

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

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

Fortsetzung Seite 2 bis 31

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

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

	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 (Teufelsräder 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. Kipp-sicherungen, Puffer, Anhängervorrichtungen, 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 Menschengedrange 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 Tribünentreppen 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 Menschengedrange 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 Bedienungstreppen 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 Steheinrichtungen 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 genauerer 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.

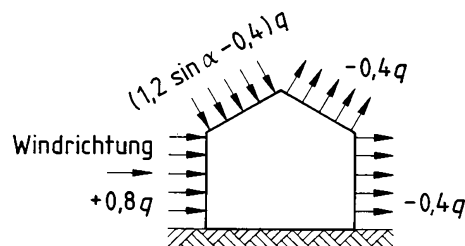


Bild 1. Aerodynamische Beiwerte für Zelte herkömmlicher Bauart

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 Massenkkräfte, 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 Überschlagsschaukeln ist der volle Ausschlag von $\max \vartheta = 180^\circ$ in Rechnung zu stellen.

5.2.4 Bei Überschlagsschaukeln 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.

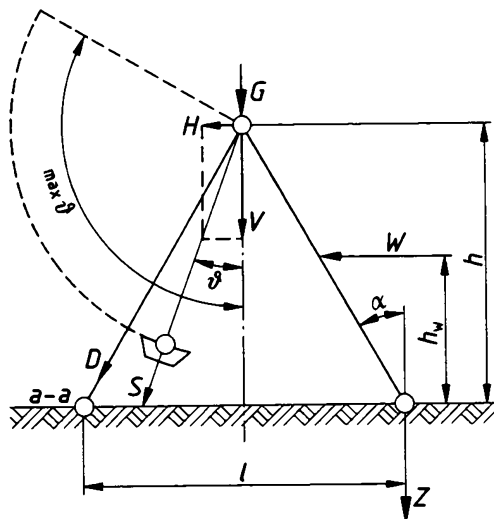


Bild 2. Schiffschaukel

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 V	Horizontal- und Vertikalkomponenten der Fadenkraft S
l	Stützweite der Schaukel
h	Höhe der Schaukel
h_w	Höhe des Windangriffs über der Kippachse a – a
α	Strebenneigung gegen die Lotrechte
ϑ	Ausschlagwinkel gegen die Lotrechte
max ϑ	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 Windkraft ist in Höhe der Aufhängung (Achse) anzunehmen. 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:

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

5.2.5.2 Kippsicherheit der Schaukel

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

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

Die Werte V und H sind aus Tabelle 1 für den entsprechenden Ausschlagwinkel max ϑ 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 $M_{St} \geq M_{K_v}$.

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

Bockstreben erforderlich gemäß der Gleichung

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

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:

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

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

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

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

W_t und W_r

Hierin bedeuten:

$\varphi = 1,2$ Stoßfaktor

G_g Eigenlast einer Gondel mit Aufhängung

P Verkehrslast in einer vollbesetzten Gondel

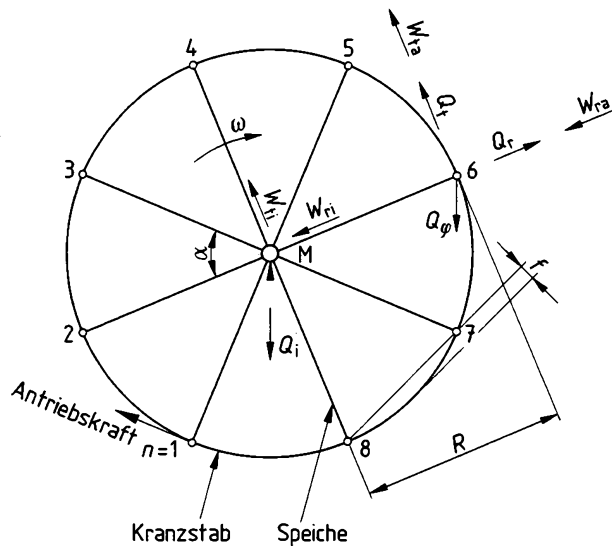


Bild 3. $n = 8$ teiliges Riesenrad
Belastung nur im Punkt $i = 6$ dargestellt

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_r und W_t klein gegenüber Q_φ

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

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 $X_1 = 1$

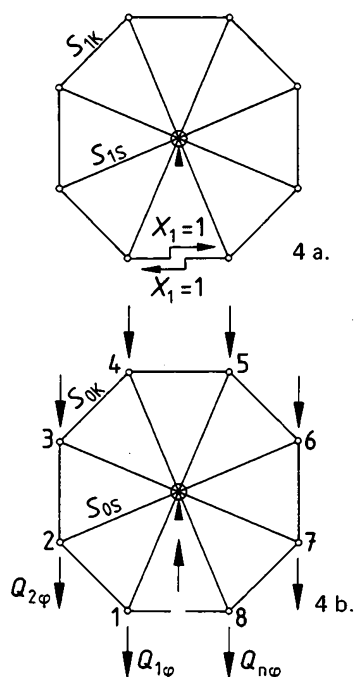


Bild 4. $n = 8$ teiliges (polygonartiges) Riesenrad statisch bestimmtes Grundsystem

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

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

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

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

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	$\pm 2,00$	$\pm 2,00$	$\pm 2,00$	$\pm 2,00$	$\pm 2,00$	$\pm 2,00$
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						

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. Stützbocke 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 Sektorrand 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 Abnützung. 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 Schließeinrichtungen 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 Fliehkräfte 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 $a = l \cdot \sin \alpha$ (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'	Gondeleigenlast mit Verkehrslast
l	Fadenlänge
R	Radius im Bild 6
n	Drehzahl
a	Ausflugweite der Gondel
α	Ausflugwinkel 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 Ausflugwinkel in Abhängigkeit von der Drehzahl mit Hilfe von Bild 5 ermittelt werden.

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

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

Die Schließ einrichtung darf nicht an den Aufhänge teilen befestigt sein.

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

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