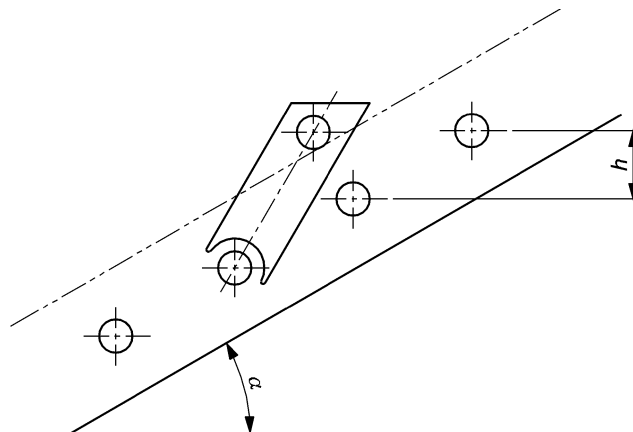


Bild 3 — Stoßfaktor/Rücklaufhöhe

5.4.2.5 Sonstige Bahnen mit schienengebundenen Fahrzeugen

5.4.2.5.1 Konventionelle Bahnen (z. B. Kindereisenbahnen, Kinder-Verkehrsgärten, Geisterbahnen und ähnliche Anlagen sowohl mit herkömmlichen Fahrzeugen als auch mit Hängefahrzeugen)

Wo zutreffend, gelten die in 5.4.2.4 aufgeführten Anforderungen bezüglich Bemessung und Betriebssicherheit.

Sind Fahrbahnträger und Stützen gleichzeitig Bestandteil der Überdachungskonstruktion, dann sind wegen der schwingenden Belastung Ermüdungslastfälle zu berücksichtigen.

5.4.2.5.2 Hängebahnen

Das dynamische Verhalten schienengebundener Hängebahnen, die Hängefahrzeuge mit einem (oder mehreren) Pendel- oder Rotationsfreiheitsgrad(en) aufweisen, ist zu berechnen.

Bei Hängebahnen sind zusätzlich zum Lichtraumprofil von schienengebundenen Fahrzeugen (siehe 6.1.6.1) Freiräume in einer Größenordnung der berechneten Pendelbewegung zuzüglich eines Sicherheitszuschlages sowohl nach der Auslenk- als auch nach der Gegenseite vorzusehen.

Der Sicherheitszuschlag muss mindestens 20 % des rechnerischen Auslenkwinkels, mindestens jedoch 10° betragen. Bei der Berechnung des Auslenkwinkels ist das Schwingungsverhalten zu berücksichtigen. Die sich aus den Pendelbewegungen der Gondel ergebenden Beschleunigungen sind rechnerisch für das Fahrzeug, die Schiene und die Stützen zu berücksichtigen.

Wenn die Querschwingungen von Pendelgondeln gedämpft werden und wenn die Lichtraumfreiheit für die ungedämpfte Schwingung nicht vorhanden ist, so sind Pendelbegrenzungen vorzusehen. Diese Begrenzungen für die Pendelbewegung können, wenn das gewollt ist, in Form von entsprechend konstruierten und dokumentierten, redundanten Dämpfern bereitgestellt werden.

Am Beginn von Streckenabschnitten, in denen Pendelgondeln geführt werden (z. B. im Bereich des Fahrgastwechsels), sind Führungsvorrichtungen anzuordnen, welche in der Lage sind, ausgelenkte Gondeln bis mindestens zum doppelten Wert des berechneten Auslenkwinkels zu erfassen und unter Berücksichtigung der Fahrgeschwindigkeit möglichst stoßfrei zu führen.

Mithilfe der DRA ist ein Arretierungsverfahren, sofern erforderlich, der Pendelgondeln beim Fahrgastwechsel zu bestimmen (z. B. durch entsprechende Dämpfer).

5.4.3 Tribünen

Tribünen werden nach den allgemeinen Nachweisen von Grenzzuständen nach 5.1.4 untersucht. Besondere Bedeutung ist auf den Nachweis der Kippsicherheit zu legen, wenn die Tribünen beispielsweise überdacht oder verkleidet sind oder wenn zahlreiche Flaggen oder Fahnen an den Tribünen befestigt sind.

5.5 Standsicherheitsnachweis

5.5.1 Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit

Für Fliegende Bauten und deren Bauteile ist die Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit nachzuweisen. Günstig wirkende Verkehrs- und Eigenlasten von nicht permanenten Bau- und Zubehörteilen dürfen beim Nachweis der Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit nicht berücksichtigt werden. Bei günstig wirkenden ständigen Einwirkungen, einschließlich Werkstoffänderungen (d. h. G_{sup} , G_{inf}), ist der kleinste Wert anzusetzen.

Zusätzlich zu diesem Abschnitt gilt für Fundamente EN 1997-1. Ein frostfreies Fundament für Fliegende Bauten ist nur dann erforderlich, wenn frostbedingte Hebungen und Senkungen zu Schäden oder Ausfall führen könnten.

Ist durch die Eigenlast einer Anlage alleine keine ausreichende Sicherheit zu erreichen, dann sind weitere, zusätzliche Maßnahmen zur Sicherstellung der Sicherheit zu ergreifen, beispielsweise Ballastierungen, Verankerungen und Abstreibungen.

Die Tatsache, dass die Masse von Fliegenden Bauten genau bestimmt und überprüft werden kann, ermöglicht eine genauere Bestimmung der Sicherheitsbeiwerte:

Tabelle 2 — Sicherheitsbeiwerte gegen Kippen, Gleiten und Abheben

Belastung ^a		γ
1	Günstig wirkende Anteile aus Eigenlast	1
2	Ungünstig wirkende Anteile aus Eigenlast	1,1
3	Ungünstig wirkende Windlasten	1,2 ^b
4	Ungünstig wirkende Lastanteile, ausgenommen Lasten nach 2 und 3	1,3
^a Werden Lasten in Komponenten zerlegt, so sind diese mit dem gleichen γ -Wert zu multiplizieren. ^b Für Fliegende Bauten, die höher als 20 m sind, ist $\gamma = 1,2$ durch $\gamma = 1,2 + 0,3 \times (h - 20)/40$ zu ersetzen. Dabei ist h die Gesamthöhe des Fliegenden Baus in m.		

5.5.1.1 Kippsicherheit

Die Kippsicherheit errechnet sich aus:

$$\sum \gamma M_{\text{St},k} \geq \sum \gamma M_{\text{K},k} \quad (26)$$

Dabei ist

γ der Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 2;

$M_{\text{St},k}$ die Standmomentanteile;

$M_{\text{K},k}$ die Kippmomentanteile.

Dabei ist zu beachten, dass die angesetzten Lasten über Schubsteifigkeit der Konstruktion aktiviert werden können.

5.5.1.2 Gleitsicherheit

Die Gleitsicherheit errechnet sich aus:

$$\sum \gamma \mu N_k \geq \sum \gamma H_k \quad (27)$$

Dabei ist

- γ der Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 2;
- N_k die vertikalen Lastkomponenten;
- H_k die horizontalen Lastkomponenten;
- μ der Reibbeiwert nach Tabelle 3.

Für die Ermittlung der Reibkräfte können folgende Reibbeiwerte angesetzt werden, sofern nicht im Einzelfall durch Versuche ermittelte, höhere Werte vorliegen oder Nässe niedrigere Werte bedingt:

Es ist zu beachten, dass schwingend beanspruchte Auflagerungen sich losrütteln können.

Tabelle 3 — Reibbeiwerte μ

	Holz	Stahl	Beton
Holz	0,4	0,4	0,6
Stahl	0,4	0,1	0,2
Beton	0,6	0,2	0,5
Ton ^a	0,25	0,2	0,25
Lehm ^a	0,4	0,2	0,4
Sand und Kies	0,65	0,2	0,65
^a Bei mindestens steifplastischer Konsistenz nach EN 1997-1.			

Wird durch Haftreibung alleine keine Gleitsicherheit erzielt, dann ist die Konstruktion mit dem Untergrund zu verankern. In diesem Fall ist beim Gleitsicherheitsnachweis das Mitwirken der Bodenanker zu berücksichtigen. Unter diesen Bedingungen dürfen die Reibbeiwerte nach Tabelle 3 in der Berechnung nur mit 70 % ihres Wertes angesetzt werden.

$$\sum \gamma \bar{\mu} N_k + Z_{h,d} \geq \sum \gamma \times H_k \quad (28)$$

$$\bar{\mu} = 0,7 \mu \quad (29)$$

Dabei ist

- $Z_{h,d}$ die übertragbare Horizontalkomponente des Ankers (siehe 5.5.2);
- μ der Reibbeiwert nach Tabelle 3.

5.5.1.3 Abhebesicherheit

$$\sum \gamma N_{St,k} \geq \sum \gamma N_{a,k} \quad (30)$$

Dabei ist

- γ der Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 2;
- $N_{\text{St},k}$ die vertikalen stabilisierenden Lastkomponenten;
- $N_{a,k}$ die vertikalen abhebenden Lastkomponenten.

Mit Zugankern gilt folgende Beziehung:

$$\sum \gamma N_{\text{St},k} + Z_{v,d} \geq \sum \gamma N_{a,k} \quad (31)$$

Dabei ist

- $Z_{v,d}$ die übertragbare Vertikalkomponente des Ankers (siehe 5.5.2).

5.5.2 Bodenverankerungen

5.5.2.1 Allgemeines

Sich ändernde Bodenverhältnisse und die Art der Belastung erfordern die Anwendung folgender experimentell geschätzter Werte für Zuganker, die bereits die inhärenten Sicherheitsbeiwerte enthalten. Die folgenden Berechnungsgrundsätze sind anzuwenden. Dieser Abschnitt gilt für und beschränkt sich auf:

- Gewichtsanker, d. h. auf der Bodenoberfläche aufgestellte oder im Untergrund eingebettete Ballastkörper;
- Stabanker, d. h. mit Ösen oder gestauchtem Kopf versehene Metallstäbe, die bei längerfristiger Aufstellung nicht erlaubt sind.

Bei Spezialankern, wie z. B. Flügel-, Klapp-, Schraub- und Profilankern, ist die Tragfähigkeit durch Belastungsprüfungen zu ermitteln.

Kommen Stabanker mit einer Länge von weniger als 800 cm bei unbedeutenden Anlagen (z. B. Hüpfburgen usw.), die keine Berechnung erfordern, zur Anwendung, dann müssen Belastungsprüfungen durchgeführt oder andere angemessene Nachweise erbracht werden.

Für Bauten mit einer Gesamthöhe von $h > 35$ m gilt EN 1990.

5.5.2.2 Bemessungswert der Tragfähigkeit von Gewichtsankern

Bei der Berechnung des Bemessungswertes der Tragfähigkeit vollständig oder teilweise eingegrabener Gewichtsanker darf der Erdwiderstand nur dann berücksichtigt werden, wenn der Anker kleine Verschiebungen und Verdrehungen ohne Gefahr für die Konstruktion ausführen kann und die Untergrundverhältnisse hinreichend bekannt sind.

5.5.2.3 Bemessungswert der Tragfähigkeit von Stabankern

Der Bemessungswert der Tragfähigkeit von einfachen Stabankern mit rundem Querschnitt und einer Mindesteinschlagtiefe von 800 cm ist nach folgenden, in Tabelle 4 aufgeführten, Näherungsgleichungen zu ermitteln.

Tabelle 4 — Bemessungswert der Tragfähigkeit von Ankern

Zugwinkel	Bemessungswert der Tragfähigkeit
$\beta = 0^\circ$	$Z_d = f_{load} d l' = 6,5 d l'$ (32) für steife bindige und dicht gelagerte nicht bindige Böden
	$Z_d = f_{load} d l' = 8 d l'$ (33) für halbfeste bindige Böden
$\beta \geq 45^\circ$	$Z_d = f_{load} d l' = 10 d l'$ (34) für mindestens steifplastische bindige Böden
	$Z_d = f_{load} d l' = 17 d l'$ (35) für dicht gelagerte nichtbindige Böden
$0 < \beta < 45^\circ$	Der Bemessungswert der Tragfähigkeit für gleiche Bodenarten ist durch Interpolation zu bestimmen (siehe Bild 5).

In den Gleichungen (36) bis (39) und in den Bildern 4, 5 und 6 werden folgende Symbole verwendet:

$$Z_d = Z_u / \gamma_M$$

Z_u der niedrigste Versuchswert nach 5.5.2.4;

$\gamma_M = 1,5$ der Bemessungswert der Tragfähigkeit des Ankers, in N;

$Z_{h,d}$ die horizontale Komponente des Bemessungswerts der Ankertragfähigkeit, in N;

$Z_{v,d}$ die vertikale Komponente des Bemessungswerts der Ankertragfähigkeit, in N;

d der Ankerdurchmesser, in mm;

l' die Einschlagtiefe (mindestens 800 mm);

α der Einschlagwinkel;

β der Winkel der wirkenden Zugkraft zur Vertikalen.

Die Gleichungen (36) bis (39) gelten nur unter der Voraussetzung, dass der Anker beim Eintreiben „zieht“. Ist $\beta = 0^\circ$, muss die Mantelreibung auf der vollen Stablänge wirksam sein; ist $\beta \geq 45^\circ$, soll der Einschlagwinkel $\alpha = 90^\circ$ betragen. Bei diesem Einschlagwinkel erreicht der schräg belastete Anker erfahrungsgemäß seinen maximalen Bemessungswert der Tragfähigkeit. Um ein Verbiegen der Anker aufgrund schräger Zugkräfte zu verhindern, soll bei einfachen runden Stabankern der nachfolgende Durchmesser nicht unterschritten werden:

$$d_{\min} = 0,25 l' + 0,5 \quad (\text{mit } l' \text{ in mm}) \quad (36)$$

Bei Stabankern, die einer Biegespannung ausgesetzt sind, ist der Angriffspunkt der Kraft möglichst nahe an der Bodenoberfläche oder darunter festzulegen.

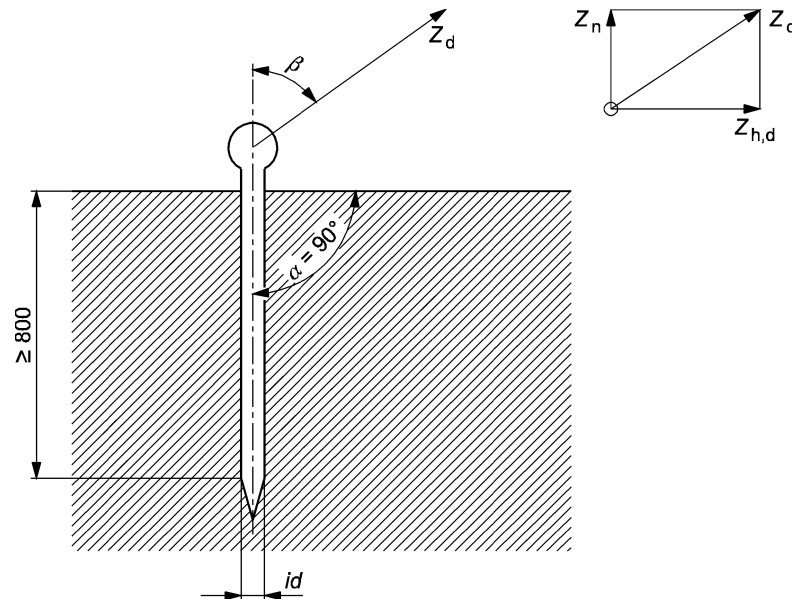
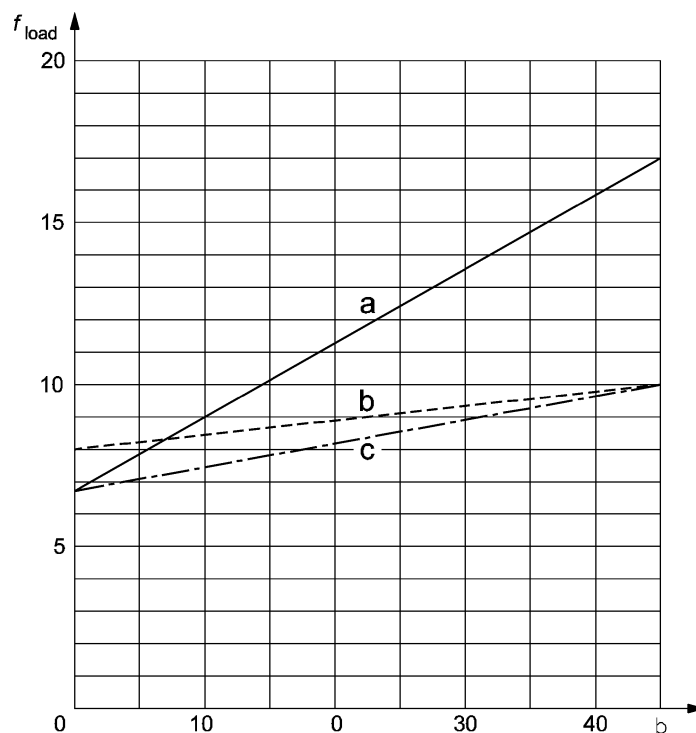


Bild 4 — Stabanker



Legende

- dicht gelagerte, nicht bindige Böden (a)
- halbfeste, bindige Böden (b)
- .-.- steifplastische bindige Böden (c)
- β Winkel der äußeren Zugkraft

Bild 5 — Faktoren zur Bestimmung der Tragfähigkeit von Stabankern

5.5.2.4 Prüfen von Ankern

Die rechnerischen Bemessungswerte der Tragfähigkeit können überschritten werden, wenn ein Sicherheitsnachweis durch Belastungsprüfungen erbracht wird oder entsprechende Versuchsdaten für den Aufstellort vorliegen. Mindestens drei Versuche müssen für die Belastungsprüfung eines Ankers unternommen werden.

Die Tragfähigkeit (Z_d) ist aus dem mit dem Sicherheitsbeiwert $\gamma = 1,5$ abgerundeten, niedrigsten Versuchswert zu ermitteln und den nachfolgenden Berechnungen zugrunde zu legen. Bei dem so ermittelten Bemessungswert der Tragfähigkeit dürfen keine Bewegungen des Ankers entstehen, die in der Konstruktion unzulässige Spannungen, Verformungen oder Instabilitäten hervorrufen würden.

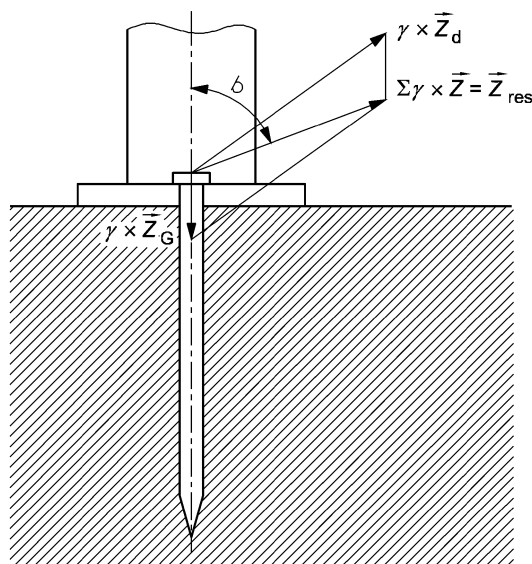
Bei vergleichbaren Untergrundverhältnissen können an anderer Stelle ausgeführte Belastungsprüfungen als Nachweis mit herangezogen werden.

Bei der Bestimmung der zulässigen Traglast sind die Sicherheitsbeiwerte nach Tabelle 2 zu berücksichtigen.

5.5.2.5 Berechnung von Ankerkräften

Die an der Verankerung wirkende resultierende Kraft Z_{res} ist durch vektorielle Addition unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte nach Tabelle 2 zu ermitteln. Diese Last Z_{res} muss kleiner sein als die zulässige Last an der Verankerung nach 5.5.2.3:

$$Z_{res} = \sum \gamma Z \leq Z_d$$



Legende

- Z_G der günstig wirkende Anteil ständiger Einwirkungen;
- Z_W der ungünstig wirkende Anteil veränderlicher Einwirkungen;
- γ der Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 2.

Bild 6 — Einwirkungen auf Anker

5.5.2.6 Weitere Anforderungen

Treten bei belasteten Stabankern oder ähnlichen Vorrichtungen Verschiebungen von mehr als 20 mm auf, so ist die Ankertragfähigkeit nicht mehr vollständig sichergestellt. Durch zusätzliche Verankerungen oder Beischiagen von Holzkeilen kann die Sicherheit gegen ein Versagen aufgrund des Herausziehens des Ankers erhöht werden. Bei reiner Zugbelastung in Richtung der Achse des Stabankers besteht schon bei sehr kleinen Bewegungen die Gefahr eines vollständigen Ankerausfalls.

Der Ankerfuß (die Ankerspitze) darf bei Stabankern keine Querschnittsverbreiterung aufweisen, damit die Mantelreibung im Bereich des Ankerschaftes nicht abgemindert wird.

Nach dem Eintreiben eines Stabankers ist der Boden an der Oberfläche — soweit dies praktisch möglich ist — an den Anker anzustampfen, um ein Eindringen von Oberflächenwasser zu vermeiden.

Bei Verwendung von Ankergruppen kann jeder Einzelanker nur dann mit seiner gesamten rechnerischen Tragfähigkeit berücksichtigt werden, wenn der Abstand zwischen zwei nebeneinanderliegenden Ankern mindestens dem 5-fachen Ankerdurchmesser entspricht. Dynamische Belastungen können ein Lösen der Verankerung hervorrufen; deshalb sind wiederholte Kontrollen der Anker unbedingt erforderlich. Bei Ankergruppen, die aus mehr als 6 Ankern bestehen, ist die Tragfähigkeit dieser Ankergruppen rechnerisch nachzuweisen. Ohne genaueren Nachweis kann ein Ausbruchkeil mit einem Winkel von 45° ab dem äußeren Anker für diese Berechnung angenommen werden.

5.5.3 Unterpallungen

Für Unterpallungen ergeben sich wegen der fehlenden Einbettung in den Boden und der in der Praxis relativ kleinen Lastauflagerbreiten nur geringe zulässige Bodenpressungen. Unterpallungen können sich in den Boden eindrücken und größere Setzungen verursachen. Bei besonders nachgiebigen Böden sind Unterpallungen ständig zu überwachen. Bei Nachgeben oder Lockern ist eine Unterfütterung vorzusehen und die Lastauflagerflächen sind eventuell zu vergrößern.

Bei einem Untergrund mit geringer Tragfähigkeit sind Zusatzmaßnahmen zu treffen. Werden zur Vergrößerung der Auflagerbreiten mehrere Elemente lückenlos nebeneinander verlegt, so ist z. B. durch Kreuzstapelung ein Verbund herzustellen.

Bei befahrbarem Untergrund (z. B. durch LKWs) dürfen zur Berechnung der Maße quadratischer und rechteckiger Unterpallungen die folgenden Bemessungswerte der Bodenpressung angesetzt werden:

$$1 \leq l/b \leq 3 \quad (38)$$

Dabei ist

l die Länge der Unterpallung in der Bodenfuge;

b die Breite der Unterpallung in der Bodenfuge:

$b = 200 \text{ mm}: p = 100 \text{ kN/m}^2$

$b = 300 \text{ mm}: p = 150 \text{ kN/m}^2$

$b = 400 \text{ mm}: p = 200 \text{ kN/m}^2$

p der Bemessungswert der Bodenpressung. Zwischenwerte müssen interpoliert werden.

Bei befestigten (gepflasterten) Aufstellplätzen können höhere Bemessungswerte der Bodenpressung berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Bei Verwendung des Bemessungswertes der Bodenpressung werden alle Teillastfaktoren mit $\gamma_m = 1,0$ und $\gamma_f = 1,0$ angenommen.

5.6 Nachweis

5.6.1 Allgemeines

In diesem Abschnitt beziehen sich die Symbole $\sigma_{\min}$ und $\sigma_{\max}$ auf jeweils die Mindest- und die Höchstwerte der Spannungen.

Es ist zwischen vorwiegend ruhender Beanspruchung und nicht vorwiegend ruhender (schwingender) Beanspruchung zu unterscheiden. Die Schwingbeanspruchung tritt sowohl als Schwellbeanspruchung (Spannung, die zwischen zwei Grenzwerten schwankt und dabei ihr Vorzeichen nicht ändert, $\sigma_{\min}/\sigma_{\max} \geq 0$) als auch in Form von Wechselbeanspruchung (Spannung, die zwischen zwei Grenzwerten schwankt und dabei ihr Vorzeichen ändert) auf. In beiden Fällen ist der Spannungsschwingbreitenbereich $\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$ für die Berechnungen maßgebend.

Der Ermüdungsnachweis bei geschweißten Bauteilen kann auch nach herkömmlichen, auf dem zulässigen $\sigma_{\min}/\sigma_{\max}$ -Spannungskonzept beruhenden Normen erfolgen, vorausgesetzt, die Anforderungen an die Mindestlebensdauer nach 5.6.3.4 werden erfüllt und ein Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 5 bei einer Überlebenswahrscheinlichkeit von 95 % oder gleichwertig wird eingehalten.

Schwingend beanspruchte Konstruktionen, die im Rahmen ihrer zu erwartenden Lebensdauer wahrscheinlich mehr als $n = 10^4$ Spannungsspiele erfahren werden, sind auf Ermüdungsfestigkeit zu dimensionieren. Dabei wird die Schwingbreite $\Delta\sigma_D$ als Ermüdungsgrenzwert bei konstanter Amplitude betrachtet. Ist keine Spannungsschwingbreite für die entsprechende Kategorie größer als $\Delta\sigma_D$, kann von unbegrenzter Lebensdauer ausgegangen werden.

Die jeweilige für die Gesamtberechnung eines Fahrgeschäfts gewählte Norm (z. B. EN 1993, FEM oder andere) ist genau zu spezifizieren und zu befolgen.

5.6.2 Vorwiegend ruhende Beanspruchung

Bezüglich der zulässigen Spannungen von Bauteilen gilt für die entsprechenden Werkstoffe EN 1993 (alle Teile). Für Maschinenteile aus Stahl, auch solche, die gleichzeitig Bauteile sind, gilt für den allgemeinen Spannungsnachweis folgende Beziehung:

$$R_d \leq f_y / \gamma_{My} \quad \text{und} \quad R_d \leq f_u / \gamma_{Mu} \quad (39)$$

Dabei ist

R_d der Bemessungswert der Werkstofffestigkeit;

f_y die Streckgrenze nach der Werkstoffnorm;

f_u die Zugfestigkeit nach der Werkstoffnorm;

γ_{My} 1,1 Teilsicherheitsbeiwert (Streckgrenze);

γ_{Mu} 1,5 Teilsicherheitsbeiwert (Zugfestigkeit).

Der kleinere der beiden vorstehend genannten Werte für R_d ist maßgebend. Bezüglich Schub infolge von Querkraft und Torsion ist der Wert R_d mit $\alpha = 0,58$ zu multiplizieren.

5.6.3 Schwingende Beanspruchung

5.6.3.1 Ermüdungsnachweis von Bauteilen

Zusätzlich zu dem Nachweis, dass jedes Bauteil die Anforderungen bezüglich der Grenzzustände für vorwiegend ruhende Beanspruchungen erfüllt, ist ein Ermüdungsnachweis bei wiederholt schwingender Beanspruchung durchzuführen. Bei Stahl sind die Grundsätze von EN 1993-1-9 anzuwenden, wenn Werkstoff, Befestigungselemente und Schweißverbindungen die Anforderungen nach EN 1993-1-1:2005, Abschnitt 3, erfüllen. Anhang A enthält einige Abweichungen zur EN 1993-1-9, die für Fliegende Bauten besser zutreffen.

5.6.3.2 Teilsicherheitsbeiwerte für die Ermüdung

Für Ermüdungslasten ist der Teilsicherheitsbeiwert

$$\gamma_{Ff} = 1,0 \text{ anzusetzen.} \quad (40)$$

Die Werte für die Teilsicherheitsbeiwerte für Stahl sind nach Tabelle 5 anzusetzen:

Tabelle 5 — Teilsicherheitsbeiwerte für Stahl

Prüfung und Zugänglichkeit	Bruch verursacht keinen Einsturz	Bruch verursacht Einsturz
Bauteil ist bei den regelmäßigen unabhängigen Hauptüberprüfungen zugänglich	$\gamma_{Mf} = 1,0$	$\gamma_{Mf} = 1,1$
Bauteil ist bei den regelmäßigen unabhängigen Hauptüberprüfungen nicht zugänglich	$\gamma_{Mf} = 1,05$	$\gamma_{Mf} = 1,15$

5.6.3.3 Ermüdungslasten

Bei der Berechnung von $\Delta\sigma_i$ oder $\Delta\tau_i$ brauchen ortsunveränderliche Eigenlasten sowie zeitlich oder örtlich begrenzte veränderliche Einwirkungen, wie z. B. Schneelasten, Temperaturbelastung, Montagelasten und Windlasten (ohne induzierte Schwingungen), nicht berücksichtigt zu werden.

Falls Windlasten Schwingungen induzieren, darf der Winddruck mit 50 % des Werts nach 5.3.3.4.1, Tabelle 1, Spalte 2, angenommen werden, wenn es nicht eine andere kritische Windgeschwindigkeit mit dem zugehörigen Winddruck gibt. Für eine genauere Beurteilung, ob ein Ermüdungsnachweis bei durch Wind erzeugten Schwingungen durchzuführen ist, siehe EN 1991-2-4.

Bei der Berechnung von $\Delta\sigma_i$ oder $\Delta\tau_i$ sind mindestens folgende Einwirkungen zu berücksichtigen:

- ortsveränderliche Eigenlasten;
- sich bewegende Verkehrslasten;
- Antriebs- und Bremskräfte nach 5.3.3.2;
- Zuschläge für Stöße und Schwingungen direkt befahrener Bauteile;
- Lasten aus gewollten Zusammenstößen;
- Flieh- und Corioliskräfte.

Bei veränderlichen Eigenlasten sind bei der Beurteilung von $\Delta\sigma_i$ oder $\Delta\tau_i$ (z. B. für angehobene Ausleger) die maximalen und minimalen Spannungswerte einschließlich des Einflusses der Eigenlasten zu berechnen:

$$\Delta\sigma_i = \sigma_{\max} - \sigma_{\min} \quad (41)$$

$$\Delta\tau_i = \tau_{\max} - \tau_{\min} \quad (42)$$

5.6.3.4 Anzahl der Spannungsspiele

Ist eine genauere Ermittlung der Spannungsspiele für die unterschiedlichen Lastkollektive nicht möglich, dann ist mindestens von folgenden Werten auszugehen:

Bei der Berechnung der Ermüdung von Fahrgeschäften müssen mindestens 35 000 Betriebsstunden ohne Be- und Entladezeit angenommen werden. Hiervon ausgenommen sind in Serie produzierte, auswechselbare, sicherheitsrelevante und als Strukturbauteile verwendete Maschinenbauteile (z. B. Lager und Kugeldrehverbindungen), für welche Herstellernormen bestehen. Diese Teile sind für mindestens 5 000 Betriebsstunden zu bemessen. Eine Berechnung der Lebensdauer ist vorzulegen. Obwohl das Verhältnis von Be- und Entladezeit zur Gesamtbetriebszeit je nach Fahrgeschäft unterschiedlich sein kann, soll die generelle Be- und Entladezeit auf maximal 30 % der gesamten Betriebszeit begrenzt werden. Falls in der Entwurfsphase ungünstigere Werte ermittelt werden, sind diese zu berücksichtigen.

Unter Berücksichtigung der vorstehend genannten Mindestzahl an Betriebsstunden sind mindestens folgende Spannungsspiele (siehe Tabelle 6) anzunehmen, außer es gelten aufgrund der Konfiguration des Fahrgeschäfts höhere Werte.

Tabelle 6 — Mindestzahl an in der Berechnung anzusetzenden Spannungsspielen ($N_{\min}$)

Art des Fahrgeschäfts	Für alle zur Berechnung der Ermüdung vorgelegten Konstruktionsdetails	
	Wenn die Anzahl der Rotationen entscheidend für die Anzahl der Spannungsspiele ist	Wenn die Anzahl der Fahrtzyklen (Be- und Entladezeit plus eine Fahrt) entscheidend für die Anzahl der Spannungsspiele ist
Achterbahn oder dergleichen (Fahrdauer von etwa $\Delta t = 30$ s) für Struktur und Schiene usw.	Nicht zutreffend	$N_{\min} \geq x_1 \times 5 \times 10^6$ Spannungsspiele x_1 Multiplikator für die Zahl der Zugüberquerungen über einen bestimmten Punkt aufgrund der Lage des Bauteils in der Fahrbahn oder Stützkonstruktion $x_1 = 1$ bei einer Überquerung $x_1 = n$ für „n“ Zugüberquerungen
Achterbahnfahrzeuge o. Ä. die Fahrzeuge betreffend	Nicht zutreffend	$N_{\min} \geq x_2 \times 5 \times 10^6 / x_3$ Spannungsspiele x_2 Multiplikator für die Anzahl maximaler Schwingbreiten entlang der Fahrbahn während eines Fahrzyklus (z. B. $x_2 = 1$, falls die maximale Schwingbreite bei einem Fahrzeug während eines gesamten Fahrzyklus nur einmal auftritt) x_3 Multiplikator für die Zahl der Züge in einer Bahn (Fahrgeschäft)
Rundfahrgeschäfte $n \approx 8$ bis 20 Umdrehungen je Minute: für den Mast bzw. das Zentrum usw.	$N_{\min} \geq 5 \times 10^6$ keine Schwingbreiten größer als $\Delta\sigma_D$	Nicht zutreffend
Rundfahrgeschäfte $n \approx 8$ bis 20 Umdrehungen je Minute: für die Arme oder Gondeln usw.	Nicht zutreffend	$N_{\min} \geq 2 \times 10^6$ äquivalente Schwingbreite $\Delta\sigma_{E,2}$ nicht über $\Delta\sigma_C$

5.6.3.5 Lastverteilungen

5.6.3.5.1 Karusselle

Für unsymmetrische Beladung kann zur Berechnung der Schwingbreiten für die Dauerfestigkeit eine einseitige Belastung auf 1/6 bzw. 5/6 des Umfangs nach 5.4.2.1 für 100 % der Betriebsdauer angenommen werden.

5.6.3.5.2 Schienengebundene Einrichtungen

Die Kräfte aufgrund der Einwirkungen von Rücklaufsicherungen und Sicherheitsbremsen brauchen bei der Berechnung der Dauerfestigkeit nicht berücksichtigt werden.

Fahrzeuge und Züge sind für volle Zuladung (6/6) für die gesamte Lebensdauer zu berechnen.