

**Fliegende Bauten und Anlagen
für Veranstaltungsplätze und Vergnügungsparks**Sicherheit
Deutsche Fassung prEN 13814 : 2000**DIN**
EN 13814

Einsprüche bis 30. Jun 2000

ICS 91.040.99; 97.200.99

Fairground and amusement park machinery
and structures – Safety;
German version prEN 13814 : 2000Machines et structures pour fêtes foraines
et parcs d'attraction – Sécurité;
Version allemande prEN 13814 : 2000**Anwendungswarnvermerk**

Dieser Norm-Entwurf 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 an den Normenausschuss Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V., 10772 Berlin (Hausanschrift: Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin).

Nationales Vorwort

Der Europäische Norm-Entwurf prEN 13814 wurde im Europäischen Komitee für Normung (CEN) im Technischen Komitee 152 "Anlagen und Konstruktionen von Fliegenden Bauten und Freizeitparks" (Sekretariat: Italien); Arbeitsgruppe 1 "Fahrgeschäfte" (Sekretariat: Deutschland) unter Mitarbeit deutscher Experten ausgearbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der NABau-Arbeitsausschuss 11.15.00 "Fliegende Bauten".

Fortsetzung 152 Seiten prEN

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

– Leerseite –

Deutsche Fassung

Fliegende Bauten und Anlagen für Veranstaltungsplätze und
Vergnügungsparks - Sicherheit

Fairground and amusement park machinery and structures
- Safety

Machines et structures pour fêtes foraines et parcs
d'attraction - Sécurité

Dieser Europäische Norm-Entwurf wird den CEN-Mitgliedern zur Umfrage vorgelegt. Er wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 152 erstellt.

Wenn aus diesem Norm-Entwurf eine Europäische Norm wird, sind die CEN-Mitglieder gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Dieser Europäische Norm-Entwurf wurde vom CEN in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch) erstellt. Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik und dem Vereinigten Königreich.

Warnvermerk : Dieses Schriftstück hat noch nicht den Status einer Europäischen Norm. Es wird zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt. Es kann sich noch ohne Ankündigung ändern und darf nicht als Europäische Norm in Bezug genommen werden.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Zentralsekretariat: rue de Stassart, 36 B-1050 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	9
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Definitionen	13
3.1 Fliegender Bau	13
3.2 Unabhängige Prüfstelle	13
3.3 Erstabnahme	13
3.4 Prüfbuch	13
3.5 Genehmigung	13
3.6 Unabhängige Hauptuntersuchung	13
3.7 Genehmigungsstelle	13
3.8 Modifikation	13
3.9 Reparatur	13
3.10 Sicherheitsrelevantes Bauteil	13
3.11 Zugangsfläche	13
3.12 Fahrgasteinheit	13
3.13 Fahrzeug	14
3.14 Podium	14
3.15 Laufstege und Rampen	14
3.16 Treppe	14
3.17 Bediener (Operator)	14
3.18 Aufsichtsperson	14
3.19 Betreiber eines Fliegenden Baues	14
3.20 Tägliche Kontrolle	14
3.21 Probefahrt	14
3.22 Instandhaltung	14
4 Formelzeichen	14
5 Allgemeine Anforderungen an Konstruktion, Berechnung und Überprüfung	15
5.1 Bauvorlagen	15
5.1.1 Allgemeines	15
5.1.2 Bau- und Betriebsbeschreibung	15
5.1.3 Konstruktions- und Herstellungszeichnungen	15
5.1.4 Grundsätze für die rechnerischen Nachweise	15
5.2 Auswahl der Werkstoffe	16
5.2.1 Eignung	16
5.2.2 Empfohlene Stähle	16
5.2.3 Aluminiumlegierungen	17
5.2.4 Holz	17
5.2.5 Kunststoff-Verbundwerkstoffe	17
5.2.6 Beton	17
5.2.7 Befestigungselemente	17
5.3 Lastannahmen	18
5.3.1 Allgemeines	18
5.3.2 Ständige Einwirkungen	18
5.3.3 Veränderliche Einwirkungen	18
5.3.3.1 Verkehrslasten	18
5.3.3.1.1 Allgemeines	18
5.3.3.1.2 Vertikale Verkehrslasten	18
5.3.3.1.3 Horizontale Verkehrslasten	19
5.3.3.2 Antriebskräfte und Bremskräfte	16
5.3.3.3 Lasten aus Abstützen und Rückhaltung	20
5.3.3.4 Windlasten	20
5.3.3.4.1 Windlasten im allgemeinen	20
5.3.3.4.2 Windlasten im Betriebszustand	21
5.3.3.5 Schneelasten	21

5.3.3.6	Trägheitskräfte	22
5.3.3.7	Anprall	
5.3.4	Seismische Kräfte	22
5.3.5	Zuschläge für Stöße, für die Schwingung direkt befahrener Bauteile und für den Anprall	22
5.3.5.1	Stöße	22
5.3.5.2	Schwingungen direkt befahrener Bauteile	23
5.3.6	Lastkombinationen	23
5.3.6.1	Allgemeines	23
5.3.6.2	Grundkombinationen	23
5.3.6.4	Ermüdungskombinationen	23
5.4	Grundsätze für die statischen Berechnungen	23
5.4.1	Allgemeines	23
5.4.2	Grundsätze für die statischen Berechnungen für verschiedene Arten von Fliegenden Bauten	24
5.4.2.1	Bedingungen für die Berechnung drehender Rundfahrgeschäfte	24
5.4.2.2	Grundsätze für Konstruktion und Berechnung von Fahrzeugen	24
5.4.2.3	Karusselle mit mehreren Bewegungen	25
5.4.2.3.1	Allgemeines	25
5.4.2.3.2	Rundfahrgeschäfte nur mit ebener Bewegung	26
5.4.2.3.3	Karussells auf Schienenbahnen	29
5.4.3	Hochgeschäfte mit schienenengebundenen Fahrzeugen	29
5.4.3.1	Schiene	29
5.4.3.2	Traggerüst	33
5.4.3.3	Fahrzeuge	34
5.4.3.4	Bremsen	34
5.4.3.5	Rücklaufsicherungen	34
5.4.4	Sonstige Bahnen mit schienenengebundenen Fahrzeugen	35
5.4.4.1	Konventionelle Bahnen (Achterbahnen) (z. B. Kindereisenbahn, Kinder-Verkehrsgärten, Geisterbahnen und ähnliche Anlagen sowohl mit Normal- als auch mit Hängefahrzeugen)	35
5.4.4.2	Hängebahnen (Achterbahnen)	35
5.4.5	Tribünen	36
5.5	Stand sicherheitsnachweis	36
5.5.1	Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit	36
5.5.2	Bodenverankerungen	38
5.5.2.1	Allgemeines	38
5.5.2.2	Tragfähigkeit von Gewichtsankern	38
5.5.2.3	Tragfähigkeit von Stabankern	38
5.5.2.4	Probebelastungen von Ankern	39
5.5.2.5	Berechnung von Ankerkräften	39
5.5.3	Weitere Anforderungen	40
5.5.4	Boden für Unterpallungen	40
5.6	Festigkeitsnachweise	41
5.6.1	Allgemeines	41
5.6.2	Vorwiegend ruhende Beanspruchung	41
5.6.3	Schwingende Beanspruchung	41
5.6.3.1	Ermüdungsnachweis von Bauteilen	41
5.6.3.2	Teilsicherheitsbeiwerte für Ermüdung	42
5.6.3.3	Ermüdungslasten	42
5.6.3.4	Anzahl der Spannungsspiele	42
5.6.3.5	Lastverteilungen	42
5.6.3.5.1	Karusselle	42
5.6.3.5.2	Schienengebundene Einrichtungen	43
5.6.3.6	Ermüdungsfestigkeit von Maschinenteilen	43
5.6.3.6.1	Ermittlung der zulässigen Spannungen	43
5.6.3.6.2	Ermittlung der resultierenden Spannungen	43
5.6.3.6.3	Sicherheitsbeiwert γ	44
5.6.4	Schrauben	44
5.6.5	Seile, Ketten, Sicherheitseinrichtungen, Seiltriebe, Anschluß- und Verbindungsteile	45
5.6.5.1	Normen für Seile, Ketten, Sicherheitseinrichtungen, Seiltriebe, Anschluß- und Verbindungsteile	45
5.6.5.2	Seile, Ketten, Riemen und Bänder	46
5.6.5.2.1	Berechnung des Sicherheitsbeiwertes	46
5.6.5.2.2	Aufhängungen von mit Fahrgästen belasteten Bauteilen (z. B. Sitze, Gondeln)	47
5.6.5.2.3	Halte-, Abspann-, Verankerungsseile bzw. -ketten	47

5.6.5.3	Seilantriebe	47
5.6.5.4	Sicherheitsschließeinrichtungen für Fahrgäste	48
5.6.5.5	Verbindungs- und Anschlußelemente	48
5.6.5.6	Kunststoff-Verbundwerkstoffe	48
5.7	Bauliche Durchbildung und Ausführung	48
5.7.1	Anordnung, Zugänglichkeit	48
5.7.2	Sperr- und Sicherheitseinrichtungen	48
5.7.3	Lösbare Verbindungen	48
5.7.4	Formgebung und Konstruktion schwingend beanspruchter Teile	49
5.7.5	Auflagerungen	49
5.7.6	Zentralmaste	49
5.7.7	Korrosions- und Rostschutz	49
5.8	Erstabnahme, Überprüfung und Prüfungen - Empfohlene Verfahren	49
5.8.1	Allgemeines	49
5.8.2	Prüfverfahren	49
5.8.3	Prüfstellen	50
5.8.3.1	Allgemeines	50
5.8.3.2	Qualifikation	50
5.8.3.3	Verfügbare Ausrüstung	50
5.8.4	Erstabnahme eines Fliegenden Baues	50
5.8.4.1	Allgemeines	50
5.8.4.2	Prüfung der Bauvorlagen	50
5.8.4.2.1	Allgemeines	51
5.8.4.2.2	Montage- und Betriebsanleitung	51
5.8.4.2.3	Zeichnungen	51
5.8.4.2.4	Nachweise	51
5.8.4.3	Überwachung des Herstellungsprozesses	51
5.8.4.3.1	Beschreibung	51
5.8.4.3.2	Anforderungen an die Prüfung	51
5.8.4.4	Unabhängige Erstprüfung und Prüfverfahren	51
6	Anforderungen an die Konstruktion und Herstellung von Fliegenden Bauten	53
6.1	Gefahrenverringerung durch derzeitige Konstruktions- und Sicherheitsvorkehrungen	53
6.1.2	Gefahrenkennzeichnung	53
6.1.2.1	Stürze	53
6.1.2.2	Fallende Gegenstände	53
6.1.2.3	Bewegliche Maschinenteile	53
6.1.2.4	Bauteile	53
6.1.2.5	Bewegungskräfte	53
6.1.2.6	Baufestigkeit	53
6.1.2.7	Mechanische Festigkeit	54
6.1.2.8	Elektrizität	54
6.1.2.9	Feuer, Hitze und Rauch	54
6.1.2.10	Giftigkeit	54
6.1.2.11	Geschosse	54
6.1.2.12	Geräusch	54
6.1.2.13	Umweltbedingungen	54
6.1.2.13	Wasser	54
6.1.3	Sicherheitsbeurteilung	54
6.1.3.1	Risiken durch Fliegende Bauten	54
6.1.3.2	Anwendung	54
6.1.3.3	Sicherheitsanalyse	55
6.1.4	Risikobegrenzung bei Podien, Rampen, Böden, Treppen und Laufstegen	56
6.1.4.1	Allgemeines	56
6.1.4.2	Podien	56
6.1.4.3	Treppen	56
6.1.4.4	Bewegte Gehbahnen, Laufbänder und Ähnliches	57
6.1.5	Risikobegrenzung durch Geländer, Zäune und Schutzbleche	57
6.1.5.1	Schutz vor Stürzen von einer Ebene in die nächste	57
6.1.5.2	Schutz vor Quetschstellen, Schlag und Verfangen	58
6.1.5.2.1	Sicherheitsabstände	58
6.1.5.2.2	Klassifikation von Absperrungen	59

6.1.5.2.3	Klassifikation von Zu- und Abgangsöffnungen in Zäunen	58
6.1.5.2.4	Verschiedene Arten von Zäunen	58
6.1.5.2.5	Arten von Schutzvorrichtungen	59
6.1.6	Risikobegrenzung bei Ab- und Zugängen	60
6.1.6.1	Zugang zu und Abgang von Fahrzeugen	60
6.1.6.1.1	Allgemeines	60
6.1.6.1.2	Noteingänge und -ausgänge	60
6.1.6.2	Zugänge zu und Ausgänge aus Zuschauerräumen, Ausstellungen und dergleichen	60
6.1.7	Risikobegrenzung bei Fahrzeugen	61
6.1.7.1	Lichtraumprofile für Fahrzeuge	61
6.1.7.2	Rückhaltevorrichtungen zur Einschränkung von Fahrgastbewegungen	62
6.1.7.2.1	Allgemeines	62
6.1.7.2.2	Rückhaltevorrichtungen	63
6.1.7.2.3	Klassifizierung der Rückhaltevorrichtungen für Fahrgäste	63
6.1.7.2.4	Anwendungskriterien für Rückhaltevorrichtungen	64
6.1.7.3	Türen	66
6.1.7.4	Sitze	66
6.1.7.5	Fahrgastgehäuse	66
6.1.8	Risikobegrenzung durch Sondermaßnahmen	66
6.1.8.1	Auf Fahrgastmerkmale bezogene Kriterien	66
6.1.8.2	Fahrgäste mit Behinderungen	66
6.2	Zusätzliche Sicherheitsanforderungen für Kategorien von Fliegenden Bauten	66
6.2.1	Karusselle mit horizontalen und/oder vertikalen Bewegungen	66
6.2.1.1	Flächenabsperungen und Eingangs- und Ausgangsöffnungen	68
6.2.1.2	Fahrzeuge	68
6.2.1.3	Rückhaltevorrichtungen	68
6.2.2	Riesenräder, Schaukeln (mit und ohne Motor)	69
6.2.2.1	Flächenabsperungen und Eingangs- und Ausgangsöffnungen	70
6.2.2.2	Fahrzeuge	70
6.2.2.3	Rückhaltevorrichtungen	70
6.2.2.4	Verschiedenes	70
6.2.3	Hochgeschäfte, Wasserrutschen, Geisterbahnen, Züge und andere schienengeführte Kanal- oder schienengebundene Einrichtungen	71
6.2.3.1	Flächenabsperungen und Eingangs- und Ausgangsöffnungen	72
6.2.3.2	Fahrzeuge	72
6.2.3.3	Verschiedenes	72
6.2.3.4	Schiene	72
6.2.3.4.1	Streckensicherungssystem	72
6.2.3.4.2	Sicherheitsvorrichtungen entlang der Schiene, Bremsen	73
6.2.4	Autoskooter, Cartbahnen, Boote und Wildwasserbahnen, Rutschbahnen usw.	73
6.2.4.1	Autoskooter	73
6.2.4.1.1	Flächenabsperungen und Eingangs- und Ausgangsöffnungen	74
6.2.4.1.2	Fahrzeuge	74
6.2.4.1.3	Rückhaltevorrichtungen	74
6.2.4.1.4	Verschiedenes	74
6.2.4.1.5	Elektromechanische Anforderungen bei Autoskooter	74
6.2.4.2	Rennstrecken, Go-Cart-Bahnen	76
6.2.4.2.1	Flächenabsperungen und Eingangs- und Ausgangsöffnungen	76
6.2.4.2.2	Fahrzeuge	76
6.2.4.2.3	Rückhaltevorrichtungen	76
6.2.4.3	Motorrollerbahnen für Kinder	76
6.2.4.3.1	Flächenabsperungen und Eingangs- und Ausgangsöffnungen	76
6.2.4.3.2	Fahrzeuge	77
6.2.4.3.3	Rückhaltevorrichtungen	77
6.2.4.3.4	Verschiedenes	77
6.2.4.4	Motorbootbahnen	77
6.2.4.4.1	Allgemeines	77
6.2.4.4.2	Flächenabsperungen sowie Ein- und Ausgänge	77
6.2.4.4.3	Fahrzeuge	77
6.2.4.4.4	Rückhaltevorrichtungen	77
6.2.4.4.5	Verschiedenes	77
6.2.4.5.2	Fahrzeuge	78

6.2.4.5.3	Rückhaltevorrichtungen	78
6.2.4.5.4	Verschiedenes	79
6.2.4.6	Rutschbahnen, Rutschen usw.	79
6.2.4.6.1	Allgemeines	79
6.2.4.6.2	Flächenabsperungen und Eingangs- und Ausgangsöffnungen	79
6.2.4.6.3	Fahrzeuge	79
6.2.4.6.4	Rückhaltevorrichtungen	79
6.2.4.6.5	Verschiedenes	79
6.2.5	Schaugeschäfte, Buden, Ausspielungs- und Verkaufsgeschäfte, Irrgärten, Spiegelkabinett, Belustigungsgeschäfte, Labyrinth, Schlaghämmer und ähnliches	79
6.2.5.1	Belustigungsgeschäfte, Spiegelkabinett	79
6.2.5.1.1	Belustigungsgeschäfte	79
6.2.5.1.2	Spiegelkabinett	81
6.2.5.2	Ausspielungs- und Verkaufsgeschäfte	81
6.2.5.3	Schlaghämmer und ähnliche Anlagen	81
6.2.6	Transportable Tribünen, Manegen usw.	81
6.2.6.1	Transportable Tribünen	81
6.2.6.2	Manegen	81
6.2.7	Schießstände und -Anhänger, Schießgeräte	81
6.2.7.1	Flächenabsperungen und Eingangs- und Ausgangsöffnungen	81
6.2.7.2	Verschiedenes	82
6.2.7.3	Waffen	82
6.2.7.4	Munition	82
6.2.7.5	Ziele	82
6.2.8	Mechanische Systeme	83
6.2.8.1	Hydraulische und pneumatische Geräte	83
6.2.8.1.1	Allgemeine Anforderungen	83
6.2.8.1.2	Konstruktion	83
6.2.8.1.3	Endbegrenzung	83
6.2.8.1.4	Rohrleitungssystem	83
6.2.8.1.5	Schläuche	83
6.2.8.1.6	Behälter	83
6.2.8.1.7	Lüften	84
6.2.8.1.8	Grenzwerte für Drücke	84
6.2.8.1.9	Ausfallsicherheit	84
6.2.8.1.10	Überprüfung	84
6.2.8.1.11	Absenkung	84
6.2.8.1.12	Schutz	84
6.2.8.1.13	Notfall	84
6.2.8.1.14	Sauberkeit	84
6.2.8.2	Hubvorrichtungen	84
6.2.8.2.1	Winden	84
6.3	Herstellung und Lieferung	86
6.3.1	Allgemeines	86
6.3.2	Herstellung	86
6.3.2.1	Personal	86
6.3.2.2	Weitervergabe von Aufträgen und Lieferungen	86
6.3.2.3	Qualitätsanforderungen	86
6.3.2.3.1	Allgemeines	86
6.3.2.3.2	Qualitätsanforderungen	86
6.3.2.3.3	Zertifikate	86
6.3.2.4	Herstellungsprozeß	87
6.3.2.4.1	Allgemeines	87
6.3.2.4.2	Dauerhaftigkeit	87
6.3.2.4.3	Schweißen	87
6.3.2.4.3	Kunststoff-Verbundwerkstoffe	87
6.3.2.5	Sicherheitsvorkehrungen bei der Herstellung	88
6.3.2.5.1	Allgemeines	88
6.3.2.5.2	Elektrische Installationen	88
6.3.3	Lieferung	88
6.3.3.1	Handbücher	88
6.3.3.1.1	Allgemeines	88

6.3.3.1.2	Anleitungen für Montage und Demontage	88
6.3.3.1.3	Betriebsanleitungen	89
6.3.3.1.4	Anleitungen für Wartung	89
6.3.3.1.5	Sonderinformationen	89
6.3.3.1.6	Zeichnungen und Schaltpläne	89
6.4	Vorkehrungen vor der Benutzung	90
6.4.1	Allgemeines	90
6.4.2	Genehmigung	90
6.4.3	Zuständigkeiten	90
6.4.4	Prüfbuch	90
6.4.4.1	Allgemeines	90
6.4.4.2	Inhalt	90
6.4.4.3	Hinweise	90
6.4.5	Genehmigung für gebrauchte und importierte Fliegende Bauten	91
6.4.5.1	Verfahren	91
6.4.5.2	Übertragung	91
6.4.6	Kennzeichnung	91
7	Betrieb und Gebrauch von Fliegenden Bauten	92
7.1	Einleitung	92
7.2	Dokumentenstandard	92
7.3	Aufgaben und Befähigung des Personals	92
7.3.1	Anforderungen an Personal	92
7.3.2	Pflichten des Betreibers	92
7.3.3	Pflichten des Bedieners eines Fliegenden Baues	92
7.3.4	Pflichten der Aufsichtsperson	93
7.3.5	Schulung des Personals	93
7.4	Auf- und Abbau	93
7.4.1	Aufstellung des Fliegenden Baues	93
7.4.1.1	Anzeige	93
7.4.1.2	Bodenbeschaffenheit	93
7.4.1.3	Mindestanforderungen für die Aufstellung der Fliegenden Bauten	94
7.4.1.4	Plazierung und Lichtraum	94
7.4.2	Auf- und Abbau	94
7.4.2.1	Beaufsichtigung und Personal	94
7.4.2.2	Arbeitsweise	94
7.4.2.3	Sicherheit der Benutzer	95
7.4.3	Unterpallung und Standsicherheit	95
7.4.4	Instandhaltung der Ausrüstung	96
7.4.4.1	Mechanische Einrichtung	96
7.4.4.2	Hydraulische und pneumatische Einrichtung	96
7.4.4.3	Elektrische/elektronische Einrichtungen	96
7.4.4.4	Anlagen mit flüssigen und gasförmigen Brennstoffen	96
7.4.4.5	Sicherheitsvorrichtungen	96
7.4.4.6	Notfalleinrichtung	96
7.5	Probetrieb und Kontrollen	96
7.5.1	Inbetriebnahme nach dem Aufbau	96
7.5.2	Tägliche Kontrolle und Probelauf	97
7.5.3	Überprüfung der Notfalleinrichtung	97
7.6	Betrieb	97
7.6.1	Tägliche Inbetriebnahme	97
7.6.2	Einsteigen und Aussteigen der Fahrgäste	97
7.6.3	Betriebszeiten	98
7.6.4	Beaufsichtigung der Besucher	98
7.6.5	Hinweise für die Fahrgäste	98
7.6.6	Stillstand	98
7.7	Wartung, Reparatur und Änderung	98
7.7.1	Allgemeines	98
7.7.2	Instandhaltung	98
7.7.3	Reparatur	99
7.7.4	Modifikationen	99
7.8	Unabhängige Untersuchungen	99

7.8.1	Unabhängige Hauptuntersuchung	99
7.8.1.1	Allgemeines	99
7.8.1.2	Prüfberichte und Verlängerung der Genehmigung	99
7.8.1.3	Vorgehensweise bei Prüfungen	100
7.8.1.4	Sichtprüfung	100
7.8.2	Gebrauchsabnahme	101
7.8.2.1	Allgemeines	101
7.8.2.2	Umfang der Gebrauchsabnahme	101
7.8.3	Untersuchungen nach Reparatur, Modifikation	101
7.8.4	Berichte	102
7.8.5	Untersuchungsabstände	102
7.8.6	Verlängerung und Übertragung	102
7.9	Sonderbestimmungen	102
7.9.1	Ausfall	102
7.9.2	Bergung	102
7.9.3	Schlechte Witterungsverhältnisse	102
7.9.4	Brand	102
7.9.4.1	Allgemeines	102
7.9.4.2	Verhalten bei Bränden	103
7.9.4.3	Maßnahmen im Brandfall	103
7.9.4.4	Zugang für Feuerwehr	104
7.9.4.5	Fluchtwege	104
7.9.4.6	Zusätzliche Brandschutzmaßnahmen	104
7.9.4.7	Feuerlöscher	107
Anhang A	(informativ) Ermüdungsnachweis	107
Anhang B	(normativ) Detaillierte Nachweisregeln	113
Anhang C	(normativ) Untersuchungsformulare	131
Anhang D	(normativ) Elektrische Installation und Steuerungssysteme	133
Anhang E	(informativ) Konstruktionsanleitung für Fahrgasteinheiten	141
Anhang F	(informativ) Prüfbuch für einen Fliegenden Bau	145 - 152

Vorwort

Diese Norm wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 152/WG 1 erarbeitet. Zum gegenwärtigen Zeitpunkt kann diese Norm nur unter Anwendung weiterer nationaler Normen angewendet werden, weil einige der anzuwendenden grundlegenden EN-Normen für die Anwendung dieser Norm noch nicht zur Verfügung stehen. Der Inhalt dieser Norm faßt, soweit wie möglich, die verschiedenen vorhandenen nationalen Vorschriften und Anleitungen zusammen.

Einleitung

Gegenstand der vorliegenden Norm ist die Festlegung von Sicherheitsanforderungen für Bauten und Anlagen, die Teile von oder selber Fliegende Bauten sind. Die Sicherheitsanforderungen dienen dazu, Personen und Gegenstände vor einem Unfallrisiko aufgrund von Mängeln bei Entwurf, Herstellung, Wartung, Betrieb dieser Einrichtungen oder Anlagen zu schützen.

Die Anforderungen wurden aufgrund früherer Erfahrungen und Gefahrenanalysen aufgestellt.

Anhang A ist ein informativer Teil dieser Norm, er enthält Leilinen für die Berechnung von Stahlbauteilen.

Die Anhänge B und C sind normative Teile dieser Norm, sie behandeln ausführlich die erforderlichen Berechnungs- und Sicherheitsregeln.

Anhang D behandelt die elektrische Instalation und Kontrollsysteme. Auf diesem Gebiet können sich durch künftige EN-Normen Änderungen ergeben.

Anhang E gibt Hinweise zu Fahrgasteinheiten und Anhang F enthält ein Muster für das Prüfbuch eines Fliegenden Baues.

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt grundlegende Anforderungen fest, um den sicheren Entwurf, Berechnung, Herstellung, Aufstellung, Wartung, Betrieb, Überprüfung und Prüfung von mobilen, vorübergehend oder dauerhaft installierten Fliegenden Bauten, wie z. B. Karussellen, Schaukeln, Booten, Riesenrädern, Achterbahnen, Rutschen, Tribünen, textilen und Membrankonstruktionen, Buden, Schaugeschäften und Aufbauten für artistische Vorstellungen usw., sicherzustellen. Im folgenden Fliegende Bauten genannt, sind diese sowohl zu einem wiederholten Aufbau ohne Substanzverlust als auch vorübergehend oder dauerhaft auf Messe- und Vergnügungsanlagen oder anderen Plätzen vorgesehen. Feste Tribünen, Baugerüste, Gerüste und entfernbare landwirtschaftliche Konstruktionen sowie einfache münzbetriebene Fliegende Bauten für Kinder, die nicht mehr als 2 Kinder tragen, sind nicht Gegenstand dieser Norm.

Diese Norm kann auch für den Entwurf von allen ähnlichen Bauten oder Fahrgast-Fördereinrichtungen, auch wenn sie hier nicht explizit erwähnt sind, verwendet werden.

2 Normative Verweisungen

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

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: Stahl
EN 287-2	Prüfung von Schweißern - Schmelzschweißen - Teil 2: Aluminium und Aluminiumlegierungen
EN 288	Anforderung und Anerkennung von Schweißverfahren für metallische Werkstoffe
EN 292-1	Sicherheit von Maschinen; Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze; Teil 1: Grundsätzliche Terminologie, Methodologie
EN 292-2	Sicherheit von Maschinen; Grundbegriffe, allgemeine Gestaltungsleitsätze; Teil 2: Technische Leitsätze und Spezifikationen
EN 294: 1992	Sicherheit von Maschinen; Sicherheitsabstände gegen das Erreichen von Gefahrstellen mit den oberen Gliedmaßen
EN 418	Sicherheit von Maschinen; NOT-AUS-Einrichtung, funktionelle Aspekte; Gestaltungsleitsätze
EN 696	Faserseile für allgemeine Verwendung - Polyamid

EN 697	Faserseile für allgemeine Verwendung - Polyester
EN 698	Faserseile für allgemeine Verwendung - Manila and Ssisal
EN 699	Faserseile für allgemeine Verwendung - Polypropylen
EN 700	Faserseile für allgemeine Verwendung - Polyethylen
EN 701	Faserseile für allgemeine Verwendung - Allgemeine Spezifikation
EN 719	Schweißaufsicht - Aufgaben und Verantwortung
prEN 780	Sechskantmuttern für hochfeste Schraubenverbindungen im Stahlbau, mit großer Schlüsselweite; Produktklasse B; Festigkeitsklassen 8 und 10
prEN 781	Sechskantschrauben für hochfeste Schraubenverbindungen im Stahlbau, mit großer Schlüsselweite (Gewindelängen nach ISO 888); Produktklasse C; Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9
prEN 783	Sechskantschrauben für hochfeste Schraubenverbindungen im Stahlbau, mit großer Schlüsselweite (Gewindelängen nach ISO 888); Produktklasse C; Festigkeitsklassen 8.8 und 10.9
prEN 784	Flache Scheiben gehärtet und angelassen für hochfeste Schraubenverbindungen im Stahlbau
prEN 785	Flache Scheiben mit Fase gehärtet und angelassen für hochfeste Schraubenverbindungen im Stahlbau
EN 818	Kurzgliebrige Rundstahlketten für Hebezwecke - Sicherheit
EN 954-1	Sicherheit von Maschinen - Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze
EN 919	Faserseile für allgemeine Verwendung - Bestimmung einiger physikalischer und mechanischer Eigenschaften
EN 982	Sicherheit von Maschinen - Sicherheitstechnische Anforderungen an fluidtechnische Anlagen und deren Bauteile - Hydraulik
EN 983	Sicherheit von Maschinen - Sicherheitstechnische Anforderungen an fluidtechnische Anlagen und deren Bauteile - Pneumatik
EN 1050	Sicherheit von Maschinen - Leitsätze zur Risikobeurteilung
EN 1176-3	Spielplatzgeräte - Teil 3: Zusätzliche besondere sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren für Rutschen
EN 1261	Faserseile für allgemeine Verwendung - Hanf
EN 10025	Warmgewalzte Erzeugnisse aus unlegierten Baustählen; Technische Lieferbedingungen (enthält Änderung A1:1993)
EN 10027	Bezeichnungssysteme für Stähle
EN 10083-1+A1	Vergütungsstähle - Teil 1: Technische Lieferbedingungen für Edelstähle (enthält Änderung A1:1996)
EN 10083-2+A1	Vergütungsstähle - Teil 2: Technische Lieferbedingungen für unlegierte Qualitätsstähle (enthält Änderung A1:1996)
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 ISO 12944	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme
EN 20898-1	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen; Teil 1: Schrauben (ISO 898-1:1988)
EN 24014	Sechskantschrauben mit Schaft; Produktklassen A und B (ISO 4014:1988)
EN 24016	Sechskantschrauben mit Schaft; Produktklasse C (ISO 4016:1988)

EN 24017	Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf; Produktklassen A und B (ISO 4017:1988)
EN 24018	Sechskantschrauben mit Gewinde bis Kopf; Produktklasse C (ISO 4018:1988)
EN 24032	Sechskantmuttern, Typ 1; Produktklassen A und B (ISO 4032:1986)
EN 24034	Sechskantmuttern; Produktklasse C (ISO 4034:1986)
EN 25817	Lichtbogenschweißverbindungen an Stahl; Richtlinie für Bewertungsgruppen für Unregelmäßigkeiten (ISO 5817:1992)
EN 45004	Allgemeine Kriterien für den Betrieb verschiedener Typen von Stellen, die Inspektionen durchführen
EN 60204-1	Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen (IEC 60204-1:1997)
EN 60742	Trenntransformatoren und Sicherheitstransformatoren - Anforderungen (IEC 60742:1983 + A1:1992, modifiziert)
EN 60947	Niederspannungsschaltgeräte
EN 61496-1	Sicherheit von Maschinen - Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen (IEC 61496-1:1997)
prEN 61496-2	Sicherheit von Maschinen - Berührungslos wirkende Schutzeinrichtungen - Teil 2: Besondere Anforderungen an Einrichtungen, welche nach dem aktiven optoelektronischen Prinzip arbeiten
ENV 1991-1	Eurocode 1 - Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1: Grundlagen der Tragwerksplanung
ENV 1991-2	Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2 : Einwirkungen auf Tragwerke
ENV 1991-2-3	Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2-3: Einwirkungen auf Tragwerke - Schneelasten
ENV 1991-2-4	Eurocode 1: Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2-3: Einwirkungen auf Tragwerke - Windlasten
ENV 1992-1-1	Eurocode 2: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken; Teil 1-1: Grundlagen und Anwendungsregeln für den Hochbau
ENV 1993-1-1	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten; Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau
ENV 1995-1-1	Eurocode 5 - Berechnung und Bemessung von Holzbauwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln, Bemessungsregeln für den Hochbau / Achtung: deutscher Titel geändert
ENV 1997-1	Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
ENV 1999-1-1	Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumbauten - Teil 1-1: Allgemeine Regeln - Allgemeine Bemessungsregeln und Bemessungsregeln für den Hochbau
HD 384.4.43 S1	Elektrische Anlagen von Gebäuden; Teil 4: Schutzmaßnahmen; Kapitel 43: Überstromschutz
HD 384.4.473 S1	Elektrische Anlagen von Gebäuden; Teil 4: Schutzmaßnahmen; Kapitel 47: Anwendung der Schutzmaßnahmen; Abschnitt 473: Schutzmaßnahmen gegen Überstrom
HD 384.4.41 S2	Elektrische Anlagen von Gebäuden - Teil 4: Schutzmaßnahmen - Kapitel 41: Schutz gegen elektrischen Schlag (IEC 60364-4-41:1992, modifiziert)
ISO 209-1	Knetaluminium und Aluminium-Knetlegierungen; chemische Zusammensetzung und Erzeugnisformen; Teil 1: Chemische Zusammensetzung
ISO 209-2	Knetaluminium und Aluminium-Knetlegierungen; chemische Zusammensetzung und Erzeugnisformen; Teil 2: Erzeugnisformen
ISO 3755	Stahlguß für allgemeine Verwendungszwecke
ISO 6309	Brandschutz; Sicherheitszeichen
ISO 6362-1	Stranggepreßte Stangen, Rohre und Profile aus Knetaluminium und Aluminium-Knetlegierungen; Teil 1: Technische Bedingungen für Abnahmeprüfung und Lieferung

ISO 6362-2	Stranggepreßte Stangen, Rohre und Profile aus Knetaluminium und Aluminium-Knetlegierungen; Teil 2: Mechanische Eigenschaften
ISO 6362-3	Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen; Stranggepreßte Stangen, Rohre und Profile; Teil 3: Stranggepreßte Rechteckstangen; Maße, Maß- und Formtoleranzen
ISO 6362-4	Stranggepreßte Stangen, Rohre und Profile aus Knetaluminium und Aluminium-Knetlegierungen; Teil 4: Strangpreßprofile; Maß- und Formtoleranzen
ISO 6362-5	Aluminium und Aluminium-Knetlegierungen; Stranggepreßte Stangen, Rohre und Profile; Teil 5: Stranggepreßte Rund-, Vierkant- und Sechskantstangen
ISO 7090	Flache Scheiben, angefast; normale Reihe; Produktklasse A
ISO 7413	Sechskantmutter für Stahlbauverschraubungen, Typ 1, feuerverzinkt (mit Übermaß geschnitten); Produktklassen A und B; Festigkeitsklassen 5, 6 und 8
IEC 99-1	Surge arresters. Non-linear resistor type gapped surge arresters for a.c. systems
IEC 364-5-54	Electrical installations of buildings. Part 5 : Selection and erection of electrical equipment. Chapter 54 : Earthing arrangements and protective conductors
IEC 439-2	Low-voltage switchgear and controlgear assemblies; part 2: particular requirements for busbar trunking systems (busways)
IEC 61508-1	Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme - Teil 1: Generelle Anforderungen

3 Definitionen

3.1

Fliegender Bau

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

3.2

Unabhängige Prüfstelle

Unabhängige Organisation, die in der Lage und nach den speziellen, in Kraft befindlichen Regelungen befugt ist, Drittprüfungen auszuführen, wie Zulassungen, Überprüfungen und Abnahmen der Fliegenden Bauten vorzunehmen.

3.3

Erstabnahme

Prüfung der technischen Unterlagen und Berechnungen, Untersuchungen und Abnahme-Prüfungen, die von der unabhängigen Prüfstelle durchgeführt werden, bevor ein Fliegender Bau zum erstenmal in Gebrauch geht.

3.4

Prüfbuch

In diesem Buch sind sowohl alle notwendigen Dokumentationen über die Benutzung und die Geschichte des Fliegenden Baues, beginnend mit dem Konstruktionsentwurf, der Prüfung der Berechnungen und dem Abnahmeverfahren durch eine Drittstelle als auch die Bescheinigungen des Herstellers enthalten. Die gültige Genehmigung für den Betrieb der Einrichtung wie auch alle technischen Dokumente sind in gebundener Form darin gesammelt.

3.5

Genehmigung

Bewilligung zur Ausführung und zum Betrieb eines Fliegenden Baues in einem Mitgliedsstaat, der von einer dazu bestimmten gesetzlich befugten Stelle nach erfolgreicher Erstabnahme ausgestellt wird.

3.6

Unabhängige Hauptuntersuchung

Verfahren und Untersuchungen, mit denen die unabhängige Prüfstelle feststellt, ob der Zustand des Fliegenden Baues einen weiteren, sicheren Betrieb erlaubt oder ob er eine sofortige - oder innerhalb einer bestimmten Zeit - Behebung von Mängeln erforderlich ist, um eine Verlängerung der Genehmigung für den nächsten Betriebszeitraum zu erteilen.

3.7

Genehmigungsstelle

Nationale Behörde oder Stelle, die rechtlich befugt ist, eine Genehmigung für einen Fliegenden Bau zu erteilen und die Prüfbücher auszustellen.

3.8

Modifikation

Jede Veränderung sowohl der Bestandteile als auch der Steuerung eines Fliegenden Baues einschließlich des Einbaues eines sicherheitsrelevanten Bauteiles oder die Reparatur von sicherheitsrelevanten Bauteilen, die zu einer Abweichung von den Spezifikationen der ursprünglichen Konstruktion führen.

3.9

Reparatur

Die Wiederherstellung eines einwandfreien Zustands von sicherheitsrelevanten Bauteilen oder sicherheitsrelevanten Baugruppen durch Ausbessern oder Ersetzen abgenutzter, beschädigter oder gealterter Teile.

3.10

Sicherheitsrelevantes Bauteil

Jedes Bauteil eines Fliegenden Baues von dem die Sicherheit der Benutzer abhängig ist.

3.11

Zugangsfläche

Der Teil eines Fliegenden Baues, von dem die Benutzer in die Fahrzeuge ein- oder aussteigen, beschränkt auf den Teil der Flächen, zu denen während des Betriebs der Einrichtung der Zugang verhindert ist.

3.12

Fahrgasteinheit

Diejenigen Bauteile (z. B. Sitzvorrichtungen, Fußrostan, Handgriffe und Rückhaltevorrückungen), die konstruiert wurden, um zu verhindern, daß sich Fahrgäste außerhalb eines vorgegebenen Umrisses auf einem Fahrgeschäft entweder aufgrund der Kräfte durch das Fahrgeschäft oder aufgrund ihres Verhaltens bewegen.

3.13

Fahrzeug

Die Teile eines Fahrgeschäftes, in denen die Fahrgäste aufgenommen werden.

3.14

Podium

Horizontale oder gering geneigte Fläche, die sich über die angrenzende Fläche erhebt, im allgemeinen für den Zugang und Abgang von Fahrgästen und Zuschauern sowie als Stehplatz für Zuschauer bestimmt.

3.15

Laufstege und Rampen

Horizontale oder gering geneigte Gänge, die verschiedene Flächen miteinander verbinden, für den Zugang und Abgang von Fahrgästen und Zuschauern bestimmt, die sich vorrangig in eine Richtung bewegen.

3.16

Treppe

Eine Reihe von Stufen, deren Stufen 0,24 m Höhe nicht überschreiten.

3.17

Bediener (Operator)

Die Person, die von dem Betreiber eines Fliegenden Baues ernannt wurde, den Betrieb des Fliegenden Baues , wenn er für die Besucher zur Verfügung steht, durchzuführen.

3.18

Aufsichtsperson

Jede Person, die ernannt wurde, unter der Aufsicht oder Anleitung eines Bedieners beim Betrieb eines Fliegenden Baues mitzuwirken.

3.19

Betreiber eines Fliegenden Baues

Die Person oder Organisation, die die allgemeine Verfügungsgewalt über einen Fliegenden Bau hat. Das kann eine natürliche oder juristische Person sein, die einen Fliegenden Bau besitzt oder der Konzessionär oder Pächter, der für eine bestimmte Zeit die Verfügungsgewalt über den Fliegenden Bau durch den Besitzer garantiert hat.

3.20

Tägliche Kontrolle

Eine Routineüberprüfung, um zu bestimmen, ob ein Fliegender Bau in dem erforderlichen Zustand ist, um weiterhin sicher betrieben werden zu können.

3.21

Probefahrt

Fahrt zu Testzwecken eines Fliegenden Baues, bei der keine Fahrgäste befördert werden.

3.22

Instandhaltung

Austausch oder Ergänzung von Bauteilen und Betriebsstoffen, die in bestimmten Abständen ausgetauscht werden müssen.

4 Formelzeichen

Sämtliche Formelzeichen werden zusammen mit den jeweiligen Einheiten in den einzelnen Abschnitten erläutert.

5 Allgemeine Anforderungen an Konstruktion, Berechnung und Überprüfung

5.1 Bauvorlagen

5.1.1 Allgemeines

Zu den Bauvorlagen gehören alle für die Beurteilung der Stand- und Betriebssicherheit bei der Bearbeitung des Bauantrages und bei der nachfolgenden Abnahme durch die unabhängigen Prüfstellen erforderlichen Unterlagen. Diese Dokumente müssen alle Bauzustände für den Betrieb der Fliegenden Bauten umfassen. Dazu sind eine Bau- und Betriebsbeschreibung, Konstruktionszeichnungen und eine umfassende Spannungs-, Ermüdungs- und Standsicherheits-Analyse nach 5.1.4 und eine Beschreibung der Betriebssicherheit notwendig.

5.1.2 Bau- und Betriebsbeschreibung

In dieser Beschreibung ist der Fliegende Bau, im speziellen seine Konstruktion und Nutzung und sein statisches System zu erläutern. Ausreichende Einzelheiten der mechanischen (als auch der hydraulischen, pneumatischen usw. Ausrüstung), der elektrischen und elektronischen Ausrüstung einschließlich aller Steuereinrichtungen sind aufzuführen. Zur Beschreibung gehören Angaben über Besonderheiten des Fliegenden Baues und eventuelle Aufstellungsvarianten, über Hauptabmessungen und darüber hinausgehende Bewegungsräume, Abgrenzungen, konstruktive Merkmale und Werkstoffe, Bewegungssysteme, Antriebsarten, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, elektrotechnische Einrichtungen, Funktions- und Betriebsabläufe und eventuelle Einschränkungen des Benutzerkreises.

5.1.3 Konstruktions- und Herstellungszeichnungen

Diese sind für alle Baugruppen und Einzelteile erforderlich, deren Bruch oder Ausfall die Stand- oder Betriebssicherheit der Einrichtung gefährden könnte. Die Konstruktionszeichnungen müssen alle für Prüfungen und Erstabnahmen notwendigen Maße und Abmessungen aller Querschnitte, weitere Einzelheiten zu Werkstoffen, Bauteilen, Befestigungseinrichtungen und Verbindungselementen sowie zu Geschwindigkeiten enthalten. Die Konstruktionszeichnungen müssen folgendes enthalten:

- Übersichtszeichnungen im Grund- und Aufriß und im Querschnitt je nach Größe des Fliegenden Baues in einem der folgenden Maßstäbe:
 - 1 : 100, 1 : 50 or 1 : 20. Der für bewegliche Teile erforderliche Freiraum muß gekennzeichnet sein. Andere Maßstäbe dürfen verwendet werden, wenn die Erkennbarkeit von einfachen Gegenständen gewahrt bleibt.
- Detailzeichnungen in einem größeren Maßstab, z. B. 1:10, 1:5, 1:2,5, oder 1:1, von allen in den Übersichtszeichnungen nicht klar erkennbaren Bauteilgruppen sowie Detailzeichnungen von Verbindungselementen und Einzelheiten baulicher, mechanischer und elektrischer Natur, welche die Sicherheit des Fliegenden Baues und seinen Betrieb beeinflussen.
- Zu diesem Zweck kann eine Darstellung folgender Dinge erforderlich sein:
 - der Drehwerke, Hub- und Schwenkeinrichtungen einschließlich ihrer Lager, Antriebe und Steuerungen, Hub- und Schwenkbereiche;
 - der Wagen bzw. Gondeln u.ä., dargestellt in allen notwendigen Ansichten und Querschnitten, mit Einzelheiten zu Außenabmessungen, der für die Fahrgäste wichtigen Innenabmessungen (Sitze, Seiten- und Rückenlehnen, Bein- und Fußraum), Festhaltungsmöglichkeiten, Absperr- und Sicherheitseinrichtungen;
 - der Fahrwerke mit Angaben über Lauf- und Sicherungsrollen, Lager, Achsen, Deichseln und ihre Anbringung und deren Arten von Bewegungen relativ zum Wagen, der Lenkung und Steuerung sowie der Rücklaufsicherung, Sicherheitseinrichtungen gegen Entgleisung und Umstürzen, Puffer, Anhängervorrichtungen, Schutzeinrichtungen, Antriebe und Bremsen, Verankerung mit dem Untergrund;
 - Elektroschaltpläne, Pneumatik- und Hydraulikschaltpläne.

5.1.4 Grundsätze für die rechnerischen Nachweise

5.1.4.1 Der Nachweis von Grenzzuständen muß folgendes enthalten:

- Nachweis der Grenzzustände;
- Ermüdungsfestigkeitsnachweis;
- Stabilitätsnachweis, d. h. Knicken von Stäben, Plattenbeulen, Schalenbeulen;
- gegebenenfalls Formänderungsnachweis (gemäß Theorie erster oder zweiter Ordnung);
- Nachweis der Sicherheit gegen Umkippen, Gleiten und Abheben vom Untergrund;

- dynamische Berechnung.

5.1.4.2 Der vorgenannte Nachweis muß unter anderem folgendes enthalten:

- Die Lastannahmen unter Berücksichtigung der möglichen Betriebszustände bzw. der Aufstellungsvarianten. Bei bewegten Teilen sind Geschwindigkeit bzw. Drehzahl und Beschleunigung anzugeben. Spezielle Kräfte, die während der Aufstellung von Fliegenden Bauten auf diese einwirken könnten (z. B. Teile, die nicht dafür bemessen sind, begangen zu werden) sollten beachtet werden.
- Hauptabmessungen und Werte der Querschnitte aller tragenden Bauteile und detaillierte Angaben zur Beurteilung der Ermüdungsfestigkeit;
- Angaben über Werkstoffe und Bauteile;
- Bestimmung der ungünstigsten Spannungen (Ober- und Unterspannung und Spannungsschwingbreite) und Angaben zur Festigkeit von tragenden Bauteilen und Verbindungselementen. Wenn Berechnungen zur Beurteilung der Grenzzustände von Einzelteilen als unzureichend angesehen werden, so darf der Nachweis der Standsicherheit auch durch die Prüfung durch eine unabhängige Prüfstelle ersetzt werden, die für die entsprechende Prüfnorm akkreditiert ist. Die Prüfstelle muß die notwendige Anzahl von Prüfungen durchführen unter Berücksichtigung der notwendigen Anzahl von Proben, Prüfverfahren, Prüfbericht usw. in Übereinstimmung mit den relevanten ENs oder bei Nichtvorhandensein solcher, mit äquivalenten nationalen Normen;
- Angaben über elastische Verformungen (Durchbiegung, Verdrehung), soweit diese Einfluß auf die Stand- oder Betriebssicherheit der Einrichtung haben;
- Angaben zu Bauteilen, die einer speziellen Überprüfung und Kontrolle nach 5.6.3.1 bedürfen.

5.2 Auswahl der Werkstoffe

5.2.1 Eignung

Für Bauteile dürfen nur Werkstoffe verwendet werden, für die in entsprechenden Normen des Bauwesens, d. h. EN-Normen für Baustähle, Bemessungsangaben enthalten sind.

Andere Werkstoffe dürfen nur verwendet werden, wenn der Nachweis ihrer Brauchbarkeit erbracht ist, oder ENV 1993 die Verwendung spezieller Stahllegierungen festlegt. Im allgemeinen dürfen nur die nachfolgend genannten Stähle verwendet werden. Wenn Verbindungen im Tragwerk geschweißt werden müssen, muß der Konstrukteur die Schweißeignung der verwendeten Werkstoffe nach den entsprechenden EN-Normen beachten.

5.2.2 Empfohlene Stähle

5.2.2.1 Stähle für Bauteile

S235JRG2	nach EN 10025
S275JR	nach EN 10025
S355JO	nach EN 10025
GS-52	nach (ISO 3755) ¹⁾
2 C 35	nach with EN 10083-1 ¹⁾

5.2.2.2 Stähle für Maschinenteile

S235JRG2	nach EN 10025
S355JO	nach EN 10025
E 295	nach EN 10027 ¹⁾
E 335	nach EN 10027 ¹⁾
E 360	nach EN 10027 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⁾

¹⁾ Nicht für geschweißte Teile

42CrMo4	nach EN 10083-1 ¹⁾
51CrV4	nach EN 10083-1 ¹⁾
GS-45.3	nach ISO 3755 ¹⁾

Werkstoffe, deren technologische Werte (mechanische, chemische und Ermüdungseigenschaften) in EN-Normen aufgeführt sind oder, wenn diese nicht vorhanden sind, in entsprechenden nationalen Normen, dürfen auch für Maschinenteile verwendet werden.

5.2.3 Aluminiumlegierungen

Aluminiumlegierungen für schwingende Beanspruchungen sind nach Europäischen Normen oder äquivalenten nationalen Normen auszuwählen.

Die folgenden Aluminiumlegierungen sollten vorzugsweise verwendet werden:

Für Bauteile:

ISO 6362	entspricht	AA ²⁾	entspricht	ENV 1999-1-1
AlSi1MgMn		6082 F28		EN AW-Al Si Mg Mn T4
		6082 F31		EN AW-Al Si Mg Mn T6
AlMgSi0,5		6063 F22		EN AW-Al Mg 0,7 Si T6

Für Schrauben und Nieten:

ISO 6362	entspricht	AA ²⁾	entspricht	ENV 1999-1-1
AlSi1MgMn		6082 F21		EN AW-Al Si Mg Mn T4
		6082 F28		EN AW-Al Si Mg Mn T4
		6082 F31		EN AW-Al Si Mg Mn T6
Al-Cu4MgSi		2017 F38		
		2017 F42		

Aluminiumlegierungen mit einem Quotient $f_{0,2\%} / f_u > 0.8$ und einer Dehnung (Bruchdehnung) von weniger als $\varepsilon \leq 10\%$ dürfen für Bauteile und Befestigungselemente nicht verwendet werden.

5.2.4 Holz

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

5.2.5 Kunststoff-Verbundwerkstoffe

Kunststoff-Verbundwerkstoffe sind nach zukünftigen Europäischen Normen oder, wenn diese nicht vorhanden sind, nach den nationalen Normen für Anwendungen von Kunststoff-Verbundwerkstoffen im Bauwesen zu verwenden.

5.2.6 Beton

Beton ist nach ENV 1992 für die Anwendung von Beton im Bauwesen zu verwenden.

5.2.7 Befestigungselemente

Schrauben und Bolzen der Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 6.8, 8.8 und 10.9 nach EN 20898-1 (und ISO 898).

Nieten nach Europäischen Normen oder, wenn diese nicht vorhanden sind, nach nationalen Normen.

Blindnieten nach EN oder, wenn diese nicht vorhanden sind, nach nationalen Normen, vorausgesetzt, ihre Eignung für den vorgesehenen Zweck wurde nach EN-Normen oder, wenn diese nicht vorhanden sind, nach 5.1.4.2 experimentell nachgewiesen.

¹⁾ siehe Seite 16

²⁾ AA (d. h. Aluminium Association)

5.3 Lastannahmen

5.3.1 Allgemeines

Im allgemeinen müssen alle zutreffenden Einwirkungen nach ENV 1991: "Grundlagen von Entwurf, Berechnung und Bemessung sowie Einwirkungen auf Tragwerke" gewählt werden. Anpassungen an die speziellen Bedingungen von Fliegenden Bauten sind nachfolgend angeführt:

5.3.2 Ständige Einwirkungen

Im allgemeinen ist für Fliegende Bauten eine sehr genaue Annahme der ständigen Einwirkungen möglich. Sofern Änderungen auftreten können, müssen die Werte G_{kh} und G_{kl} berücksichtigt werden, um die zutreffende Reaktion des Bauwerkes beurteilen zu können. Andernfalls ist ein einziger charakteristischer Wert G_k ausreichend.

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

Hierzu gehören das tatsächliche Eigengewicht des Tragwerks, des Zubehörs und der zum Betrieb notwendigen technischen Einrichtungen sowie Verkleidungen, Besspannungen, Dekorationen und dergleichen. Der Einfluß von trockenem und nassem Werkstoff ist zu berücksichtigen (G_{kh} und G_{kl}).

Die ständigen Einwirkungen sind nach ENV 1991 zu bestimmen. Von Maschinenteilen, elektrischer Ausrüstung, Wagen, Gondeln und dergleichen sind die Eigenlasten nachzuweisen.

5.3.3 Veränderliche Einwirkungen

5.3.3.1 Verkehrslasten

5.3.3.1.1 Allgemeines

Diese bestehen aus äußeren Lasten und aufgetragten Verformungen (z. B. Verkehrslasten, Kreiselkräfte, dynamischen Lasten, Wind- und Schneelasten, Temperaturbeanspruchungen oder Senkungen), die auf ein Bauteil wirken und in bezug auf ihre Größe, Richtung und Angriffspunkt (zeitliche sowie räumliche Änderung) während des normalen Betriebes veränderlich sind.

5.3.3.1.2 Vertikale Verkehrslasten

5.3.3.1.2.1 Für fahrgastaufnehmende Einheiten (Fahrzeuge, Wagen, Gondeln) sind die folgenden Lasten anzunehmen:

– **je Person über 10 Jahre**

0,75 kN für alle Ermüdungsberechnungen und für Einheiten mit 2 oder mehr Fahrgästen;

1,0 kN für Einheiten mit einem Fahrgast (für Berechnungen im statischen Fall);

– **je Person bis zu 10 Jahre**

0,50 kN in beiden Fällen.

Werden die reduzierten Lasten für Personen bis zu 10 Jahren angewendet, kann es erforderlich sein, sich auf 7.6.2 zu beziehen.

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

Allgemeiner öffentlicher Zugang:

$$q_k = 3,5 \text{ kN/m}^2$$

für Böden, Treppen, Treppenabsätze, Rampen, Zu- und Abgänge u. ä. in Fahrgeschäften und Bauten (Zelte, Schaugeschäfte);

$$q_k = 5,0 \text{ kN/m}^2$$

für Tribünen, deren Treppen und Treppenabsätze; und als erhöhter Wert für die oben genannte Kategorie für den Fall, daß besonders dichte Menschenmengen erwartet werden.

$$q_k = 2 \text{ kN/m}^2$$

in von Besuchern begangenen Dreh- bzw. Auslegerbereichen während des Betriebs (Aus- und Einsteigen); oder die doppelte Fahrgastlast aller Plätze nach 5.3.3.1.2.1, jeweils der ungünstigere Wert, um eine ausreichende Berücksichtigung des Fahrgastwechsels sicherzustellen.

$Q_k = 1 \text{ kN je Stufe}$

für Treppen; alternativ eine Flächenlast nach obigem Abschnitt, was immer der ungünstigere Fall ist.

1,5 kN/m

für Sitzbretter in Sitzreihen pro Sitzreihe und für Fußböden zwischen festen Sitzreihen, es sei denn, es ergeben sich höhere Lasten aus der Anwendung von Flächenbelastungen ($p = 3,5 \text{ kN/m}^2$).

Ohne Zugang für die Öffentlichkeit:

1,5 kN/m²

für alle Fußböden, Podien, Rampen, Treppen, Laufstege u. ä., die von einzelnen Personen begangen werden oder 1,5 kN individuelle Last, was immer der ungünstigere Fall ist.

5.3.3.1.3 Horizontale Verkehrslasten

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

Für Böden mit öffentlichem Zugang, die für eine Flächenlast von $p = 3,5 \text{ kN/m}^2$ ausgelegt sind:

0,5 kN/m

auf der Höhe des Handlaufes.

0,1 kN/m

auf halber Höhe des Handlaufes.

Für Böden mit öffentlichem Zugang, die für eine Flächenlast von $p = 5,0 \text{ kN/m}^2$ ausgelegt sind:

1 kN/m

auf der Höhe des Handlaufes.

0,15 kN/m

auf halber Höhe des Handlaufes.

Für Böden ohne öffentlichen Zugang, die für eine Flächenlast von $p = 1,50 \text{ kN/m}^2$ ausgelegt sind:

0,30 kN/m

auf der Höhe des Handlaufes.

0,10

kN/m auf halber Höhe des Handlaufes.

Bei Wandtafeln ohne speziellen Handlauf sind die oben genannten Werte - wo zutreffend - anzuwenden auf Handlaufhöhe, jedoch nicht höher als 1,2 m.

5.3.3.1.3.2 Um eine ausreichende Längs- und Quersteifigkeit von Tribünen und ähnlichen Einrichtungen mit Sitz- oder Stehplatzmöglichkeiten zu gewährleisten, ist zusätzlich zu einer eventuellen Windkraft nach 5.3.3.4 eine in Fußbodenhöhe angreifende horizontale Seitenkraft in der jeweils ungünstigsten Richtung 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 Antriebskräfte und Bremskräfte

Antriebskräfte und Bremskräfte sind für den gewählten Antrieb oder die gewählten Bremsen (z. B. Gleichstrommotor, 3-Phasen-Wechselstrommotor, hydraulischer Antrieb usw.) zu berechnen und sind mit diesen Werten in die Berechnung einzuführen. Bei hydraulischen Zylindern ist der Einfluß des Anfahrens und des Abbremsens durch geeignete Konstruktionsmaßnahmen in beherrschbaren Grenzen zu halten und bei der Berechnung zu berücksichtigen.

Im allgemeinen sind die Brems- bzw. Anfahrkräfte entsprechend dem tatsächlichen Brems- bzw. Motorverhaltens (Beschleunigung/Verzögerung) zu berechnen.

$$B = a_b \cdot (m_v + m_p)$$

(1)

Dabei sind:

B Bremskraft/Anfahrkraft

- a_b Beschleunigung beim Bremsen bzw. Starten
- m_v Masse bewegter Teile
- m_p Gesamtmasse der Fahrgäste nach 5.3.3.1.2.1.

Bei kreisförmiger Bewegung sind die entsprechenden Parameter in die Gleichung einzusetzen. Es ist sorgfältig darauf zu achten, daß geschwindigkeitsverringende Einheiten zugelassen werden. Ein eventueller Stoßfaktor ist zu berücksichtigen (siehe auch 5.3.5.1).

Bei Fahrgeschäften mit Geschwindigkeiten, die einen Wert von 3 m/s nicht überschreiten, dürfen die Antriebskräfte bzw. Bremskräfte mit $a_b = 0,7 \text{ m/s}^2$ angenommen werden, wenn keine genauere Berechnung durchgeführt wird.

5.3.3.3 Lasten aus Abstützen und Rückhaltung

Diese Lasten sind bei der Konstruktion von Rückhaltevorrichtungen und Fahrgasteinheiten sowie Handläufen und Abstützeinrichtungen in Fahrzeugen zu berücksichtigen. Es müssen alle verschiedenen Situationen während des Fahrablaufs sowie Einsteigen und Aussteigen und Notsituationen berücksichtigt werden. Die Kräfte, die durch die Fahrgäste verursacht werden, die sich selbst gegen die Rückhaltevorrichtungen oder andere Teile der Fahrgasteinheit (z. B. Fußstützen) stemmen, müssen berücksichtigt werden. Die Größe der Abstützkräfte ist abhängig von der detaillierten Konstruktion der Fahrgasteinheit. Die bei der Berechnung angewendeten Werte sollten nicht kleiner als 500 N sein.

5.3.3.4 Windlasten

5.3.3.4.1 Windlasten im allgemeinen

Die Windlasten sind abgeleitet aus ENV 1991-2-4 unter Berücksichtigung der Besonderheiten von Fliegenden Bauten im Hinblick auf:

- den Aufstellungsort;
- die Dauer und die Jahreszeit der Aufstellung;
- den Gebrauch unter der Aufsicht eines Betreibers;
- Möglichkeiten zum Schutz und zur Verstärkung.

Die Werte aus Tabelle 1 können für herkömmliche Fahrgeschäfte oder Bauten angewendet werden, die in Gebieten verwendet werden, in denen die Referenzwindgeschwindigkeit nach den Karten in Anhang A von ENV 1991-2-4 $v_{\text{ref},0} \leq 28 \text{ m/s}$ ist (wenn die Fahrgeschäfte oder Bauten außer Betrieb sind) und wenn der Betrieb der Fahrgeschäfte bei einer Windgeschwindigkeit von $v_{\text{ref},0} \geq 15 \text{ m/s}$ (im Betriebszustand der Fahrgeschäfte oder Bauten) eingestellt wird.

Die Fahrgeschäfte oder Bauten sind zu schützen, aus windexponierten Lagen zu entfernen oder bei einer tatsächlichen Windgeschwindigkeit von $v_{\text{ref},0} \geq 25 \text{ m/s}$ zu verstärken.

Bei der Berechnung von Tabelle 1 wurden folgende Annahmen getroffen:

- $v_{\text{ref}(p)} = 0,85 v_{\text{ref},0}$ im Ruhezustand der Anlage (gemittelt über die letzten 5 Jahre)
- $c_{\text{tem}} = 0,80$ (für Höhen von 0 m bis 20 m), anwendbar, weil Schutz, Verstärkung und Überdachung möglich ist (der Konstrukteur muß die Überdachungs- und Verstärkungsmaßnahmen festlegen).

Fahrgeschäfte oder Bauten dürfen nicht empfindlich gegen dynamische Beanspruchungen sein, weil ein dynamischer Faktor von $c_d = 0,90$ (unempfindlich gegen dynamische Beanspruchungen) in dem Tabellenwert enthalten ist.

Folgende weitere Annahmen sind in den Tabellenwerten enthalten $c_{\text{dir}} = 1,0$, $c_{\text{alt}} = 1,0$, $c_t = 1,0$ (Terrainkategorie III).

Für andere Aufstellplätze mit $v_{\text{ref},0} > 28 \text{ m/s}$ (nach den Karten in Anhang A von ENV 1991-2-4 oder aufgrund der örtlichen Situation oder der Höhe über Null) müssen Berechnungen für Fahrgeschäfte oder Bauten vorgelegt werden, welche die Standfestigkeit für die örtlichen Bedingungen nachweisen. In den Konstruktionsberechnungen müssen die erforderlichen Einrichtungen durch Berechnung nachgewiesen werden.

Tabelle 1: Windlast für Fliegende Bauten

Bauhöhe	Druck $q_{eq} = q_{ref} \times c_e(z_e) \times c_d$ (kN/m ²) für Referenzwindgeschwindigkeiten	
	$v_{ref,0} \leq 15$ m/s (in Betrieb)	$v_{ref,0} \leq 28$ m/s (außer Betrieb)
0 ≤ 8 m	0,15	0,35
8 ≤ 20 m	0,20	0,50
20 ≤ 50 m	0,40	0,95

Die Windlast je Einheit kann mit folgender Gleichung berechnet werden:

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

Für exponierte Standorte (z. B. Küsten und Berge, die nicht Terrainkategorie III sind; andere Topographie und Rauhgigkeit) sind die Windlasten von ENV 1991-2-4 unter Berücksichtigung der örtlichen Rauhgigkeits- und Topographiebeiwerte usw. anzuwenden.

Die Formfaktoren für die unterschiedlichen Gebäudeformen sind ENV 1991-2-4 zu entnehmen.

Auf der Grundlage früherer Erfahrungen mit Fliegenden Bauten herkömmlicher Bauart dürfen die Formfaktoren für auf den Bildern 1a und 1b dargestellten oder ähnlichen Gebäudeformen mit Hilfe der hier angegebenen Faktoren ermittelt werden. Die Höhe der Bauten darf 8 m nicht überschreiten.

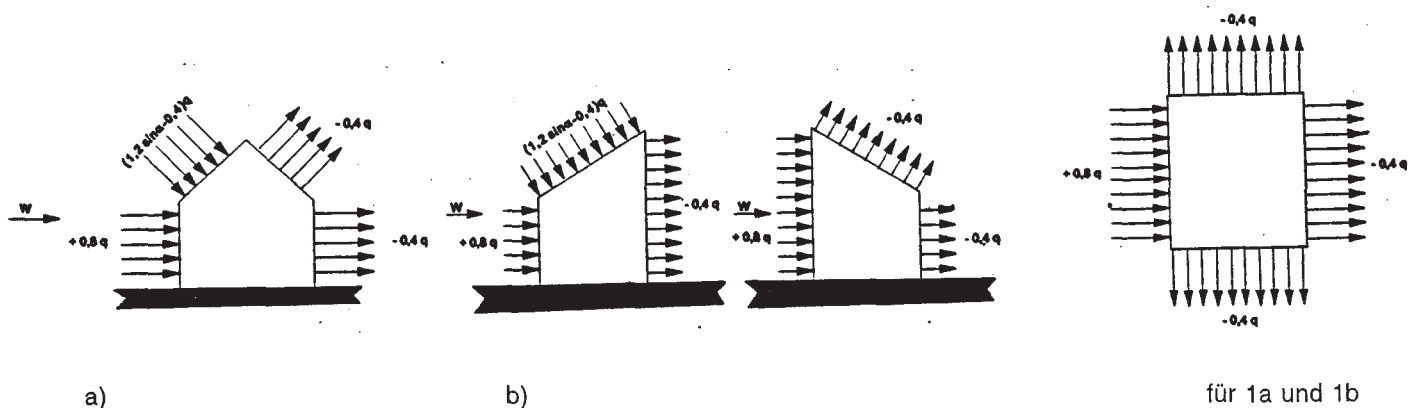


Bild 1: Aerodynamische Beiwerte für Bauten herkömmlicher Gestalt

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 unter der Bedingung angenommen werden, daß der Betrieb eingestellt wird, wenn die Windgeschwindigkeit $v_{10} = 15$ m/s überschritten wird (in einer Höhe von 10 m gemessen). Die Windangriffsfläche aus Verkehrslast (z. B. Umrisse der Fahrgäste) ist zu berücksichtigen.

5.3.3.5 Schneelasten

5.3.3.5.1 Schneelasten müssen nach ENV 1991-2-3 angenommen werden.

5.3.3.5.2 Schneelasten brauchen nicht berücksichtigt zu werden für Fliegende Bauten, die:

- in Gebieten aufgestellt werden, in denen Schnee sehr unwahrscheinlich ist; oder
- nur in schneefreien Jahreszeiten betrieben werden;
- wo durch die Konstruktion oder die Betriebsbedingungen das Ansammeln von Schnee auf dem Fliegenden Bau verhindert wird; oder

- wo durch vorgeplante Maßnahmen während des Betriebs das Ansammeln von Schnee verhindert wird.

Die letztgenannte Bedingung kann erreicht werden, wenn:

- ausreichende Heizvorrichtungen installiert und betriebsbereit sind; und
- die Heizung eingeschaltet wird, bevor der Schneefall einsetzt; und
- der Fliegend Bau so beheizt wird, daß die gesamte Dachverkleidung eine Temperatur über + 2 °C auf allen Teilen aufweist (dies gilt nicht für isolierte Verkleidungen); und
- die Verkleidung so konstruiert und verspannt ist, daß ein Zusammenfließen des Wassers oder eine andere Verformung der Verkleidung nicht auftreten kann.

5.3.3.5.3 Reduzierte Schneelasten mit $0,2 \text{ kN/m}^2$ über die gesamte Dachfläche können für den Fall angenommen werden, daß sichergestellt werden kann, daß die Schneehöhe $h = 8 \text{ cm}$ nicht überschreitet, indem der Schnee stets entfernt wird.

5.3.3.5.4 Diese Einschränkungen bezüglich Schneelasten sind im Prüfbuch anzugeben.

5.3.3.6 Trägheitskräfte, z. B. Fliehkräfte, Kreiselkräfte und Corioliskräfte

Diese Kräfte sind nach den vorherrschenden Bedingungen für den Einzelfall zu bestimmen, siehe z. B. Anhang B für die Bestimmung dieser Kräfte für verschiedene Typen von Fliegenden Bauten.

5.3.3.7 Anprall

Der Einfluß aus Anprallkräften braucht nur für unmittelbar betroffene Bauteile und ihre Verankerungen berücksichtigt zu werden.

Der Anprall ist an der ungünstigsten Stelle des betroffenen Bauteiles anzunehmen, und die Berechnung ist bezogen auf einen vollbesetzten Wagen durchzuführen ($1,0 m_q$).

Wenn ein Anprall nur unter einem Winkel kleiner als 90° möglich ist, so ist für den Anprall $m_q \sin \alpha$ anzunehmen, der Wert für die Berechnung darf jedoch nicht weniger als $0,3 m_q$ betragen.

Sofern der Anprall nicht beabsichtigter Teil der Konstruktion oder Zweck des Fahrgeschäftes ist, ist der Anprall als eine Außergewöhnliche Einwirkung anzunehmen (siehe 5.3.6.3).

5.3.4 Seismische Kräfte

Diese Einwirkungen sind nur auf spezielle Anforderung zu berücksichtigen. Seismische Kräfte sind im allgemeinen nur für die Bedingung außer Betrieb zu berücksichtigen.

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

5.3.5.1 Stöße

Ist ein Auftreten von Stoßkräften in Anlagen oder in Teilen davon während der Fahrbewegung zu erwarten (z. B. an Gleisverbindungen oder durch Abnutzung), dann sind die zu berücksichtigenden sich bewegend Lasten (Eigenlast und Verkehrslast) mit einem Stoßfaktor von mindestens $\phi_1 = 1,2$ zu multiplizieren, es sei denn, die Art des Betriebes und der Anlage erfordern einen höheren Wert. Werden wesentlich höhere Werte für die Stoßkräfte (z. B. durch Gleisverbindungen) während der Probeläufe an der fertigen Anlage festgestellt und können diese Stoßkräfte nicht durch bauliche Maßnahmen auf ihren Auslegungswert verringert werden, dann ist der Stoßfaktor in einer modifizierten Berechnung entsprechend zu erhöhen. Die beim Anfahren und Abbremsen auftretenden Kräfte, z. B. bei hydraulischen Zylindern, werden nicht als Stoßkräfte berücksichtigt (vielmehr als veränderliche Einwirkung), siehe in diesem Zusammenhang auch 5.3.3.2.

5.3.5.2 Schwingungen direkt befahrener Bauteile

Wegen der Schwingwirkung in direkt befahrenen Bauteilen, z. B. Achterbahnschienen, sind alle Schnittgrößen im Wagen und den direkt befahrenen Bauteilen mit dem Schwingbeiwert $\varphi_2 = 1,2$ zu multiplizieren.

Bei entsprechendem Nachweis darf ein geringfügig niedrigerer Wert von $1,0 \leq \varphi_2 < 1,2$ angenommen werden. Ohne Schwingbeiwert sind zu berechnen:

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

Für bestimmte Anlagen kann es erforderlich werden, zusätzliche Sondermaßnahmen zur Verringerung oder Dämpfung unzulässiger Schwingungen (z. B. Resonanzen) zu fordern.

5.3.6 Lastkombinationen

5.3.6.1 Allgemeines

Die Grenzzustände für Fliegende Bauten sind mit folgenden Kombinationen und partiellen Sicherheitsbeiwerten zu berechnen.

5.3.6.2 Grundkombinationen

Die Bemessungswerte der Einwirkungen sind auf folgende Art zu kombinieren:

$$\Sigma 1,35 G_k \quad (3)$$

$$\Sigma 1,1 G_k + \Sigma 1,35 Q_{k,i} \quad (4)$$

Beide Fälle sind zu überprüfen, mit:

$\gamma_G = 1,1 \text{ or } 1,35$	Teilsicherheitsbeiwert für ständige Lasten;
$\gamma_Q = 1,35$	Teilsicherheitsbeiwert für veränderliche Lasten;
G_k	charakteristischer Wert für die ständige Last;
$Q_{k,i}$	charakteristischer Wert für eine der veränderlichen Lasten.

5.3.6.3 Kombinationen von außergewöhnlichen Einwirkungen

$$\Sigma G_k + A_d + Q_{k,i} \quad (5)$$

$Q_{k,i}$	charakteristischer Wert für die veränderliche Last;
A_d	Bemessungswert der außergewöhnlichen Einwirkung.

Für Fliegende Bauten sind neben den seismischen Kräften keine weiteren außergewöhnlichen Lasten anzunehmen. Seismische Kräfte sind nur auf Anforderung zu berücksichtigen.

5.3.6.4 Ermüdungskombinationen

Jeder Teilspannungsspielbereich von Kräften, der zum Gesamtspektrum aller auf ein einzelnes Teil einwirkenden Kräfte beiträgt, ist durch einen partiellen Sicherheitsbeiwert von mindestens $\gamma_{Ff} = 1,00$ in den Nachweis einzubinden. Kombinationsbeiwerte sind nicht anzuwenden.

5.4 Grundsätze für die statischen Berechnungen

5.4.1 Allgemeines

Die Grenzwerte für sämtliche unterschiedlichen Lasten und Reaktionen (Kräfte) sind für die einzelnen Lasten nach Abschnitt 5.3 getrennt zu bestimmen. Es ist nachzuweisen, daß kein relevanter Grenzzustand die Bemessungseigenschaften übersteigt. Die Grenzzustände aufgrund der Kombination von Einwirkungen sind zu berechnen. Es ist nachzuweisen, daß der Bemessungswert der inneren Kräfte oder Momente die entsprechende Festigkeit des betreffenden Teiles nicht überschreitet und der Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit nicht überschritten wird. Bezüglich Prüfungen siehe 5.4.2.

Besondere Beachtung ist auf den Nachweis der Grenzwerte in bezug auf Verformung und Standsicherheit zu richten, da hier der Verformungsgrenzwert der entscheidende Wert sein kann. Er darf mittels Theorie 2. Ordnung ermittelt werden.

Alle Nachweise sind für die ungünstigste Belastung aufzustellen. Dabei sind die ständigen, die veränderlichen und außergewöhnlichen Lasten sowie die dynamischen Lasten stets in der Stellung und Größe anzunehmen, die für die zu berechnenden Bauteile die ungünstigsten Beanspruchungen ergeben. Bei baulichen Konstruktionen und mechanischen Komponenten sowie Ausrüstungsgegenständen, die nicht dauernd vorhanden sind, ist auch zu untersuchen, ob bei deren Wegfall ungünstigere Verhältnisse auftreten können.

Nicht genormte Gleichungen sind in geschriebener Form mit Symbolen nach EN- oder ISO-Normen zu dokumentieren. Für solche Gleichungen ist die Quelle anzugeben, wenn diese Quelle allgemein zugänglich ist. Sonst ist die Ableitung der Gleichung so darzustellen, daß ihre Richtigkeit geprüft werden kann.

Wenn EDV-Berechnungen durchgeführt werden, ist besonderes Augenmerk auf die Richtlinien zur Überprüfung von EDV-Berechnungen bei der Dritt-Prüfung der technischen Unterlagen zu legen. Eindeutige Angaben zu Software, Gleichungen, Einheiten usw. sind vorzulegen. Eingabe- und Ausgabedaten sind vollständig auszudrucken. Die Überprüfung solcher Berechnungen muß mit einer unabhängigen Software erfolgen. Die Richtigkeit der Annahmen bzgl. Eingabe- und Ausgabedaten sind im Zuge der Erstabnahme umfassend zu überprüfen.

Der Bemessungswiderstand ist nach der folgenden Gleichung zu ermitteln:

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

R_d	Bemessungswert der Werkstoffeigenschaft;
R_k	charakteristischer Wert der Werkstoffeigenschaft;
$\gamma_M = 1,1$	Teilsicherheitsbeiwert für die Werkstoffeigenschaft bei statischen Lastkombinationen;
$\gamma_{M f}$	Teilsicherheitsbeiwert für die Werkstoffeigenschaft bei Kombinationen von Ermüdungseinwirkungen (siehe Tabelle 5)

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

5.4.2 Grundsätze für die statischen Berechnungen für verschiedene Arten von Fliegenden Bauten

5.4.2.1 Bedingungen für die Berechnung von Rundfahrgeschäften

Rundfahrgeschäfte sind im Ruhezustand und im Betriebszustand sowohl mit Vollbelastung als auch unter der Annahme zu berechnen, daß nur ein Teil der Einrichtung belastet wird. Einseitige Belastung bedeutet, daß mindestens die Sitze besetzt sind, die auf 1/4 bzw. 3/4 des Umfanges liegen. Der allgemeine Spannungsnachweis ist für eine solche einseitige Belastung auszuführen.

Das Kippmoment durch die einseitige Belastung bei einer Besetzung der Sitze von mindestens 1/6 des Umfanges 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 Umfanges durchzuführen. Die entsprechenden Sektorteile sind für den ungünstigsten Fall auszuwählen, und jene Sitze, die sich am Sektorrund befinden, sind in die Berechnung mit einzubeziehen.

Ein analoges Verfahren ist für mehrsitzige Gondeln anstatt von Einzelsitzen anzuwenden. Bei 18 und mehr gleichmäßig auf dem Umfang verteilten Sitzen kann unter bestimmten Umständen eine größere einseitige Belastung für eine ausreichende Kippsicherheit maßgebend sein. Dabei ist das Verhältnis zwischen M_{St} (Standmoment) und M_K (Kippmoment) unter Berücksichtigung der Teilsicherheitsbeiwerte nach Tabelle 2 zu beachten.

Ist ein Rundfahrgeschäft derart konstruiert, daß sie sich auch in Gegenrichtung drehen kann, so sind für die Dimensionierung beide Drehrichtungen in Betracht zu ziehen.

5.4.2.2 Grundsätze für Konstruktion und Berechnung für Fahrzeuge

Die Sitze und Gondeln sind für diejenigen Einwirkungen zu bemessen, die sich aus Eigenlasten, Verkehrslast und der Bewegung ergeben. Wenn Sitze gelenkig gelagert werden, so sind diese so anzuordnen, daß keine Gefahr von Zwängungen besteht. Die Befestigung der Sitze auf den Auslegern ist ebenfalls für diese Lasten auszulegen.

Die Armlehnen, Rückenlehnen, Sicherheitsgurte, Ketten, Seile und die damit verbundenen Verschlußvorrichtungen müssen die oben genannten Lasten aus der Fahrgastzuladung aufnehmen können. Die Bewegungen von Fahrgeschäften sind so auszulegen und abzusichern, daß die Fahrgäste in ihren Sitzen in Relation zur Bewegung der Fahrgeschäfte sicher untergebracht sind. Die Struktur von Sitzen und Gondeln ist so zu konstruieren und zu dimensionieren, daß die auftretenden Lasten (beispielsweise Anfahr- und Bremslasten, Stoßkräfte, Lasten aufgrund von Ungleichgewichten und Lasten, die von Fahrgästen auf Rückhaltevorrichtungen, Geländer usw. ausgeübt werden) sicher in die Konstruktion eingeleitet werden und Probleme aufgrund von Werkstoffermüdung vermieden werden.

5.4.2.3 Karusselle mit mehreren Bewegungen

5.4.2.3.1 Allgemeines

Bei Karussellen, bei denen sich bewegte Teile um mehrere Achsen in verschiedenen Ebenen drehen können, sind alle auftretenden Kräfte für die gewählten Winkelgeschwindigkeiten zu ermitteln, außer die dabei auftretenden Fliehkräfte sowie Anfahr- bzw. Bremskräfte, und eventuell auftretende Stoßkräfte, die Corioliskräfte sind zu berücksichtigen, wenn die Richtung einer oder mehrerer Drehachsen geändert wird, oder die Kräfte, die durch Präzession des Kreisels hervorgerufen werden.

Bei Karussellen ohne Winkelbeschleunigung und bei denen der Rotor angenähert ein rotationssymmetrischer Körper (Kreisel) ist, der um seine Hauptachse rotiert, beträgt das Kreiselmoment:

$$M_{Kr} = \sin \alpha [I_3 \omega \omega_p + (I_3 - I_2) \omega_p^2 \cos \alpha] \quad (7)$$

Dabei ist:

- α Winkel zwischen Dreh- und Präzessionsachsen;
- I_3 Massenträgheitsmoment des Rotors um seine Drehachse;
- I_2 Massenträgheitsmoment des Rotors um eine rechtwinklige Drehachse.

Es ist zu beachten, daß ω und ω_p positiv oder negativ sein können (nach der Rechten-Hand-Regel).

Bei einem flach geformten Rotor und $\alpha = 90^\circ$ ergibt sich folgende vereinfachte Gleichung:

$$\text{Standmoment } M_{Kr} = I_3 \omega \cdot \omega_p \quad (8)$$

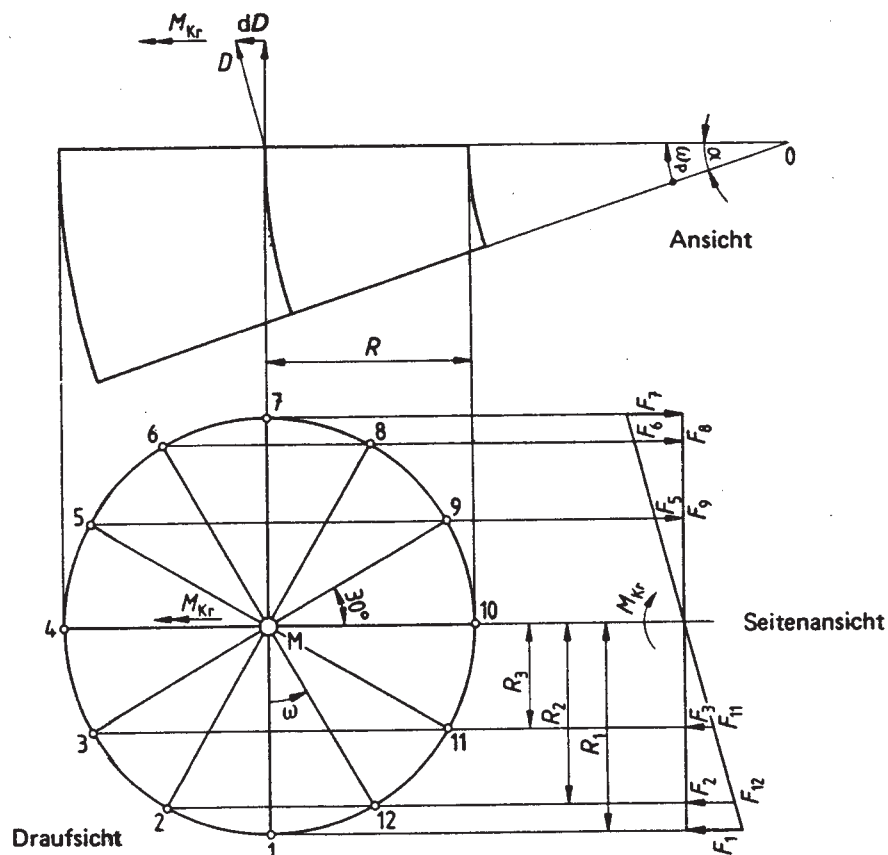


Bild 2: Beispiel für die Bestimmung des Kreiselmomentes und die Weiterverfolgung seines Einflusses für ein mit einer Winkelgeschwindigkeit ω rotierendes Drehwerk mit 12 Auslegern, das um den Winkel α gedreht wird

In Bild 2 ist:

D	der Drall;
dD	die Dralländerung;
M_{Kr}	das Kreismoment;
R_i	der Radius;
ω	die Winkelgeschwindigkeit um die Drehachse;
ω_p	die Winkelgeschwindigkeit der Präzession.

Die Last je Ausleger aus dem Standmoment beträgt:

$$F_i = M_{Kr} \frac{R_i}{\sum_i R_i^2} \quad (9)$$

5.4.2.3.2 Rundfahrgeschäft nur mit ebener Bewegung

Wo das Karussell eine ebene Bewegung bei konstanter Drehgeschwindigkeit um nur zwei parallele Achsen ausführt, können die absoluten Geschwindigkeiten und Beschleunigungen (unter Berücksichtigung der Relativbewegungen und Coriolisbeschleunigungen) nach Bild 3 wie folgt berechnet werden:

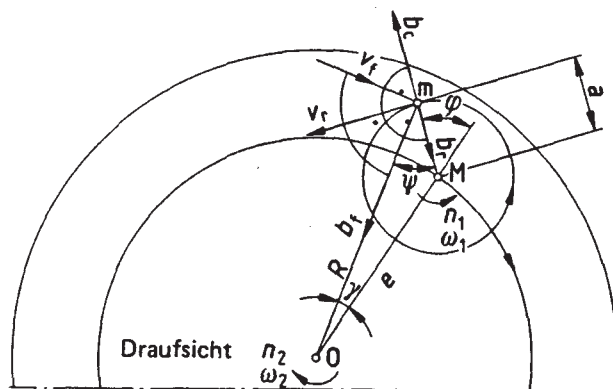


Bild 3: Geschwindigkeiten und Beschleunigungen des Massenpunktes m

In Bild 3 ist:

M	umlaufender Drehmittelpunkt;
O	feststehender Drehmittelpunkt.

Bedeutung der Indizes:

f	für geführt;
r	für relativ;
c	für Coriolisbeschleunigung.

Ohne Index bedeutet Absolutwert.

Geschwindigkeiten:

$$\vec{v} = \vec{v}_f + \vec{v}_r \quad (10)$$

$$v_f = R \omega_2 \quad (11)$$

$$v_r = a \omega_1 \quad (12)$$

$$\vec{R} = \vec{a} + \vec{a} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{[\theta + a - (a - a \cos \varphi)]^2 + [a \sin \varphi]^2} \\ &= \sqrt{\theta^2 + 2 \theta a \cos \varphi + a^2} \end{aligned} \quad (14)$$

$$v_{r \parallel \varphi_0} = -v_r \sin \varphi \quad (15)$$

$$v_{r \perp \varphi_0} = +v_r \cos \varphi \quad (16)$$

$$v_{f \parallel \varphi_0} = +v_f \sin \gamma \quad (17)$$

$$v_{f \perp \varphi_0} = -v_f \cos \gamma \quad (18)$$

$$\sin \gamma = \frac{a \sin \varphi}{\sqrt{\theta^2 + 2 \theta a \cos \varphi + a^2}} \quad (19)$$

$$\cos \gamma = \frac{\theta + a \cos \varphi}{\sqrt{\theta^2 + 2 \theta a \cos \varphi + a^2}} \quad (20)$$

$$v = \sqrt{(\sum v_{\parallel \varphi_0})^2 + (\sum v_{\perp \varphi_0})^2} \quad (21)$$

Richtung von v :

$$\cot \delta = \frac{v_{\parallel \varphi_0}}{v_{\perp \varphi_0}} \quad (22)$$

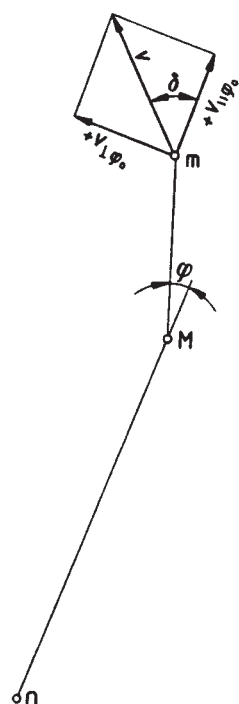


Bild 4: Zerlegung der Geschwindigkeit v

Beschleunigungen:

$$\vec{b} = \vec{b}_f + \vec{b}_r + \vec{b}_c \quad (23)$$

$$b_f = R \omega_2^2 \quad (24)$$

$$b_r = a \omega_1^2 \quad (25)$$

$$b_c = 2 \omega_2 v_r \quad (26)$$

$$b_n = b_r - b_c + b_f \cos \psi \quad (\text{normal}) \quad (27)$$

$$b_t = b_f \sin \psi \quad (\text{tangential}) \quad (28)$$

$$R \sin \psi = e \sin \varphi \quad (29)$$

$$\sin \psi = \frac{e}{R} \sin \varphi \quad (30)$$

$$R \cos \psi = e \cos \varphi + a \quad (31)$$

$$\cos \psi = \frac{e \cos \varphi + a}{R} \quad (32)$$

$$b = \sqrt{b_n^2 + b_t^2} \quad (33)$$

Die obigen Ableitungen gelten nur für ω_1 in entgegengesetzter Richtung zu ω_2 .
Wenn ω_1 die gleiche Rotationsrichtung wie ω_2 auf Bild 3 hat, kehrt sich die Richtung von b_c um.

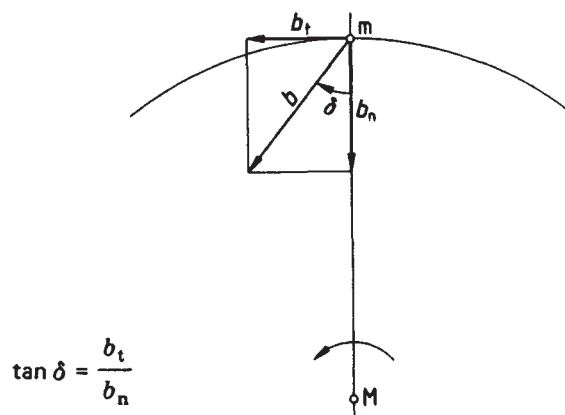


Bild 5: Richtung der Beschleunigung b

5.4.2.3.3 Karussells auf Schienenbahnen

5.4.2.3.3.1 Mit zentraler Auslegerführung, mit Innen- oder Außenantrieb

Bei solchen Karussellen sind mögliche Zwänge und Biege- und Torsionsmomente in den Auslegern aufgrund der Art der Gondel- oder Sitzbefestigung zu beachten. Die Schienen bzw. die Laufbahn sind so zu bemessen, daß die Durchbiegung unter der Radlast $\neq 500$ nicht überschreitet.

5.4.2.3.3.2 Ohne zentrale Führung

Die Kippsicherheit der Wagen ist durch Erhöhung der Führungsschienen oder mittels Sicherheitsrollen o. ä. oder gegebenenfalls durch beide Vorkehrungen sicherzustellen. In einem ersten Schritt bei der Berechnung der Kippsicherheit der Unterkonstruktion für einen resultierenden totalen partiellen Sicherheitsbeiwert von mindestens $\gamma = 1,0$ darf die Verankerung mit dem Untergrund nicht berücksichtigt werden. Um Kippsicherheit mit einem partiellen Sicherheitsbeiwert nach 5.5.1 zu erreichen, darf die Verankerung in der Berechnung berücksichtigt werden.

5.4.2.3.3.3 Karussells mit wellenartiger Laufbahn

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

5.4.2.3.3.4 Karussells mit mehreren Drehwerken

Bei solchen Einrichtungen ist speziell auf Auswirkungen der Corioliskräfte auf die Konstruktion zu achten.

Bei nicht zwangsgesteuerten Drehbewegungen (freie Drehbarkeit oder fahrgastbedingte Drehung), sind die Auswirkungen der Drehbewegungen der eigenständigen Drehachsen zu untersuchen. Bei Auslegerflugkarussellen (z. B. Round-up, Twister, Hully-Gully), deren Gondeln gehoben werden können, sind die Auswirkungen der Kräfte, die während des Anhebens und Senkens, Anfahrens und Abbremsens auftreten können, unter besonderer Berücksichtigung ungünstiger Effekte aufgrund von Stoß- und Fliehkräften zu berücksichtigen.

Dabei sind die Auswirkungen der genannten Kraftwirkungen auf den einzelnen Ausleger, auf das gesamte Karussell und auf die Kippsicherheit des Karussells in der jeweils ungünstigsten Stellung jeweils für statische Lastkombinationen zu untersuchen. Die Annahmen von 5.4.2.2 mit unausgeglichenen Lasten sind zu berücksichtigen. Nach 5.6.3 sind Ermüdungsberechnungen durchzuführen. Die Teleskop-Hebevorrichtungen müssen zwangsfrei gelagert und knicksicher bemessen sein. Gleiches gilt sinngemäß für Hubkarussells. Unvermeidliche Beschleunigungen bei der Teleskop-Hebevorrichtung zu Beginn und Ende eines Hubvorganges müssen, soweit sie nicht durch Dämpfungsglieder gemildert werden, bei der Bemessung der Karussellbauteile durch eine entsprechende Lasterhöhung berücksichtigt werden.

Die Absenkgeschwindigkeit darf 1,0 m/s nicht überschreiten oder, wenn sie kleiner ist, den doppelten Wert der normalen Betriebsgeschwindigkeit für den Fall, daß die hydraulischen Druckleitungen der Hubzylinder brechen. Die Anforderungen nach 6.2.8 sind zu berücksichtigen.

5.4.3 Hochgeschäfte mit schienengebundenen Fahrzeugen

5.4.3.1 Schiene

Die Längsneigung der Schiene ist so zu begrenzen, daß die resultierende Kraft senkrecht zu ihr auch im ungünstigsten Fall niemals unter 0,2 g fällt. Dieser Wert gilt bei Zügen auch für den Wagen mit der höchsten Geschwindigkeit. Fällt die resultierende Kraft unter diesen Wert, so sind die Fahrgäste gegen Abheben nach 6.2.2 zu sichern.

Folgende Gleichung kann zur Bestimmung der theoretischen Querneigung α der Schiene angewendet werden, die die Querkraft auf das Fahrzeug bei einer bestimmten Geschwindigkeit Null werden läßt:

$$\tan \alpha = \frac{v^2 \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \cos \gamma + \frac{v^2}{R_v} \right)} \quad (34)$$

Der Winkel α ist rechtwinklig zu R_h und zur Schiene zu messen.

In Gleichung (34) bedeuten:

- v die Fahrzeuggeschwindigkeit;
- γ die Schienenlängsneigung;
- R_h der horizontale Radius;
- R_v der vertikale Radius;
- (+ Wanne; - 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.

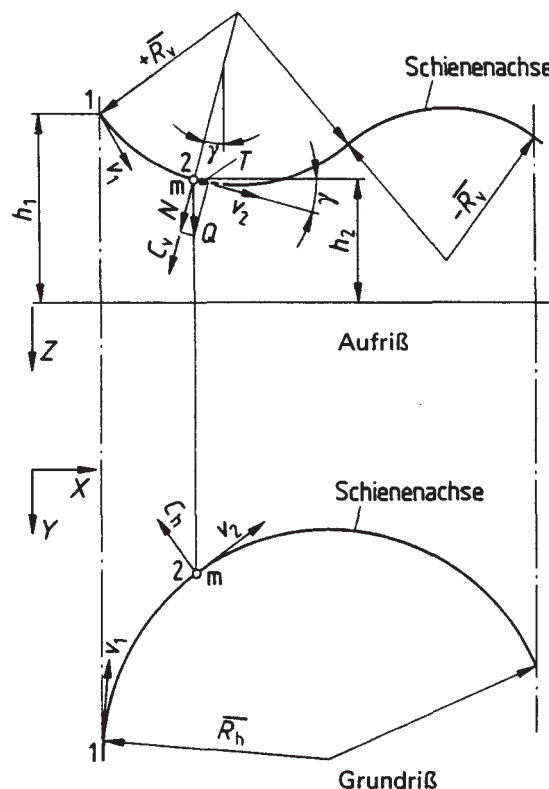


Bild 6: Aufriß und Grundriß des Schienenverlaufs

Die maximale Querneigung der Schiene ist an den Stellen, an denen die Fahrzeuge betriebsmäßig zum Stillstand kommen können (z. B. an Sicherheitsbremsen) auf einen Höchstwert von 25° zu begrenzen. Der Schienenverlauf ist so zu wählen, daß die unmittelbaren theoretischen Beschleunigungsänderungen den absoluten Wert von $2\ g$ nicht überschreiten. Dies ist auf den Massenmittelpunkt bezogen und schließt weitere Berechnungen für die Beschleunigung auf den Fahrgast nicht aus. Geschwindigkeit, Beschleunigungen und Kräfte können nach Gleichung (46) für den Massenmittelpunkt berechnet werden. Bei mehrfach verbundenen Fahrzeugen ist der gesamte Massenmittelpunkt anzuwenden.

In den Gleichungen (34) bis (46) werden folgende Formelzeichen verwendet:

- a Spurweite;
- e Schwerpunktsabstand;
- g Fallbeschleunigung;
- α theoretische Schienenquerneigung;
- β wirkliche Schienenquerneigung;
- γ Schienenlängsneigung;

δ	Anstellwinkel der Führungsrollen;
R_v	vertikaler Radius der Schienenachse;
R_h	horizontaler Radius der Schienenachse;
$\pm R_v$	vertikaler Radius des Massenschwerpunktes (+ entspricht Wanne, - entspricht Kuppe); " + " ist anzuwenden, wenn C_v so gerichtet ist, daß der Wagen gegen die Schiene gedrückt wird und " - ", wenn C_v so gerichtet ist, daß das Fahrzeug von der Schiene abhebt;
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 Rädern und Schiene;
μ_1	Reibbeiwert zwischen Führungsrollen und Schiene;
f	Hebelarm der Reibung;
μ_2	Reibbeiwert der Wälzlager;
A	projizierte Fläche, die das Fahrzeug dem Wind bietet;

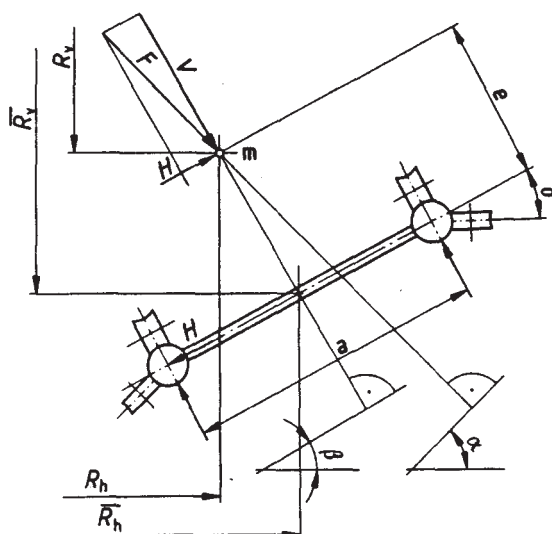


Bild 7: Schienenquerschnitt mit Trag- und Führungsrollen

c_f	Formbeiwert;
h	(= $h_1 - h_2$) Differenzhöhe;
Q	Fahrzeuglast und Fahrgastlast;
m	Masse
D_1	Lafraddurchmesser;
D_2	Führungsradurchmesser;
d_1	Durchmesser der Lafradachse;
d_2	Durchmesser der Führungsradachse;
v_1	Geschwindigkeit im Punkt 1;
v_2	Geschwindigkeit im Punkt 2;
l	wahre Schienenlänge von Punkt 1 bis Punkt 2;
h_1	Höhe im Punkt 1;
h_2	Höhe im Punkt 2;
ρ	Dichte der Luft.

Gleichungen:

$$R_h = \overline{R}_h - \theta \sin \beta \quad (35)$$

$$R_v = \overline{R}_v - \theta \cos \beta \quad (36)$$

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

$$m = \frac{Q}{g} \quad (37)$$

$$C_v = m \frac{v_m^2}{R_v} \quad (38)$$

$$C_h = m \frac{v_m^2 \cos^2 \gamma}{R_h} \quad (39)$$

$$v_m = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (40)$$

$$F = \sqrt{(Q \cos \gamma + C_v)^2 + C_h^2} \quad (41)$$

$$V = F \cos (\alpha - \beta) \quad (42)$$

$$H = F \sin (\alpha - \beta) \quad (43)$$

$$\tan \alpha = \frac{v_m^2 \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \cos \gamma + \frac{v_m^2}{R_v} \right)} \quad (44)$$

Reibungsbeiwerte:

$$\mu_1 = \frac{2f}{D_1} \quad (45a)$$

$$\overline{\mu}_1 = \frac{2f}{D_2} \quad (45b)$$

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

$$v_2^2 = v_1^2 + 2gh - c_f A \rho v_m^2 \frac{l}{m} - \left(\mu_1 + \mu_2 \frac{d_1}{D_1} \right) \frac{2l}{m} (V + |H| \tan \delta) - \frac{|H|}{\cos \delta} \left(\overline{\mu}_1 + \mu_2 \frac{d_2}{D_2} \right) \frac{2l}{m} \quad (46)$$

Wenn alle Werte eingesetzt werden, ergibt sich:

$$\begin{aligned}
 v_2^2 = v_1^2 + 2g \cdot h - c_f \cdot A \cdot \rho \cdot v_m^2 \cdot \frac{l}{m} - \sqrt{\left(Q \cdot \cos \gamma + m \frac{v_m^2}{R_v}\right)^2 + \left(m \frac{v_m^2 \cdot \cos^2 \gamma}{R_h}\right)^2} \\
 \cdot \cos \left[\arctan \frac{v_m^2 \cdot \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \cdot \cos \gamma + \frac{v_m^2}{R_v}\right)} - \beta \right] \cdot \left(\mu_1 + \mu_2 \frac{d_1}{D_1} \right) \frac{2 \cdot l}{m} \\
 - \frac{1}{\cos \delta} \sqrt{\left(Q \cdot \cos \gamma + m \frac{v_m^2}{R_v}\right)^2 + \left(m \frac{v_m^2 \cdot \cos^2 \gamma}{R_h}\right)^2} \cdot \sin \left[\arctan \frac{v_m^2 \cdot \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \cdot \cos \gamma + \frac{v_m^2}{R_v}\right)} - \beta \right] \\
 \cdot \left(\mu_1 + \mu_2 \frac{d_2}{D_2} \right) \frac{2 \cdot l}{m} - \tan \delta \sqrt{\left(Q \cdot \cos \gamma + m \frac{v_m^2}{R_v}\right)^2 + \left(m \frac{v_m^2 \cdot \cos^2 \gamma}{R_h}\right)^2} \\
 \cdot \sin \left[\arctan \frac{v_m^2 \cdot \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \cdot \cos \gamma + \frac{v_m^2}{R_v}\right)} - \beta \right] \cdot \left(\mu_1 + \mu_2 \frac{d_1}{D_1} \right) \frac{2 \cdot l}{m}
 \end{aligned} \tag{36}$$

Die Gleichung ist iterativ zu berechnen

$$v_m = \frac{v_1 + v_2}{2}$$

Bei der ersten Iteration kann v_m gleich v_1 gesetzt werden.

Da sich die Reibungsbeiwerte größenmäßig mit der Einlaufzeit, der Konstruktion, der Oberflächenbeschaffenheit der Schiene und der Witterung stark ändern können, muß eine Messung der tatsächlichen Geschwindigkeit und Beschleunigungen durchgeführt werden. Es darf sich keine wesentliche Abweichung von den berechneten Werten ergeben. Zusätzliche statische Berechnungen sind erforderlich, um die einzelnen Radkräfte zu berechnen. Bei hohen Drehzahlen mit engen Kurven oder Wendeln ist zu erwägen, ob die Festkörperdynamik zu berücksichtigen ist.

5.4.3.2 Traggerüst

Wird für die Fahrschiene über den Stützen mit Durchlaufwirkung gerechnet, dann ist eine Stützensenkung durch Abminderung des Stützmomentes um 50 % und eine Stützerhöhung durch Erhöhung des Stützmomentes um 25 % zu berücksichtigen. Die Erhöhung bzw. Abminderung der Momente braucht wegen der geringen zu erwartenden Spielzahlen beim Ermüdungsnachweis nicht berücksichtigt zu werden.

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

Die Kippsicherheit der Anlage bei Belastung durch Wind braucht im allgemeinen nicht nachgewiesen zu werden, es sei denn, daß durch besonders ungünstige Form oder außergewöhnliche Windangriffsflächen der Bauteile des Gerüsts (Dekorationen, Lichtleisten) oder durch Teil- oder Ganzverkleidungen von Gerüst oder Fahrbahn ungewöhnlich große Horizontalkräfte auftreten können.

5.4.3.3 Fahrzeuge

Alle Kräfte, die in Fahrgestell und 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 an Rädern, die an der Schiene anlaufen, abgeleitet werden.

Sind die Laufrollen nicht so gestaltet, daß sie auch Seitenführungskräfte aufnehmen können, dann sind dafür spezielle Führungsrollen bereitzustellen.

Die Fahrzeuge sind mit Entgleisungs- und Abhebesicherungen auszustatten. Abhebesicherungen (Roller oder Pratzen) sind in jedem Fall zu berechnen, um die wirklichen auf sie einwirkenden Kräfte nachzuweisen. Sie sind auf jeden Fall für mindestens 50 % des Fahrzeuggewichtes bei voll besetztem Fahrzeug zu bemessen, sogar dann wenn kein Abheben eintritt.

5.4.3.4 Bremsen

5.4.3.4.1 Jede Halte- oder Verzögerungsbremse (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 ¹⁾.

5.4.3.4.2 Sicherheitsbremsen sind für den vorgesehenen kleinsten Abstand zwischen Fahrzeugen oder Zügen so anzuordnen, daß sich zwischen zwei Fahrzeugen oder Zügen stets eine Bremse befindet.

Sicherheitsbremsen sind so auszulegen, daß die Bremsverzögerung einen Höchstwert von $7,0 \text{ m/s}^2$ nicht überschreitet ³⁾.

Für Sicherheitsbremsen, die nur in Notfällen verwendet werden, ist ein Ermüdungsfestigkeitsnachweis nicht zu führen. Für die Bemessung hinsichtlich der Bremsverzögerung ist vom höchsten erreichbaren Reibungsbeiwert für die gewählten Bremsflächenwerkstoffe auszugehen.

Für die Bemessung der wirksamen Bremslänge ist davon auszugehen, daß das Fahrzeug auch bei durch Witterungseinflüsse und Abnutzung gegebenem minimalem Reibbeiwert noch mit 1,2facher Sicherheit (bezogen auf den Reibungsbeiwert) zum Halten kommt. Muß die Betätigungskraft zum Ausgleich unterschiedlicher Reibungsbeiwerte vergrößert werden (abgesehen von geringen Änderungen infolge Abnutzung), so ist dies zu berücksichtigen. Die Grenzwerte sind an der fertigen Anlage zu überprüfen, wobei die Kleinstreibung möglichst auch für die Schiene, mindestens aber für die Bremsflächen, z. B. durch Wasserschmierung, herzustellen ist.

5.4.3.4.3 Verzögerungsbremsen sind auf Ermüdungsfestigkeit zu bemessen.

5.4.3.5 Rücklaufsicherungen

Anlagen, bei denen in der Auffahrtstrecke die Wagen oder Züge mittels Ketten, Seilen, Reibrädern oder durch eigenen Antrieb befördert werden, müssen in der Auffahrtstrecke mit Rücklaufsicherungen oder mit selbsttätig wirkenden Rücklaufbremsen versehen sein.

Wenn jedoch das rückwärtige Durchfahren der Bahnsteige mit voller Geschwindigkeit gefahrlos für die im Fahrzeug oder Zug befindlichen Fahrgäste ist, und wenn die Bahnsteige während der Fahrt des Wagens oder Zuges von Besuchern frei gehalten werden, darf in den Auffahrtstrecken auf Rücklaufsicherungen verzichtet werden. In der Regel wird dies bei Anlagen möglich sein, bei denen die gesamte Fahrstrecke von den besetzten Fahrzeugen während einer Tour mehrmals hintereinander durchfahren wird. Befinden sich mehrere Fahrzeuge oder Züge in der Bahn, kann auf Rücklaufsicherungen in den Bergstrecken verzichtet werden, wenn die einzelnen Streckenabschnitte durch ein ausfallsicheres Blocksystem mit automatisch gesteuerten Bremsen gesichert sind.

Wenn sich in der Fahrstrecke zwischen Aufzugs- bzw. Auffahrtende und Bahnhof bzw. der vor dem Bahnhof gelegenen Bremse planmäßig mehrere Fahrzeuge oder Züge befinden können, sind auch in den Bergstrecken der Fahrbahn nach den Tälern Rücklaufsicherungen einzubauen.

Die vertikale Steigungshöhe H bis Beginn der Rücklaufsicherung oder die sich bei Rückwärtsfahrt ergebende Höchstgeschwindigkeit darf die folgenden Grenzwerte nicht überschreiten. Mindestens einer der beiden Grenzwerte ist einzuhalten: $H = 7 \text{ m}$, $v = 42 \text{ km/h}$ bei in der Draufsicht gerader Rückwärtsfahrt ohne Schienenquerneigung; $H = 5 \text{ m}$, $v = 35 \text{ km/h}$ bei Rückwärtsfahrt in großen Kurven bei Schienenquerneigung bis 20° ; $H = 3,5 \text{ m}$, $v = 30 \text{ km/h}$ bei Rückwärtsfahrt in engeren Kurven bei Schienenquerneigungen $> 20^\circ$.

Es sind zwei Werte angegeben, weil bei Zügen H von der Zug-Schwerpunktshöhe abhängt, die nicht mit der Steigungshöhe identisch sein muß. Auch die Lage der Rücklaufsicherung am Zug ist für die vorherigen Grenzwerte von Bedeutung.

³⁾ Größere Bremsverzögerungen sind zulässig, wenn besondere Vorrichtungen (Schutzbügel) zum Schutz des Fahrgastes vorgesehen werden.

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 ist ein Ermüdungsfestigkeitsnachweis nicht zu führen. Wird das Fahrzeug in der Rücklaufsicherung schlagartig angehalten, dann ist für die Bemessung ein Stoßfaktor anzunehmen, der ohne exakten Nachweis mindestens mit 1/2 der größten vertikalen Rücklaufhöhe (h in Zentimeter (cm)) anzusetzen ist, jedoch mindestens 2,0 betragen muß. Für die Bemessung ist eine Last von $\varphi \cdot Q$ anzunehmen.

$$\varphi \geq 0,5 \cdot h \quad (47)$$

$$2,0 \leq \varphi \quad (48)$$

Diese zwei Bedingungen müssen erfüllt sein.

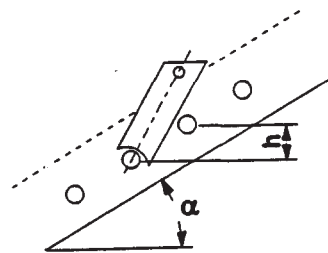


Bild 8: Stoßfaktor/Rücklaufhöhe

5.4.4 Sonstige Bahnen mit schienengebundenen Fahrzeugen

5.4.4.1 Konventionelle Bahnen (z. B. Kindereisenbahn, Kinder-Verkehrsgärten, Geisterbahnen und ähnliche Anlagen sowohl mit Normal- als auch mit Hängefahrzeugen)

Die in 5.4.3 aufgeführten Anforderungen gelten bezüglich Bemessung und Betriebssicherheit, soweit anwendbar.

Sind Fahrbahnträger und Stützen auch gleichzeitig Bestandteil der Überdachungskonstruktion, dann sind sie für die schwingende Belastung auf Ermüdungsfestigkeit zu bemessen.

5.4.4.2 Hängbahnen (Achterbahnen)

Die Analyse des dynamischen Verhaltens von Hängbahnen, die hängende Wagen mit einem (oder mehreren) Pendel- oder Rotationsfreiheitsgrad(en) haben, bedarf sorgfältiger Untersuchungen.

Bei Hängbahnen sind zusätzlich zum Lichtraumprofil (6.1.7.2) Freiräume in Größe der rechnerischen Pendelbewegung zuzüglich eines Sicherheitszuschlages sowohl nach der Auslenk- als auch nach der Gegenseite vorzusehen.

Der Sicherheitszuschlag muß mindestens 10 % des rechnerischen Auslenkungswinkels, jedoch mindestens 5° betragen. Beim rechnerischen Auslenkungswinkel ist das Schwingungsverhalten zu berücksichtigen. Die aus Pendelbewegungen der Gondel anfallenden Beschleunigungen sind rechnerisch für das Fahrzeug, die Schiene und die Stützen zu berücksichtigen.

Werden Dämpfer für Querschwingungen von Pendelgondeln angeordnet und ist Lichtraumfreiheit für die ungedämpfte Schwingung nicht vorhanden, so sind Pendelbegrenzungen vorzusehen. Diese Begrenzungen für das Pendelmoment können, sofern erforderlich, durch entsprechend konstruierte und dokumentierte redundante Dämpfer bereitgestellt werden.

Am Beginn von Streckenabschnitten, in denen Pendelgondeln geführt werden (z. B. im Bereich des Fahrgastwechsels) sind Einweiser anzuordnen, die die Gondeln bis mindestens zum doppelten Wert des rechnerisch vorhandenen Auslenkwinkels erfassen und in Abstimmung auf die Fahrgeschwindigkeit möglichst stoßfrei einführen.

Auf eine Arretierung von Pendelgondeln zum Fahrgastwechsel kann nur verzichtet werden, wenn in anderer Weise (z. B. durch starke Dämpfer) eine Gefährdung oder Behinderung von Fahrgästen ausgeschlossen ist.

5.4.5 Tribünen

Tribünen werden nach den allgemeinen Standsicherheitsnachweisen nach 5.1.4 untersucht. Besondere Bedeutung kommt dem Nachweis gegen Kippen zu, wenn die Tribünen z. B. überdacht bzw. verkleidet sind oder wenn zahlreiche Flaggen oder Fahnenwände an den Tribünen befestigt sind.

5.5 Standsicherheitsnachweis

5.5.1 Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit

5.5.1.1 Der Standsicherheitsnachweis der Anlage oder eines Teiles der Anlage muß auch für verbundene Starrkörper geführt werden. Bei Anlagen und Bauteilen ist die Sicherheit gegen Umkippen, Gleiten und Abheben zu berechnen, wenn sie nicht zweifelsfrei feststeht. Günstig wirkende Verkehrslasten, ebenso ständige Einwirkungen von Bau- und Zubehöerteilen, welche nicht immer vorhanden sind, dürfen beim Nachweis der Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit nicht berücksichtigt werden. Bei günstig wirkenden ständigen Einwirkungen ist der kleinste Wert anzusetzen. Im Gegensatz zum allgemeinen Spannungsnachweis dürfen für den Nachweis der Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit günstig wirkende Bauteile nur mit dem Mindestgewicht angesetzt werden, das mit Sicherheit immer vorhanden ist, z. B. Holz im vollständig ausgetrocknetem Zustand.

Wenn durch die Eigenlast einer Anlage allein eine ausreichende Sicherheit nicht erreicht werden kann, dann sind weitere zusätzliche Schritte zu unternehmen, um diese sicherzustellen, wie z. B. Gegenlasten, Verankerungen und Abstreibungen.

Da das Gewicht von Vergnügungseinrichtungen genau gemessen werden kann, sind die nachstehenden Sicherheitsbeiwerte genauer gefaßt:

Tabelle 2: Sicherheitsbeiwerte gegen Umkippen, Gleiten und Abheben

Belastung ¹⁾		γ
1	günstig wirkende Anteile aus Eigenlast	1
2	ungünstig wirkende Anteile aus Eigenlast	1,1
3	ungünstig wirkende Windlasten	1,2
4	ungünstig wirkende Anteile der Lasten, außer den Lasten nach 2 und 3	1,3
¹⁾ Werden Lasten in Komponenten zerlegt, so sind diese mit dem gleichen γ -Wert zu vervielfachen.		

5.5.1.2 Die Sicherheit gegen Umkippen errechnet sich aus:

$$\sum \gamma M_{St} \geq \sum \gamma M_K \quad (49)$$

Dabei sind:

γ Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 2;
 M_{St} Standmomentenanteile;
 M_K Kippmomentenanteile.

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

5.5.1.3 Die Sicherheit gegen Gleiten errechnet sich aus:

$$\sum \gamma \mu N \geq \sum \gamma H \quad (50)$$

Dabei sind:

γ Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 2;

N vertikale Lastkomponente;
 H horizontale Lastkomponente;
 μ Reibungsbeiwert nach Tabelle 3.

Für die Ermittlung der Reibungskräfte dürfen folgende Reibungsbeiwerte angesetzt werden, sofern nicht im Einzelfall durch Prüfungen ermittelte höhere Werte vorliegen oder Nässe niedrigere Werte bedingt:

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 ¹⁾	0,4	0,2	0,25
Lehm ¹⁾	0,4	0,2	0,4
Sand und Kies	0,65	0,2	0,65
¹⁾ Bei mindesten steifplastischer Zustandsform nach EN 1997-1			

Es ist zu beachten, daß bei schwingend beanspruchter Auflagerung ein Losrütteln eintreten kann.

Ist die Standsicherheit nicht nur durch Reibung alleine gegeben, dann sollte die Konstruktion mit dem Untergrund verankert werden. Dann ist der Gleitsicherheitsnachweis im Zusammenwirken mit den Bodenankern zu erbringen. Dabei dürfen die Reibungsbeiwerte nach Tabelle 3 nur mit 70 % ihres Wertes angesetzt werden.

$$\sum \gamma \bar{\mu} N + Z_h \geq \sum \gamma \cdot H \quad (51)$$

$$\bar{\mu} = 0,7 \mu \quad (52)$$

Dabei ist

Z_h übertragbare Horizontalkomponente des Ankers.

5.5.1.4 Sicherheit gegen Abheben errechnet sich aus:

$$\sum \gamma N_{St} \geq \sum \gamma N_a \quad (53)$$

Dabei sind:

γ Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 2;
 N_{St} vertikale stabilisierende Lastkomponenten;
 N_a vertikale abhebende Lastkomponenten.

Mit Zugankern gilt folgende Beziehung:

$$\sum \gamma N_{St} + Z_v \geq \sum \gamma N_a$$

Dabei ist:

Z_v übertragbare Vertikalkomponente des Ankers.

5.5.1.5 Zusätzlich zu den Abschnitten von 5.5.1 ist für Fundamente ENV 1997-1 anzuwenden.

Ein frostfreies Fundament für temporär aufgestellte Fliegende Bauten ist nur dann anzuwenden, wenn frostbedingte Hebungen und Senkungen zu einem Schaden oder Ausfall führen können.

5.5.2 Bodenverankerungen

5.5.2.1 Allgemeines

Unsichere Bodenverhältnisse und die Belastungsart erschweren eine genaue rechnerische Bewertung der Ankertragfähigkeiten außergewöhnlich. Deshalb sollte die nachstehende Näherungsmethode angewandt werden. Dieser Abschnitt beschränkt sich auf:

- a) Gewichtsanker, d. h. auf der Bodenoberfläche aufgestellte oder im Untergrund eingebettete Ballastkörper und
- b) Stabanker, d. h. mit Ösen oder gestauchtem Kopf versehene Stäbe aus Metall.

Für Spezialanker, wie z. B. Flügel-, Klapp-, Schraub-, Profilanke, ist die Ermittlung der Tragfähigkeiten durch Probebelastungen erforderlich.

5.5.2.2 Tragfähigkeit von Gewichtsankern

Bei der Berechnung der Tragfähigkeit von vollständig oder teilweise vergrabenen Gewichtsankern 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 Tragfähigkeit von Stabankern

Die Tragfähigkeit von einfachen Stabankern mit rundem Querschnitt und einer Mindesteinschlagtiefe von 80 cm ist nach den folgenden Näherungsgleichungen in Tabelle 4 zu ermitteln:

Tabelle 4: Loadbearing capacity

Zugwinkel	Lastbeiwert
$\beta = 0^\circ$	$Z_u = f_{load} d l' = 6,5 d l'$ (54) für steife bindige und dicht gelagerte nichtbindige Böden
	$Z_u = f_{load} d l' = 8 d l'$ (55) für sehr steife bindige Böden
$\beta \geq 45^\circ$	$Z_u = f_{load} d l' = 10 d l'$ (56) für mindestens halbfeste bis steife bindige Böden
	$Z_u = f_{load} d l' = 17 d l'$ (57) für feste nichtbindige Böden
$0 < \beta < 45^\circ$	Die Tragfähigkeit für die Bodenarten ist durch Interpolation zu bestimmen (siehe Bild 10).

In den Gleichungen (54) bis (57) und in den Bildern 9 und 10 sind:

- Z_u Ankertragfähigkeit (Versagenslast einschließlich Sicherheitsbeiwert) in N;
- Z_{hu} horizontale Komponente der Ankertragfähigkeit in N,
- Z_{vu} vertikale Komponente der Ankertragfähigkeit in N,
- d Ankerdurchmesser in cm;
- l' Einschlagtiefe (mindestens 80 cm);
- α Einschlagwinkel;
- β Winkel der wirkenden Zugkraft zur Vertikalen.

Die Gleichungen (54) bis (57) gelten unter der Voraussetzung, daß der Anker beim Eintreiben "zieht". Bei $\beta = 0^\circ$ muß die Reibung auf der vollen Stablänge wirksam sein; bei $\beta \geq 45^\circ$ muß der Einschlagwinkel $\alpha = 90^\circ$ betragen. Bei diesem Einschlagwinkel erreicht der schräg belastete Anker erfahrungsgemäß seine maximale Tragfähigkeit. Um zu verhindern, daß sich Verankerungen aufgrund schräger Zugkräfte biegen, sollte der nachfolgende Durchmesser bei einfachen runden Stabankern nicht überschritten werden:

$$d_{min} = 0,025 l' + 0,5 \quad (\text{mit } l' \text{ in cm}) \quad (58)$$

Der Angriffspunkt der Kraft ist bei Stabankern, die auf Biegung belastet werden, möglichst nahe in den Bereich der Bodenoberfläche oder darunter zu legen.

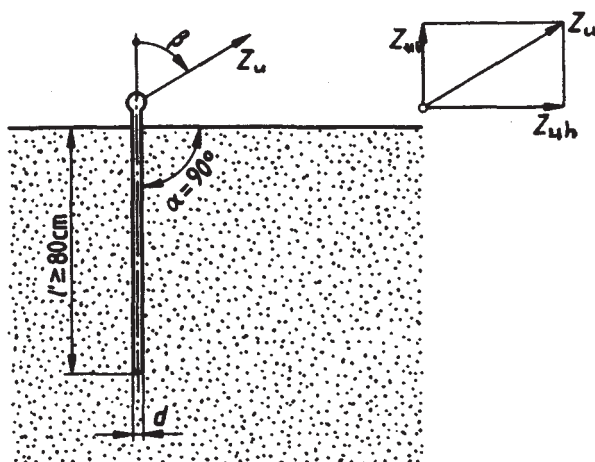


Bild 9: Zuganker

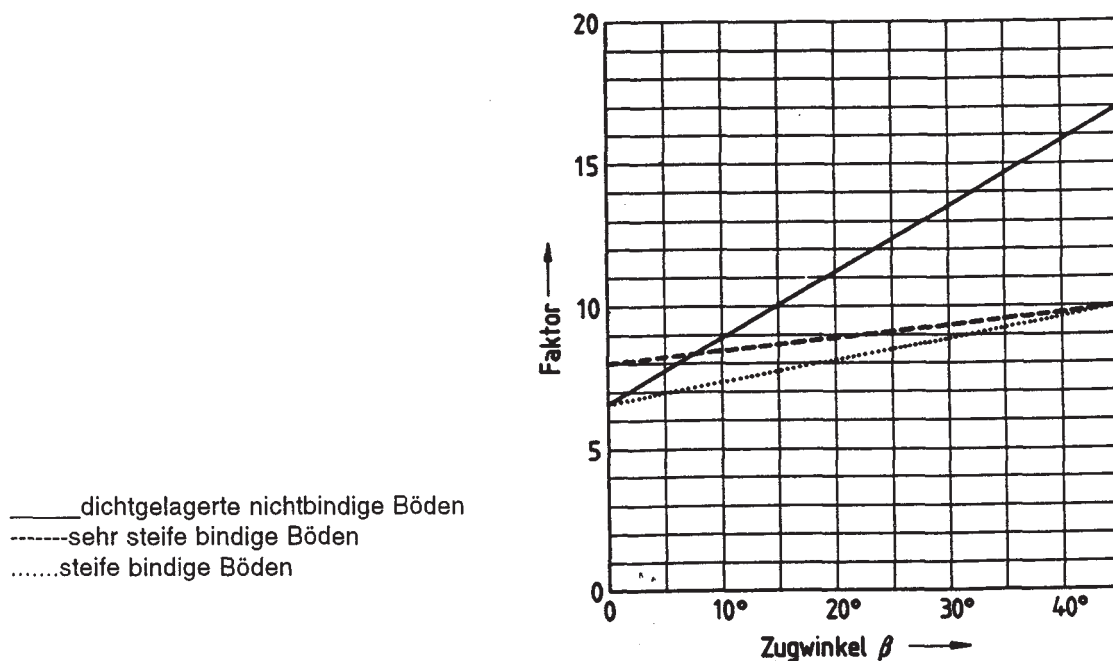


Bild 10: Beiwert zur Bestimmung der Tragfähigkeit von Stabankern

5.5.2.4 Probebelastungen von Ankern

Die rechnerischen Tragfähigkeiten dürfen überschritten werden, wenn dies durch Probebelastungen nachgewiesen wird oder entsprechende experimentelle Daten für den Aufstellungsort vorliegen. Bei Probebelastungen an Ankern sind mindestens drei Prüfungen durchzuführen. Ein Sicherheitsfaktor 2,0 ist auf den niedrigsten Prüfwert anzuwenden, der dann für die nachfolgenden Berechnungen der Tragfähigkeit maßgebend ist. Die so ermittelte Tragfähigkeit darf keine für das Bauwerk, in bezug auf Spannungen, Verformungen oder Instabilitäten, unzulässige Ankerbewegung ergeben.

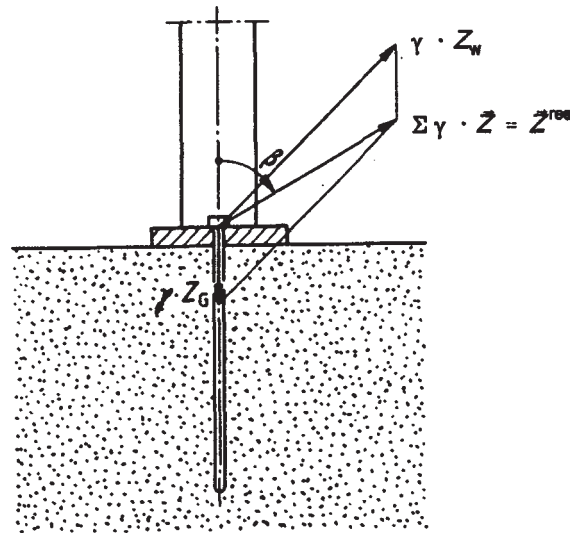
Bei vergleichbaren Untergrundverhältnissen können an anderer Stelle ausgeführte Probebelastungen als Nachweis mit herangezogen werden.

Für die zulässige Tragfähigkeit 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 Sicherheitsbeiwerte nach Tabelle 2 zu ermitteln. Diese Kraft Z_{res} muß kleiner als die zulässige Last an der Verankerung nach 5.5.2.1.3 sein.

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



(...)

Bild 11: Ankerbelastungen

In Bild 11 sind

- Z_G günstig wirkender Anteil ständiger Belastungen;
- Z_W ungünstig wirkender Anteil veränderlicher Belastungen;
- γ Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 2.

5.5.3 Weitere Anforderungen

Treten bei belasteten Stabankern oder ähnlichen Vorrichtungen Verschiebungen von mehr als 2 cm auf, so ist die Ankertragfähigkeit nicht mehr voll sichergestellt. Durch zusätzliche Verankerungen oder durch Beischlagen von Holzkeilen kann eine Erhöhung der Sicherheit gegen ein Versagen durch Herausziehen erreicht werden. Bei reiner Zugbelastung in Richtung der Stabachse des Ankers besteht schon bei sehr kleinen Bewegungen die Gefahr des vollkommenen Versagens des Ankers.

Der Ankerfuß (Spitzenansatz) 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 darf jeder Einzelanker nur dann mit seiner vollen berechneten Tragfähigkeit eingesetzt werden, wenn die Ankerabstände mindestens den 5fachen Ankerdurchmesser haben. Dynamische Belastungen können zum Lösen einer Verankerung führen; deshalb sind wiederholte Kontrollen der Anker unbedingt erforderlich.

5.5.4 Boden für Unterpallungen

Für Unterpallungen ergeben sich wegen der fehlenden Einbindetiefe in den Boden und der praktisch nur kleinen Auflagerbreiten nur geringe zulässige Bodenpressungen. Unterpallungen können sich in den Boden eindrücken und größere Setzungen verursachen. Die Unterpallungen sind bei besonders nachgiebigen Böden zu beobachten; bei einem Nachgeben oder Lockern ist zu unterfüttern und die Auflagerflächen sind eventuell zu vergrößern.

Bei 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 für quadratische und rechteckförmige Unterpallungen mit den Abmessungen folgende zulässige Bodenpressungen angesetzt werden:

$$1 \leq l/b \leq 3$$

(59)

Dabei sind

- l Länge und
- b Breite der Unterpallung in der Kontaktzone;

$$\begin{aligned} b = 20 \text{ cm: } p &= 100 \text{ kN/m}^2 \\ b = 30 \text{ cm: } p &= 150 \text{ kN/m}^2 \\ b \geq 40 \text{ cm: } p &= 200 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

p Interpolationen der zulässigen Bodenpressungen sollten durchgeführt werden.

Bei befestigten Aufstellplätzen dürfen höhere zulässige Bodenpressungen berücksichtigt werden.

5.6 Festigkeitsnachweise

5.6.1 Allgemeines

Es ist zu unterscheiden zwischen vorwiegend ruhender Beanspruchung und vorwiegend schwingender Beanspruchung. Die Schwingbeanspruchung tritt sowohl als Schwellbeanspruchung (Spannung, die innerhalb zweier Grenzwerte ohne Änderung des Vorzeichens schwankt, $\min\sigma/\max\sigma \geq 0$) wie auch als Wechselbeanspruchung (Spannung, die zwischen zwei Grenzwerten schwankt und dabei ihr Vorzeichen ändert, $\min\sigma/\max\sigma < 0$) auf. In beiden Fällen ist der Bereich der Spannung $\Delta\sigma = \max\sigma - \min\sigma$ für die Berechnungen maßgebend.

Berechnung der Ermüdung von geschweißten Bauteilen kann auch nach gültigen Normen erfolgen, die auf dem $\max\sigma/\min\sigma$ -Konzept beruhen, wenn die Anforderungen an die Mindestlebensdauer nach 5.6.3.3. oder unendliche Lebensdauer nachgewiesen werden können.

Schwingend beanspruchte Konstruktionen, die im Rahmen der zu erwartenden Lebensdauer wahrscheinlich mehr als $n = 10^4$ Spannungsspiele erfahren werden, sind auf Ermüdungsfestigkeit zu dimensionieren. Dabei wird der Spannungsbereich $\Delta\sigma_D$ als Ermüdungsgrenzwert bei konstanter Amplitude verstanden. Wenn kein Spannungsbereich größer als $\Delta\sigma_D$ für die entsprechende Kategorie ist, dann kann eine unendliche Lebensdauer angenommen werden.

5.6.2 Vorwiegend ruhende Beanspruchung

Für die zulässigen Spannungen von Bauteilen ist für die entsprechenden Werkstoffe ENV 1993 bestimmend. Für Maschinenteile aus Stahl, auch solche, die gleichzeitig Bauteile sind, gilt für den allgemeinen Spannungsnachweis die folgende Beziehung:

$$R_d \leq f_y / \gamma_{My} \text{ und } R_d \leq f_u / \gamma_{Mu} \quad (60)$$

Dabei sind:

R_d	Beständigkeit des Werkstoffes;
f_y	Streckgrenze nach einer Werkstoff-EN-Norm;
f_u	Zugfestigkeit nach einer Werkstoff-EN-Norm;
γ_{My}	1,1 Teilsicherheitsbeiwert (Streckgrenze)
γ_{Mu}	1,35 Teilsicherheitsbeiwert (Zugfestigkeit)

Der kleinere Wert für R_d ist der ausschlaggebende. Für Schub infolge einer Querkraft und Verdrehung ist der Wert R_d mit $\alpha = 0,58$ zu multiplizieren.

Stähle mit einem Verhältnis $f_u/f_y \leq 1,2$ dürfen nicht ohne weiteren Nachweis unter Berücksichtigung einer geringeren Streckgrenze verwendet werden.

5.6.3 Schwingende Beanspruchung

5.6.3.1 Ermüdungsnachweis von Bauteilen

Zusätzlich zum Nachweis, daß jedes Bauteil die Grenzwerte für nichtschwingende Belastungen einhält, ist ein Nachweis für das Ermüdungsverhalten bei wiederholt schwingender Beanspruchung zu führen. Bei Stahl sind die Grundsätze von ENV 1993-1-1, Abschnitt 9 anzuwenden, wenn der Werkstoff, Befestigungen und Schweißungen die Anforderungen nach ENV 1993-1-1, Abschnitt 3 erfüllen. Anhang A enthält einige Abweichungen zur ENV 1993-1-1, wenn diese für fliegende Bauten geeigneter sind.

5.6.3.2 Teilsicherheitsbeiwerte für Ermüdung

Für Ermüdungslasten ist ein Teilsicherheitsbeiwert von $\gamma_{Ff} = 1,0$ anzusetzen.

Folgende Werte sind als Teilsicherheitsbeiwerte für Werkstoffe anzuwenden:

Tabelle 5: Teilsicherheitsbeiwerte für die Ermüdungsfestigkeit

Prüfung und Zugänglichkeit	Bruch führt nicht zum Einsturz	Bruch führt zum Einsturz
Bauteil, das für Prüfungen zugänglich ist	$\gamma_{Mf} = 1,0$	$\gamma_{Mf} = 1,1$
Bauteil, das nicht für Prüfungen zugänglich ist	$\gamma_{Mf} = 1,05$	$\gamma_{Mf} = 1,15$

5.6.3.3 Ermüdungslasten

Bei der Berechnung von $\Delta\sigma_i$ or $\Delta\tau_i$ muß der Einfluß von Eigenlasten (ohne Änderung der relativen Position) jenen Teilen der Verkehrslasten, die sich nicht bzgl. Zeit und Ort ändern, Schneelasten, Lasten aufgrund der Temperatur, Lasten aufgrund des Zusammenbaues und Windlasten (ohne induzierte Schwingungen) nicht berücksichtigt werden.

Bei Windlasten mit induzierten Schwingungen kann der Winddruck auf 50 % des Wertes nach 5.3.3.4.1, Tabelle 1, Spalte 2 gesetzt werden für den Fall, daß kein anderer kritischer Wert des Winddruckes aufgrund der Windgeschwindigkeit bei der natürlichen Frequenz gegeben ist. Für eine genauere Beurteilung, ob ein Ermüdungsnachweis bei durch Wind erzeugten Schwingungen zu führen ist, siehe ENV 1991-2-4.

Bei der Berechnung von $\Delta\sigma_i$ or $\Delta\tau_i$ sind als Minimum die folgenden Einwirkungen zu berücksichtigen:

- Eigenlasten in verschiedenen Positionen,
- sich bewegenden Verkehrslasten,
- Antriebs- und Bremskräfte nach 5.3.3.2,
- Zuschläge für Stöße und Schwingungen von Teilen, die direkt befahren werden,
- Lasten aus eventuellen Zusammenstößen,
- Flieh- und Corioliskräfte.

Im Falle von beweglichen Eigenlasten sind die Ober- und Unterspannungen einschließlich des Einflusses der Eigenlasten bei der Beurteilung von $\Delta\sigma_i$ oder $\Delta\tau_i$ (z. B. für angehobene Ausleger) mit einzubeziehen:

$$\Delta\sigma_i = \max.\sigma - \min.\sigma$$

$$\Delta\tau_i = \max.\tau - \min.\tau$$

5.6.3.4 Anzahl der Spannungsspiele

Ist eine genaue Ermittlung der Spannungsspiele für die verschiedenen Bereiche von Lasten nicht möglich, dann sind die folgenden Werte als Mindestwerte zu verwenden:

Die minimale Lebensdauer bzgl. Ermüdung muß 35 000 Betriebsstunden betragen. Obwohl das Verhältnis zwischen Be- und Entladungszeit und gesamter Betriebszeit von Fliegendem Bau zu Fliegendem Bau unterschiedlich sein kann, so kann doch generell der Wert für die Be- und Entladungszeit als maximal 30 % der gesamten Betriebszeit angenommen werden. In Fällen, wo bereits im Konstruktionsstadium höhere Werte offensichtlich sind, sind diese Werte zu berücksichtigen.

5.6.3.5 Lastverteilungen

5.6.3.5.1 Karusselle

Die Spannungen aufgrund der 1/6- bzw. 5/6- einseitigen-Belastung nach 5.4.2.1 sind für 100 % der Lebensdauer anzunehmen.

5.6.3.5.2 Schienengebundene Einrichtungen

Die Kräfte aufgrund von Rückhaltlaufsicherungen und Sicherheitsbremsen brauchen für die Berechnung der Lebensdauer nicht berücksichtigt zu werden.

Fahrzeuge und Züge sind für volle Zuladung für die gesamte Lebensdauer zu berechnen.

Unter Berücksichtigung der obigen Mindestanzahl von Spannungsspielen sind mindestens folgende Spannungsspiele anzunehmen, wenn keine höheren Werte aufgrund der Konfiguration der Einrichtung gelten:

Tabelle 6: Mindestanzahl von Spannungsspielen

Art des Fliegenden Baues	Für alle baulichen Angaben für die Berechnung der Ermüdung, bei denen	
	- die Anzahl der Rotationen entscheidend für die Anzahl der Spannungsspiele ist	- die Anzahl der Fahrtwechsel (Be- und Entladezeit plus eine Fahrt) entscheidend für die Anzahl der Spannungsspiele ist
Achterbahn oder dergleichen (Abstand der Züge etwa $\Delta t = 30$ s) für Anlage und Schiene usw.		$x_1 \cdot 5 \cdot 10^6$ Spannungsspiele x_1 Multiplikator für die Lage des Bauteiles
Achterbahnwagen und ähnliches		$x_2 \cdot 5 \cdot 10^6 / x_3$ Spannungsspiele x_2 Multiplikator für die Anzahl des maximalen Belastungsbereiches auf der Schiene x_3 Multiplikator für die Anzahl von Zügen auf einer Schiene (Rundfahrgeschäft)
Drehfahrten $n \approx 8$ to 16 upm	$\geq 5 \cdot 10^6$ keine Spannungen größer als $\Delta\sigma_D$	$\geq 2 \cdot 10^6$ equiv. stress range $\Delta\sigma_{E,2}$ not higher than $\Delta\sigma_C$

5.6.3.6 Ermüdungsfestigkeit von Maschinenteilen

5.6.3.6.1 Ermittlung der zulässigen Spannungen

Für die in ENV 1993 nicht aufgeführten Werkstoffe und für dort nicht behandelte Fälle (z. B. Maschinenteile) ist die Ermittlung der zulässigen Spannungen bei Schwingbeanspruchung nach einer der in geeigneter Literatur angegebenen Berechnungsmethoden durchzuführen.

Dabei sind die folgenden Einflüsse zu berücksichtigen.

- Kerbwirkungszahl;
- Größeneinfluß;
- Oberflächeneinfluß;
- Querschnittsform;
- eventuell Anisotropiekoeffizient.

5.6.3.6.2 Ermittlung der resultierenden Spannungen

Die resultierenden Spannungen in den Maschinenteilen (Nennspannungen) sind nach den allgemeinen Regeln der Festigkeitslehre zu bestimmen.

5.6.3.6.3 Sicherheitbeiwert γ

Die wirkliche Sicherheit gegen Dauerbruch beträgt für ein Maschinenteil:

- bei reiner Zug-, Biege-, oder Torsionsbelastung:

$$\gamma = \sigma_{AG}/\sigma_a \text{ or } \tau_{AG}/\tau_a \quad (61)$$

- bei kombinierter Beanspruchung:

$$\gamma = \sigma_{AG}/\sigma_{av} \quad (62)$$

- gegen Überschreiten der Streck- oder Fließgrenze:

$$\gamma = \sigma_{SG}/(\sigma_a + \sigma_m) \text{ oder} \quad (63)$$

$$\gamma = \sigma_{SG}/(\sigma_{av} + \sigma_{mv})$$

Dabei sind:

- σ_{AG} Gestalt-Ausschlagfestigkeit des Bauteils;
- σ_{SG} Streckgrenze (Fließgrenze) der Gestaltfestigkeit;
- σ_a Spannungsausschlag;
- σ_m mittlere Spannung;
- σ_{av} Vergleichsspannungsausschlag;
- σ_{mv} mittlere Vergleichsspannung.

Allgemein verbindliche Sicherheitsbeiwerte $\gamma_{\min}$ lassen sich nicht genau festlegen. Sie richten sich nach Zahl und Gewicht der Unsicherheitsfaktoren und nach den möglichen Folgen im Falle des Versagens. Je größer die Verformungsfähigkeit (Duktilität) des Werkstoffes ist, desto niedriger darf der Sicherheitsbeiwert angesetzt werden.

Bei Maschinenberechnungen sind Sicherheitsbeiwerte $\gamma_{\min} \geq 2,0$ bzgl. der Ermüdungsfestigkeit anzuwenden bei Werkstoffkennwerten σ_{End} auf der Basis von 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit, wobei σ_{End} der Grenzwert der Dauerschwingfestigkeit ist.

In allen Fällen muß folgende Beziehung gelten: $\gamma \geq \gamma_{\min}$

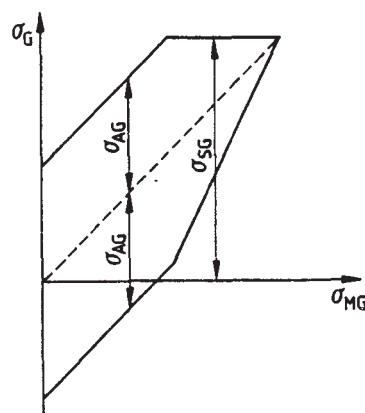


Bild 12: Dauerschwingfestigkeits-Schaubild nach Smith zur Gestaltfestigkeit

5.6.4 Schrauben

Es sind Schrauben nach EN 20898-1, EN 24014, EN 24016, EN 24017 oder EN 24018 und Muttern nach prEN 780, EN 24032, EN 24034 or ISO 7413 der Festigkeitsklassen 4.6, 5.6 and 8.8 für die Berechnung der Grenzzustände nach ENV 1993-1-1 zu Grunde zu legen. Schrauben unter Schwingbelastungen sind entsprechend der Literatur nach dem Stand der Technik zu berechnen. ENV 1993-1-1 gilt auch bei Verwendung hochfester Schrauben, Muttern und Scheiben nach prEN 781, prEN 783, prEN 784, prEN 785 and ISO 7090 der Festigkeitsklasse 10.9.

Ist ENV 1993-1-1 nicht anwendbar, gelten die folgenden Festlegungen bei der Berechnung der Verbindungen.

- a) Schraubverbindungen dürfen für auf Zug beanspruchte Schrauben auch bei schwingender Belastung mit einem Lochspiel von 1,0 mm ausgeführt werden, wenn die Kräfte senkrecht zur Schraubenachse durch Anordnung von Knaggen, Stiften, Steckbolzen, Buchsen usw. (mit kleinerem Lochspiel als 1 mm) oder durch Berechnung auf Reibungsschluß mit einem Reibungsbeiwert von $2/3 - \min \mu$ aufgenommen werden.
- b) Für $\min \mu$ ist der im Betrieb unter ungünstigsten Bedingungen auftretende kleinste Reibbeiwert anzusetzen.
- c) Bei einschnittigen Verbindungen muß die Exzentrizität berücksichtigt werden.

Für Schrauben der Festigkeitsklassen 6.8, 8.8 und 10.9 gilt:

- 1) Zulässige Schubspannungen nach Tabelle 7;
- 2) Zulässiger rechnerischer Lochleibungsdruck für Scher-Lochleibungsverbindungen nach ENV 1993 oder - wenn nicht vorhanden - nach entsprechenden nationalen Normen für Schrauben ohne Vorspannung;
- 3) Zulässige übertragbare Zugkraft in Richtung der Schraubenachse je vorgespannten Schrauben bzw. Paßschrauben nach Tabelle 9; dabei F_v nach Tabelle 8;
- 4) Zulässige Vorspannkräfte und Anziehmomente nach Tabelle 8;
- 5) Schrauben für den Abbau für den Transport dürfen wiederverwendet werden, wenn sie nicht über die Streckgrenze beansprucht wurden. Die angegebenen Werte gelten für einen Gesamtreibungswert $\mu = 0,14$ (trocken bis leicht geölt) unter Ausnutzung von 90 % der Mindeststreckgrenze.

Bei auswechselbaren Verbindungen von Bauvorrichtungen können andere Schrauben mit analogen Werkstoffeigenschaften verwendet werden.

Tabelle 7: Zulässige Schubspannungen τ_m für vorwiegend ruhende Beanspruchungen je Schraube und Scherfläche senkrecht zur Schraubenachse

Festigkeitsklasse	6.8		8.8		10.9	
Lastfall	nur ständige Einwirkungen	ständige und veränderliche Einwirkungen	nur ständige Einwirkungen	ständige und veränderliche Einwirkungen	nur ständige Einwirkungen	ständige und veränderliche Einwirkungen
zulässige Scheerspannung τ_m N/mm ²	145	160	200	230	240	270

Tabelle 8: Zulässige Vorspannkräfte und Anzugsmomente von Schrauben

Gewindegröße	zulässige Vorspannkraft F_v (kN) für Festigkeitsklasse			zulässiges Anzugsmoment M_a (Nm) für Festigkeitsklasse		
	6.8	8.8	10.9	6.8	8.8	10.9
M 8	14	16	23	21	25	35
M 10	22	26	37	41	49	69
M 12	31	37	50	70	84	120
M 16	60	71	100	176	206	350
M 20	94	111	160	338	402	600
M 22	116	138	190	456	539	900
M 24	135	160	220	588	696	1 100
M 27	177	210	290	873	1 030	1 650
M 30	216	257	350	1 177	1 422	2 200
M 33	275	326	459	1 668	1 977	2 784
M 36	323	382	510	2 134	2 524	3 340