

Fliegende Bauten

Richtlinien für Bemessung und Ausführung

DIN

4112

Temporary structures, fair-ground amusements; directives for dimensioning and construction

Ersatz für Ausgabe 03.60
und Beiblatt zu DIN 4112/10.62

Mâtiers forains, types de manège; directives pour la dimensionnement et la construction

Diese Norm wurde in der Arbeitsgruppe Einheitliche Technische Baubestimmungen des NABau ausgearbeitet. Sie ist den obersten Bauaufsichtsbehörden vom Institut für Bautechnik, Berlin, zur bauaufsichtlichen Einführung empfohlen worden.

Inhalt

	Seite		Seite
1 Allgemeines	3	4.4.3 Anprall	5
1.1 Anwendungsbereich	3	4.5 Windlasten	5
2 Bauvorlagen	3	4.6 Schneelasten	5
2.1 Allgemeines	3	4.7 Massenkkräfte,	
2.2 Bau- und Betriebsbeschreibung	3	z. B. Flieh-, Kreisel- und Corioliskräfte	5
2.3 Konstruktionszeichnungen	3	5 Grundsätze	
2.4 Nachweis der Standsicherheit	3	für die statischen Berechnungen	5
3 Werkstoffe	4	5.1 Allgemeines	5
3.1 Allgemeines	4	5.2 Schaukeln	6
3.2 Gebräuchliche Stähle	4	5.2.5.1 Strebenkräfte	6
3.2.1 Stähle für Bauteile	4	5.2.5.2 Kippsicherheit der Schaukel	7
3.2.2 Stähle für Maschinenteile und Bauteile,		5.3 Riesenräder	7
die gleichzeitig Maschinenbauteile sind ..	4	5.3.1 Lasten	7
3.2.3 Verbindungselemente	4	5.3.2 Maßgebende Lastfälle	8
3.3 Aluminium-Legierungen	4	5.3.3 Berechnung	8
3.4 Holz	4	5.3.4 Montage	9
4 Lastarten und Lastannahmen	4	5.3.5 Allgemeine Hinweise	9
4.1 Ständige Lasten	4	5.4 Karussells	10
4.2 Verkehrslasten	4	5.4.1 Allgemeines	10
4.2.1 Lotrechte Lasten	4	5.4.2 Fliegerkarussells	
4.2.2 Waagerechte Lasten	4	und Hängekarussells	10
4.3 Antriebs- und Bremskräfte	5	5.4.3 Bodenkarussells	
4.4 Zuschläge für Stöße, für die		(Hänge- und Drehbodenkarussells)	13
Schwingung direkt befahrener		5.4.4 Karussells	
Bauteile und für den Anprall	5	mit mehreren Bewegungen	13
4.4.1 Stöße	5	5.4.4.1 Allgemeines	13
4.4.2 Schwingung direkt befahrener Bauteile ..	5	5.4.4.2 Karussells auf Schienenbahn	15

Fortsetzung Seite 2 bis 31

	Seite		Seite
5.4.4.2.2 Ohne zentrale Führung (z. B. Bayernkurve)	15	5.17.4.5 Sicherheitsabstände – Sicherungen	22
5.4.4.3 Karussells mit wellenartiger Laufbahn (z. B. Berg- und Talbahnen)	15	5.17.4.6 Prüfmessungen, Nachspannen	22
5.4.4.4 Karussells mit mehreren Dreh- werken (z. B. Calypso)	15	6 Umkippen, Gleiten und Abheben	22
5.5 Hochgeschäfte mit schienen- gebundenen Fahrzeugen	15	6.1 Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit	22
5.5.1 Schiene	15	6.2 Bodenverankerungen	23
5.5.2 Traggerüst	17	6.2.1 Ankertragfähigkeiten	23
5.5.3 Fahrzeuge	18	6.2.1.1 Allgemeines	23
5.5.4 Bremsen	18	6.2.1.2 Gewichtsanker	23
5.5.5 Rücklaufsicherungen	18	6.2.1.3 Stabanker	23
5.6 Sonstige Bahnen mit schienen- gebundenen Fahrzeugen	19	6.2.1.4 Zu verankernde Kraft und Sicherheitsbeiwerte	24
5.7 Autofahrgeschäfte	19	6.2.2 Hinweise	24
5.7.1 Autofahrgeschäfte mit Fahrbahnen für eine Fahrtrichtung (z. B. Autopisten, Stockwerksautobahnen, Go-Cart-Bahnen, Motorrollerbahnen)	19	6.3 Unterpallungen	25
5.7.1.1 Fahrbahnen	19	7 Festigkeitsnachweise	25
5.7.1.2 Fahrbahnbanden	19	7.1 Allgemeines	25
5.7.1.3 Fahrbahntraggerüste	19	7.2 Vorwiegend ruhende Beanspruchung	25
5.7.1.4 Fahrzeuge	19	7.3 Schwingende Beanspruchung	25
5.7.1.5 Verkehrslasten	19	7.3.1 Schwingfestigkeit von Baukonstruktionen	25
5.7.2 Fahrgeschäfte mit beliebigen Fahrtrichtungen (Autoskooter)	19	7.3.2 Schwingfestigkeit von Maschinenteilen	26
5.7.2.1 Überdachungskonstruktion	19	7.3.2.1 Ermittlung der ertragbaren Spannung	26
5.7.2.2 Fahrbahnfläche	19	7.3.2.2 Ermittlung der vorhandenen Spannungen	26
5.7.2.3 Fahrbahnbanden	20	7.3.2.3 Sicherheitsbeiwert	26
5.7.2.4 Tragkonstruktion	20	7.4 Schrauben	26
5.7.2.5 Fahrzeuge	20	7.5 Seile, Ketten, Sicherheitseinrich- tungen, Seiltriebe, Anschluß- und Verbindungsteile	27
5.8 Steilwandbahnen	20	7.5.1 Normen für Seile, Ketten, Sicherheitseinrichtungen, Seiltriebe, Anschluß- und Verbindungsteile	27
5.9 Globusse	20	7.5.2 Seile, Ketten, Riemen, Bänder	27
5.10 Anlagen für artistische Vorführungen in der Luft	20	7.5.2.1 Zulässige Tragfähigkeit von Seilen, Ketten, Riemen, Bändern	27
5.11 Rotoren	20	7.5.2.2 Aufhängungen von mit Personen belasteten Bauteilen (z. B. Sitze, Gondeln)	27
5.12 Toboggans	20	7.5.2.3 Halte-, Abspann- und Veranke- rungsseile bzw. -ketten	27
5.13 Rollende Tonnen	20	7.5.3 Seiltriebe	28
5.14 Schiebebühnen	21	7.5.4 Sicherheitseinrichtungen	28
5.15 Drehscheiben (Teufelräder und dergleichen)	21	7.5.5 Anschluß- und Verbindungsteile	28
5.16 Tribünen	21	8 Bauliche Durchbildung und Ausführung	28
5.17 Überdachungskonstruktionen (z. B. geschlossene oder offene Hallen, Zelthallen, Membranbauten)	21	8.1 Anordnung – Zugänglichkeit	28
5.17.1 Allgemeines	21	8.2 Sicherungen – Sicherheits- einrichtungen.	28
5.17.2 Werkstoffe für raum- abschließende Elemente	21	8.3 Lösbare Verbindungen	28
5.17.3 Konstruktionen mit Primär- tragwerk (z. B. Binderhallen)	21	8.4 Schweißverbindungen	29
5.17.3.1 Einspannung	21	8.5 Formgebung schwingend beanspruchter Teile	29
5.17.3.2 Bodenaufasten und Verankerungen zur Sicherung gegen Windsoglasten	21	8.6 Auflagerungen	29
5.17.3.3 Windverbände	21	8.7 Zentralmaste	29
5.17.3.4 Membrankräfte aus Wind	21	8.8 Bremsen	29
5.17.4 Konstruktionen mit mechanisch gespannten, primärtragenden Membranen	22	8.9 Verbände – Aussteifungen	29
5.17.4.1 Allgemeines	22	8.9.1 Aussteifende Verbände (Windverbände)	29
5.17.4.2 Vorspannung	22	8.10 Korrosionsschutz, Oberflächenschutz, Schutz gegen Fäulnis	29
5.17.4.3 Wind auf das Membrantragwerk	22	8.11 Fahrgastsitze – Fahrgastraum	29
5.17.4.4 Konstruktive Durchbildung	22	8.12 Kugeldrehverbindungen	29

1 Allgemeines

Entwurf, Berechnung und Ausführung Fliegender Bauten, aber auch deren Auf- und Abbau, Betrieb und Reparatur erfordern gründliche Kenntnisse der baulichen und betrieblichen Anforderungen an diese Anlagen, Kenntnisse über die Eigenschaften der zu verwendenden Baustoffe sowie Erfahrungen bezüglich des Zusammenbaues der Einzelteile im Hinblick auf häufigen Auf- und Abbau und Transport. Daher dürfen nur solche Fachleute und Betriebe diese Bauten entwerfen, berechnen, herstellen und instandsetzen, die über diese Kenntnisse und Erfahrungen verfügen und eine einwandfreie Ausführung sicherstellen.

1.1 Anwendungsbereich

Diese Norm ist anzuwenden für bauliche Anlagen, die geeignet und in der Regel auch dazu bestimmt sind, wiederholt aufgestellt und zerlegt zu werden, z. B. Karussells, Luftschaukeln, Riesenräder, Achterbahnen und Rutschbahnen, Tribünen, Buden und Zelte, bauliche Anlagen für artistische Vorführungen in der Luft. Ferner gehören dazu auch Wagen, die zeitweilig betriebsmäßig ortsfest benutzt werden.

Die Norm ist auch anzuwenden für die Bemessung Fliegender Bauten in Vergnügungsparks mit Ausnahme der Gründung.

Ortsfeste Tribünen, Baustelleneinrichtungen, Gerüste und versetzbare landwirtschaftliche bauliche Anlagen gehören nicht zu den Fliegenden Bauten.

2 Bauvorlagen

2.1 Allgemeines

Zu den Bauvorlagen gehören alle für die Beurteilung der Stand- und Betriebssicherheit bei der Bearbeitung des Bauantrages und bei den nachfolgenden Abnahmen erforderlichen Unterlagen. Sie müssen alle Bauzustände für den Betrieb des Fliegenden Baues umfassen. Dazu sind eine Bau- und Betriebsbeschreibung, Konstruktionszeichnungen und der Nachweis der Standsicherheit nach Abschnitt 2.4 und der Betriebssicherheit erforderlich.

2.2 Bau- und Betriebsbeschreibung

In dieser Beschreibung ist der Fliegende Bau, insbesondere seine Konstruktion und Nutzung und sein statisches System zu erläutern. Ausreichende Angaben über maschinen- und elektrotechnische Einrichtungen sind aufzuführen.

Zur Beschreibung gehören Angaben über Besonderheiten des Fliegenden Baues und eventuelle Aufstellungsvarianten, über die Hauptabmessungen und darüber hinausgehende Bewegungsräume, Abgrenzungen, konstruktive Merkmale und Werkstoffe, Bewegungssysteme, Antriebsarten, Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, über elektrotechnische Einrichtungen, Funktions- und Betriebsablauf, eventuelle Einschränkungen des Benutzerkreises.

2.3 Konstruktionszeichnungen

Sie sind für alle Baugruppen und Einzelteile erforderlich, deren Bruch bzw. Versagen die Stand- oder Betriebssicherheit gefährden können. Die Konstruktionszeichnungen müssen alle für die Prüfung und die Abnahmen notwendigen Maße und Querschnittswerte, Angaben über Werkstoffe, Bauteile und Verbindungsmittel sowie über Geschwindigkeiten enthalten.

Zu den Konstruktionszeichnungen gehören:

- a) Übersichtszeichnungen in Grundriß, Aufriß und Schnitten, je nach Größe des Fliegenden Baues im Maßstab 1 : 100, 1 : 50 oder 1 : 20. Der für die beweglichen Teile erforderliche lichte Raum ist anzugeben.
- b) Detailzeichnungen über alle in den Übersichtszeichnungen nicht klar erkennbaren Bauteilgruppen, Anschlüsse und für die Sicherheit des Fliegenden Baues und des Betriebes wichtigen Einzelheiten bautechnischer, maschinentechnischer und elektrotechnischer Art in größerem Maßstab, z. B. 1 : 10, 1 : 5, 1 : 2,5, 1 : 1.

Dazu können erforderlich sein, Darstellungen

- der Drehwerke, Hub- und Schwenkeinrichtungen mit ihren Lagerungen, Antrieben und Steuerungen, Hub- und Schwenkbereichen,
 - der Fahrzeuge bzw. Gondeln und dergleichen in allen notwendigen Ansichten und Schnitten mit Angabe der Außenmaße, der für die Fahrgäste wichtigen Innenmaße (Sitze, Seiten- und Rückenlehnen, Fußraum), Festhaltungsmöglichkeiten, Schließ- und Sicherungseinrichtung,
 - der Fahrwerke mit Angaben über Lauf- und Sicherungsrollen, Lager, Achsen, Wellen, ihrer Befestigung und Bewegungsmöglichkeit gegenüber dem Fahrzeug, der Lenkung bzw. Steuerung sowie der Rücklaufsicherungen, Entgleisungs- bzw. Kippicherungen, Puffer, Anhängenvorrichtungen, Schutzvorrichtungen, Antriebe und Bremsen, der Verankerung mit dem Untergrund.
- c) Erforderlichenfalls Elektroschaltpläne, Pneumatik- und Hydraulikschaltpläne

2.4 Nachweis der Standsicherheit

2.4.1 Über die Standsicherheit sind folgende Nachweise zu erbringen:

- a) allgemeiner Spannungsnachweis,
- b) Betriebsfestigkeitsnachweis,
- c) Stabilitätsnachweis,
- d) Nachweis der Sicherheit gegen Umkippen, Gleiten und Abheben,
- e) gegebenenfalls Formänderungsnachweis.

2.4.2 Die Nachweise müssen unter anderem enthalten:

- a) Die Lastannahmen unter Berücksichtigung der möglichen Betriebszustände bzw. der Aufstellungsvarianten. Bei bewegten Teilen sind Geschwindigkeit bzw. Drehzahl und Beschleunigung anzugeben,
- b) Hauptabmessungen und Querschnittswerte aller tragenden Bauteile sowie Angaben zur Beurteilung der Betriebsfestigkeit,
- c) Angaben über Werkstoffe,
- d) Ermittlung der ungünstigsten Spannungen und Angaben über die zulässigen Beanspruchungen der tragenden Bauteile und der Verbindungen,
- e) Angaben über elastische Formänderungen (Durchbiegung, Verdrehung), soweit diese für die Stand- oder Betriebssicherheit von Bedeutung sind,
- f) Angabe der Konstruktionsteile, die nach Abschnitt 7.3.1 besonders überprüft werden müssen.

3 Werkstoffe

3.1 Allgemeines

Im allgemeinen dürfen für Bauteile Werkstoffe verwendet werden, für die in technischen Baubestimmungen Bemessungsangaben enthalten sind.

Andere Werkstoffe dürfen nur verwendet werden, wenn der Nachweis ihrer Brauchbarkeit durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen erbracht ist, oder wenn im Einzelfall die zuständige oberste Bauaufsichtsbehörde ihrer Verwendung zustimmt.

3.2 Gebräuchliche Stähle

3.2.1 Stähle für Bauteile

St 35	nach DIN 1629 Teil 1
St 37-2	nach DIN 17 100
St 52-3	nach DIN 17 100
GS-52	nach DIN 1681
C 35	nach DIN 17 200

3.2.2 Stähle für Maschinenteile und Bauteile, die gleichzeitig Maschinenbauteile sind

St 37-2	nach DIN 17 100
St 50-2	nach DIN 17 100
St 52-3	nach DIN 17 100
St 60-2	nach DIN 17 100
St 70-2	nach DIN 17 100
C 15	nach DIN 17 210
16 MnCr 5	nach DIN 17 210
20 MnCr 5	nach DIN 17 210
C 45	nach DIN 17 200
C 60	nach DIN 17 200
40 Mn 4	nach DIN 17 200
41 Cr 4	nach DIN 17 200
42 CrMo 4	nach DIN 17 200
50 CrV 4	nach DIN 17 200
GS-45.3	nach DIN 1681

Für Maschinenteile dürfen auch Werkstoffe verwendet werden, für die in anderen Normen oder Werksnormen technologische Werte angegeben sind.

3.2.3 Verbindungselemente

Schrauben und Bolzen der Festigkeitsklassen 4.6, 5.6, 6.9, 8.8 und 10.9 nach DIN ISO 898 Teil 1.

3.3 Aluminium-Legierungen

Aluminium-Legierungen für vorwiegend ruhende Beanspruchung nach DIN 4113 Teil 1.

3.4 Holz

Nach DIN 1052 Teil 1.

4 Lastarten und Lastannahmen

4.1 Ständige Lasten

Hierzu gehören die Eigenlast des Tragwerks, des Zubehörs und der technischen Einrichtungen, die zum Betrieb notwendig sind sowie Bespannungen, Dekorationen und dergleichen.

Die ständigen Lasten sind nach DIN 1055 Teil 1 und Teil 2 zu ermitteln. Für Maschinenteile, elektrische Einrichtungen, Fahrzeuge, Gondeln und dergleichen sind die Eigenlasten nachzuweisen.

Die Eigenlast trockener Leinwand bei Berechnung der Bauten für Winddruck von unten, erforderlich für Unter-

suchung der Kippsicherheit und Bemessung der Verankerung, ist mit $0,005 \text{ kN/m}^2$, in allen anderen Fällen nach DIN 1055 Teil 1 anzunehmen.

4.2 Verkehrslasten

Das sind die an einem Bauteil angreifenden äußeren Kräfte, die Größe, Richtung und Angriffsort im regelmäßigen Betrieb ändern können (siehe auch Abschnitt 5).

4.2.1 Lotrechte Lasten

4.2.1.1 Die Last je erwachsener Person ist mit $0,75 \text{ kN}$, je Kind mit $0,50 \text{ kN}$ anzunehmen. Ist die bauliche Anlage zur Benutzung durch Erwachsene und Kinder oder nur für Kinder vorgesehen, so ist die zulässige Personenanzahl je Sitzgruppeneinheit (z. B. Gondel) durch Anschlag anzuzeigen.

4.2.1.2 Für Fußböden, allgemein zugängliche Treppen, Treppenabsätze, Rampen, Zu- und Abgänge und dergleichen ist eine Verkehrslast von $3,5 \text{ kN/m}^2$ anzunehmen. Ist mit besonders großem Menschengedränge zu rechnen, so ist die Verkehrslast auf 5 kN/m^2 zu erhöhen. Das muß z. B. stets bei Zirkussen geschehen. Tribünen mit festen Sitzplätzen sind für eine Verkehrslast von 5 kN/m^2 , Tribünen ohne feste Sitzplätze für eine Verkehrslast von $7,5 \text{ kN/m}^2$ zu bemessen. Für Tribürentreppen und deren Podeste ist eine Verkehrslast von $7,5 \text{ kN/m}^2$ anzusetzen.

4.2.1.3 Fußböden, Podien, Rampen, Treppen, Laufstege und dergleichen, die zwar von Einzelpersonen begangen werden, aber für die allgemeine Benutzung nicht bestimmt sind, sind mit 1 kN Einzellast in ungünstigster Stellung bzw. mit 1 kN/m^2 zu bemessen.

4.2.1.4 Bei Karussells, in dem vom Publikum betriebsmäßig begangenen Dreh- bzw. Auslegerbereich, sind zur Berücksichtigung des Fahrgastwechsels als Verkehrslast auf den Böden doppelt so viele Personen anzunehmen wie Plätze auf den Fahrzeugen bzw. Figuren vorhanden sind, oder es ist eine Verkehrslast von 2 kN/m^2 in Rechnung zu stellen. Der ungünstigere Wert ist für die Bemessung maßgebend.

4.2.1.5 Die Sitzbretter von Sitzreihen sind für eine Verkehrslast von $1,5 \text{ kN/m}$ zu bemessen. Dies gilt auch für Fußböden zwischen festen Sitzreihen, wenn sich aus Abschnitt 4.2.1.2 nicht höhere Lasten ergeben.

4.2.1.6 Bei Treppen ohne Setzstufen oder bei Treppen mit nur einer mittleren Wange ist eine Einzellast von 1 kN je Stufe in ungünstigster Laststellung bzw. Flächenlast nach Abschnitt 4.2.1.2 oder Abschnitt 4.2.1.3 anzunehmen.

4.2.2 Waagerechte Lasten

4.2.2.1 Bei Brüstungen und Geländern sowie bei Wandtafeln ist die waagerechte Seitenkraft im allgemeinen mit $0,5 \text{ kN/m}$ in Holmhöhe (Handlaufhöhe) anzunehmen. Bei Fliegenden Bauten, bei denen mit besonders großem Menschengedränge zu rechnen ist, muß dieser Wert auf 1 kN/m erhöht werden. Der Zwischenholm ist für eine waagerechte Seitenkraft von $0,1 \text{ kN/m}$ zu bemessen.

4.2.2.2 Für Geländer von Bedienungstreppten und -laufstegen nach Abschnitt 4.2.1.3 ist eine waagerechte Seitenkraft in Holmhöhe von $0,15 \text{ kN/m}$ anzunehmen.

4.2.2.3 Bei Tribünen und ähnlichen Sitz- und Stehrichtungen ist zur Erzielung ausreichender Längs- und

Quersteifigkeit neben einer etwaigen Windlast nach Abschnitt 4.5 eine in Fußbodenhöhe angreifende waagerechte Seitenkraft in jeweils ungünstigster Richtung in Rechnung zu stellen, die zu 1/10 der Verkehrslast nach Abschnitt 4.2.1.2 anzunehmen ist.

4.3 Antriebs- und Bremskräfte

Antriebs- und Bremskräfte sind für den gewählten Antrieb (z. B. Gleichstrommotor, Drehstrommotor, Hydraulikantrieb usw.) und die gewählte Bremse rechnerisch zu ermitteln und in dieser Größe anzusetzen. Bei Hydraulikzylindern sind die Einflüsse aus Anfahren und Abbremsen durch konstruktive Maßnahmen erfaßbar klein zu halten und rechnerisch zu berücksichtigen.

Für langsam laufende Fahrzeuge oder Drehwerke mit Geschwindigkeiten ≤ 3 m/s dürfen die Antriebs- und Bremskräfte mit 1/15 der bewegten ständigen Last und Verkehrslast angenommen werden, wenn kein genauere Nachweis geführt wird.

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

4.4.1 Stöße

Treten während der Fahrbewegung in der Konstruktion oder in einzelnen ihrer Teile Stoßkräfte auf (z. B. aus Schienenstößen oder Abnutzung), so sind die in Betracht kommenden bewegten Lasten (ständige Last und Verkehrslast) mit der Stoßzahl von mindestens $\varphi_1 = 1,2$ zu vervielfachen, sofern die Art des Betriebes und der Konstruktion keinen höheren Wert erfordert. Werden bei Fahrversuchen an der Ausführung entscheidend größere Stoßkräfte (z. B. durch Schienenstöße) festgestellt und können diese konstruktiv nicht behoben werden, dann ist der Wert φ_1 entsprechend zu erhöhen.

Nicht zu den Stoßkräften zählen Kräfte aus Anfahren und Abbremsen wie z. B. beim Hydraulikzylinder, siehe hierzu Abschnitt 4.3.

4.4.2 Schwingung direkt befahrener Bauteile

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

Bei entsprechendem Nachweis darf $1,0 \leq \varphi_2 < 1,2$ angesetzt werden. Ohne Schwingbeiwert sind zu berechnen: Unterstützungen oder Aufhängungen der direkt befahrenen Bauteile,

Bodenpressungen,
Formänderungen,
Stand- und Gleitsicherheit.

4.4.3 Anprall

Anprall ist an der ungünstigsten Stelle des betroffenen Bauteils in der Größe des Gewichts des vollbesetzten Fahrzeugs ($1,0 \cdot Q$) anzusetzen.

Kommt Anprallen nur unter Winkeln $\alpha < 90^\circ$ in Betracht, so ist für den Anprall $Q \cdot \sin \alpha$ zu setzen; jedoch ist mit mindestens $0,3 \cdot Q$ zu rechnen.

Der Einfluß aus vorgenannten Anpralllasten braucht nur für die unmittelbar betroffenen Bauteile und ihre Verankerungen berücksichtigt zu werden.

4.5 Windlasten

4.5.1 Für die Windlasten ist DIN 1055 Teil 4 mit folgenden Staudrücken maßgebend:

0,50 kN/m² für Fliegende Bauten bis 8,00 m Höhe,
0,80 kN/m² für Fliegende Bauten über 8,00 bis 20,00 m Höhe.

Aufgrund der vorliegenden Erfahrungen mit Zelten herkömmlicher Bauart darf die Windlast derartiger Zeltkonstruktionen mit den aerodynamischen Beiwerten aus Bild 1 ermittelt werden.

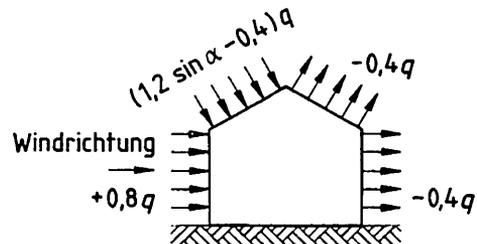


Bild 1. Aerodynamische Beiwerte für Zelte herkömmlicher Bauart

4.5.2 Abweichend von Abschnitt 4.5.1 darf bei Fliegenden Bauten – außer bei Festzelten mit einer Höhe $> 5,00$ m oder mit einer Breite $> 10,00$ m bzw. bei Rundzelten mit größerem Durchmesser als 15,00 m – der Staudruck bis zu einer Höhe von 5,00 m über Erdboden mit $q = 0,3$ kN/m² angenommen werden.

4.5.3 Bei Fliegenden Bauten im Betriebszustand darf die Windlast mit einem Staudruck von 0,15 kN/m² bis 5,00 m über Erdboden und darüber mit 0,25 kN/m² angesetzt werden, wenn ab Windstärke 8 bzw. ab einer Windgeschwindigkeit von 20 m/s der Betrieb eingestellt wird. Die Windangriffsfläche aus Verkehrslast ist zu berücksichtigen.

4.6 Schneelasten

Für die Schneelasten ist DIN 1055 Teil 5 maßgebend.

4.7 Massenkräfte, z. B. Flieh-, Kreisel- und Corioliskräfte

Sie sind entsprechend den Gegebenheiten besonders zu ermitteln, siehe z. B. Abschnitt 5.5.1 und Abschnitt 5.4.4.1.

4.8 Die Lasten nach Abschnitt 4.5 sind Zusatzlasten im Sinne von DIN 1050.

5 Grundsätze für die statischen Berechnungen

5.1 Allgemeines

5.1.1 Die Grenzwerte der Normalkräfte, Momente, Querkkräfte und Auflagerkräfte sind getrennt für die einzelnen Lasten nach Abschnitt 4 zu bestimmen. Aus den Grenzwerten sind die Spannungen zu ermitteln und den zulässigen Spannungen gegenüberzustellen.

5.1.2 Alle Nachweise sind für die ungünstigste Belastung aufzustellen. Dabei sind die beweglichen Lasten einschließlich der daraus resultierenden Betriebslasten und die Lage der beweglichen Teile stets in der Stellung und Größe und mit derjenigen Geschwindigkeit anzunehmen,

die für die zu berechnenden Bauteile im Betrieb die ungünstigsten Beanspruchungen ergeben. Bei Bauteilen und Ausrüstungsgegenständen, die nicht dauernd vorhanden sind, ist auch zu untersuchen, ob bei deren Wegfall ungünstigere Verhältnisse auftreten können.

5.1.3 Wenig bekannte Formeln sind zunächst mit den Zeichen nach DIN 1080 Teil 1 niederzuschreiben. Für solche Formeln ist die Quelle anzugeben, wenn sie allgemein zugänglich ist. Sonst sind die Formeln so weit zu entwickeln, daß ihre Richtigkeit geprüft werden kann.

5.1.4 Bei Anwendung von Rechenautomaten sind die vorläufigen Richtlinien für das Aufstellen und Prüfen elektronischer Standsicherheitsberechnungen¹⁾ zu beachten.

5.2 Schaukeln

5.2.1 Die folgenden Bestimmungen gelten mit Ausnahme des Abschnittes 5.2.7 für Schaukeln ohne motorischen Antrieb.

5.2.2 Schaukeln sind für einen größten Ausschlag von $\max \vartheta = 120^\circ$ gegenüber der Ruhelage zu berechnen. Für Kinderschaukeln, bei denen der Abstand vom Gondelboden bis zur Aufhängeachse 2,00 m nicht überschreitet, genügt ein Winkel von $\max \vartheta = 90^\circ$.

5.2.3 Bei Überschlagschaukeln ist der volle Ausschlag von $\max \vartheta = 180^\circ$ in Rechnung zu stellen.

5.2.4 Bei Überschlagschaukeln mit Gegengewicht muß als einseitige Überlast außer dem Gewicht der Fahrgäste auch das jeweilige Übergewicht der Gondel berücksichtigt werden.

5.2.5 Unter der Voraussetzung, daß die Fußpunkte der Streben in derselben horizontalen Ebene liegen und der Neigungswinkel der Streben gleich ist, gilt für herkömmliche Schiffschaukeln (ohne Gegengewicht) das folgende vereinfachte Rechenverfahren.

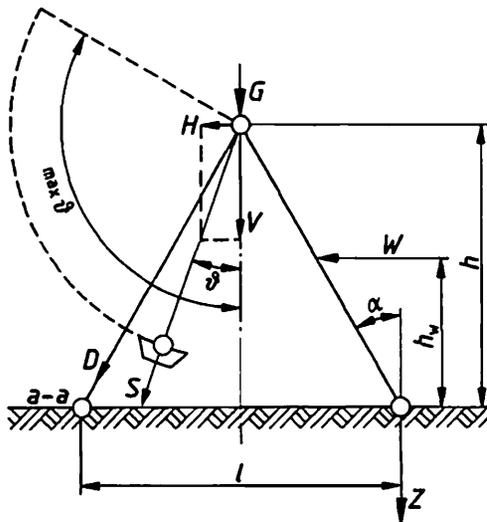


Bild 2. Schiffschaukel

Es bedeuten:

G Last der festen Teile (Schaukelgerüst, Kopfbalken und Lager). Die Eigenlast des Podiums darf nur dann zu G hinzugezählt werden, wenn es mit den Streben fest verbunden und stets mit aufgebaut wird.

- Q Eigenlast und Verkehrslast der bewegten Teile (Gestänge, Gondel und Personen)
- W Windlast
- S Fadenkraft des der schwingenden Gondel gleichwertigen Pendels
- H } Horizontal- und Vertikalkomponenten der
- V } Fadenkraft S
- l Stützweite der Schaukel
- h Höhe der Schaukel
- h_w Höhe des Windangriffs über der Kippachse
a - a
- alpha Strebenneigung gegen die Lotrechte
- vartheta Ausschlagwinkel gegen die Lotrechte
- max vartheta Maximaler Ausschlagwinkel gegen die Lotrechte
- D Druckkraft in der Schaukelstrebe
- Z Verankerungskraft
- a - a Kippachse

Die beim Schaukeln auftretenden Kräfte sind:

$$S = Q (3 \cdot \cos \vartheta - 2 \cdot \cos \max \vartheta) \quad (1)$$

$$H = S \cdot \sin \vartheta \quad (2)$$

$$V = S \cdot \cos \vartheta \quad (3)$$

In der Tabelle 1 sind für größte Gondelausschläge $\max \vartheta = 90, 120$ und 180° gegen die Ruhelage die sich aus vorstehenden Formeln ergebenden Kräfte bei verschiedenen Ausschlagwinkeln angegeben.

5.2.5.1 Strebenkräfte

Strebenkraft aus Eigenlast G

$$D_g = \frac{G}{2 \cdot \cos \alpha} \quad (4)$$

Strebenkraft aus Fliehkraft

$$D_f = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{V}{\cos \alpha} + \frac{H}{\sin \alpha} \right) \quad (5)$$

Der Größtwert der Strebenkraft D_f wird ermittelt aus dem Verhältnis D_f/Q für verschiedene Ausschlagwinkel ϑ unter Verwendung der Werte V/Q und H/Q nach Tabelle 1.

Die Anwendung der Formel (5) setzt voraus, daß eine wirksame, unnachgiebige Verankerung an den Strebenfüßen vorhanden ist. Andernfalls sind die Werte für D_f mit dem Faktor 2 zu multiplizieren.

Strebenkraft aus Wind

$$D_w = \frac{\sum W \cdot h_w}{l \cdot \cos \alpha} \quad (6)$$

Die Windangriffsfläche für Gondel und Personen kann für Schaukelstellungen zwischen $\vartheta = 0^\circ$ und $\vartheta = 60^\circ$ angenähert mit $1,0 \text{ m}^2$ senkrecht getroffener Fläche angenommen werden. Der Angriffspunkt dieser Windlasten aus Schrift- und Schautafeln, Überdachungen und dergleichen müssen gegebenenfalls berücksichtigt werden.

Es ist in jedem Fall auch zu untersuchen, ob bei voller Windlast und ruhendem Betrieb höhere Beanspruchungen auftreten.

¹⁾ Abgedruckt z. B. im Ministerialamtsblatt NW 1966, S. 666

Tabelle 1. Pendelkräfte bei verschiedenen Gondelausschlägen

max $\vartheta = 90^\circ$				max $\vartheta = 120^\circ$				max $\vartheta = 180^\circ$			
ϑ	S/Q	V/Q	H/Q	ϑ	S/Q	V/Q	H/Q	ϑ	S/Q	V/Q	H/Q
90°	0,00	0,00	0,00	120°	-0,50	+0,25	-0,43	180°	-1,00	+1,00	0,00
80°	+0,52	+0,09	+0,51	110°	-0,03	+0,01	-0,02	170°	-0,96	+0,94	-0,17
70°	+1,03	+0,35	+0,96	100°	+0,48	-0,08	+0,47	160°	-0,82	+0,77	-0,28
60°	+1,50	+0,75	+1,30	90°	+1,00	0,00	+1,00	150°	-0,60	+0,52	-0,30
50°	+1,93	+1,24	+1,48	80°	+1,52	+0,27	+1,50	140°	-0,30	+0,23	-0,19
45°	+2,12	+1,50	+1,50	70°	+2,03	+0,69	+1,90	130°	+0,07	-0,05	+0,05
40°	+2,30	+1,76	+1,48	60°	+2,50	+1,25	+2,16	120°	+0,50	-0,25	+0,43
30°	+2,60	+2,25	+1,30	50°	+2,93	+1,88	+2,24	110°	+0,97	-0,33	+0,92
20°	+2,82	+2,65	+0,97	40°	+3,30	+2,53	+2,12	100°	+1,48	-0,26	+1,46
10°	+2,96	+2,91	+0,51	30°	+3,60	+3,11	+1,80	90°	+2,00	0,00	+2,00
0°	+3,00	+3,00	0,00	20°	+3,82	+3,59	+1,31	80°	+2,52	+0,44	+2,48
				10°	+3,96	+3,90	+0,69	70°	+3,03	+1,04	+2,84
				0°	+4,00	+4,00	0,00	60°	+3,50	+1,75	+3,03
								50°	+3,93	+2,53	+3,01
								40°	+4,30	+3,29	+2,76
								30°	+4,60	+3,98	+2,30
								20°	+4,82	+4,53	+1,65
								10°	+4,96	+4,88	+0,86
								0°	+5,00	+5,00	0,00

Die Gesamtstrebenkraft ergibt sich zu:

$$\Sigma D = D_g + \max D_t + D_w \quad (7)$$

5.2.5.2 Kippsicherheit der Schaukel

Das v -fache Kippmoment, bezogen auf die Kippachse $a - a$ beträgt

$$M_{Kv} = 1,3 \cdot \left(H \cdot h - V \cdot \frac{l}{2} \right) + 1,2 \cdot \Sigma W \cdot h_w \quad (8)$$

Die Werte V und H sind aus Tabelle 1 für den entsprechenden Ausschlagwinkel $\max \vartheta$ zu entnehmen.

Das Standmoment, bezogen auf die Kippachse $a - a$ beträgt

$$M_{St} = \frac{\bar{G} \cdot l}{2} \quad (9)$$

Für \bar{G} darf nur das mit Sicherheit immer vorhandene Mindestgewicht (Hölzer in ausgetrocknetem Zustand) angesetzt werden.

Es muß sein $M_{St} \geq M_{Kv}$.

Für $\frac{M_{St}}{M_{Kv}} < 1,0$ ist eine zusätzliche Verankerung der

Bockstreben erforderlich gemäß der Gleichung

$$\text{erf } Z_v = \frac{M_{Kv} - M_{St}}{l} \quad (10)$$

Es muß sein $Z \geq \text{erf } Z_v$.

Z siehe Abschnitt 6.2.1

5.2.6 Die Aufhängestangen der Gondel sind auf Zug und bei Ausschlagwinkeln $\vartheta > 120^\circ$ auch auf Knicken zu untersuchen. Liegen die Lager für die Aufhängung der Gondeln außermittig zum Kopfbalken, so werden die Kopfbalken auch auf Verdrehen und damit die Streben des Gerüsts auch auf Biegung beansprucht. Dies ist bei der Berechnung zu berücksichtigen; ebenso der Einfluß der Ausmittigkeit auf die Kopfbalkenlager und die Strebenverbindungen.

5.2.7 Bei motorisch angetriebenen Schaukeln sind die aus dem Motorbetrieb sich ergebenden Antriebs- und Bremskräfte zusätzlich zu berücksichtigen.

5.3 Riesenräder

5.3.1 Lasten

Die Radscheiben von n -teiligen Riesenrädern sind für die Lasten nach Bild 3 zu berechnen:

$$Q_\varphi = \varphi \cdot (G_g + P) + G_R \quad (11)$$

$$Q = (G_g + P) + G_R \quad (11a)$$

$$Q_x = \frac{Q}{g} \cdot \omega^2 \cdot R \quad (12)$$

$$Q_t = \frac{Q}{g} \cdot \varepsilon \cdot R \quad (13)$$

W_t und W_x

Hierin bedeuten:

$\varphi = 1,2$ Stoßfaktor

G_g Eigenlast einer Gondel mit Aufhängung

P Verkehrslast in einer vollbesetzten Gondel

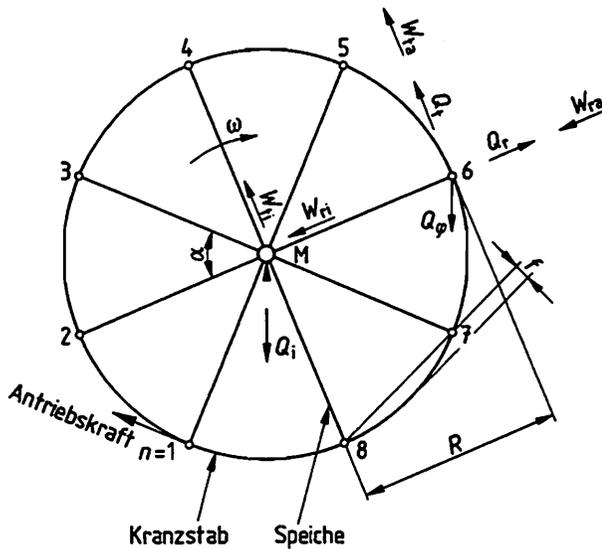


Bild 3. $n = 8$ teiliges Riesenrad
Belastung nur im Punkt $i = 6$ dargestellt

G_R zu einer Gondel gehörige anteilige Last des Rades

Q_i anteilige Speichenlast, innen, an der Nabe

g Fallbeschleunigung

ω Winkelgeschwindigkeit des Rades

R Radius des Rades

$\varepsilon = \frac{\omega}{t}$ Winkelbeschleunigung des Rades

t Anfahr- bzw. Abbremszeit des Rades, ist aus dem gewählten Antrieb bzw. der Bremse zu errechnen

W_{ta} Windlast in tangentialer Richtung des Rades aus Gondel und Speichenanteil

W_{ti} Windlast in tangentialer Richtung des Rades aus Speichenanteil

W_{ra} Windlast in radialer Richtung des Rades aus Gondel, Kranzstäben und Speichenanteil

W_{ri} Windlast in radialer Richtung des Rades aus Speichenanteil

Die aus Antrieb bzw. Bremsung auftretenden Kräfte, die dem Rad um den Punkt M das Gleichgewicht halten, sind am Entstehungsort anzusetzen und abzuleiten, z. B. beim Antrieb an der Welle das Biegemoment in den Speichen und das Torsionsmoment in der Welle, oder beim Reibradantrieb auf dem Kranzstab der Anpreßdruck und die tangentiale Reibkraft.

5.3.2 Maßgebende Lastfälle

Vollbesetzung: (Lastfall a)

Alle Gondeln des Rades sind vollbesetzt. Hierbei ergeben sich die größten Spannungen in den Kranzstäben.

Teilbesetzung: (Lastfall b)

Als einseitige Belastung des Rades sind zwei aufeinanderfolgende vollbesetzte Gondeln bzw. zwei aufeinanderfolgende leere Gondeln, die übrigen besetzt anzunehmen.

Fliehkraft Q_r : (Lastfall c)

Anfahren und Abbremsen Q_t : (Lastfall d)

Wind parallel zum Rad: (Lastfall e 1)

Wind senkrecht zum Rad: (Lastfall e 2)

Sollen mehr als zwei Gondeln vollbelastet einseitig gefahren werden, dann ist das in der Berechnung zu berücksichtigen.

5.3.3 Berechnung

Die Stabkräfte der Speichen und Kranzstäbe des Rades sind im allgemeinen nach der Elastizitätslehre (einfach statisch unbestimmtes Fachwerk) zu ermitteln. Hierbei werden die Speichen als im Wellenmittelpunkt angeschlossen betrachtet. Bei allen Lastfällen sind die aus dem Antrieb (bzw. Bremsung) resultierenden Lasten wirklichkeitsgetreu anzusetzen.

Sind Q_r , Q_t , W_x und W_t klein gegenüber Q_φ

$$\left(Q_x \leq \frac{Q_\varphi}{5}, Q_t \leq \frac{Q_\varphi}{10}, \sqrt{W_x^2 + W_t^2} \leq \frac{Q_\varphi}{4} \right),$$

dann können für die Berechnung der Radscheiben von n -teiligen Riesenrädern nachstehende Formeln verwendet werden. Sie gelten für die Lasten $Q = 1$.

Weitere Voraussetzungen:

Elastizitätsmodul bei allen Stäben gleich

A_S Querschnittsfläche einer Speiche, bei allen Speichen gleich

A_K Querschnittsfläche eines Kranzstabes, bei allen Kranzstäben gleich

I_K Flächenmoment zweiten Grades (Trägheitsmoment) eines Kranzstabes, bei allen Kranzstäben gleich

(n) Index als Bezeichnung für einen beliebigen Knotenpunkt des n -teiligen Riesenrades

α der von zwei Speichen eingeschlossene Zentriwinkel (bei allen Speichen gleich)

S_{0S} bzw. S_{0K} Stabkräfte am statisch bestimmten System in den Speichen bzw. Kranzstäben infolge $Q_1 = 1, Q_2 = 1 \dots Q_n = 1$

S_{1S} bzw. S_{1K} Stabkräfte am statisch bestimmten System in den Speichen bzw. Kranzstäben infolge $X_1 = 1$

$$f = R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right) = \text{Pfeilhöhe} \quad (14)$$

$$c' = \frac{A_S}{A_K} \quad (15)$$

$$c'' = \frac{A_S}{I_K} \quad (16)$$

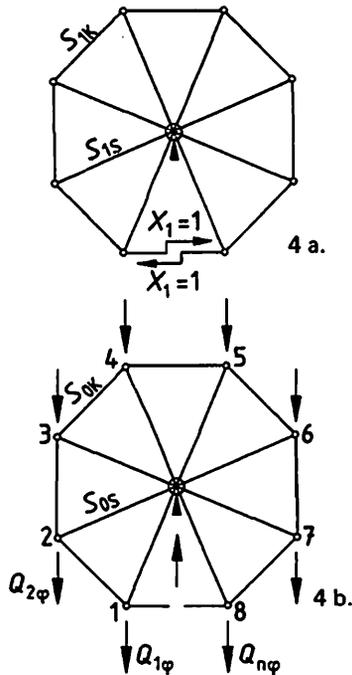
$$S_{1S} = -2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}; \quad (17)$$

$$S_{1K} = +1 \quad (18)$$

$$\max M_{1K} = R \cdot \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2} \right); \quad (19)$$

bei polygonartig ausgebildeten Kranzstäben wird $M_{1K} = 0$.

Für das n -teilige Rad wird für den Zustand $X_1 = 1$



$$\text{Speichen: } S_S = \frac{Q_\varphi}{2} \cdot (S_{0S} + X_1 \cdot S_{1S}) \quad (25)$$

$$\text{Kranzstäbe: } S_K = \frac{Q_\varphi}{2} \cdot (S_{0K} + X_1 \cdot S_{1K}) \quad (26)$$

$$\max M_{1K} = S_K \cdot R \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right) \quad (27)$$

bei polygonartig ausgebildeten Kranzstäben wird $M_K = 0$. Für polygonartig ausgebildete Riesenräder sind für $c' = 0,2$ bis $3,0$ für den Lastfall $Q_n = 1$ und $n = 6$ bis 16 die größten Stabkräfte in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Die Stabkräfte in einer Radscheibe werden ermittelt durch Multiplizieren der Tabellenwerte mit $\frac{Q_\varphi}{2}$

Tabelle 2.

Teilung $n =$	6	8	10	12	14	16
Speichen	$\pm 2,00$					
Kranz- stäbe	$+ 1,16$	$+ 1,43$	$+ 1,68$	$+ 2,00$	$+ 2,30$	$+ 2,64$
	$- 1,50$	$- 1,60$	$- 1,68$	$- 2,00$	$- 2,30$	$- 2,64$

In der Tabelle bedeuten: + = Zug – = Druck

Bild 4. $n = 8$ teiliges (polygonartiges) Riesenrad statisch bestimmtes Grundsystem

Aus Normalkraft

$$\frac{E \cdot A_S}{R} \cdot \delta_{11}^N = n \cdot 2 \cdot \left(\sin \frac{\alpha}{2}\right) \cdot \left(2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} + c'\right) \quad (20)$$

Aus Moment

$$\frac{E \cdot A_S}{R} \cdot \delta_{11}^M = n \cdot c'' \cdot R^2 \cdot \left(\frac{\alpha}{2} + \alpha \cos^2 \frac{\alpha}{2} - 3 \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2}\right) \quad (21)$$

bei polygonartig ausgebildeten Kranzstäben wird

$$\frac{E \cdot A_S}{R} \cdot \delta_{11}^M = 0 \quad (22)$$

$$\frac{E \cdot A_S}{R} \cdot \delta_{10} = 2 \cdot \left(\sin \frac{\alpha}{2}\right) \cdot \left(c' \cdot \sum_1^n S_{0K} - \sum_1^n S_{0S}\right) \quad (23)$$

Damit wird die statisch Unbestimmte

$$X_1 \text{ aus } Q_1 = 1, Q_2 = 1 \dots Q_n = 1$$

$$X_1 = - \frac{\frac{E \cdot A_S}{R} \cdot \delta_{10}}{\frac{E \cdot A_S}{R} \cdot \delta_{11}^N + \frac{E \cdot A_S}{R} \cdot \delta_{11}^M} \quad (24)$$

Endgültige Schnittgrößen am statisch unbestimmten System für ein n -teiliges Riesenrad mit zwei Radscheiben aus der Belastung Q_φ

Der Einfluß auf die Speichen und Kranzstäbe aus Wind senkrecht zur Radscheibe (Windlastanteil je Speiche aus Gondeln, Speiche, Kranzstäben und eventuell vorhandene Verkleidung) ist nachzuweisen. Bei den Speichen und Kranzstäben ist der Biegeeinfluß aus Eigenlast und eventuell weiteren vorhandenen Belastungen zu berücksichtigen. Erfolgen Antrieb und Bremsung nur an einer Radscheibe, so ist der daraus resultierende Einfluß auf das Rad zu untersuchen.

5.3.4 Montage

Der Montagevorgang des Rades ist nachzuweisen. Wird das Rad z. B. so montiert, daß der letzte Kranzstab unten eingebaut wird, so ist der Kranzstabring so auseinanderzudrücken, daß er die Druckkraft erhält, die sich bei den vorhandenen Lasten aus der statisch unbestimmten Rechnung ergibt.

5.3.5 Allgemeine Hinweise

Die Summe aller äußeren angreifenden Kräfte ist über die Stützkonstruktion abzuleiten, wobei der Kipp- und Gleitsicherheitsnachweis im Betriebsfall mit Windbelastung nach Abschnitt 4.5.3 auf die eventuell durch die Verkehrslast vergrößerte Windangriffsfläche und im Stillstand (ohne Verkehrslast) mit Windbelastung nach Abschnitt 4.5.1 und Abschnitt 4.5.2 zu führen ist. Der Wind ist einmal parallel zur Radscheibe und in einem zweiten Lastfall senkrecht zur Radscheibe anzusetzen. Für die beiden vorgenannten Lastfälle ist die Kipp- und Gleitsicherheit des Bauwerkes nachzuweisen. Die Kipp- und Gleitsicherheit ist gegebenenfalls für den Montagezustand nachzuweisen. Da die Speichen in der Regel nicht, wie gerechnet, im Wellenmittelpunkt angeschlossen werden können, handelt es sich bei der Radscheibe um ein labiles System, d. h. die Nabe kann bei festgehaltenem Rad eine endliche Drehung bis in eine stabile Lage ausführen. Um diesem Verschleiß vorzubeugen, sollten die Speichen an der Nabe so angeschlossen werden (z. B.

durch Einspannung), daß die Relativdrehung der Nabe verhindert wird. Werden als Speichen Zugglieder verwendet, dann ist der Einfluß aus dem Zugglieddurchhang auf das Rad zu erfassen.

Bei der Berechnung auf Wind senkrecht zur Radscheibe ist zu beachten, daß die gesamte Windlast des Rades sich an einem Lager absetzt, wenn durch die Achs- und Lagerausbildung eine beidseitige Lastverteilung nicht zweifelsfrei sichergestellt ist.

Für den Kippsicherheitsnachweis darf Kippen des Gesamtbauwerkes nur dann gerechnet werden, wenn das Gesamtbauwerk um eine Kante oder einen Punkt kippen kann. Kippen z. B. Stützböcke einzeln, so ist für jeden Stützbock allein der Kippsicherheitsnachweis zu erbringen. Bei schrägliegenden auf Druck beanspruchten Stützen ist das Moment aus der Druckkraft multipliziert mit der Durchbiegung zu berücksichtigen.

Der Einfluß aus halbseitig besetzter Gondel und Windbelastung auf die Gondelaufhängung ist zu berücksichtigen.

5.4 Karussells

5.4.1 Allgemeines

Karussells sind im Ruhestand und im Betriebszustand sowohl mit Vollbelastung als auch unter der Annahme zu untersuchen, daß nur ein Teil des Drehwerkes belastet wird.

Als einseitige Belastung ist anzunehmen, daß mindestens die Sitze besetzt sind, die auf $1/4$ bzw. $3/4$ des Umfanges liegen. Für diese einseitige Belastung ist der allgemeine Spannungsnachweis zu führen.

Das Kippmoment durch einseitige Belastung bei Besetzung der Sitze auf mindestens $1/6$ des Umfanges darf nicht größer sein als das gleichzeitig vorhandene Standmoment ohne Berücksichtigung von Zugankern. Für diese einseitige Belastung ist der Betriebsfestigkeitsnachweis zu führen. Außerdem ist auch der Betriebsfestigkeitsnachweis für eine einseitige Belastung auf $5/6$ des Umfangs zu führen. Die entsprechenden Sektorausschnitte sind für den ungünstigsten Fall zu wählen, wobei auch Sitze mit zu zählen sind, die auf dem Sektorrang liegen.

Sind statt Einzelsitze mehrsitzige Gondeln vorhanden, ist analog zu verfahren.

Bei 18 und mehr gleichmäßig auf den Umfang verteilten Sitzen kann unter bestimmten Bedingungen eine größere einseitige Belastung für eine ausreichende Kippsicherheit maßgebend sein. Siehe hierzu den Vergleich $M_{St} \geq M_{Kv}$ im Abschnitt 5.4.2.

Soll ein Karussell auch planmäßig rückwärts fahren, so sind für die Bemessung beide Fahrtrichtungen zu berücksichtigen.

Laufkränze, Laufbahnen, Laufrollen, Sicherungsrollen und dergleichen unterliegen einer Abnutzung. Die zulässigen Verschleißmaße sind festzulegen.

Die ausreichende Sicherheit der hydraulischen und pneumatischen Einrichtungen ist durch Konstruktionszeichnungen, Berechnungen und die zugehörigen Schaltpläne nachzuweisen.

Die Sitze und Gondeln sind für diejenigen Kräfte zu bemessen, die sich aus den Eigenlasten, der Verkehrslast und aus der Bewegung ergeben. Wenn Sitze gelenkig gelagert werden, müssen sie so angebracht sein, daß keine Zwängungen auftreten können. Die Befestigung der Sitze

auf den Auslegern ist ebenfalls für diese Kräfte auszuliegen.

Die Seitenlehnen, Rückenlehnen, Sicherungsbügel, Ketten, Seile und die zugehörigen Schließrichtungen müssen die vorgenannten Kräfte aus der Personenlast übernehmen können. Die Bewegungen des Karussells sind so festzulegen, bzw. die Sitze sind so zu konstruieren oder zu sichern, daß die Personen im Hinblick auf die Bewegungen des Karussells sicher in den Sitzen untergebracht sind. Eine Sicherung des Fahrgastes ist notwendig, wenn der Fahrgast aus der resultierenden Beschleunigung mit weniger als $0,2 \cdot g$ auf den Sitz gedrückt wird.

Der Unterbau ist so zu bemessen und zu konstruieren, daß die auftretenden Kräfte (wie z. B. Anfahr- und Bremskräfte, Stoßkräfte, Unwuchtkräfte) sicher auf den Untergrund übertragen werden.

5.4.2 Fliegerkarussells und Hängekarussells

Die Fliehkkräfte bei den Flieger- und Hängekarussells mit vertikaler Drehachse errechnen sich zu:

$$H_{FL} = \frac{m \cdot v^2}{R + a} = Q' \cdot \tan \alpha; \quad (28)$$

$$m = \frac{Q'}{g} \quad (29); \quad v = \frac{\pi \cdot n \cdot (R + a)}{30} \quad (30)$$

wobei $\alpha = l \cdot \sin \alpha$ (31) in Abhängigkeit von v zunächst unbekannt ist. Zur Ermittlung von α (siehe Bild 5) dient die Gleichung

$$q = \cos \alpha + \frac{R}{l} \cdot \cot \alpha \quad (32)$$

wobei

$$q = \frac{894}{l \cdot n^2} \quad \text{mit } l \text{ in m und } n \text{ in U/min} \quad (33)$$

- Q' Gondel eigenlast mit Verkehrslast
- l Fadenlänge
- R Radius im Bild 6
- n Drehzahl
- a Ausflugsweite der Gondel
- α Ausflugswinkel gemessen zur Vertikalen
- v Umfangsgeschwindigkeit der Gondel
- m Masse aus Gondel und Verkehrslast
- H_{FL} Die in einer Gondel bewirkte Fliehkraft
- g Fallbeschleunigung

Statt der Auflösung der angegebenen Gleichung kann der Ausflugswinkel in Abhängigkeit von der Drehzahl mit Hilfe von Bild 5 ermittelt werden.

Aufhängeile (z. B. 4 Ketten, 4 Seile, 4 Stangen) für Sitze oder Gondeln und die Verbindungsmittel sind so zu bemessen, daß jedes Aufhängeile die halbe resultierende Kraft aus H_{FL} und Q' aufnehmen kann.

Auch die Schließrichtungen (Seil) sind für die resultierende Kraft aus H_{FL} und Q' zu berechnen; bei Ketten ist die Kraft aus dem Kettenzug zu berücksichtigen.

Die Schließrichtung darf nicht an den Aufhängeile befestigt sein.

Für kleinere Kettenfliegerkarussells genügt es – soweit nichts Genaueres nachgewiesen wird – einen Ausflugswinkel $\alpha = 45^\circ$ anzunehmen ($H_{FL} = Q'$).

Sind an einem Ausleger 2 Sitze nebeneinander befestigt, so darf zur Vereinfachung für beide Sitze ein Ausflugswinkel $\alpha = 45^\circ$ angenommen werden.

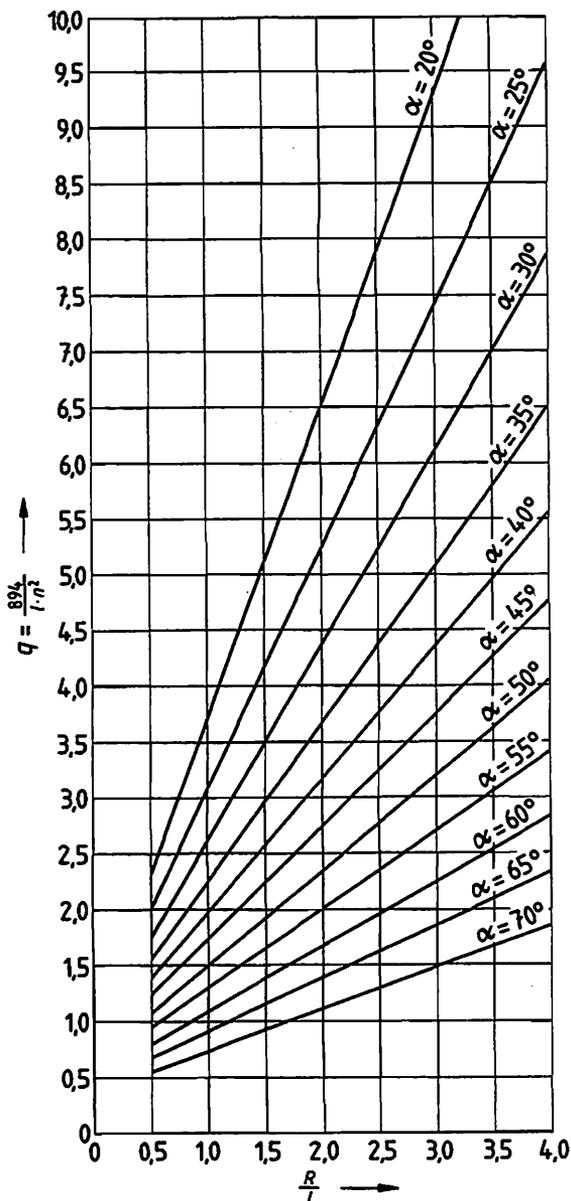


Bild 5. Diagramm zur Bestimmung des Ausflugwinkels α

Für Kinderkarussells mit angehängten Tierfiguren und ähnlichem genügt – wenn nichts Genaueres nachgewiesen wird – die Annahme eines Ausflugwinkels $\alpha = 30^\circ$ ($H_{FL} = 0,5 Q'$).

Das Moment der lotrechten und waagerechten Lasten um Punkt A (Fußpunkt des Mastes) beträgt:

$$M_A = c_1 \cdot P \cdot (R + h \cdot \tan \alpha) + (H_w \cdot h_w - V_w \cdot x) \quad (34)$$

Für die Bestimmung der Kippsicherheit im Betriebszustand ist einseitige Verkehrslast bei max. Drehzahl maßgebend.

Die Windbelastung ist in ungünstigster Richtung anzusetzen.

Die Momente um die Kippkante k – k bzw. k' – k' betragen:

Kippmoment:

$$M_{K_V} = 1,3 \cdot [P \cdot c_1 (R + h \cdot \tan \alpha) - P \cdot c_2 \cdot e] + 1,2 \cdot [H_w \cdot h_w - V_w (x + e)] \quad (35)$$

$$M_{K_V} = 1,3 \cdot [P \cdot c_1 (R + h \cdot \tan \alpha) - P \cdot c_2 \cdot \frac{e}{\sqrt{2}}] + 1,2 \cdot [H_w \cdot h_w - V_w (x + \frac{e}{\sqrt{2}})] \quad (36)$$

Standmoment:

$$M_{St} = \Sigma \bar{G} \cdot e \quad (37)$$

$$M_{St'} = \Sigma \bar{G} \cdot \frac{e}{\sqrt{2}} \quad (38)$$

Für \bar{G} darf nur das mit Sicherheit immer vorhandene Mindestgewicht (Hölzer im ausgetrockneten Zustand) angesetzt werden.

Es muß sein $M_{St} \geq M_{K_V}$ und $M_{St'} \geq M_{K_V}$

Bei 18 und mehr gleichmäßig auf den Umfang verteilten Sitzen kann unter bestimmten Bedingungen eine ausreichende Kippsicherheit maßgebend sein. Dann ist ein weiterer Nachweis zu führen mit

$$\max M_{K_V} = [P \cdot c_3 (R + h \cdot \tan \alpha) - P \cdot c_4 \cdot e] + 1,2 [H_w \cdot h_w - V_w (x + e)] \quad (39)$$

$$\max M_{K_V} = [P \cdot c_3 (R + h \cdot \tan \alpha) - P \cdot c_4 \cdot \frac{e}{\sqrt{2}}] + 1,2 [H_w \cdot h_w - V_w (x + \frac{e}{\sqrt{2}})] \quad (40)$$

c_3 und c_4 sind Beiwerte analog c_1 und c_2 (tabellarisch hier nicht erfasst), aber für eine einseitige Belastung auf 1/2 des Umfangs, wobei eventuell auf den Sektorrand fallende Sitze als nicht besetzt anzunehmen sind.

Es muß sein $M_{St} \geq \max M_{K_V}$

$$M_{St'} \geq \max M_{K_V}$$

Für $\frac{M_{St}}{M_{K_V}}$ bzw. $\frac{M_{St'}}{M_{K_V}} < 1$, bei einseitiger 1/4-Besetzung

am Umfang, sind zusätzliche Maßnahmen zu treffen, z. B. Gegengewichte anzubringen oder Verankerungen vorzunehmen.

Bei Anordnung von Bodenankern an den Enden des Bodenkreuzes beträgt die aufzunehmende Zugkraft Z (siehe Bild 6):

$$\text{erf } Z_V = \frac{M_{K_V} - M_{St}}{z} \quad (41)$$

$$\text{oder erf } Z_V = \frac{M_{K_V} - M_{St'}}{2 \cdot z'} \quad (42)$$

Es muß sein $Z \geq \text{erf } Z_V$

- Z siehe Abschnitt 6.2.1
- G' Eigenlast einer Gondel mit Aufhängung
- ΣG Eigenlast aller ständig vorhandenen, auf die Auflager wirkenden Einzelteile
- P Verkehrslast einer Gondel
- Q' $G' + P$
- h Abstand des Aufhängepunktes C der Gondel vom Erdboden
- c_1 Beiwert, der die Lage der besetzten Gondel für 1/4 bzw. 1/6 des Umfanges berücksichtigt

c_2 Beiwert, der die Anzahl der besetzten Gondeln (bei einseitiger Belastung 1/4 bzw. 1/6 des Umfanges) berücksichtigt

H_w Summe der waagerechten Windlast

h_w Abstand H_w vom Erdboden

V_w Summe der lotrechten Windlasten

x Abstand V_w von Mastmitte

erf Z_v die im höchstbeanspruchten Verankerungspunkt wirksame Ankerzugkraft unter v -facher Kippbelastung

e Abstand von der Kippachse zur Mastmitte

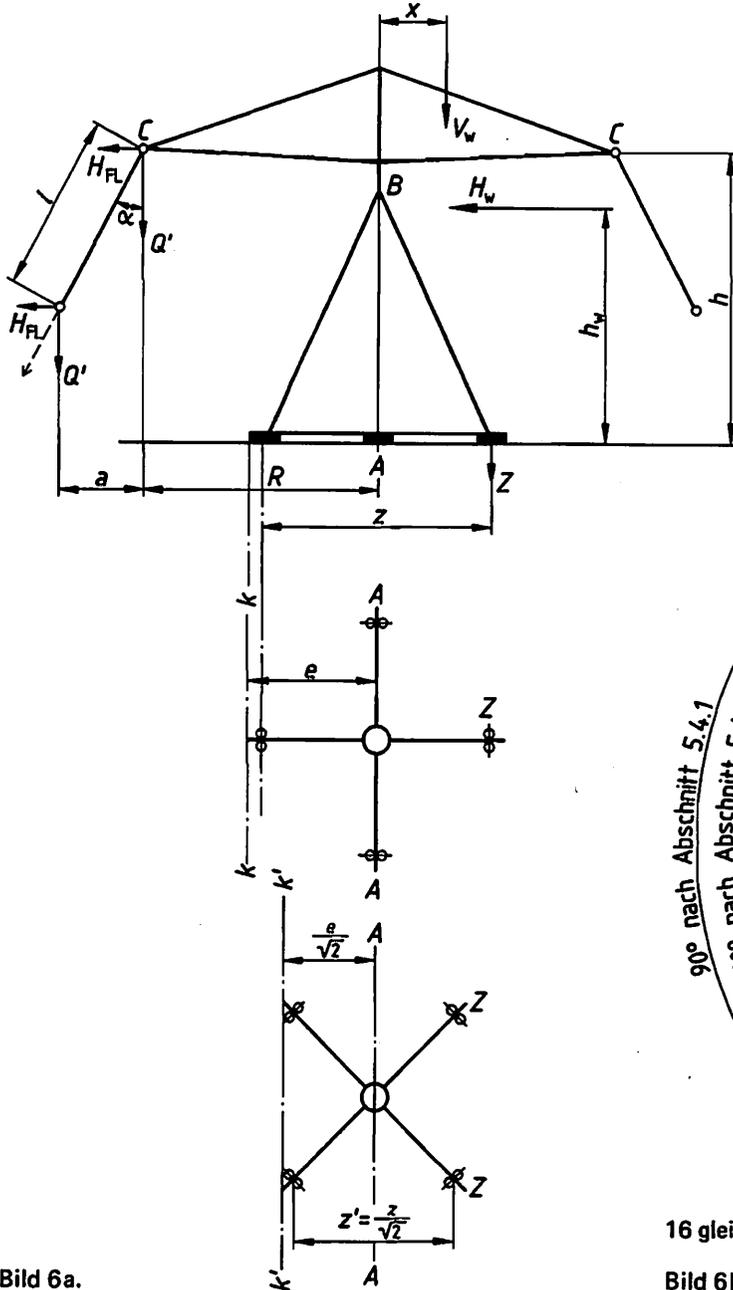
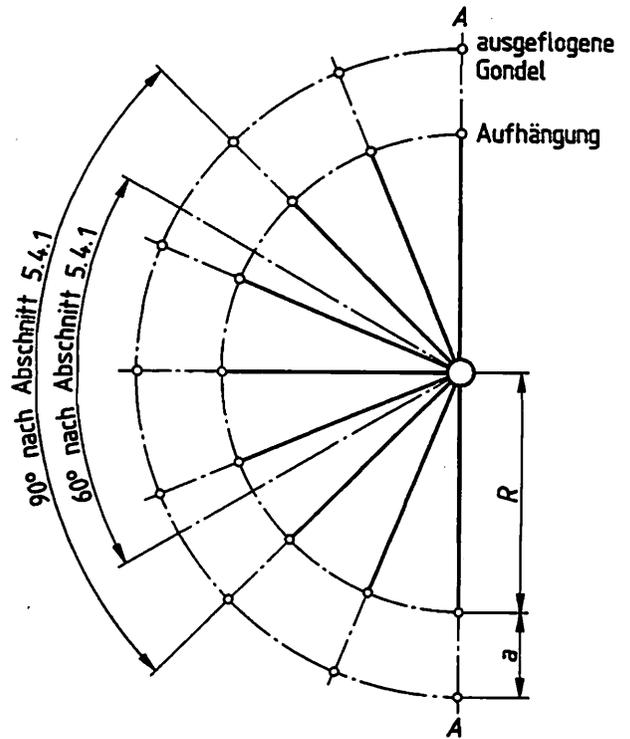


Bild 6a.

Bild 6. Fliegerkarussell



16 gleichmäßig auf den Umfang verteilte Gondeln

Bild 6b.

Tabelle 3. Beiwerte c_1 und c_2 bei einseitiger Belastung

Gesamtzahl der Gondeln		4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1/4 bzw. 3/4 des Umfanges	c_1	1,414	1,732	2,414	2,618	3,346	3,514	4,262	4,412	5,172	5,310	6,078
	c_2	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7
1/6 des Umfanges	c_1	1,0	1,732	1,848	1,902	2,732	2,802	2,848	3,702	3,757	3,799	4,664
	c_2	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5

5.4.3 Bodenkarussells (Hänge- und Drehbodenkarussells)

Dies sind Karussells, bei denen sich der Boden mit den Aufbauten dreht. Der Drehboden kann hierbei entweder an Auslegern aufgehängt sein oder auf einem Drehwerk aufsitzen.

Die Belastung nach Abschnitt 4.2.1.4 ist auch einseitig auf einem Bodenausschnitt mit einem Zentriwinkel $\alpha = 90^\circ$ bzw. 270° anzusetzen.

Der Schwerpunktabstand für einen Zentriwinkel von 90° von der senkrechten Drehachse ist

$$a_s = 0,60 \cdot \frac{R_a^3 - R_i^3}{R_a^2 - R_i^2} \quad (43)$$

R_a und R_i sind die äußeren und inneren Halbmesser des Drehbodens.

Bei Karussells, deren Sitze von unten liegenden Auslegern getragen werden, sind außer im Mast auch in diesen Auslegern die Biegemomente zu berücksichtigen, die durch außermittigangreifende Fliehkräfte hervorgerufen werden.

5.4.4 Karussells mit mehreren Bewegungen

5.4.4.1 Allgemeines

Bei Karussells, bei denen die bewegten Teile um mehrere Achsen in verschiedenen Ebenen gedreht werden, sind für die gewählten Winkelgeschwindigkeiten alle auftretenden Kräfte zu ermitteln. Außer den dabei auftretenden Fliehkräften, den Anfahr- und Bremskräften und eventuell auftretenden Stoßkräften sind, wenn die Richtung einer oder mehrerer Drehachsen geändert wird, die dabei auftretenden Corioliskräfte bzw. die Kräfte, die durch Präzession des Kreisels hervorgerufen werden, zu berücksichtigen.

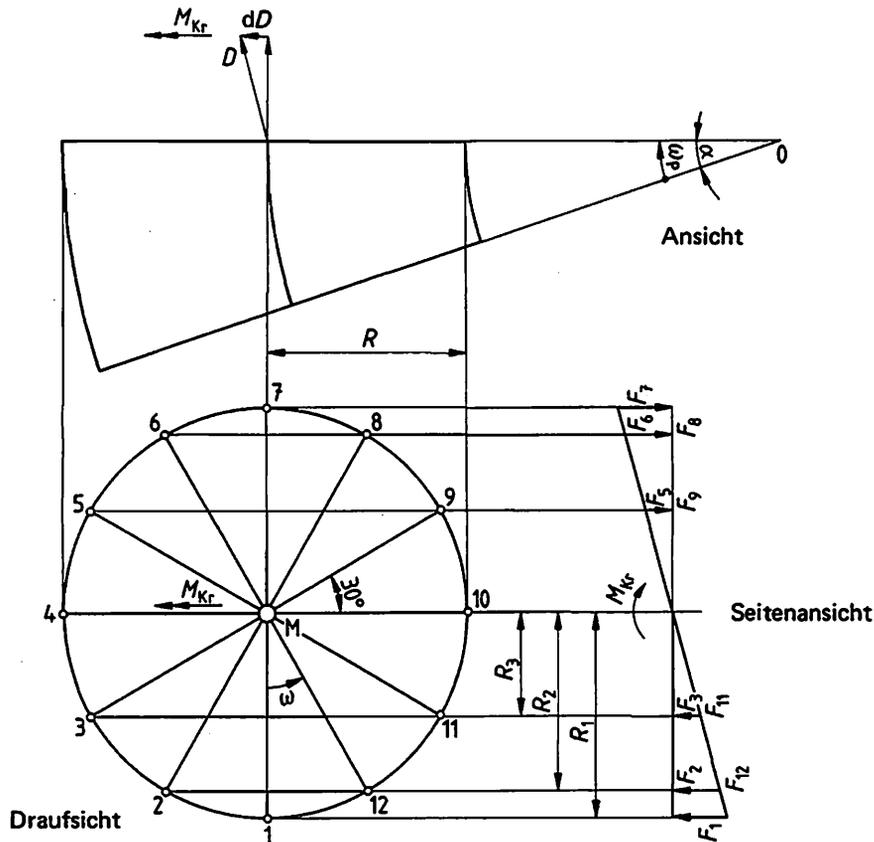


Bild 7. Beispiel zur Ermittlung des Kreiselmomentes und die Weiterverfolgung des Einflusses daraus für ein mit ω rotierendes Drehwerk mit 12 Auslegern, das um den Winkel α geschwenkt wird

- D Drall
- dD Dralländerung
- M_{Kr} Kreiselmoment
- R Radius
- ω Winkelgeschwindigkeit um die Kreiselachse
- ω_p Winkelgeschwindigkeit der Präzession

$$\Theta = \int R^2 dm, \text{ Massenträgheitsmoment des Drehwerkes}$$

$$\text{Kreiselmoment } M_{Kr} = \Theta \cdot \omega \cdot \omega_p \quad (44)$$

Ersatzlast je Ausleger

$$F = M_{Kr} \frac{R}{\sum R^2} \quad (45)$$

Auftretende Geschwindigkeiten und Beschleunigungen unter Berücksichtigung von Relativbewegungen und Coriolisbeschleunigungen

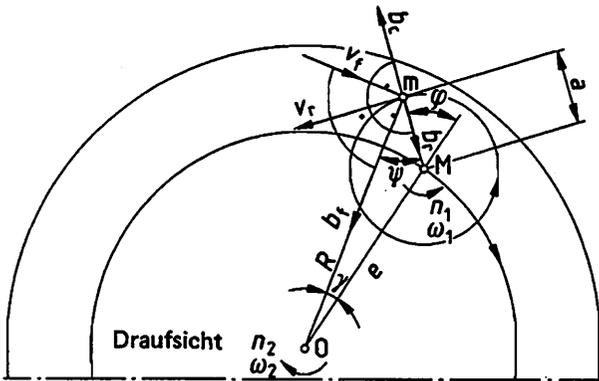


Bild 8. Geschwindigkeiten und Beschleunigungen des Massenpunktes m

M umlaufender Drehmittelpunkt
O feststehender Drehmittelpunkt

Indexbezeichnung:

f für Führung

r für Relativ

c für Coriolisbeschleunigung

ohne Index für Absolutwert

Geschwindigkeiten:

$$\vec{v} = \vec{v}_f + \vec{v}_r \quad (46)$$

$$\vec{v}_f = \vec{R} \cdot \omega_2 \quad (47)$$

$$\vec{v}_r = \vec{a} \cdot \omega_1 \quad (48)$$

$$\vec{R} = \vec{e} + \vec{a} \quad (49)$$

$$R = \sqrt{[e + a - (a - a \cdot \cos \varphi)]^2 + [a \cdot \sin \varphi]^2} \quad (50)$$

$$= \sqrt{e^2 + 2 \cdot e \cdot a \cdot \cos \varphi + a^2}$$

$$v_{r \parallel \varphi_0} = -v_r \cdot \sin \varphi \quad (51)$$

$$v_{r \perp \varphi_0} = +v_r \cdot \cos \varphi \quad (52)$$

$$v_{f \parallel \varphi_0} = +v_f \cdot \sin \gamma \quad (53)$$

$$v_{f \perp \varphi_0} = -v_f \cdot \cos \gamma \quad (54)$$

$$\sin \gamma = \frac{a \cdot \sin \varphi}{\sqrt{e^2 + 2 \cdot e \cdot a \cdot \cos \varphi + a^2}} \quad (55)$$

$$\cos \gamma = \frac{e + a \cdot \cos \varphi}{\sqrt{e^2 + 2 \cdot e \cdot a \cdot \cos \varphi + a^2}} \quad (56)$$

$$v = \sqrt{(\sum v_{\parallel \varphi_0})^2 + (\sum v_{\perp \varphi_0})^2} \quad (57)$$

Richtung von v:

$$\cot \delta = \frac{v_{\parallel \varphi_0}}{v_{\perp \varphi_0}} \quad (58)$$

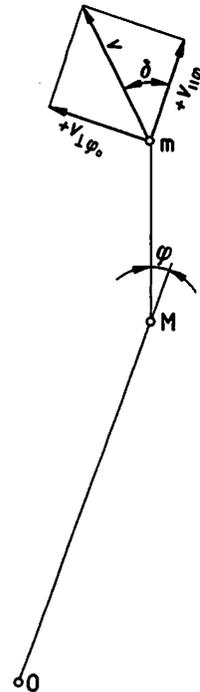


Bild 9. Zerlegung der Geschwindigkeit v

Beschleunigungen:

$$\vec{b} = \vec{b}_f + \vec{b}_r + \vec{b}_c \quad (59)$$

$$b_t = R \cdot \omega_2^2 \quad (60)$$

$$b_r = a \cdot \omega_1^2 \quad (61)$$

$$b_c = 2 \cdot \omega_2 \cdot v_r \quad (62)$$

$$b_n = b_r - b_c + b_f \cos \psi \quad (\text{normal}) \quad (63)$$

$$b_t = b_r \cdot \sin \psi \quad (\text{tangential}) \quad (64)$$

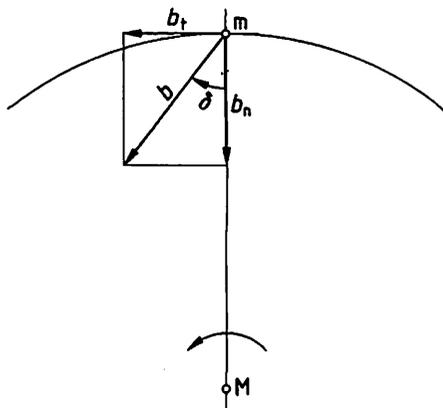
$$R \cdot \sin \psi = e \cdot \sin \varphi$$

$$\sin \psi = \frac{e}{R} \cdot \sin \varphi \quad (65)$$

$$R \cdot \cos \psi = e \cdot \cos \varphi + a$$

$$\cos \psi = \frac{e \cdot \cos \varphi + a}{R} \quad (66)$$

$$b = \sqrt{b_n^2 + b_t^2} \quad (67)$$



$$\tan \delta = \frac{b_t}{b_n} \quad (68)$$

Bild 10. Richtung der Beschleunigung *b*

Die vorstehenden Ableitungen haben nur Gültigkeit für n_1 entgegengesetzt n_2 .

Für n_1 gleiche Drehrichtung wie n_2 kehrt sich die Richtung von b_c um

5.4.4.2 Karussells auf Schienenbahn

5.4.4.2.1 Mit Auslegerführung zentral, mit Innen- oder Außenantrieb (z. B. Raketenbahnen).

Bei solchen Karussells ist auf mögliche Zwängungen und durch die aus der Art der Gondel- oder Sitzbefestigung entstehenden Biege- und Torsionsmomente in den Auslegern zu achten. Die Schienen bzw. die Laufbahn sind so zu bemessen, daß die Durchbiegung unter der Radlast $1/500$ nicht überschreitet.

5.4.4.2.2 Ohne zentrale Führung (z. B. Bayernkurve)

Die Kippsicherheit der Wagen ist durch Überhöhung der Schienen oder durch Sicherungsrollen und ähnliches, gegebenenfalls durch beide, sicherzustellen. Beim Nachweis der 1,0fachen Kippsicherheit der Unterkonstruktion darf die Verankerung mit dem Untergrund rechnerisch nicht berücksichtigt werden. Zur Erzielung der ν -fachen Kippsicherheit darf die Verankerung rechnerisch berücksichtigt werden.

5.4.4.3 Karussells mit wellenartiger Laufbahn (z. B. Berg- und Talbahnen)

Hierbei sind die Massenkräfte aus der räumlichen Bewegung der Gondeln zu berücksichtigen.

5.4.4.4 Karussells mit mehreren Drehwerken (z. B. Calypso)

Insbesondere sind hier die Auswirkungen der Corioliskräfte auf die Konstruktion zu untersuchen. Bei nicht zwangsgesteuerten Drehbewegungen sind die Auswirkungen der Drehung der einzelnen Drehwerke zu untersuchen.

Bei Auslegerflugkarussells (z. B. Round up, Ski-Lift, Twister, Hully-Gully), deren Gondeln gehoben werden können, sind die beim Heben und Senken, Anfahren und Bremsen entstehenden Kraftwirkungen unter Berücksichtigung eventuell ungünstig wirkender Stoßkräfte und Fliehkräfte zu berücksichtigen. Dabei sind die Auswirkungen der genannten Kräfte in der jeweils ungünstigsten Stellung zu untersuchen, auf den einzelnen Ausleger, auf das gesamte Karussell, auf die Kippsicherheit des Karus-

sells. Die Hubpressen müssen zwängungsfrei gelagert und knicksicher bemessen sein.

Gleiches gilt sinngemäß für Hubkarussells. Unvermeidliche Beschleunigungen beim Teleskopzylinder am Anfang und Ende eines Hubvorganges müssen, soweit sie nicht durch Dämpfungsglieder gemildert werden, bei der Bemessung der Karussellbauteile durch eine entsprechende Lasterhöhung berücksichtigt werden.

Die Senkgeschwindigkeit darf bei Bruch der Druckleitungen der Hubzylinder 1,0 m/s oder den doppelten Wert der Betriebsgeschwindigkeit nicht überschreiten.

5.5 Hochgeschäfte mit schienengebundenen Fahrzeugen

5.5.1 Schiene

Die Längsneigung der Schiene ist so zu begrenzen, daß die Andruckkomponente senkrecht dazu im ungünstigsten Fall 0,2 g nicht unterschreitet. Dieser Wert gilt bei Zügen auch für das Fahrzeug mit der größten Geschwindigkeit. Wird dieser Wert unterschritten, dann müssen die Fahrgäste gegen Abheben gesichert werden.

Die Querneigung α der Schiene soll so gewählt werden, daß die Kräfte quer zum Fahrzeug klein bleiben. Das ist der Fall, wenn α nach folgender Formel gewählt wird:

$$\tan \alpha = \frac{v^2 \cdot \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \cdot \cos \gamma + \frac{v^2}{R_v} \right)} \quad (69)$$

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

- v Fahrzeuggeschwindigkeit
- γ Schienenlängsneigung
- R_h Horizontaler Radius
- R_v Vertikaler Radius
- + \triangle Wanne
- \triangle Kuppe

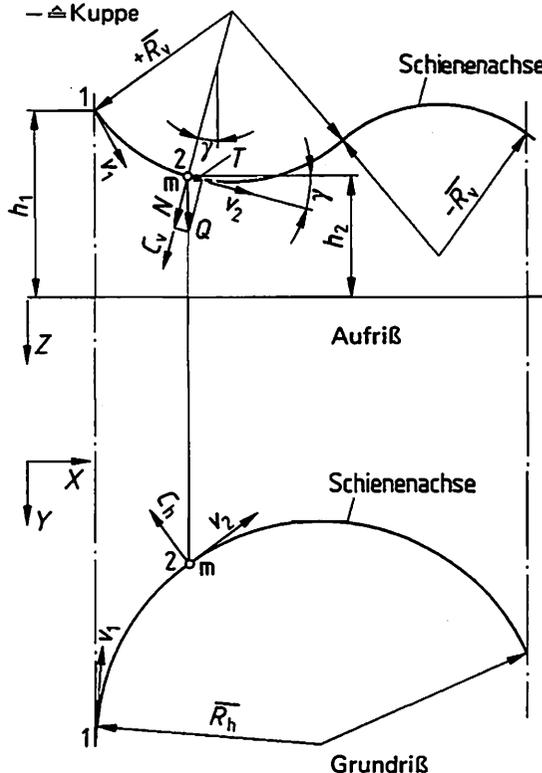


Bild 11. Schienenverlauf einer Achterbahn

Die maximale Querneigung der Schiene ist an den Stellen, an denen das Fahrzeug betriebsmäßig zum Stillstand kommen kann (z. B. an Sicherheitsbremsen) auf einen Höchstwert von 25° zu begrenzen. Der Schienenverlauf ist so zu wählen, daß Beschleunigungsänderungen nicht größer als 2 g werden.

Die Fahrzeuggeschwindigkeit kann nach Formel (80) für den Massenpunkt ermittelt werden.

Zeichen

- a* Spurweite
- e* Schwerpunktsabstand
- α theoretische Schienenquerneigung
- β wirkliche Schienenquerneigung
- γ Schienenlängsneigung
- δ Anstellwinkel der Führungsrollen
- \bar{R}_v vertikaler Radius der Schienenachse
- \bar{R}_h horizontaler Radius der Schienenachse
- $\pm R_v$ vertikaler Radius des Massenschwerpunktes + \triangle Wanne; - \triangle Kuppe
- R_h horizontaler Radius des Massenschwerpunktes
- 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 Reibwert zwischen Rädern und Schiene
- $\bar{\mu}$ Reibwert zwischen Führungsrollern und Schiene
- f* Hebelarm der Reibung
- μ_2 Reibwert der Wälzlager
- A* Angriffsfläche, die das Fahrzeug dem Wind bietet

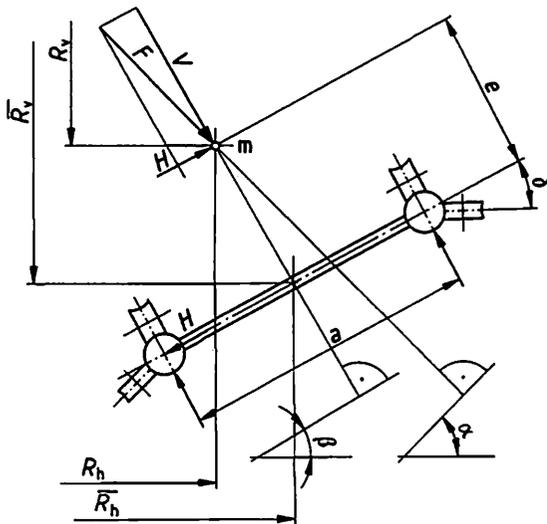


Bild 12. Schienenquerschnitt mit Trag- und Führungsrollen

- c_f Formbeiwert
- h* $h_1 - h_2$ Differenzhöhe
- Q* Fahrzeuglast und Verkehrslast
- m* Masse
- D_1 Laufraddurchmesser
- D_2 Führungsraddurchmesser
- d_1 Durchmesser der Laufradachse
- d_2 Durchmesser der Führungsradachse
- v_1 Geschwindigkeit im Punkt 1
- v_2 Geschwindigkeit im Punkt 2
- l* wahre Schienenlänge von Punkt 1 bis Punkt 2
- h_1 Höhe im Punkt 1
- h_2 Höhe im Punkt 2
- ρ Dichte der Luft

Formeln

$$R_h = \bar{R}_h - e \cdot \sin \beta \quad (70)$$

$$R_v = \bar{R}_v - e \cdot \cos \beta \quad (71)$$

$$m = \frac{Q}{g} \quad (72)$$

$$C_v = m \cdot \frac{v_m^2}{R_v} \text{ vertikale Fliehkraft} \quad (73)$$

$$C_h = m \cdot \frac{v_m^2 \cos^2 \gamma}{R_h} \quad (74)$$

horizontale Fliehkraft

$$v_m = \frac{v_1 + v_2}{2} \quad (75)$$

$$F = \sqrt{(Q \cdot \cos \gamma + C_v)^2 + C_h^2} \quad (76)$$

$$V = F \cdot \cos (\alpha - \beta) \quad (77)$$

$$H = F \cdot \sin (\alpha - \beta) \quad (78)$$

$$\tan \alpha = \frac{v_m^2 \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \cdot \cos \gamma + \frac{v_m^2}{R_v} \right)} \quad (69a)$$

Reibwerte

$$\mu_1 = \frac{2f}{D_1} \quad (79)$$

$$\bar{\mu}_1 = \frac{2f}{D_2} \quad (79a)$$

Alle Kräfte sind bezogen auf Intervallmitte, wobei als Intervalllänge der Stützenabstand jedoch nicht größer als 5 m zu wählen ist.

$$v_2^2 = v_1^2 + 2g \cdot h - c_f \cdot A \cdot \rho \cdot v_m^2 \cdot \frac{l}{m} - \left(\mu_1 + \mu_2 \frac{d_1}{D_1} \right) \frac{2 \cdot l}{m} \left(V + |H| \cdot \tan \delta \right) - \frac{|H|}{\cos \delta} \left(\bar{\mu}_1 + \mu_2 \frac{d_2}{D_2} \right) \frac{2 \cdot l}{m} \quad (80)$$

alle Werte eingesetzt:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2g \cdot h - c_f \cdot A \cdot \rho \cdot v_m^2 \cdot \frac{l}{m} - \sqrt{\left(Q \cdot \cos \gamma + m \frac{v_m^2}{R_v} \right)^2 + \left(m \frac{v_m^2 \cdot \cos^2 \gamma}{R_h} \right)^2}$$

$$\cdot \cos \left[\arctan \frac{v_m^2 \cdot \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \cdot \cos \gamma + \frac{v_m^2}{R_v} \right)} - \beta \right] \cdot \left(\mu_1 + \mu_2 \frac{d_1}{D_1} \right) \frac{2 \cdot l}{m}$$

$$- \frac{1}{\cos \delta} \sqrt{\left(Q \cdot \cos \gamma + m \frac{v_m^2}{R_v} \right)^2 + \left(m \frac{v_m^2 \cdot \cos^2 \gamma}{R_h} \right)^2} \cdot \sin \left[\arctan \frac{v_m^2 \cdot \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \cdot \cos \gamma + \frac{v_m^2}{R_v} \right)} - \beta \right]$$

$$\cdot \left(\bar{\mu}_1 + \mu_2 \frac{d_2}{D_2} \right) \frac{2 \cdot l}{m} - \tan \delta \sqrt{\left(Q \cdot \cos \gamma + m \frac{v_m^2}{R_v} \right)^2 + \left(m \frac{v_m^2 \cdot \cos^2 \gamma}{R_h} \right)^2}$$

$$\cdot \sin \left[\arctan \frac{v_m^2 \cdot \cos^2 \gamma}{R_h \left(g \cdot \cos \gamma + \frac{v_m^2}{R_v} \right)} - \beta \right] \cdot \left(\mu_1 + \mu_2 \frac{d_1}{D_1} \right) \frac{2 \cdot l}{m}$$

Die Formel ist mit $v_m = \frac{v_1 + v_2}{2}$ iterativ auszuwerten.

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 vorgenommen werden. Hinreichende Übereinstimmung mit den rechnerischen Werten muß sich ergeben.

5.5.2 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 Betriebsfestigkeitsnach-

weis nicht berücksichtigt zu werden. Die Ableitung aller Kräfte ist unter Berücksichtigung der Steifigkeitsverhältnisse möglichst wirklichkeitsnah nachzuweisen.

Bei unverkleideten Stützböcken, die über die Schienen im Gesamtbauwerk verankert sind, darf beim Stand- und Gleitsicherheitsnachweis auf Ansatz der Windbelastung verzichtet werden. Die Kippsicherheit der Anlage bei Belastung durch Wind braucht im allgemeinen nicht nachgewiesen zu werden, sofern nicht 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.

5.5.3 Fahrzeuge

Die Fahrzeuge sind hinsichtlich des Fahrgastraumes so zu gestalten, daß jeder Fahrgast sicher untergebracht ist. Für die betriebsmäßig vorkommenden Andruckkräfte während der Fahrt muß der Fahrgast auf dem Sitz, an Rücken- und Seitenlehnen genügend Halt haben.

Die Fahrzeuge sind so zu gestalten, daß die Fahrgäste innen und außen nicht an bewegliche Teile geraten können und daß sich auch gegen vorausfahrende oder nachfolgende Fahrzeuge keine im Handbereich der Fahrgäste liegenden Quetschstellen ergeben können. Fahrwerke und Aufbauten der Fahrzeuge sind so auszubilden, daß sie keine unkontrollierbaren Zwängungskräfte aus Querneigungsänderungen, Kurven, Kuppen und Wannern, auch unter Berücksichtigung zulässiger Abnützungen, erhalten. Alle vorkommenden Kraftgrößen sind vom Entstehungsort bis zu den Auflagern zu verfolgen. So können z. B. 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 z. B. nur an Rädern, die an der Schiene anlaufen, ausgeleitet werden.

Die Fahrwerke sind mit Entgleisungs- und Abhebesicherungen auszustatten. Sind die Laufrollen nicht so gestaltet, daß sie auch Seitenführungskräfte aufnehmen können, dann sind dafür eigene Führungsrollen anzuordnen.

Abhebesicherungen (Rollen oder Prätzen) sind – sofern rechnerisch keine größeren Kräfte wirken – für 50 % des anteiligen Fahrzeuggewichtes bei voller Besetzung zu bemessen.

5.5.4 Bremsen

5.5.4.1 Mit Haltebremsen werden die Fahrzeuge am Ende der Abfahrt nach jeder Fahrt abgebremst. Bei Verzögerungen beim Fahrgastwechsel muß ein Aufahren durch nachfolgende Fahrzeuge mit Sicherheit durch geeignete Maßnahmen vermieden werden. Jede Haltebremse ist so auszulegen, daß die Bremsverzögerung im allgemeinen einen Höchstwert von $4,0 \text{ m/s}^2$ nicht überschreitet. 2)

5.5.4.2 Sicherheitsbremsen in der Abfahrtsstrecke sind für den vorgesehenen kleinsten Fahrzeugabstand so anzuordnen, daß sich zwischen zwei Fahrzeugen stets eine Bremse befindet.

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

Für Sicherheitsbremsen ist ein Betriebsfestigkeitsnachweis nicht zu führen.

Für die Auslegung hinsichtlich der Bremsverzögerung ist vom höchsterreichbaren Reibwert für die gewählten Bremsflächenwerkstoffe auszugehen.

Für die Bemessung der wirksamen Bremslänge ist davon auszugehen, daß das Fahrzeug auch bei durch Witterungseinflüsse und Abnutzung gegebenem Reibungskleinstwert noch mit 1,2facher Sicherheit (bezogen auf den Reibwert)

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

zum Halten kommt. Wird die Betätigungskraft (abgesehen von geringen Änderungen infolge Abnutzung) zum Ausgleich unterschiedlicher Reibwerte vergrößert, so ist dies zu berücksichtigen. Die Grenzwerte sind an der Ausführung zu überprüfen, wobei die Kleinstreibung möglichst auch für die Schiene, mindestens aber für die Bremsflächen, z. B. durch Wasserschmierung, herzustellen ist.

5.5.4.3 Reduzierbremsen sind auf Betriebsfestigkeit zu bemessen (Bremsverzögerung siehe Abschnitt 5.5.4.1).

5.5.5 Rücklaufsicherungen

Anlagen, bei denen in der Auffahrtsstrecke die Wagen oder Züge mittels Ketten, Seile, Reibräder oder durch eigenen Antrieb befördert werden, müssen in der Auffahrtsstrecke mit Rücklaufsicherungen oder mit selbsttätig wirkenden Rücklaufbremsen oder Rücklaufsperrn versehen sein.

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

Die Steigungshöhe h bis Beginn der Rücklaufsicherung oder die sich bei Rückwärtsfahrt ergebende Maximalgeschwindigkeit darf nachfolgende 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-Schwerpunkthöhe abhängt, die nicht mit der Steigungshöhe identisch sein muß. Auch die Lage des Rücklaufsicherungsteiles am Zug ist für die vorstehenden Grenzwerte von Bedeutung.

Befindet sich planmäßig nur ein Wagen oder ein Zug in der Bahn, können Rücklaufsicherungen in den Bergstrecken nach den Tälern entfallen. Ist hierbei das rückwärtige Durchfahren der Bahnsteige mit voller Geschwindigkeit gefahrlos für die im Wagen oder Zug sitzenden Fahrgäste und werden die Bahnsteige während der Fahrt des Wagens oder des Zuges von Besuchern freigehalten, darf in den Auffahrtsstrecken 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 Wagen oder Züge in der Bahn, kann auf Rücklaufsicherungen in den Bergstrecken verzichtet werden, wenn die einzelnen Streckenabschnitte durch ein fehlersicheres Blocksystem mit automatisch gesteuerten Bremsen gesichert sind.

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

5.6 Sonstige Bahnen mit schienengebundenen Fahrzeugen

(Kinder-Eisenbahn, -Verkehrsgärten, Geisterbahnen und ähnliche Anlagen sowohl mit Normal- als auch mit Hängebahnen.)

Bezüglich Bemessung und Betriebssicherheit gelten – soweit anwendbar – die in Abschnitt 5.5 genannten Forderungen.

Fahrzeuge sind an der Vorder- und der Rückseite mit Schrammkanten zu versehen, die in gleicher Höhe angebracht sein müssen. Ist bei der Berührung ein Versatz vorhanden, z. B. durch Längs- oder Querpendelung, dann muß durch genügende Höhe der Schrammkanten Überdeckung vorhanden sein. Mindestens eine Schrammkante je Fahrzeug ist zur Stoßdämpfung zu federn, wobei die Dämpfung in Abhängigkeit von der Nenngeschwindigkeit auszulagen ist. Auf eine Dämpfung kann verzichtet werden, wenn die Fahrzeuge, z. B. durch ein Streckensicherungssystem, gegen Auffahren gesichert sind.

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

Bei Hängebahnen sind zusätzlich zum Lichtraumprofil nach Abschnitt 5.5.1 Freiräume in Größe der rechnerischen Pendelbewegung zuzüglich eines Sicherheitszuschlages sowohl nach der Ausflugs- als auch nach der Gegenseite vorzusehen. Der Sicherheitszuschlag muß mindestens 10% des rechnerischen Ausflugwinkels, jedoch mindestens 5° betragen. Beim rechnerischen Ausflugwinkel ist das Schwingungsverhalten zu berücksichtigen.

Die aus Pendelbewegungen der Gondel anfallenden Beschleunigungen sind rechnerisch für Fahrzeug, Schiene und Stützen zu berücksichtigen.

Werden Dämpfer für Querschwingungen von Pendelgondeln angeordnet und ist Lichtraumfreiheit für die ungedämpfte Schwingung nicht vorhanden, so sind Pendelbegrenzungen vorzusehen.

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 Ausflugwinkels 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.

5.7 Autofahrgeschäfte

5.7.1 Autofahrgeschäfte mit Fahrbahnen für eine Fahrtrichtung (z. B. Autopisten, Stockwerksautobahnen, Go-Cart-Bahnen, Motorrollerbahnen)

5.7.1.1 Fahrbahnen

Die Fahrbahnneigungen sind entsprechend den Kurvenradien und der maximalen Fahrzeuggeschwindigkeit zu gestalten. Längs- und Querneigungen dürfen nur so groß sein, daß gebremste Fahrzeuge bei nasser Fahrbahn nicht abrutschen können. Die Fahrbahn darf keine Kuppen aufweisen, die ein Abheben der Räder bewirken können. Im Bereich des Bahnhofes soll die Fahrbahn ohne Neigungen sein.

Der Fahrbahnbelag ist so zu gestalten und die Fahrbahn so zu bemessen, daß keine Schwingungen und nur geringe Erschütterungen auftreten können.

Die Durchbiegung der Fahrbahn darf $l/500$ der Stützweite nicht überschreiten.

5.7.1.2 Fahrbahnbanden

Die Fahrbahnen müssen seitlich mit Fahrbahnbanden versehen sein.

Die Anpralllast ist nach Abschnitt 4.4.3 für $\alpha \geq 30^\circ$ zu ermitteln.

5.7.1.3 Fahrbahntraggerüste

Bei der Bemessung der Fahrbahntraggerüste sind als Horizontalkräfte die Anfahr-, Brems- und Fliehkräfte durch Anordnung von entsprechenden Verbänden bzw. Rahmenkonstruktionen zu berücksichtigen.

Für die Kraftwirkung sind, wenn kein genauer Nachweis geführt wird, als Höchstgeschwindigkeit der Fahrzeuge 30 km/h in Rechnung zu stellen.

Die Fahrbahntraggerüste sind schwingend beanspruchte Konstruktionen, für die der Betriebsfestigkeitsnachweis zu erbringen ist.

5.7.1.4 Fahrzeuge

Die Fahrzeuge sind so zu konstruieren, daß die betriebsmäßig auftretenden Kräfte (z. B. Bremskräfte), die durch Auffahren oder durch Zusammenstöße sich ergebenden Kräfte und der von den Fahrgästen auf das Fahrzeug (Sitz, Seiten-Rückenlehnen, Vorderwand, Steuerrad) ausgehende Anpreßdruck aufgenommen werden können.

Die zur Milderung der Anpralllasten angebrachten Schrammbordkanten mit Federung und Dämpfungseinrichtungen müssen so bemessen sein, daß die auf die Fahrgäste wirkenden größten Kräfte erträglich bleiben.

Die Schrammbordkanten müssen bei allen auf einer Bahn verwendeten Fahrzeugen gleich hoch sein und mit den Fahrbahnbanden übereinstimmen.

5.7.1.5 Verkehrslasten

Als Verkehrslast auf der Fahrbahn sind die Fahrzeuge mit Vollbelastung in ungünstigster Stellung neben- und hintereinander anzuordnen. Hierbei sind entlastend wirkende Radlasten unberücksichtigt zu lassen.

Alle Bauteile sind in einem weiteren Lastfall für eine gleichmäßig verteilte Verkehrslast $p = 2 \text{ kN/m}^2$, im Bahnhofsbereich für $3,5 \text{ kN/m}^2$ zu berechnen. Der ungünstigere Wert ist der Bemessung zugrunde zu legen.

5.7.2 Fahrgeschäfte mit beliebigen Fahrtrichtungen (Autoskooter)

5.7.2.1 Überdachungskonstruktion

Außer den Eigenlasten und den Windlasten hat die Dachkonstruktion der Autoskooter Kräfte aus der Vorspannung des Stromnetzes aufzunehmen. Wenn kein genauer Nachweis erfolgt, ist dafür eine Kraft von $0,3 \text{ kN/m}$ anzunehmen.

Die Stützen der Überdachungskonstruktion dürfen mit der Fahrbahnkonstruktion verbunden und letztere zur Aufnahme von abhebenden Kräften aus den Stützen teilweise herangezogen werden. Sie sind durch konstruktive Maßnahmen wirksam vor Fahrzeugstößen zu schützen.

5.7.2.2 Fahrbahnfläche

Die Fahrbahnfläche von Autoskootern muß ohne Stoßlücken verlegt sein. Die Platten sind für eine gleichmäßig

verteilte Last von $3,5 \text{ kN/m}^2$ und in einem zweiten Rechnungsgang für die ungünstigsten Radlasten bei vollgestellter Fahrbahnfläche zu bemessen.

Platten müssen an den Rändern auf den Längs- und/oder Querträgern unverrückbar aufliegen.

Die Durchbiegung der Platten darf $l/500$ der Spannweite nicht überschreiten.

5.7.2.3 Fahrbahnbanden

Die Anpralllast ist nach Abschnitt 4.4.3 für $\alpha = 90^\circ$ zu ermitteln.

5.7.2.4 Tragkonstruktion

Die Unterpallungen der Längs- und Querträger sind in den Plänen zu kennzeichnen. Ihr Abstand ist so festzulegen, daß die rechnerische Durchbiegung der Träger nicht mehr als $l/500$ beträgt.

Die Treppen und Podien bei Autoskootern sind für eine gleichmäßig verteilte Last von 5 kN/m^2 zu berechnen.

5.7.2.5 Fahrzeuge

Es gilt Abschnitt 5.7.1.4 sinngemäß.

5.8 Steilwandbahnen

5.8.1 Steilwandbahnen sind außer für die Lasten nach Abschnitt 4 auch für die Betriebsbelastung zu berechnen.

Für die Betriebsbelastung ist die Art der Vorfürhungen, die Anzahl der gleichzeitig benutzten Fahrzeuge und deren ungünstigste gegenseitige Stellung zu berücksichtigen. Liegen spezielle Meßwerte nicht vor, so ist als Zentrifugalkraft

bei Zweiradfahrzeugen mindestens das 4,0fache Fahrzeuggewicht (einschließlich Fahrer),

bei Vierradfahrzeugen mindestens das 3,0fache Fahrzeuggewicht (einschließlich Fahrer) einzusetzen.

5.8.2 Steilwandbahnen müssen mindestens soweit überdacht sein, daß die Fahrbahn vollen Witterungsschutz erhält.

Der Oberrand der Fahrbahn ist mit einer Abgrenzung zu versehen, damit die Fahrzeuge nicht den Fahrbahnrand überfahren und in den Zuschauerraum gelangen können (z. B. durch ein ringsumlaufendes Stahldrahtseil mit mindestens 13 mm Durchmesser).

Der Abstand dieser Begrenzung von der Fahrbahnoberfläche nach innen muß mindestens 60 cm betragen.

5.9 Globusse

Globusse sind innerhalb/unterhalb der Überdachungskonstruktion so aufzustellen, daß ihre Fahrbahnen vollen Witterungsschutz erhalten.

Globusse sind außer für die Lasten nach Abschnitt 4 auch für Betriebsbelastung zu berechnen, wobei die sich aus Art, Zahl und Stellung der verwendeten Fahrzeuge ergebende ungünstigste Kombination einzusetzen ist.

Die Abschrankung des Zuschauerraumes muß mindestens 2 m mehr Durchmesser als der Globus aufweisen.

5.10 Anlagen für artistische Vorfürhungen in der Luft

Für Gerüste, Stützen, Seile und Verankerungen von Hochseilanlagen sowie für Untermaste von Schwingmastanlagen sind Nachweise nach Abschnitt 2.4 zu führen.

Da bei Hochseilanlagen das Tragseil (Fahrseil bzw. Laufseil) häufig an einem, manchmal auch an beiden Enden

an bestehenden Bauten angeschlossen wird, sind in den technischen Unterlagen, außer der Anschlußkraft, auch die möglichen Ausführungsvarianten der Anschlüsse darzustellen und rechnerisch nachzuweisen. In den technischen Unterlagen sind alle Vorfürhungen zu beschreiben und daraus die ungünstigsten Belastungen zu ermitteln, für welche die Festigkeits- und Standsicherheitsnachweise zu führen sind.

Auf Untermaste aufgesetzte sogenannte Schwingmaste überschreiten regelmäßig den zulässigen Schlankheitsgrad und können daher nicht knicksicher berechnet werden. Zur Sicherung des Schwingmastes gegen Absturz ist im Inneren ein Stahldrahtseil mit mindestens 6 mm Durchmesser zu führen, das die oberen Enden des Schwingmastes und des Untermastes miteinander verbindet.

5.11 Rotoren

Für Rotoren sind gleichmäßig verteilte Lasten und Teilbelastungen zu berücksichtigen.

Der Zylinder des Rotors ist außer für seine Eigenlast und gleichmäßig verteilte Verkehrslast auch für eine einseitige Verkehrslast auf $1/4$ bzw. $3/4$ des Umfangs zu berechnen, wobei eine Streckenlast von $p_v = 1,2 \text{ kN/m}$ auf den Umfang verteilt anzunehmen ist. Zusätzlich ist auch der Lastfall zu berechnen, daß zwei gegenüberliegende Quadranten belastet sind, während die beiden anderen Quadranten unbelastet bleiben.

Die durch die Fahrgäste entstehende Fliehkraft darf in $1,2 \text{ m}$ Höhe über der Höchststellung des Zylinderbodens angenommen werden und ist mit dem aus der Drehzahl sich ergebenden Wert in Rechnung zu stellen.

Wenn die Symmetrie der tragenden Wand z. B. durch Türöffnungen gestört wird, so ist der Einfluß nachzuweisen. Desgleichen ist gegebenenfalls der Einfluß von Stütz- oder Führungsrädern nachzuweisen.

Der Fußboden ist auch für den Lastfall zu berechnen, bei dem sich die zugelassene Personenanzahl auf einem Bodenausschnitt mit einem Zentriwinkel von $\alpha = 120^\circ$ befindet. Die Verriegelungen und Befestigungen der Zylinder-Türen sind ebenfalls rechnerisch nachzuweisen.

5.12 Toboggans

Toboggans sind – außer für Eigenlast und Windlast – für folgende Verkehrslasten zu berechnen.

– Bereich des Schrägaufzug-Förderbandes	$2,0 \text{ kN/m}^2$
– Schrägaufgang, Treppen, Podeste	$5,0 \text{ kN/m}^2$
– Rutschwanne je Rutschbahn	$1,5 \text{ kN/m}$
– gleichzeitig waagrecht auf den oberen Wannenrand (Kurvenaußenseite)	$0,25 \text{ kN/m}$

5.13 Rollende Tonnen

Rollende Tonnen sind nur für eine Verkehrslast von $2,5 \text{ kN/m}$ – das entspricht bei Annahme einer begangenen Breite von 1 m einer Flächenlast von $2,5 \text{ kN/m}^2$ – zu berechnen. Die Standsicherheit der Rollenden Tonne ist für den Fall nachzuweisen, daß sich diese Belastung an der Seitenwand in Höhe des Mittelpunktes befindet.

Sind die Stützrollen weiter als $\frac{l}{5}$ vom Tonnenende entfernt, dann ist auch der Standsicherheitsnachweis um eine Querachse zu führen.

5.14 Schiebebühnen

Schiebebühnen sind für eine Verkehrslast von $3,5 \text{ kN/m}^2$ zu berechnen. Außer für Vollast sind sie auch für ungünstige Teilbelastungen nachzuweisen; insbesondere sind die über ihre Auflager hinausragenden Teile als belastet anzunehmen; dafür ist auch die Standsicherheit nachzuweisen.

Brüstungen und Geländer von Schiebebühnen sind für eine waagerechte Seitenkraft von $1,5 \text{ kN/m}$ in Holmhöhe zu berechnen.

5.15 Drehscheiben (Teufelsräder und dergleichen)

Drehscheiben sind – außer für Eigenlast – im Stillstand für eine Verkehrslast von $3,5 \text{ kN/m}^2$ und im Betrieb bei größter Drehzahl für eine Verkehrslast von $2,0 \text{ kN/m}^2$ nachzuweisen.

Diese Lasten sind unsymmetrisch auch für einen Bodenausschnitt mit einem Zentriwinkel von 90° anzunehmen.

Die feststehenden Böden im Anschluß an Drehscheiben sind für eine Verkehrslast von 5 kN/m^2 zu berechnen.

Die Auffangbänder für die von der Drehscheibe abrutschenden Personen sind für eine waagerechte Einzelast an ungünstigster Stelle von $2,5 \text{ kN}$ bzw. für eine gleichmäßig verteilte waagerechte Belastung von 2 kN/m zu berechnen.

5.16 Tribünen

Neben den allgemeinen Standsicherheitsnachweisen entsprechend Abschnitt 2.4 kommt dem Nachweis gegen Kippen besondere Bedeutung zu, wenn die Tribünen überdacht oder wenn zahlreiche Flaggen oder Fahnenwände an den Tribünen befestigt sind.

Fußbodentafeln von Tribünen sind mit der Tragkonstruktion unverschieblich zu verbinden.

5.17 Überdachungskonstruktionen (z. B. geschlossene oder offene Hallen, Zelthallen, Membranbauten)

5.17.1 Allgemeines

a) Konstruktionen mit Primärtragwerk (z. B. Binderhallen) und raumabschließenden Elementen (z. B. Baumwoll- oder Kunststoffgewebe, Festverschalung usw.)

b) Konstruktionen mit mechanisch gespannten, primärtragenden Membranen (z. B. Membrankonstruktionen, Segel usw.)

Hierbei handelt es sich um Überdachungskonstruktionen mit beliebiger Formgebung, unter Einsatz von zugbeanspruchten, flexiblen Membranwerkstoffen (z. B. beschichtete Kunstfasergewebe) als tragendes Bauteil.

Da nach b) ein Versagen des tragenden Membranwerkstoffes zum unmittelbaren Einsturz der Gesamtkonstruktion führen kann, sind an den Membranwerkstoff und an das Gesamttragwerk besondere Anforderungen zu stellen (siehe Abschnitt 5.17.4).

5.17.2 Werkstoffe für raumabschließende Elemente

- Baumwollgewebe
- Kunstfasergewebe
- Festeindeckung und -verkleidung wie Profilbleche, Holz-, Asbestzement-, Kunststoffplatten und Mehrstoffelemente

Für Konstruktionen nach Abschnitt 5.17.1 b) ist die Brauchbarkeit des Werkstoffes, der Füge- und der Verbindungstechnik z. B. durch allgemeine bauaufsichtliche Zulassung nachzuweisen.

5.17.3 Konstruktionen mit Primärtragwerk (z. B. Binderhallen)

5.17.3.1 Einspannung

Wenn Rahmenstiele im Boden eingespannt werden, darf mit maximal 80 % Einspannung im Baugrund gerechnet werden. Ein rechnerischer Nachweis der Reaktion im Baugrund ist erforderlich, wobei eine Flächenpressung von $0,15 \text{ MN/m}^2$ nicht überschritten werden darf.

5.17.3.2 Bodenaufasten und Verankerungen zur Sicherung gegen Windsoglasten (siehe auch Abschnitt 6.2)

Bei Hallen, Schaubuden oder dergleichen dürfen Einbauten zur Aufnahme von Kräften herangezogen werden, wenn sie mit Sicherheit aktiviert und in gleicher Ausführung bei jeder Aufstellung mit errichtet werden.

5.17.3.3 Windverbände

Die an den Giebeln anfallenden Kräfte müssen durch die anzuordnenden Verbände in Dach- und Wandebene aufgenommen werden können. Es dürfen auch jeweils 2 Verbände unmittelbar hintereinander für jeweils die Hälfte auf die Giebelwand anfallende Last angeordnet werden. Die Zwischenverbände sind jeweils für mindestens die Hälfte auf die Giebelwand anfallende Windlast zu bemessen. Zwischen den Verbänden dürfen sich maximal 6 verbandsfreie Felder befinden. Fallen aus den Giebelwänden keine Windkräfte auf die Dach- und Wandebene an, so sind auch in diesem Falle Verbände für jeweils mindestens die Hälfte Windlast anzuordnen, die auf die Giebelwand entfallen würde.

Sind abgewinkelte Gurte im Windverband vorgesehen, so sind die entstehenden Umlenkkräfte zu berücksichtigen (z. B. am First von Satteldächern). Gegebenenfalls sind auch die Kräfte zur Stabilisierung der Binder bei der Bemessung der Verbände zu berücksichtigen.

5.17.3.4 Membrankräfte aus Wind

Wind auf die flexiblen, raumabschließenden Elemente erzeugt besonders in den Endfeldern einseitige Zugkräfte. Diese Kräfte sind abzuschätzen. Ihre Aufnahme an allen Randträgern (First-, Traufpfette, Binderriegel und Eckstiel) ist zu untersuchen. Für die Ableitung der entstehenden Kräfte bei Anströmung auf die Giebelwände über die Windverbände (Gesamtsystem) darf dieser Kraftanteil auf 60 % ermäßigt werden.

Bei flexiblen Wand- und Dachflächen dürfen die erhöhten Randsoglasten außer acht gelassen werden. Bei starren Dacheindeckungen sind die Befestigungsmittel für die erhöhten Randsoglasten nach DIN 1055 Teil 4 zu bemessen.

Die Verschiebungen der Eckpunkte der Rahmenbinder in horizontaler Richtung sollen $(l + h)/125$ nicht überschreiten, wobei l den Abstand der Fußpunkte des Binders und h die Traufhöhe bedeutet. Bei mehrschiffigen Hallen sind die Werte der größten Halle anzusetzen.

5.17.4 Konstruktionen mit mechanisch gespannten, primärtragenden Membranen (z. B. Membranzelte, Segel usw.)

5.17.4.1 Allgemeines

Die exakten Nachweise für die aus Stabilitätsgründen durchweg gegensinnig gekrümmten Membranen sind nur nach Theorie höherer Ordnung möglich. Da dies im allgemeinen zu aufwendig ist, darf darauf verzichtet werden, wenn die Nachweise für das unverformte System erfolgen und jeweils Teilsysteme für sich ins Gleichgewicht gesetzt werden. Dies kann zu Unverträglichkeiten am verformten System führen, was jedoch außer acht bleiben kann, da die Nachweise nach Theorie I. Ordnung in der Regel auf der sicheren Seite liegen.

Für die einzelnen Nachweise der Membrankonstruktion ist die Spannung stets in Richtung der Haupttragachse sowie senkrecht dazu zu untersuchen. Darauf kann verzichtet werden, wenn das Verhältnis der beiden Krümmungen zueinander kleiner als 1/3 wird, und die Membrane dann als einachsigt tragend angenommen wird.

5.17.4.2 Vorspannung

Zur Stabilisierung der Membrankonstruktion gegen die auftretenden äußeren Lasten sowie um ein „Schlagen“, „Flattern“ oder „Durchschlagen“ zu verhindern, wird die Konstruktion mechanisch vorgespannt. Diese Vorspannung wird an den Rändern der Konstruktion aufgebracht. Erfahrungswerte hierzu:

$F_V = 0,50 \text{ kN/m}$ für kleine Konstruktionen	$A < 400 \text{ m}^2$ $h < 8 \text{ m}$
$F_V = 0,80 \text{ kN/m}$	$A \geq 400 \text{ m}^2$ $h < 8 \text{ m}$
$F_V = 1,0 \text{ kN/m}$	$A < 1000 \text{ m}^2$ $h \geq 8 \text{ m}$

$F_V = 1,5 \text{ kN/m}$ alle übrigen Konstruktionen

Diese Dauergebrauchslast der Membrane am Rand der Konstruktion darf 3% der Kurzzeitreißlast nicht überschreiten. (Dauergebrauchslast ist die ständig vorhandene Vorspannung.) Eine Überlagerung des Lastfalles Vorspannung mit weiteren Lastfällen erfolgt nur dann, wenn die Spannung dadurch vergrößert wird.

5.17.4.3 Wind auf das Membrantragwerk

Auf genaue Ermittlung der Windlastverteilung kann verzichtet werden, wenn nach Abschnitt 5.17.4.1 und Abschnitt 5.17.4.2 verfahren wird und wenn die Formbeiwerte nach folgender Darstellung pauschaliert werden:

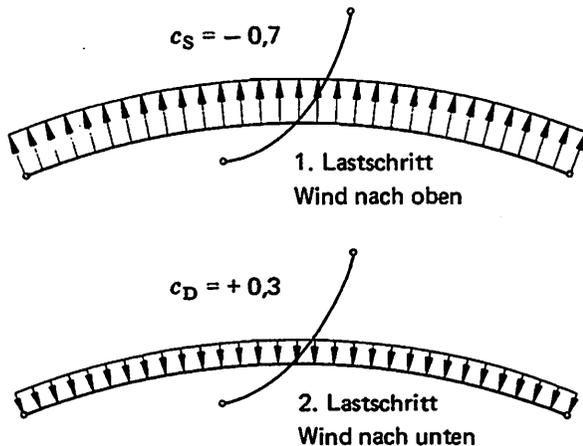


Bild 13. Windbeiwerte

Mit diesen Werten ist jeweils die Gesamtfläche und auch die Teilfläche zu beaufschlagen.

Werden günstigere Werte in Ansatz gebracht, so sind diese durch Windkanalversuche zu belegen.

5.17.4.4 Konstruktive Durchbildung

Der Bahnverlauf ist entsprechend der Hauptbeanspruchung zu legen.

Werden Seil-, Gurt- oder Hautverstärkungen angeordnet, so ist darauf zu achten, daß dort keine Schwächung des Materialquerschnittes (z.B. durch Ansammlung von Nähten, Klemmen, Ösen usw.) die Verstärkung wirkungslos macht.

5.17.4.5 Sicherheitsabstände – Sicherungen

Da Membrantragwerke sich im Belastungsfall zum Teil erheblich verformen, ist dafür zu sorgen, daß sich entlang der Dachhaut keine verformungsbehindernden Gegenstände befinden.

Als Sicherheitsabstände sind einzuhalten:

bei Membranen

$$a \geq \frac{r}{20} \geq 0,50 \text{ m, wobei } r \text{ der kleinere Hauptkrümmungsradius in dem entsprechenden Membranbereich ist;}$$

bei Seilen

$$a \geq \frac{l}{20} \geq 0,50 \text{ m in Seilmitte rundum, wobei } a \text{ linear auf Null zu echten Fixpunkten hin verzogen werden darf.}$$

l = Abstand der festen Seileinhängung

Sofern starre tragende Teile (z. B. Maste, Stützen usw.) ausschließlich durch die Membrane gehalten werden, ist durch zusätzliche Maßnahmen ein Umstürzen dieser Teile bei einseitigem Wegfall der Membrane zu verhindern, wobei die notwendigen Bewegungsfreiheitsgrade im Betriebszustand erhalten bleiben müssen.

5.17.4.6 Prüfmessungen, Nachspannen

Um die auftretenden Maximalbeanspruchungen (z. B. in Abspannungen, Stützen, Masten usw.) am Bauwerk überprüfen zu können, sollen Meßmarken eingebaut werden, damit durch entsprechende Kontrollen die rechnerisch erforderliche Vorspannung überprüft werden kann. Zum Ausgleich des Kriechens des Membrantragwerks (z. B. des Membranwerkstoffes, der Nähte, der Verbindungen, der Seile usw.) sind konstruktive Vorkehrungen zu treffen, die ein Nachspannen der Konstruktion ermöglichen (z. B. Spanschlösser, Stützenverlängerungen usw.).

6 Umkippen, Gleiten und Abheben

6.1 Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit

Bei Bauwerken und Bauteilen ist die Sicherheit gegen Umkippen, Gleiten und Abheben nachzuweisen, wenn sie nicht zweifelsfrei feststeht. Günstig wirkende Verkehrslasten, ebenso Eigenlasten von Bau- und Zubehörteilen, welche nicht immer vorhanden sind, dürfen beim Nachweis gegen Umkippen, Gleiten und Abheben nicht berücksichtigt werden.

Im Gegensatz zum allgemeinen Spannungsnachweis dürfen für den Nachweis auf Umkippen, Gleiten und Abheben günstig wirkende Anteile nur mit dem Gewicht angesetzt werden, das mit Sicherheit immer vorhanden ist, z. B. Holz im ausgetrockneten Zustand.

Wenn durch die Eigenlast einer Konstruktion allein eine ausreichende Sicherheit nicht erreicht werden kann, dann ist sie durch besondere zusätzliche Maßnahmen wie z. B. Gegenlasten, Verankerungen und Abstreben herzustellen.

Tabelle 4. Sicherheitsbeiwerte gegen Umkippen, Gleiten und Abheben

	Belastung *)	v
1	günstig wirkende Anteile aus Eigenbelastung	1,0
2	ungünstig wirkende Anteile aus Eigenbelastung	1,1
3	ungünstig wirkende Windbelastungen	1,2
4	ungünstig wirkende Anteile der Belastungen, außer den Belastungen nach 2 und 3	1,3
*) Werden Lasten in Komponenten zerlegt, so sind diese mit dem gleichen v-Wert zu vervielfachen		

6.1.1 Die Sicherheit gegen Umkippen errechnet sich aus:

$$\Sigma v \cdot M_{St} \geq \Sigma v \cdot M_K \quad (81)$$

v Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 4

M_{St} Standmomentanteile

M_K Kippmomentanteile

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

6.1.2 Die Sicherheit gegen Gleiten errechnet sich aus:

$$\Sigma v \cdot \mu \cdot N \geq \Sigma v \cdot H \quad (82)$$

v Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 4

N vertikale Lastkomponente

H horizontale Lastkomponente

μ Reibungsbeiwert nach Tabelle 5

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

Tabelle 5. Reibungsbeiwerte

	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 *)	0,25	0,2	0,25
Lehm *)	0,4	0,2	0,4
Sand und Kies	0,65	0,2	0,65
*) Bei mindestens steifplastischer Zustandsform nach DIN 1054			

Es ist zu beachten, daß bei schwingend beanspruchten Auflagerungen ein Losrütteln eintreten kann.

Ist bei Verbindung der Konstruktion mit dem Baugrund die v-fache Sicherheit in der Bodenfuge durch ruhende Reibung allein nicht gegeben, dann darf ein Gleitsicherheitsnachweis im Zusammenwirken mit Bodenankern geführt werden. Dabei dürfen die Reibungsbeiwerte nach Tabelle 5 nur mit 70 % ihres Wertes angesetzt werden.

$$\Sigma v \cdot \bar{\mu} \cdot N + Z_h \geq \Sigma v \cdot H \quad (83)$$

$$\bar{\mu} = 0,7 \cdot \mu \quad (84)$$

Z_h übertragbare Horizontalkomponente des Ankers.

6.1.3 Die Sicherheit gegen Abheben errechnet sich aus:

$$\Sigma v \cdot N_{St} \geq \Sigma v \cdot N_a \quad (85)$$

v Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 4

N_{St} vertikale stabilisierende Lastkomponenten

N_a vertikale abhebende Lastkomponenten

Mit Zugankern

$$\Sigma v \cdot N_{St} + Z_v \geq \Sigma v \cdot N_a \quad (86)$$

Z_v übertragbare Vertikalkomponente des Ankers.

6.1.4 Für Fundamente gilt neben Abschnitt 6.1 DIN 1054.

6.2 Bodenverankerungen

6.2.1 Ankertragfähigkeiten

6.2.1.1 Allgemeines

Unsichere Bodenverhältnisse und die Belastungsart bedingen zwangsläufig erhebliche Schwierigkeiten bei einer rechnerischen Abschätzung der Ankertragfähigkeiten. Die Angaben beschränken sich daher auf

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

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

6.2.1.2 Gewichtsanker

Bei der Berechnung der Tragfähigkeit dieser Anker darf der Erdwiderstand nur dann berücksichtigt werden, wenn der Anker kleine Verschiebungen und Verdrehungen ohne Gefahr für das Bauwerk ausführen kann und die Untergrundverhältnisse hinreichend bekannt sind.

6.2.1.3 Stabanker

Die Tragfähigkeit von einfachen Stabankern mit rundem Querschnitt und einer Mindesteinschlagtiefe von 80 cm darf nach folgenden Näherungsformeln ermittelt werden:

Für β = 0° Für steife bindige und dicht gelagerte nichtbindige Böden (siehe DIN 1054):

$$Z = 6,5 \cdot d \cdot l' \quad (87)$$

Für halbfeste bindige Böden (siehe DIN 1054):

$$Z = 8 \cdot d \cdot l' \quad (88)$$

Für $\beta \geq 45^\circ$ Für mindestens steifplastische bindige Böden (siehe DIN 1054):

$$Z = 10 \cdot d \cdot l' \quad (89)$$

Für dichtgelagerte nichtbindige Böden (siehe DIN 1054):

$$Z = 17 \cdot d \cdot l' \quad (90)$$

Für $0^\circ < \beta < 45^\circ$ sind die Tragfähigkeiten für gleiche Bodenarten durch Interpolation zu ermitteln (siehe Bild 15).

In den Formeln (87) bis (90) sind d und l' in cm einzusetzen, Z ergibt sich in N .

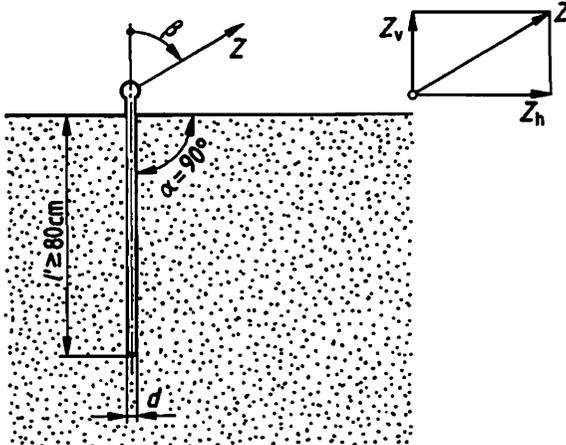


Bild 14. Stabanker

- Z Ankertragfähigkeit (Versagenslast)
- Z_h horizontale Ankertragfähigkeitskomponente
- Z_v vertikale Ankertragfähigkeitskomponente
- d Ankerdurchmesser
- l' Einschlagtiefe
- α Einschlagwinkel
- β Zugwinkel

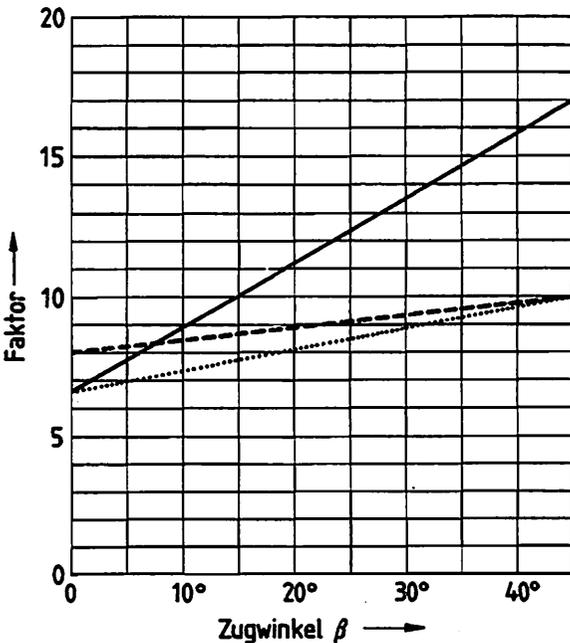


Bild 15. Faktor für Tragfähigkeit von Stabankern

- dichtgelagerte nichtbindige Böden
- - - - - halb feste bindige Böden
- steifplastische bindige Böden

Die Formeln (87) bis (90) gelten unter der Voraussetzung, daß der Anker beim Eintreiben „zieht“. Bei $\beta = 0^\circ$ muß die Reibung auf der vollen Länge wirksam sein; bei $\beta \geq 45^\circ$ soll der Einschlagwinkel $\alpha = 90^\circ$ betragen. Bei diesem Einschlagwinkel erreicht der schräg belastete Anker erfahrungsgemäß die maximale Tragfähigkeit.

Die rechnerischen Tragfähigkeiten dürfen überschritten werden, wenn dies durch Probelastungen nachgewiesen wird oder entsprechende Erfahrungen für den Aufstellungsort vorliegen.

Bei Probelastungen an Ankern sind mindestens 3 Versuche durchzuführen. Der niedrigste Versuchswert ist für die Ermittlung der Tragfähigkeit maßgebend. Die so ermittelte Tragfähigkeit darf keine für das Bauwerk unzulässige Ankerbewegung ergeben.

Für die zulässige Tragfähigkeit sind die Sicherheitsbeiwerte nach Tabelle 4 zu berücksichtigen.

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

Um ein Verbiegen der Anker bei schrägem Zug zu verhindern, sollte für einfache Stahlstabanker folgender Minstdurchmesser eingehalten werden:

$$d_{\min} = 0,025 \cdot l' + 0,5 \quad (\text{mit } l' \text{ in cm}) \quad (91)$$

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

6.2.1.4 Zu verankernde Kraft und Sicherheitsbeiwerte Die erforderliche Verankerungskraft erf Z_v ist durch vektorielle Addition der auf den Anker entfallenden v -fachen Lastkomponenten zu ermitteln.

$$\text{erf } \vec{Z}_v = \Sigma v \cdot \vec{Z} \leq Z \quad (92)$$

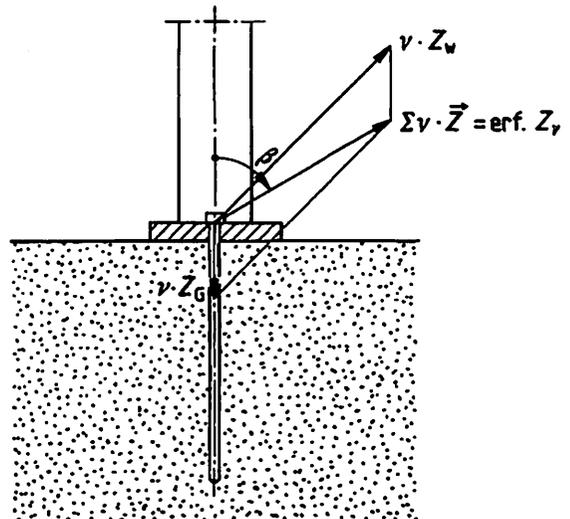


Bild 16. Ankerbelastungen

- Z_G günstig wirkender Anteil aus Eigenlast
- Z_W ungünstig wirkender Anteil aus Windlasten oder anderer Belastung
- v Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 4

6.2.2 Hinweise

Treten bei belasteten Stabankern und ähnlichem 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 höhere Lastaufnahme erreicht werden. Bei reiner Zugbeanspruchung in Richtung der Stabachse besteht schon bei sehr kleinen Bewegungen die Gefahr des vollkommenen Versagens des Ankers.

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

Nach Eintreiben eines Stabankers ist der Boden an der Oberfläche – soweit das 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 betragen.

Dynamische Belastungen können zum Lösen einer Verankerung führen; Kontrollen der Anker sind unbedingt erforderlich.

6.3 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 Zusatzaßnahmen zu treffen. Werden zur Vergrößerung der Auflagerbreiten mehrere Elemente lückenlos nebeneinander verlegt, so ist z. B. durch Kreuzstapelung ein Verbund herzustellen.

Bei befahrbarem Untergrund dürfen für quadratische und rechteckförmige (Länge : Breite ≤ 3) Unterpallungen in Abhängigkeit von der Auflagerbreite folgende zulässige Bodenpressungen angesetzt werden:

$$b = 20 \text{ cm: zul } \sigma = 100 \text{ kN/m}^2$$

$$b = 30 \text{ cm: zul } \sigma = 150 \text{ kN/m}^2$$

$$b = 40 \text{ cm: zul } \sigma = 200 \text{ kN/m}^2$$

Bei befestigten Aufstellplätzen dürfen höhere zulässige Bodenpressungen berücksichtigt werden.

7 Festigkeitsnachweise

7.1 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. Schwingend beanspruchte Konstruktionen, die im Rahmen der zu erwartenden Lebensdauer mehr als $2 \cdot 10^4$ Lastwechsel bei Schwell- oder Wechselbeanspruchung erfahren, sind auf Schwingfestigkeit zu bemessen.

Dabei gilt als Dauerfestigkeit σ_D die Spannung, die von einem Probestab bei einer Grenzlastspielzahl N_G von

$2 \cdot 10^6$ Lastspielen (Stahlbau) bzw. 10^7 Lastspielen (Maschinenbau) gerade noch ertragen wird, ohne daß der Probestab bricht.

7.2 Vorwiegend ruhende Beanspruchung

Für die zulässigen Spannungen von Bauteilen sind die für den entsprechenden Werkstoff vorhandenen Bemessungsnormen maßgebend (z. B. DIN 18 800 Teil 1, DIN 1052 Teil 1, DIN 4113 Teil 1).

Für Maschinenteile aus Stahl, auch solche, die gleichzeitig Bauteile sind, gilt für den allgemeinen Spannungsnachweis:

$$\text{zul } \sigma = \frac{\beta_B}{\nu_B} \text{ bzw. } \frac{\beta_{0,2}}{\nu_{0,2}} \quad (93)$$

Der kleinere Wert ist maßgebend.

Tabelle 6. Sicherheitsbeiwerte ν

		gegen β_B	gegen $\beta_{0,2}$ *)
Lastfall	H	37/16	24/16
	HZ	37/18	24/18

*) Bei entsprechender Angabe in den Werkstoffnormen gilt β_S als $\beta_{0,2}$.

Für Schub infolge Querkraft und Verdrehung gilt

$$\text{zul } \tau = 0,65 \text{ zul } \sigma \quad (94)$$

7.3 Schwingende Beanspruchung

7.3.1 Schwingfestigkeit von Baukonstruktionen

Der Schwingfestigkeitsnachweis für Baukonstruktionen aus St 37-2 und St 52-3 ist nach DIN 15 018 Teil 1 bzw. DIN 4132 entsprechend den dort angegebenen Betriebsgruppen und Kerbfällen für den Lastfall H zu führen.

Alle zulässigen Spannungen beim Betriebsfestigkeitsnachweis sind nach oben begrenzt durch die zulässigen Spannungen, Lastfall HZ des allgemeinen Spannungsnachweises nach DIN 15 018 Teil 1, Ausgabe April 1974, Abschnitt 7.2.1, Tabellen 10 bis 12. Für Druckspannungen in Bauteilen gelten hierfür die Werte der Spalte zu σ_z . Wird kein genauer Nachweis geführt, so ist die Betriebsgruppe B 6 in Rechnung zu stellen.

Dabei dürfen die Werte nach DIN 15 018 Teil 1 unter folgenden Bedingungen für zul σ_D bis zu 20% erhöht werden:

- Diese Bauteile bzw. Bereiche von Bauteilen müssen hinsichtlich der Rissefreiheit prüfbar sein. Im allgemeinen genügt eine visuelle Prüfung;
- diese Bauteile sind unter genauer Bezeichnung der Bereiche in den bautechnischen Unterlagen herauszustellen und gegebenenfalls übersichtlich aufzuführen;
- bei jeder Prüfung vor Verlängerung der Ausführungsgenehmigung sind diese Teile bzw. Bereiche zu kontrollieren.

Bei der Erhöhung der zulässigen Spannungen um 20% ist eine 1,1fache Sicherheit bei 90% Überlebenswahrscheinlichkeit vorhanden (siehe auch DIN 15 018 Teil 1, Ausgabe April 1974, Abschnitt 7.4.4).

Lasterhöhungsfaktoren nach Abschnitt 4.4 brauchen nur bei den betroffenen Bauteilbereichen in Ansatz gebracht zu werden.

7.3.2 Schwingfestigkeit von Maschinenteilen

7.3.2.1 Ermittlung der ertragbaren Spannung

Für die in DIN 15018 Teil 1 nicht genannten Werkstoffe und für dort nicht behandelte Fälle (z. B. Maschinenteile) kann die Ermittlung der ertragbaren Spannungen bei Schwingbeanspruchung nach einem der in [1] bis [6] angegebenen Berechnungsverfahren erfolgen.

Hierbei sind die folgenden Einflüsse zu berücksichtigen:

- Kerbwirkungszahl
- Größeneinfluß
- Oberflächeneinfluß
- Querschnittsform
- eventuell Anisotropiekoeffizient

7.3.2.2 Ermittlung der vorhandenen Spannungen

Die im Bauteil vorhandenen Spannungen (Nennspannungen) werden nach den allgemeinen Regeln der Festigkeitslehre ermittelt.

7.3.2.3 Sicherheitsbeiwert

Die vorhandene Sicherheit gegen Dauerbruch beträgt für das Bauteil:

- bei reiner Zug-, Biege- oder Torsionsbeanspruchung:

$$\text{vorh } \nu = \frac{\sigma_{AG}}{\sigma_a} \text{ bzw. } \frac{\tau_{AG}}{\tau_a} \quad (95)$$

- bei zusammengesetzter Beanspruchung:

$$\text{vorh } \nu = \frac{\sigma_{AG}}{\sigma_{av}} \quad (96)$$

- gegen Überschreiten der Streck- oder Fließgrenze:

$$\text{vorh } \nu = \frac{\sigma_{SG}}{\sigma_a + \sigma_m} \text{ bzw. } \text{vorh } \nu = \frac{\sigma_{SG}}{\sigma_{av} + \sigma_{mv}} \quad (97)$$

Hierbei bedeuten:

- σ_{AG} Gestalt-Ausschlagfestigkeit (des Bauteils)
- σ_{SG} Fließgrenze der Gestaltfestigkeit
- σ_a Spannungsausschlag
- σ_m Mittelspannung
- σ_{av} Vergleichsspannungsausschlag
- σ_{mv} Vergleichsmittelspannung

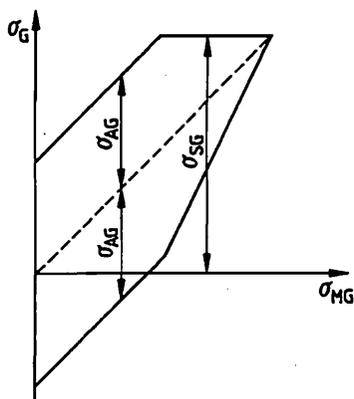


Bild 17. Dauerfestigkeits-Schaubild nach Smith zur Gestaltfestigkeit

Allgemein verbindliche Sicherheitsbeiwerte erf ν lassen sich nicht festlegen. Sie richten sich nach Zahl und Gewicht der Unsicherheitsfaktoren und den möglichen Folgen im Falle des Versagens. Je größer die Verformungsfähigkeit des Werkstoffs ist, desto niedriger darf der Sicherheitsbeiwert angesetzt werden.

Bei zuverlässigen Angaben über die tatsächlichen Beanspruchungsverhältnisse genügt erf $\nu = 1,2$ bis $1,5$, bei Werkstoffkennwerten σ_D auf der Basis von 90 % Überlebenswahrscheinlichkeit.

Bei teilweise geschätzten Angaben sind im Maschinenbau bei der Berechnung auf Dauerfestigkeit Sicherheitsbeiwerte bis $2,5$ üblich. In allen Fällen muß

$$\text{vorh } \nu \geq \text{erf } \nu \quad (98)$$

sein.

7.4 Schrauben

Für Schrauben nach DIN 931 Teil 1, DIN 7968 und DIN 7990 der Festigkeitsklassen 4.6 und 5.6 gilt DIN 18800 Teil 1.

Bei der Verwendung hochfester Schrauben nach DIN 6914 bis DIN 6918 der Festigkeitsklasse 10.9 gilt DIN 18800 Teil 1.

Abweichend gilt für Schrauben der in Abschnitt 7.4 genannten Festigkeitsklassen:

- Die Schraubverbindungen dürfen für auf Zug beanspruchte Schrauben auch bei schwingender Belastung mit einem Lochspiel von $1,0\text{ mm}$ ausgeführt werden, wenn die Kräfte senkrecht zur Schraubenachse durch Anordnung von Knaggen, Stiften, Steckbolzen, Buchsen usw. oder durch Berechnung auf Reibungsschluß mit einem Reibungskoeffizient $\frac{2}{3} \cdot \min \mu$

aufgenommen werden. Für $\min \mu$ ist der im Betrieb unter ungünstigsten Bedingungen auftretende kleinste Reibbeiwert anzusetzen.

- Bei einschnittigen Verbindungen muß die Exzentrizität berücksichtigt werden.

Für Schrauben der Festigkeitsklassen 6.9, 8.8 und 10.9 gilt:

- Zulässige Schubspannungen nach Tabelle 7.
- Zulässiger rechnerischer Lochleibungsdruck für Scher-Lochleibungsverbindungen entsprechend DIN 18800 Teil 1, Ausgabe März 1981, Tabelle 7, für Schrauben ohne Vorspannung.
- Zulässige zusätzlich übertragbare Zugkraft in Richtung der Schraubenachse je vorgespannte Schraube bzw. Paßschraube entsprechend Tabelle 9. Dabei F_V nach Tabelle 8.
- Zulässige Vorspannkräfte und Anziehmomente nach Tabelle 8.
- Für die Dauerfestigkeit sind unter der Voraussetzung, daß Mittelspannung + Spannungsausschlag $\leq \beta_S$ ist, Richtwerte für den Spannungsausschlag in Tabelle 10 angegeben.

Schrauben dürfen wieder verwendet werden, wenn sie nicht über die Streckgrenze beansprucht wurden.

Die angegebenen Werte gelten für einen Gesamtreibungsbeiwert $\mu = 0,14$ (trocken bis leicht geölt) unter Ausnutzung von 90 % der Mindeststreckgrenze.

Tabelle 7. Zulässige Schubspannungen τ_a für vorwiegend ruhende Beanspruchung je Schraube und Scherfläche senkrecht zur Schraubenachse

Festigkeitsklasse	6.9		8.8		10.9	
	H	HZ	H	HZ	H	HZ
zul τ_a N/mm ²	145	160	200	230	240	270

Tabelle 8. Zulässige Vorspannkraft und Anzugsmomente von Schrauben

Gewinde	zul Vorspannkraft F_V (kN)			zul Anzugsmoment M_a (Nm)		
	Festigkeitsklasse			Festigkeitsklasse		
	6.9	8.8	10.9	6.9	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	1100
M 27	177	210	290	873	1030	1650
M 30	216	257	350	1177	1422	2200
M 33	275	326	459	1668	1977	2784
M 36	323	382	510	2134	2524	3340

Tabelle 9. Zulässige zusätzlich übertragbare Zugkraft Z in Richtung der Schraubenachse je vorgespannte Schraube

vorwiegend ruhende Belastung		schwingende Belastung	
Lastfall		Lastfall	
H	HZ	H	HZ
0,7 F_V	0,8 F_V	0,6 F_V	0,7 F_V
F_V nach Tabelle 8.			

Tabelle 10. Richtwerte für den zulässigen Spannungsausschlag handelsüblicher Schrauben

Gewinde	Spannungsausschlag $\pm \sigma_A$ N/mm ²	
	Festigkeitsklasse	
	3.6 bis 5.6	5.8 bis 10.9
M 12 – M 16	45	50
M 20 – M 36	40	40

7.5 Seile, Ketten, Sicherheitseinrichtungen, Seiltriebe, Anschluß- und Verbindungsteile

7.5.1 Normen für Seile, Ketten, Sicherheitseinrichtungen, Seiltriebe, Anschluß- und Verbindungsteile

Bei der Verwendung von Seilen, Ketten, Sicherheitseinrichtungen, Seiltrieben, Anschluß- und Verbindungsteilen sind insbesondere die folgenden Normen zu beachten:

- Drahtseile: DIN 3051 bis DIN 3071
- Naturfaserseile: DIN 83 305 Teil 1 bis Teil 3; DIN 83 322, DIN 83 324, DIN 83 325

- Kunststoffseile: DIN 83 330 bis DIN 83 332
- Ketten: DIN 685 Teil 2; DIN 766; DIN 5686; DIN 5687 Teil 1 und Teil 3; DIN 8187; DIN 32 891
- Drahtseilklemmen: DIN 1142
- Seiltriebe: DIN 15 020 Teil 1 und Teil 2
- Ösenhaken: DIN 7540
- Karabinerhaken: DIN 5299
- Rollschnallen: DIN 5291
- Schäkel: DIN 82 101
- Sicherheitsgeschirre; Sicherheitsseile: DIN 7471
- Spanschlösser: DIN 1478; DIN 1480

7.5.2 Seile, Ketten, Riemen, Bänder

7.5.2.1 Zulässige Tragfähigkeit von Seilen, Ketten, Riemen, Bändern

Die zulässige Tragfähigkeit ist abhängig vom Verwendungszweck. Es gilt:

$$\text{zul Tragfähigkeit} = \frac{\text{Mindestbruchlast}}{\text{Gebrauchszahl}} \quad (99)$$

7.5.2.2 Aufhängungen von mit Personen belasteten Bauteilen (z. B. Sitze, Gondeln)

Bei Stahlketten beträgt die Gebrauchszahl 6. Für Stahlseile ist Tabelle 11 maßgebend.

Die Verwendung von Seilen, Ketten, Riemen oder Bändern aus Hanf, Kunststoff oder Leder ist für diese Zwecke nicht zulässig. Dies gilt jedoch nicht für Sicherheitseinrichtungen nach Abschnitt 7.5.4.

Tabelle 11. Zulässige Spannungen für Halte- und Abspannseile aus Einzeldrähten von Nennfestigkeit 1570 N/mm² beim Betriebsfestigkeitsnachweis

Drahtseildurchmesser mm	Zulässige Spannung σ_{Dz} in N/mm ² bei Beanspruchungsgruppe	
	B1, B2 und B3	B4, B5 und B6
*) bis 5	450	400 + 50 · x
über 5 bis 20	350 + 100 · x	250 + 200 · x
über 20 bis 30	300 + 150 · x	200 + 250 · x
über 30 bis 40	250 + 200 · x	150 + 300 · x
*) Aus konstruktiven Gründen sind Drahtseil-Durchmesser < 4 mm zu vermeiden.		
$x = \frac{\min \sigma}{\max \sigma}$		

7.5.2.3 Halte-, Abspann- und Verankerungseile bzw. -ketten

7.5.2.3.1 Bei vorwiegend ruhender Beanspruchung: Bei Stahlketten beträgt die Gebrauchszahl 4.

Für Drahtseile aus Einzeldrähten der Nennfestigkeit 1570 N/mm² gilt beim allgemeinen Spannungsnachweis als zulässige Spannung im metallischen Querschnitt $\sigma = 450$ N/mm².

Für Faserseile aus Natur- und/oder synthetischen Fasern ist Tabelle 12 maßgebend.

Tabelle 12. Gebrauchszahlen

Seildurchmesser mm	Gebrauchszahl
12	6
14	5
16	5
18	4
20 und dicker	4

7.5.2.3.2 Bei vorwiegend schwingender Beanspruchung: Für den Betriebsfestigkeitsnachweis von Seilen aus Einzeldrähten der Nennfestigkeit 1570 N/mm² und für Seilbefestigungen ist DIN 15 018 Teil 1 maßgebend.

Drahtseil-Durchmesser < 4 mm sind bei Fliegenden Bauten zu vermeiden.

Seilklemmen dürfen für Befestigungen an Triebwerken und Sicherheitseinrichtungen nicht verwendet werden. Werden Einzeldrähte mit der Nennfestigkeit > 1570 N/mm² verwendet, so ist die zulässige Beanspruchung besonders zu untersuchen. Erhöhung der zulässigen Spannungen der in DIN 15 018 festgelegten Werte, im Verhältnis der Nennfestigkeiten, darf nicht ohne weiteres vorgenommen werden.

Für Stahlketten beträgt die Gebrauchszahl 6.

7.5.2.4 Seile dürfen nicht verwendet werden:

- bei Bruch einer Litze,
- bei Kinkenbildung,
- bei starken mechanischen Beschädigungen oder starkem Verschleiß.

Als starke mechanische Beschädigung von Faserseilen gilt: wenn mehr als 10 % der Gesamtzahl der Seilgarne in dem am stärksten beschädigten Querschnitt des Seiles gebrochen sind;

- Herausfall von Fasermehl,
- Verrottung,
- Lockerung von Spleißen,
- Seile aus synthetischen Fasern, wenn größere Anschmelzstellen vorhanden sind.

Ausgebesserte Seile dürfen nicht verwendet werden; Kürzen von Seilen gilt nicht als Ausbesserung.

Das Nachstecken von Spleißen ist nicht zulässig.

7.5.3 Seiltriebe

Seiltriebe mit Kunststoffseilen dürfen dann verwendet werden, wenn bei einem Bruch des Seiles Personen nicht unmittelbar gefährdet sind.

7.5.4 Sicherheitseinrichtungen

Für Sicherheitseinrichtungen, z. B. Schließeinrichtungen von Gondeln oder Sitzen, Sicherheitsgurte, Festschnalleinrichtungen in Überschlagschaukeln ist der Gebrauchszahl 6 erforderlich.

7.5.5 Anschluß- und Verbindungsteile

7.5.5.1 Die zu Spannschlössern gehörenden Haken und Ösen sind nicht genormt. Ihre zulässige Belastung ist mit den Gebrauchszahlen für Stahlketten (4 bzw. 6) nach Abschnitt 7.5.2.1 zu ermitteln.

7.5.5.2 Für statisch beanspruchte Schäkkel dürfen die nach DIN 82 101 zulässigen Belastungen verdreifacht werden.

Bei dynamisch beanspruchten Schäkkelverbindungen gilt DIN 82 101. Die Schäkkelbolzen sind gegen Lösen zu sichern.

7.5.5.3 Für Fußriemenverschnallung in Überschlagschaukeln ist bei Rollschnallen nach DIN 5291

in Stahl mindestens die Größe $b = 25$ mm,

in AlMgSi mindestens die Größe $b = 30$ mm

erforderlich.

8 Bauliche Durchbildung und Ausführung

8.1 Anordnung – Zugänglichkeit

8.1.1 Bauteile, die entsprechend Abschnitt 7.3.1 gegenüber DIN 15 018 Teil 1 mit um 20 % erhöhten Spannungen bemessen werden, müssen mindestens im abgebauten Zustand für die erforderlichen Kontrollen zugänglich sein.

8.2 Sicherungen – Sicherheitseinrichtungen

8.2.1 Schrauben, Muttern, Keile und andere Verbindungselemente, deren Lösen infolge schwingender Beanspruchung zu Unfällen führen kann, müssen gesichert werden.

Bei voll vorgespannten Schrauben gilt die Vorspannung als Sicherung gegen Losdrehen.

Da auch voll vorgespannte Schraubverbindungen besonders in der Anfangszeit aufgrund von Setzerscheinungen – z. B. bei Kugeldrehverbindungen – sich lockern können, muß in der Bau- und Betriebsbeschreibung auf die notwendigen Kontrollen hingewiesen werden.

8.3 Lösbare Verbindungen

8.3.1 Federringe, Zahnscheiben, Fächerscheiben und ähnliche Sicherungen sind bei Verbindungen mit Schrauben der Festigkeitsklasse 8.8 und höher nicht zulässig.

8.3.2 Offene Haken sind bei Windverbänden unzulässig. Soweit sich ihre Anwendung in anderen Fällen nicht vermeiden läßt, müssen sie warm gebogen oder geschmiedet sein. Besteht die Möglichkeit, daß sie sich unbeabsichtigt aushängen können, so müssen sie eine Sicherung erhalten.

8.3.3 Bohrungen in Holzbauteilen für Anschlußbolzen, die Wechsel- und Schwelllasten unterliegen oder bei welchen die Bolzen regelmäßig bei Auf- und Abbau entfernt werden, sind durch Stahllaschen oder Dübel zu entlasten.

Rechtwinklig oder schräg zur Faserrichtung wirkende Zugkräfte in Bohrungen, die zum Aufreißen des Holzes führen können, müssen durch geschlossene Bandagen beiderseits der Bohrlöcher oder andere geeignete Vorkehrungen aufgenommen werden. Bolzen, die nicht durch Flachstähle geschützt sind, müssen Unterlegscheiben erhalten. Werden von Bolzen Druckkräfte auf das Holz übertragen, so sind die Unterlegscheiben für die auftretenden Kräfte zu bemessen.

Allgemein muß beachtet werden, daß starke Schwächungen von Holzquerschnitten zu vermeiden sind. Dies gilt insbesondere für Hölzer, welche durch Stöße beansprucht werden, oder die Wechsel- bzw. Schwellbeanspruchungen unterliegen. Einpreßdübel dürfen aus dem Holz nicht entfernt werden.

8.3.4 Seilverbindungen müssen so gestaltet sein, daß das Entstehen von Knicken und Knoten oder die Überbeanspruchung einzelner Drähte ausgeschlossen werden.

8.3.5 Abspannseile aus Hanf dürfen geknotet werden. Es dürfen aber nur kraftschlüssige Knoten ausgeführt werden, also solche Knoten, die sich bei Belastung festziehen.

8.3.6 Seile jeder Art dürfen an scharfen Kanten nicht aufliegen.

8.4 Schweißverbindungen

Geschweißte Stahlbauteile für häufig wiederholte Beanspruchung (Betriebsfestigkeit) dürfen nur in Betrieben hergestellt werden, die ihre Eignung hierfür nachgewiesen haben. Der Nachweis gilt als erbracht, wenn der große Eignungsnachweis nach DIN 18 800 Teil 7 mit der Erweiterung für DIN 4112 vorliegt.

Hinsichtlich des Nachweises für die Herstellung vorwiegend ruhend beanspruchter Bauteile gilt DIN 18 800 Teil 7.

8.5 Formgebung schwingend beanspruchter Teile

Schroffe Querschnittsübergänge (Steifigkeitssprünge) und Kerben sind bei schwingend beanspruchten Konstruktionen zu vermeiden.

8.6 Auflagerungen

Gerüstspindeln (Topfwinden oder dergleichen), die Lasten in die Bodenoberflächen einleiten, sind gegebenenfalls untereinander auszusteifen, wenn bei „ausgefahrenen Spindeln“ Pendelstützen entstehen.

8.7 Zentralmaste

Zentralmaste für Drehteile von Rundfahrgeschäften dürfen nicht aus Holz sein.

8.8 Bremsen

8.8.1 Alle betriebsmäßig bewegten Teile an Fahr- oder Belustigungsanlagen müssen für die Benutzer sicher gebremst werden können. Die Bremsen müssen so gestaltet

sein, daß die Betriebssicherheit gegeben ist und die Standsicherheit nicht gefährdet wird. Daher dürfen die Bremsen nicht sperren und müssen so weich angreifen, daß eine für den Fahrgast zumutbare Verzögerung (siehe Abschnitt 5.5.4) erreicht wird.

8.8.2 Haltebremsen und Reduzierbremsen sind dauerhaft auszuführen.

8.9 Verbände – Aussteifungen

8.9.1 Aussteifende Verbände (Windverbände)

Siehe Abschnitt 5.17.3.3.

8.9.2 Es kann erforderlich sein, daß Konstruktionen zur Verminderung unvertretbarer Schwingungen (z. B. Resonanz) zusätzlicher konstruktiver Maßnahmen bedürfen.

8.10 Korrosionsschutz, Oberflächenschutz, Schutz gegen Fäulnis

8.10.1 Für Teile aus Stahl siehe DIN 55 928 Teil 1 bis Teil 9.

8.10.2 Für Teile aus Leichtmetall siehe DIN 4113 Teil 1.

8.10.3 Für Teile aus Holz siehe DIN 1052 Teil 1.

8.11 Fahrgastsitze – Fahrgastraum³⁾

Bei der Bemessung und Gestaltung der Fahrgastsitze und Fahrgasträume ist besonders auf genügende Höhe und Polsterung der Rücken- und Seitenlehnen sowie auf Abstütz- und Haltemöglichkeiten und auf Sicherungseinrichtungen zu achten.

8.12 Kugeldrehverbindungen

Zur Erlangung einwandfreier Laufbedingungen ist es notwendig, daß die Anschlußkonstruktionen oberhalb wie auch unterhalb des Lagers steif sind. Verspannungen der Kugeldrehverbindungen sind zu vermeiden.

³⁾ Meier, K.: Sicherheit Fliegender Bauten, Verlag des TÜV Bayern e.V., München.

Zitierte Normen und andere Unterlagen

DIN 685 Teil 2	Geprüfte Rundstahlketten; Sicherheitstechnische Anforderungen
DIN 766	Rundstahlketten für allgemeine Zwecke und Hebezeuge; Kettenenden, geprüft, kurzgliedrig
DIN 931 Teil 1	Sechskantschrauben mit Schaft; Gewinde M 1,6 bis M 39; Produktklassen A und B, ISO 4014, modifiziert
DIN 1050	Stahl im Hochbau; Berechnung und bauliche Durchbildung
DIN 1052 Teil 1	Holzbauwerke; Berechnung und Ausführung
DIN 1054	Baugrund; Zulässige Belastung des Baugrunds
DIN 1055 Teil 1	Lastannahmen für Bauten; Lagerstoffe, Baustoffe und Bauteile, Eigenlasten und Reibungswinkel
DIN 1055 Teil 2	Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngrößen, Wichte, Reibungswinkel, Kohäsion, Wandreibungswinkel
DIN 1055 Teil 4	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten; Windlasten nicht schwingungsanfälliger Bauwerke
DIN 1055 Teil 5	Lastannahmen für Bauten; Verkehrslasten; Schneelast und Eislast
DIN 1080 Teil 1	Begriffe, Formelzeichen und Einheiten im Bauingenieurwesen; Grundlagen
DIN 1142	Drahtseilklemmen für Seil-Endverbindungen bei sicherheitstechnischen Anforderungen
DIN 1478	Spannschlösser aus Stahlrohr oder Rundstahl
DIN 1480	Spannschlösser, geschmiedet (offene Form)

- DIN 1629 Teil 1 Nahtlose Rohre aus unlegierten Stählen für Leitungen, Apparate und Behälter; Übersicht, Technische Lieferbedingungen, Allgemeine Angaben
- DIN 1681 Stahlguß für allgemeine Verwendungszwecke; Gütevorschriften
- DIN 3051 Teil 1 Drahtseile aus Stahldrähten; Grundlagen, Übersicht
- DIN 3051 Teil 2 Drahtseile aus Stahldrähten; Grundlagen, Seilarten, Begriffe
- DIN 3051 Teil 3 Drahtseile aus Stahldrähten; Grundlagen, Berechnung, Faktoren
- DIN 3051 Teil 4 Drahtseile aus Stahldrähten; Grundlagen, Technische Lieferbedingungen
- DIN 3052 Drahtseile aus Stahldrähten; Spiralseil 1 x 7
- DIN 3053 Drahtseile aus Stahldrähten; Spiralseil 1 x 19
- DIN 3054 Drahtseile aus Stahldrähten; Spiralseil 1 x 37
- DIN 3055 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 6 x 7
- DIN 3056 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 8 x 7
- DIN 3057 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 6 x 19, Filler
- DIN 3058 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 6 x 19, Seale
- DIN 3059 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 6 x 19, Warrington
- DIN 3060 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 6 x 19, Standard
- DIN 3061 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 8 x 19, Filler
- DIN 3062 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 8 x 19, Seale
- DIN 3063 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 8 x 19, Warrington
- DIN 3064 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 6 x 36, Warrington-Seale
- DIN 3065 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 6 x 35, Warrington gedeckt
- DIN 3066 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 6 x 37, Standard
- DIN 3067 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 8 x 36, Warrington-Seale
- DIN 3068 Drahtseile aus Stahldrähten; Rundlitzenseil 6 x 24, Standard + 7 Fasereinlagen
- DIN 3069 Drahtseile aus Stahldrähten; Spiral-Rundlitzenseil 18 x 7, drehungsarm
- DIN 3070 Drahtseile aus Stahldrähten; Flachlitzenseil 10 x 10, drehungsarm
- DIN 3071 Drahtseile aus Stahldrähten; Spiral-Rundlitzenseil 36 x 7, drehungsfrei
- DIN 4113 Teil 1 Aluminiumkonstruktionen unter vorwiegend ruhender Belastung; Berechnung und bauliche Durchbildung
- DIN 4132 Kranbahnen; Stahltragwerke; Grundsätze für Berechnung, bauliche Durchbildung und Ausführung
- DIN 5291 Rollschnallen
- DIN 5299 Karabinerhaken aus Halbrunddraht, Runddraht und geschmiedet
- DIN 5686 Knotenkettensysteme ohne Güteanforderungen
- DIN 5687 Teil 1 Rundstahlketten, Güteklasse 5, nicht lehrenhaltig, geprüft
- DIN 5687 Teil 3 Rundstahlketten, Güteklasse 8, nicht lehrenhaltig, geprüft
- DIN 6914 Sechskantschrauben mit großen Schlüsselweiten, für HV-Verbindungen in Stahlkonstruktionen
- DIN 6915 Sechskantmutter mit großen Schlüsselweiten, für HV-Verbindungen in Stahlkonstruktionen
- DIN 6916 Scheiben, rund, für HV-Verbindungen in Stahlkonstruktionen
- DIN 6917 Scheiben, viereckig, für HV-Verbindungen an I-Profilen in Stahlkonstruktionen
- DIN 6918 Scheiben, viereckig, für HV-Verbindungen an U-Profilen in Stahlkonstruktionen
- DIN 7471 Sicherheitsgeschirre; Sicherheitsseile
- DIN 7540 Ösenhaken, Güteklasse 5
- DIN 7968 Sechskant-Paßschrauben, ohne Mutter, mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
- DIN 7990 Sechskantschrauben mit Sechskantmutter für Stahlkonstruktionen
- DIN 8187 Rollenketten, Europäische Bauart
- DIN 15018 Teil 1 Krane; Grundsätze für Stahltragwerke, Berechnung
- DIN 15020 Teil 1 Hebezeuge; Grundsätze für Seiltriebe, Berechnung und Ausführung
- DIN 15020 Teil 2 Hebezeuge; Grundsätze für Seiltriebe, Überwachung im Gebrauch
- DIN 17 100 Allgemeine Baustähle; Gütenorm
- DIN 17 200 Vergütungsstähle; Gütevorschriften
- DIN 17 210 Einsatzstähle; Gütevorschriften
- DIN 18 800 Teil 1 Stahlbauten; Bemessung und Konstruktion
- DIN 18 800 Teil 2 Stahlbauten; Herstellen, Eignungsnachweise zum Schweißen
- DIN 32 891 Rundstahlketten, Güteklasse 2, nicht lehrenhaltig, geprüft
- DIN 55 928 Teil 1 Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Allgemeines

- DIN 55 928 Teil 2 Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Korrosionsschutzgerechte Gestaltung
- DIN 55 928 Teil 3 Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Planung der Korrosionsschutzarbeiten
- DIN 55 928 Teil 4 Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Vorbereitung und Prüfung der Oberflächen
- DIN 55 928 Teil 5 Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Beschichtungsstoffe und Schutzsysteme
- DIN 55 928 Teil 6 Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Ausführung und Überwachung der Korrosionsschutzarbeiten
- DIN 55 928 Teil 7 Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Technische Regeln für Kontrollflächen
- DIN 55 928 Teil 8 Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Korrosionsschutz von tragenden dünnwandigen Bauteilen (Stahlleichtbau)
- DIN 55 928 Teil 9 Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungen und Überzüge; Bindemittel und Pigmente für Beschichtungsstoffe
- DIN 82 101 Schäkel
- DIN 83 305 Teil 1 Faserseile; Übersicht
- DIN 83 305 Teil 2 Faserseile; Begriffe, Kennwerte, Rechnungsgrößen, Aufbau, Macharten
- DIN 83 305 Teil 3 Faserseile; Technische Lieferbedingungen
- DIN 83 322 Manila-Seile, Güte 1
- DIN 83 324 Sisal-Seile
- DIN 83 325 Hanf-Seile
- DIN 83 330 Polyamid-Seile
- DIN 83 331 Polyester-Seile
- DIN 83 332 Polypropylen-Seile
- DIN ISO 898 Teil 1 Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen; Schrauben

[1] Hänchen, R., Decker, K. H.: Neue Festigkeitslehre, Carl Hanser Verlag, München

[2] DDR-Standard TGL 19 340 Blatt 1 bis Blatt 4, Buchhaus Leipzig, Abt. Standards, 701 Leipzig 1, Postfach 140

[3] Wellinger – Dietmann: Festigkeitberechnung, Alfred Kröner Verlag, Stuttgart

[4] Tauscher, H.: Dauerfestigkeit von Stahl und Gußeisen, Archimedes Verlag, Kreuzlingen/Schweiz

[5] Laszlo Sors: Berechnung der Dauerfestigkeit von Maschinenteilen. Verlag der ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

[6] VDI-Richtlinie 2226, 2227

Weitere Normen und andere Unterlagen

- DIN 4114 Teil 1 Stahlbau; Stabilitätsfälle (Knickung, Kippung, Beulung), Berechnungsgrundlagen, Vorschriften
- DIN 4114 Teil 2 Stahlbau; Stabilitätsfälle (Knickung, Kippung, Beulung), Berechnungsgrundlagen, Richtlinien
- DIN 4115 Stahlleichtbau und Stahlrohrbau im Hochbau; Richtlinien für die Zulassung, Ausführung, Bemessung
- DIN 18 808 (z. Z. Entwurf) Stahlbauten; Tragwerke aus Hohlprofilen unter vorwiegend ruhender Beanspruchung
Richtlinien für den Bau und Betrieb Fliegender Bauten⁴⁾

Frühere Ausgaben

Beiblatt zu DIN 4112: 10.62; DIN 4112: 05.38x, 03.60

Änderungen

Gegenüber der Ausgabe März 1960 und Beiblatt zu DIN 4112/10.62 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Inhalt völlig überarbeitet. Neue Bauten und Fahrgeschäfte aufgenommen; neue Berechnungsverfahren aufgenommen, Berechnungsformeln geändert und ergänzt; Regelungen für Überdachungskonstruktionen festgelegt; Nachweis der Sicherheit gegen Umkippen, Gleiten und Abheben neu geregelt; Festlegungen zur Berechnung der Ankertragfähigkeit getroffen; Schwingende Beanspruchung von Baukonstruktionen und Maschinenteilen geregelt; durch die Überarbeitung wurde DIN 4112 Beiblatt, Ausgabe Oktober 1962, gegenstandslos.

Internationale Patentklassifikation

A 63 G

⁴⁾ Herausgeber: ARGEBAU; abgedruckt im Ministerialblatt des jeweiligen Bundeslandes