

DIN EN 1808**DIN**

ICS 53.020.99

Ersatz für
DIN EN 1808:2010-11**Sicherheitsanforderungen an hängende Personenaufnahmemittel –
Berechnung, Standsicherheit, Bau –
Prüfungen;
Deutsche Fassung EN 1808:2015**

Safety requirements for suspended access equipment –
Design calculations, stability criteria, construction –
Examinations and tests;
German version EN 1808:2015

Exigences de sécurité des plates-formes suspendues à niveau variable –
Calculs, stabilité, construction –
Examen et essais;
Version allemande EN 1808:2015

Gesamtumfang 144 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Dieses Dokument (EN 1808:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 98 „Hebebühnen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung wurden vom Ausschuss NA 060-22-27 AA „Hängende Personenaufnahmemittel“ im Fachbereich „Fördertechnik“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von hängenden Personenaufnahmemitteln sowie der Berufsgenossenschaften waren an der Erarbeitung beteiligt.

Diese Norm konkretisiert einschlägige Anforderungen von Anhang I der EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG an erstmals im Europäischen Wirtschaftsraum (EWR) in Verkehr gebrachte Maschinen, um den Nachweis der Übereinstimmung mit diesen Anforderungen zu erleichtern.

Ab dem Zeitpunkt ihrer Bezeichnung als Harmonisierte Norm im Amtsblatt der Europäischen Union kann der Hersteller bei ihrer Anwendung davon ausgehen, dass er die von der Norm behandelten Anforderungen der Maschinenrichtlinie eingehalten hat (so genannte Vermutungswirkung).

Die im Abschnitt 2 und den Literaturhinweisen zitierten Europäischen Normen sind als DIN EN- bzw. DIN EN ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht.

Für die zitierten Internationalen Normen, sofern sie nicht als DIN ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht sind, gibt es keine nationalen Entsprechungen.

zu Anhang G, Abschnitt G.10:

die Angabe in Abschnitt G.10:

„NEN-EN 1993-1-1+C2/NB, Eurocode 3: *Design of steel structures – General rules and rules for buildings, National Annex to EN 1993-1-1*“

ist in Deutschland unzulässig, da dies die holländischen Nationalen Abweichungen sind.

In Deutschland gilt stattdessen:

„DIN EN 1993-1-1/NA, *Nationaler Anhang — National festgelegte Parameter — Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau*“

Änderungen

Gegenüber DIN EN 1808: 2010-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Abschnitt 6: Sicherheitsbeiwerte, Grenzwerte für Aluminium, zusätzliche Lastfälle;

- a) Ergänzt in Abschnitt 6: Minderung der maximalen Betriebslast WLL von Hubwerken, Anforderungen an Lasthubwerke, Lasten auf das Gebäude;
- b) Ergänzt in Abschnitt 7: Fallschutzsysteme, Mindesthöhe von Tragbügeln;
- c) 7.7: Anforderungen an Führungssysteme;
- d) Ergänzt in 8.12: Material- (Hilfs-) Hubwerke;
- e) Abschnitt 10.3: Netzspannungsschutzes;
- f) Abschnitt 11.4: Sicherheitsbezogene Bauteile von Steuerungssystemen für kraftbetriebene Anlagen;

- g) Ergänzt in 11.5: Drahtlose Steuerungssysteme;
- h) Ergänzt in 12.3: Überprüfung des Einbaus sicherheitskritischer Fahrbahnstütz- und Befestigungs-vorrichtungen;
- i) Abschnitt 12.4: Verifizierung von BMU-Systemen vor Ort;
- j) Abschnitt 13: Kennzeichnung von SAE entsprechend der neuen Maschinenrichtlinie
- k) Abschnitt 14: Begleitende Unterlagen entsprechend der neuen Maschinenrichtlinie;
- l) B.3.1 Prüfung der Dauerfestigkeit für Hubwerke;
- m) Ergänzt in Anhang D: Anleitung zur Darstellung und Auswertung von durch SAE-Konstruktionen aufgebrachten Lasten;
- n) Ergänzt in Anhang E: Maximal zulässige horizontale Auslenkung eines PAM;
- o) Ergänzt in Anhang F: Anleitung zu den Anforderungen an drahtlose Steuersysteme;
- p) Ergänzt in Anhang G: Anleitung zu den Konstruktionsanforderungen an Fahrschienen, Einzelschienen und Auflagersysteme.

Frühere Ausgaben

DIN EN 1808: 1999-06, 2010-11

— Leerseite —

**EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE**

EN 1808

April 2015

ICS 53.020.99

Ersatz für EN 1808:1999+A1:2010

Deutsche Fassung

**Sicherheitsanforderungen an hängende
Personenaufnahmemittel —
Berechnung, Standsicherheit, Bau —
Prüfungen**

Safety requirements for suspended access equipment —
Design calculations, stability criteria, construction —
Examinations and tests

Exigences de sécurité des plates-formes
suspendues à niveau variable —
Calculs, stabilité, construction —
Examen et essais

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 10. Februar 2015 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

	Seite
Vorwort	4
1 Anwendungsbereich	6
1.1 Anwendung	6
1.2 Gefahren	6
1.3 Ausschlüsse	6
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen.....	8
4 Gefährdungen und Vorbeugungsmaßnahmen	25
5 Sicherheitsanforderungen bzw. -maßnahmen.....	29
6 Konstruktions-, Festigkeits- und Standsicherheitsberechnungen für SAE	30
6.1 Allgemeines.....	30
6.2 In den Berechnungen zulässiger Sicherheitsspielraum.....	30
6.3 Zulässige Lasten und Kräfte.....	32
6.4 PAM-Festigkeitsberechnungen	38
6.5 Berechnungen von Aufhängekonstruktionen	39
6.6 Beladungen auf dem Gebäude	48
6.7 Berechnung für Drahtseile.....	49
6.8 Berechnung von Fassaden-Führungen.....	50
7 Personenaufnahmemittel	50
7.1 Anforderungen an das Personenaufnahmemittel	50
7.2 Modulare PAM	52
7.3 Fassadenaufzug-PAM	52
7.4 PAM-Türen	52
7.5 Mehrstöckige PAM	52
7.6 Arbeitssitze	53
7.7 Fassaden-Führungen	53
7.8 Wandrollen und Puffer auf dem PAM	60
7.9 PAM an einer schießen Ebene.....	60
8 Hubsysteme.....	61
8.1 Allgemeines	61
8.2 Handbetriebene Hubwerke	62
8.3 Kraftbetriebene Hubwerke	62
8.4 Trommelhubwerke	65
8.5 Treibscheibenhubwerke	66
8.6 Kraftbetriebene Drahtseilwickler	66
8.7 Doppeltreibtrommel-Hubwerk	66
8.8 Schreithubwerke	66
8.9 Sicherheitsvorrichtungen	67
8.10 Seilrollen	68
8.11 Drahtseile	68
8.12 Material-(Hilfs-)Hubwerke	69
9 Aufhängekonstruktion	70
9.1 Allgemeines	70
9.2 Antriebssysteme	70
9.3 Dauerhaft errichtete Aufhängekonstruktionen	73
9.4 Temporäre Aufhängekonstruktionen.....	75

10	Elektrische, hydraulische und pneumatische Systeme	78
10.1	Allgemeines	78
10.2	Maßnahmen zur Überwachung von 3-Phasen-Systemen	78
10.3	Netzspannungsschutz	78
10.4	Drahtseile mit integrierten elektrischen Leitern.....	78
10.5	Federbetriebene oder kraftbetriebene Kabelwickler	78
10.6	Schutzklassen.....	78
11	Steuersysteme	79
11.1	Allgemeines	79
11.2	Not-Halt-Einrichtung	79
11.3	Steuerung der Ausleger.....	79
11.4	Sicherheitsbezogene Bauteile von Steuersystemen für kraftbetriebene Anlagen.....	80
11.5	Drahtlose Steuersysteme	82
12	Prüfung und Zertifizierung	82
12.1	Typprüfung.....	82
12.2	Herstellungsprüfung	83
12.3	Überprüfung des Einbaus sicherheitskritischer Fahrbahnstütz- und Befestigungsvorrichtungen.....	83
12.4	Verifizierung von BMU-Systemen vor Ort.....	84
12.5	Vor-Ort-Verifizierung von TSAE nach dem ersten Zusammenbau	84
12.6	Hybridsysteme	84
13	Kennzeichnung von SAE	84
13.1	Allgemeines	84
13.2	Handbetriebene Hubwerke	85
13.3	Kraftbetriebene Hubwerke.....	85
13.4	Sicherheitsvorrichtungen	86
13.5	Aufhängekonstruktionen für TSP	86
14	Begleitende Unterlagen	86
14.1	Allgemeines	86
14.2	Benutzerhandbücher.....	87
Anhang A (normativ) PAM-Typprüfungen.....		91
Anhang B (normativ) Typprüfung des Hubwerks und der Sicherheitsvorrichtungen.....		96
Anhang C (normativ) Typprüfungen der Aufhängekonstruktion.....		102
Anhang D (informativ) Anleitung zur Darstellung und Auswertung von durch SAE-Konstruktionen aufgebrachten Lasten		104
Anhang E (informativ) Maximal zulässige horizontale Auslenkung eines PAM		107
Anhang F (normativ) Anleitung zu den Anforderungen an drahtlose Steuersysteme		111
Anhang G (normativ) Konstruktionsanforderungen an Fahrschienen, Einzelschienen und Auflagersysteme.....		113
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den Grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EG		139
Literaturhinweise		140

Vorwort

Dieses Dokument (EN 1808:2015) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 98 „Hebebühnen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2015, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2015 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument ersetzt EN 1808:1999+A1:2010.

Dieses Dokument wurde unter einem Mandat erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone dem CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinien.

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Dieses Dokument enthält auch Informationen, die von Bauplanern, Bauingenieuren und Bauunternehmen zu berücksichtigen sind, bevor bestimmte Hersteller/Lieferanten von hängenden Personenaufnahmemitteln (SAE) benannt werden.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Diese Europäische Norm ist eine Typ C-Norm, wie in EN ISO 12100 angegeben.

Die betroffenen Geräte und der Umfang, mit dem mögliche Gefährdungen abgedeckt sind, werden im Anwendungsbereich dieser Norm aufgezeigt.

Es wird vorausgesetzt, dass:

- a) über die besonderen örtlichen Verhältnisse für den Aufbau der betroffenen Geräte und die zu erwartenden Aufgaben zwischen Hersteller/Lieferanten und Käufer/Mieter Gespräche geführt werden müssen;
- b) für jede Komponente, die Bestandteil der Gesamtkonstruktion des SAE (Hängenden Personenaufnahmemittels, en: suspended access equipment) sein könnte, eine Risikoanalyse durchgeführt wurde und dass Regeln aufgestellt wurden;
- c) die Sicherheitsanforderungen dieser Norm unter der Annahme festgelegt wurden, dass die Bauteile der betroffenen Geräte:
 - 1) entsprechend den üblichen Ingenieurpraktiken und Berechnungsverfahren entwickelt wurden, wobei alle Fehlerarten in Betracht gezogen wurden;
 - 2) einen sicheren mechanischen und elektrischen Aufbau besitzen;
 - 3) aus Werkstoffen mit ausreichender Festigkeit und von geeigneter Qualität bestehen;
 - 4) frei von sichtbaren Fehlern sind;
- d) keine schädlichen Stoffe, wie z. B. Asbest verwendet werden;
- e) die Geräte in funktionstüchtigem Zustand gehalten werden;
- f) alle mechanischen Vorrichtungen, die entsprechend gängiger Praxis und in Übereinstimmung mit den Anforderungen dieser Norm hergestellt wurden, ihre Eigenschaften nicht so weit ändern, dass sie eine unerkannte Gefahr darstellen;
- g) der Betriebstemperaturbereich der Umgebung zwischen –10 °C und +55 °C liegt;
- h) die Konstruktion, auf der das SAE montiert wird, über eine angemessene Festigkeit verfügt, um den zu erwartenden wirkenden Lasten standzuhalten.

Wenn Festlegungen in dieser Typ C-Norm von den Festlegungen in Typ A- oder B-Normen abweichen, haben die Festlegungen dieser Typ C-Norm Vorrang vor den Festlegungen der anderen Normen für Maschinen, die nach Bestimmungen dieser Typ C-Norm konstruiert und gebaut wurden.

1 Anwendungsbereich

1.1 Anwendung

Diese Europäische Norm legt die Anforderungen an hängende Personenaufnahmemittel (SAE, en: „suspended access equipment“) sowie Prüfverfahren, Kennzeichnung und Angaben fest, die vom Hersteller/Lieferanten des hängenden Personenaufnahmemittels (SAE) zu liefern sind.

Sie ist sowohl auf dauerhaft als auch auf vorübergehend errichtete Anlagen anwendbar, die kraft- oder handbetrieben sein können, und in Abschnitt 3 festgelegt werden.

Die Anforderungen dieser Norm umfassen auch Schienen, Führungen und weitere Auflagersysteme, von denen SAE hinsichtlich ihrer Unversehrtheit und Sicherheit abhängig sind, und es werden alle damit verbundenen Lasten und Mittel zur Befestigung an der Baukonstruktion berücksichtigt.

Dieses Dokument ist nicht anwendbar für SAE, die vor dem Datum der Veröffentlichung als EN hergestellt wurden.

1.2 Gefahren

Die vorliegende Europäische Norm behandelt wesentliche Gefahren, die für ein SAE, das bestimmungsgemäß und unter den vom Hersteller vorhergesehenen Bedingungen benutzt wird (siehe Abschnitt 4), von Bedeutung sind. Diese Europäische Norm legt geeignete technische Maßnahmen fest, mit denen die sich aus den wesentlichen Gefahren ergebenden Risiken ausgeschaltet oder verringert werden können.

1.3 Ausschlüsse

Nachfolgendes ist in diesem Dokument nicht erfasst:

- a) Betrieb unter erschwerten und besonderen Bedingungen (z. B. extreme Umweltbedingungen, korrodierende Umgebungen, starke Magnetfelder);
- a) Betrieb entsprechend besonderen Regeln (z. B. explosionsgefährdete Bereiche, Arbeit an spannungsführenden elektrischen Freileitungen);
- b) Transport von Passagieren von einer Ebene zur anderen;
- c) Umgang mit Lasten, die zu gefährlichen Situationen führen können (z. B. flüssiges Metall, Säuren/Basen, radioaktive Stoffe);
- d) an Kranen aufgehängte Arbeitsbühnen;
- e) Siloeinfahreinrichtungen;
- f) Personenaufnahmemittel, bei denen Ketten zur direkten Aufhängung einer Plattform verwendet werden;
- g) SAE, bei denen Chemiefaserseile zur Aufhängung einer Plattform verwendet werden;
- h) SAE, die für den unterirdischen Einsatz bestimmt sind;
- i) SAE, die in Schächten betrieben werden sollen;
- j) SAE, die direkt von Verbrennungsmotoren angetrieben werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 795, *Persönliche Absturzschatzaurüstung — Anschlageinrichtungen*

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

EN 1999 (alle Teile), *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken*

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

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

EN 60529, *Schutzarten durch Gehäuse (IP-Code) (IEC 60529)*

EN ISO 4413, *Fluidtechnik — Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Hydraulikanlagen und deren Bauteile (ISO 4413)*

EN ISO 4414, *Fluidtechnik — Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile (ISO 4414)*

EN ISO 12100:2010, *Sicherheit von Maschinen — Allgemeine Gestaltungsleitsätze — Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010)*

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

EN ISO 13849-2:2012, *Sicherheit von Maschinen — Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen — Teil 2: Validierung (ISO 13849-2:2012)*

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

3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN ISO 12100:2010 und die folgenden Begriffe.

3.1

Fassadenaufzug

BMU

hängendes Personenaufnahmemittel SAE, das dauerhaft an einem bestimmten Gebäude oder Bauwerk montiert und dafür vorgesehen ist und für geplante routinemäßige Untersuchungen, zur Reinigung und Instandhaltung des betreffenden Bauwerks benutzt werden soll, wobei der Platz unter dem Personenaufnahmemittel für die Öffentlichkeit frei zugänglich sein könnte, wenn das SAE in Betrieb ist

Anmerkung 1 zum Begriff: BMUs können aus einem PAM bestehen, das an einer Aufhängekonstruktion aufgehängt ist, wobei es sich im Allgemeinen um einen mit (einer) Winde(n) ausgestatteten Dachfahrwagen handelt, der entweder auf einer Schienenführung oder auf einer geeigneten Lauffläche (zum Beispiel einer Betonbahn) läuft.

Anmerkung 2 zum Begriff: Einschienensysteme mit Laufkatzen bzw. Fahrwagen oder andere Aufhängekonstruktionen (z. B. verankerte Ausleger), die am Gebäude befestigt sind und an denen ein PAM angehängt werden kann, sollten als Bestandteile eines Fassadenaufzugs angesehen und ausschließlich im Zusammenhang mit hängenden Personenaufnahmemitteln verwendet werden, die den Anforderungen dieser Norm entsprechen.

3.2

temporär hängende Personenaufnahmemittel

TSAE

SAE-Systeme, die zeitlich begrenzt auf/an einem Gebäude oder Bauwerk montiert werden, um auf einer Baustelle bestimmte Bauarbeiten auszuführen

BEISPIEL Baustellen umfassen Fassadenaufbau, Anstrich, Instandhaltung, Reparatur und Sanierung von Gebäuden, Brücken, Schornsteinen und weiteren Bauwerken.

Anmerkung 1 zum Begriff: TSAE können aus einem Personenaufnahmemittel (PAM) und einer Aufhängekonstruktion bestehen, die vor der Ausführung der Arbeiten vor Ort zusammengebaut werden. Nach Abschluss der Arbeiten, für die die TSAE montiert wurden, werden sie wieder zerlegt und von der Baustelle entfernt und können dann an anderer Stelle erneut eingesetzt werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Wenn ein temporär hängendes Personenaufnahmemittel an einer dauerhaft montierten Aufhängekonstruktion angebracht wird (z. B. Dachfahrwagen oder Einschienensysteme), werden derartige Einrichtungen als Hybridsysteme betrachtet und es gelten die entsprechenden Abschnitte dieses Dokumentes (siehe 12.6).

3.3

Personal

3.3.1

sachkundige Person

benannte und entsprechend ausgebildete Person, die durch ihre Kenntnisse und praktischen Erfahrungen in der Lage ist, mit den benötigten Anweisungen bestimmte Arbeiten sicher auszuführen

3.3.2

Bediener

benannte und für die Arbeiten in der Höhe entsprechend ausgebildete Person, die durch ihre Kenntnisse und praktischen Erfahrungen in der Lage ist, mit den benötigten Informationen Bedienvorgänge auf dem SAE sicher auszuführen

3.4

Hubwerke und Zubehör

3.4.1

Trommelhubwerk

Hubwerk mit einer Trommel, auf der die Tragseile ein- oder mehrlagig aufgewickelt werden

3.4.2

Treibscheibenhubwerk

Anordnung, bei der ein Drahtseil durch die Reibung zwischen Drahtseil und Treibscheibe ohne Vorspannkraft bewegt wird

3.4.3

Doppeltreibtrommel-Hubwerk

Hubsystem zum Heben und Senken des/der Tragseils/Tragseile, bei dem das/die Seil(e) zwei gerillte Treibtrommeln mehrfach umschlingt, ehe es auf einen Drahtseilwickler aufgewickelt wird, wodurch auf das Treibtrommelsystem eine Vorspannkraft einwirkt

3.4.4

Schreithubwerk

Hubwerk, bei dem die Zugvorrichtung aus zwei Klemmbackenpaaren besteht

3.4.5

Antrieb

Quelle der Antriebskraft für das Hubwerk

BEISPIEL Diese beinhaltet elektrische, hydraulische, pneumatische Motoren und hydraulische Heber.

3.4.6

Bemessungsgeschwindigkeit

mittlere während der Auf- und Abwärtsbewegung eines Personenaufnahmemittels unter Bemessungsbelastung, bei Bemessungsleistung und über eine Fahrstrecke von mindestens 10 m gemessene Geschwindigkeit

3.4.7

Betriebsbremse

mechanische Bremse, die selbsttätig durch gespeicherte Energie wirkt, solange sie nicht durch eine üblicherweise elektrisch, hydraulisch oder pneumatisch aufgebrachte extern gespeiste Kraft entweder durch Steuerung durch den Bediener oder automatisch gelöst wird

BEISPIEL Ein Beispiel für gespeicherte Energie ist Federkraft.

3.4.8

Sicherheitsvorrichtung

Vorrichtung, die im Notfall die Abwärtsbewegung des Personenaufnahmemittels stoppen soll

BEISPIEL Bruch eines Tragseils oder Ausfall eines Hubwerks

3.4.8.1

Fangvorrichtung

Vorrichtung, die direkt auf ein zweites Drahtseil wirkt und das Personenaufnahmemittel selbsttätig stoppt und es in einer feststehenden Position hält

3.4.8.2

Sicherheitsbremse

Bremse, die direkt auf Trommel, Treibscheibe oder End-Antriebswelle wirkt, und die Abwärtsbewegung eines Personenaufnahmemittels stoppen soll

3.4.9

Schräglagenüberwachung

Einrichtung, die erkennt, wenn die Längsneigung eines Personenaufnahmemittels einen vorgegebenen Winkel überschreitet

3.4.10

antriebsloses Ablassen

handbedientes System, das ein kontrolliertes Ablassen eines kraftbetriebenen Personenaufnahmemittels ermöglicht

3.4.11

Handhebel/Handrad/Handgriff

Vorrichtung am Hubwerk, mit der ein Personenaufnahmemittel von Hand nach oben oder unten gefahren werden kann

3.4.12

Draht(seil)wickler

Speichertrommel, auf die ein Drahtseil aufgewickelt wird

3.4.13

Kabelwickler

Speichertrommel, auf die ein Elektrokabel aufgewickelt wird

3.4.14

Hubbetriebszyklus (nur für Prüfzwecke)

Zyklus, der aus dem Heben und Senken über eine vertikale Mindeststrecke besteht, auf der das Drahtseil entweder

- durch alle seiführenden Teile eines Treibscheibenhubwerks, seine Seilumlenkrollen und das Aufwickelsystem läuft oder
- viermal das Trommelhubwerk und die zugehörigen Seilumlenkrollen durchläuft

3.4.15

Personenaufnahmemittel-Hubwerk

Hubwerk, das an einem Personenaufnahmemittel befestigt ist, um es anzuheben und abzusenken

3.4.16

Dachhubwerk

Hubwerk, das an einer Aufhängekonstruktion oder in einem Dachfahrwagen befestigt ist, um ein Personenaufnahmemittel anzuheben und abzusenken

3.4.17

Material-(Hilfs-)Hubwerk

Hubwerk, das an einer Aufhängekonstruktion oder in einem Dachfahrwagen befestigt ist, um andere Materialien unabhängig von einem Personenaufnahmemittel anzuheben und abzusenken

3.4.18

Hubkraftbegrenzer

Einrichtung, die selbsttätig anspricht und die Aufwärtsbewegung eines Personenaufnahmemittels stoppt, wenn die Last in den Tragseilen die Auslöseschwelle überschreitet

3.4.19

Auslöseschwelle

statische Last, bei welcher der Hubkraftbegrenzer anspricht

3.5

Personenaufnahmemittel

PAM

3.5.1

Personenaufnahmemittel

PAM

Teil einer SAE-Anlage, der Personen und Lasten aufnimmt

3.5.1.1

Arbeitskorb

Personenaufnahmemittel, das nur einen Anschlagpunkt aufweist

3.5.1.2

zweipunktaufgehängte Arbeitsbühne

Personenaufnahmemittel, das zwei Anschlagpunkte aufweist

3.5.1.3

mehrpunktaufgehängte Arbeitsbühne

Personenaufnahmemittel, das drei oder mehr Anschlagpunkte aufweist und keine Gelenke besitzt

3.5.1.4

gelenkige durchlaufende Arbeitsbühne

langes Personenaufnahmemittel mit mehr als zwei Anschlagpunkten, das aus mehreren gelenkig miteinander verbundenen Abschnitten besteht, um sicherzustellen, dass die richtige Zugkraft in jedem der Tragseile beibehalten wird

3.5.1.5

mehrstöckige Arbeitsbühne

Personenaufnahmemittel, das aus zwei oder mehr Arbeitsebenen besteht, die vertikal miteinander verbunden sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 17.

3.5.1.6

auskragende Arbeitsbühne

Personenaufnahmemittel, bei dem der Boden über den Anschlagpunkt hinausragt

3.5.1.7

Arbeitssitz

für nur eine Person vorgesehener Sitz, der einen Anschlagpunkt aufweist

3.5.2

Fassaden-Führung

System, das ein Personenaufnahmemittel mit Führungsschienen oder anderen Befestigungspunkten an einem Gebäude verbindet und bei Gebrauch die vom Wind verursachten seitlichen Bewegungen des Personenaufnahmemittels begrenzt

3.5.3

Tragseil-Führung

vertikale Reihe von Befestigungspunkten an einem Gebäude, an die Verbindungselemente angeschlossen werden, die die Tragseile eines Personenaufnahmemittels beim Abwärtsfahren führen und die beim Aufwärtsfahren wieder gelöst werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 18

3.5.4

Anschlagpunkt

am Personenaufnahmemittel oder einem Sitz befindliche Stelle, an der das/die Tragseil(e) oder die Fangvorrichtung(en) befestigt werden

3.5.5

Gelände Höhe

Bodenhöhe, von der aus ermittelt wird, ob für das Personenaufnahmemittel die Notwendigkeit einer Fassadenführung besteht

3.6 Lasten

3.6.1

Gesamt-Hängelast

TSL

die auf den/die Aufhängungspunkt(e) einer Aufhängungskonstruktion einwirkende statische Last, die sich aus der Bemessungslast des Personenaufnahmemittels, dem Eigengewicht des Personenaufnahmemittels, der Zusatzausrüstung, den Drahtseilen und, falls vorhanden, den Elektrokabeln zusammensetzt

3.6.2

Bemessungslast

RL

maximale Last von Personen und Ausrüstungen, die ein Personenaufnahmemittel entsprechend der Auslegung des Herstellers tragen kann

3.6.3

maximale Betriebslast

WLL

maximale Last, für die einzelne Teile der Anlage vom Hersteller ausgelegt wurden

3.6.4

maximale Betriebslast des Hubwerks

HWLL

maximale Betriebslast eines Material-Hubwerks

3.6.5

Betriebskoeffizient

das arithmetische Verhältnis zwischen der vom Hersteller garantierten maximalen Last, die ein Geräteteil oder das SAE aushalten kann, und der auf dem Geräteteil oder SAE angegebenen maximalen Betriebslast *WLL*

3.6.6

Prüfkoeffizient

das arithmetische Verhältnis zwischen den Lasten, mit denen die statischen bzw. dynamischen Prüfungen an einem Geräteteil oder am SAE durchgeführt werden, und der auf dem Geräteteil oder SAE angegebenen maximalen Betriebslast *WLL*

3.6.7

statische Prüfung

Prüfung, bei der ein Geräteteil oder das SAE zuerst untersucht und dann mit einer Last beaufschlagt wird, die der maximalen Betriebslast *WLL* multipliziert mit dem entsprechenden statischen Prüfkoeffizienten entspricht; nachdem diese Prüflast wieder weggenommen wurde, wird das Gerät erneut untersucht, um sicherzustellen, dass es nicht beschädigt wurde

3.6.8

dynamische Prüfung

Prüfung, bei der das SAE bei seiner maximalen Betriebslast *WLL* in allen dafür vorgesehenen Aufbauversionen betrieben wird, wobei das dynamische Verhalten des SAE berücksichtigt wird, um zu prüfen, ob das SAE und seine Sicherheitseinrichtungen ordnungsgemäß funktionieren

3.6.9

Hebe- und Senkzyklus

Ablauffolge, die beginnt, wenn ein Personenaufnahmemittel vom Boden (oder vom Dach) angehoben wird und die endet, wenn das Personenaufnahmemittel wieder in die Ausgangsstellung zurückgekehrt ist

3.7

Drahtseile

3.7.1

Ausnutzungskoeffizient

Verhältnis zwischen der ausgewiesenen Mindestbruchlast eines Drahtseils und der maximalen statischen Last, mit der dieses Seil beaufschlagt wird

3.7.2

Mindestbruchlast (eines Drahtseils)

Mindestbruchlast eines Drahtseils wie vom Hersteller angegeben

3.7.3

Tragseil

Drahtseil, das betriebsmäßig die angehängte Last trägt

3.7.4

Sicherheitsseil

Drahtseil, das üblicherweise betriebsmäßig keine angehängte Last trägt, sondern montiert wird, um mit einer Fangvorrichtung zusammen zu wirken

3.7.5

Einseiltragsystem

zwei Drahtseile, die am gleichen Aufhängepunkt befestigt sind, wobei ein Seil das Tragseil und das andere das Sicherheitsseil ist

3.7.6

Zweiseiltragsystem

zwei Drahtseile, die am selben Aufhängepunkt befestigt sind, wobei jedes Seil einen Teil der angehängten Last trägt

3.8

Aufhängekonstruktionen und Fahrbahnsysteme

3.8.1

Aufhängekonstruktion

Teil des SAE, an dem ein Personenaufnahmemittel aufgehängt ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Fahrbahn wird dabei ausgeschlossen.

3.8.2

Dachfahrwagen

auf Rädern montierte Aufhängekonstruktion, die so konstruiert ist, dass sie auf einer Führung, Fahrbahn oder auf einem Einschienensystem fahren kann, um ein Personenaufnahmemittel zu tragen

3.8.3

Aufhängepunkt

an einer Aufhängekonstruktion ausgewiesene Position, an der die Seile, Umlenkrollen oder Hubwerke unabhängig voneinander angeschlagen werden

3.8.4

Gelenkpunkt

Einrichtung, die vorgesehen ist, um die durch die beiden Tragseile eines Zweiseiltragsystems wirkende Belastung auszugleichen

3.8.5

Kippkante

gedachter Punkt oder Linie bei der Berechnung des Standmoments/Kippmoments einer Aufhängekonstruktion

3.8.6

Standsicherheitsbeiwert

Faktor, mit dem das Kippmoment multipliziert wird

3.8.7

Standmomentanteil

Teil einer Aufhängekonstruktion, der sich auf der Bauwerkseite der Kippkante befindet

3.8.8

Kippanteil

Teil einer Aufhängekonstruktion, der von der Kippkante aus über die Bauwerkskante hinausragt

3.8.9

Gegengewichte

an einer Aufhängekonstruktion befestigte Gewichte, die die Kippmomente ausgleichen

3.8.10

Gegengewichtsdachausleger

Ausleger, dessen Standsicherheit durch Gegengewichte sichergestellt wird

3.8.11

formschlüssig verankerte Aufhängekonstruktion

Aufhängekonstruktion, bei der die Standsicherheit durch an der Gebäudekonstruktion befestigte formschlüssige Anker sichergestellt wird

3.8.12

stationäre Aufhängekonstruktion

Konstruktion, die zusammengebaut und positioniert wird, bevor ein Personenaufnahmemittel daran angehängt wird

3.8.13

Brüstungszange

an einer Brüstung oder ähnlichen statischen Konstruktion angebrachte Konstruktion, deren Lage und Verankerung von der Brüstung abhängt

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 13.

3.8.14

verankerter Ausleger

an einem Dach oder einer ähnlichen statischen Konstruktion befestigte Konstruktion

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 12.

3.8.15

Fahrschiene

im Allgemeinen auf einem Dach angebrachte Schienen, die eine verfahrbare Aufhängekonstruktion (Dachfahrwagen) tragen und führen

3.8.16

Fahrschienenträger

verspannte(r) oder unverspannte(r) Stütze oder Ausleger, der eine Fahrschiene trägt

3.8.17

Schwelle

flach auf einem Dach aufliegender Träger, der eine Fahrschiene stützt

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Schwelle wird üblicherweise aus Beton oder Stahl hergestellt.

3.8.18

Führungsschiene

im Allgemeinen auf einem Dach montierte Schiene, die eine verfahrbare Aufhängekonstruktion (Dachfahrwagen) führt

3.8.19

Einzelschiene

im Allgemeinen entlang dem Bauwerksumfang angebrachte Schiene, die eine verfahrbare Aufhängekonstruktion (Laufkatze bzw. einen Fahrwagen) trägt und führt

3.8.20

Heben

Funktion, bei der ein Personenaufnahmemittel auf eine höhere Ebene bewegt wird

3.8.21

Senken

Funktion, bei der ein Personenaufnahmemittel auf eine tiefere Ebene bewegt wird

3.8.22

Personenaufnahmemittel-Drehung

kreisförmige horizontale Bewegung eines Personenaufnahmemittels um eine vertikale Achse, die durch das Personenaufnahmemittel hindurchgeht

3.8.23

Schwenken der Aufhängekonstruktion

kreisförmige horizontale Bewegung einer Aufhängekonstruktion um eine vertikale Achse

3.8.24

Fahren

horizontale Längsbewegung einer Aufhängekonstruktion

3.8.25

Wippen

Drehbewegung des/der Auslegerarm(e) nach oben/unten um eine horizontale Achse zur Positionierung eines Personenaufnahmemittel

3.8.26

Auslegerteleskopierung

Bewegung zum Verlängern oder Verkürzen eines Auslegers zur Positionierung eines Personenaufnahmemittels

3.8.27

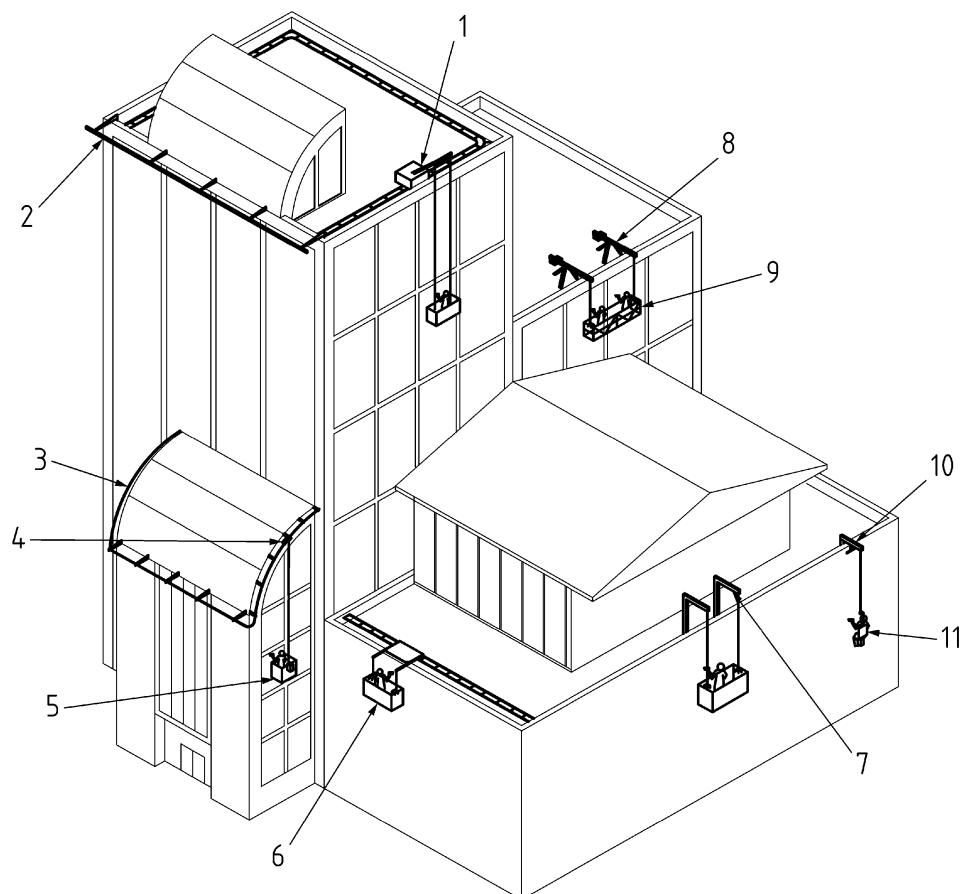
Auslegerschwenkung

Drehbewegung des Auslegerarms/der Auslegerarme um eine vertikale Achse zur Positionierung eines Personenaufnahmemittels

3.8.28

LW

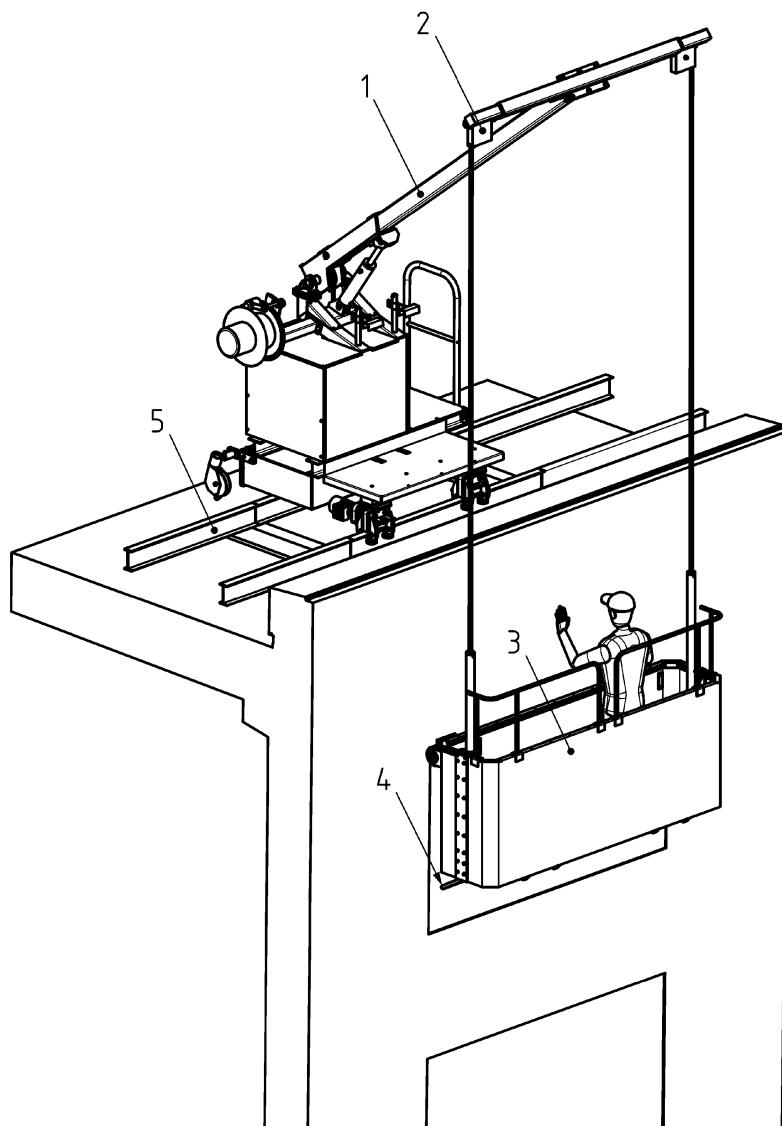
vertikaler Abstand von der Schiene zum Flächenschwerpunkt der Wind beaufschlagten Aufhängekonstruktion



Legende

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1 Dachfahrwagen (BMU) | 8 Gegengewichtsdachausleger |
| 2 horizontale Einzelschiene | 9 Personenaufnahmemittel |
| 3 geneigte Einzelschiene | 10 Brüstungszange |
| 4 Einzeldachfahrwagen | 11 Arbeitssitz |
| 5 Arbeitskorb | |
| 6 zweipunktaufgehängte Arbeitsbühne | |
| 7 verankerter Ausleger | |

Bild 1 — Beispiel für verschiedene Arten von hängenden Personenaufnahmemitteln

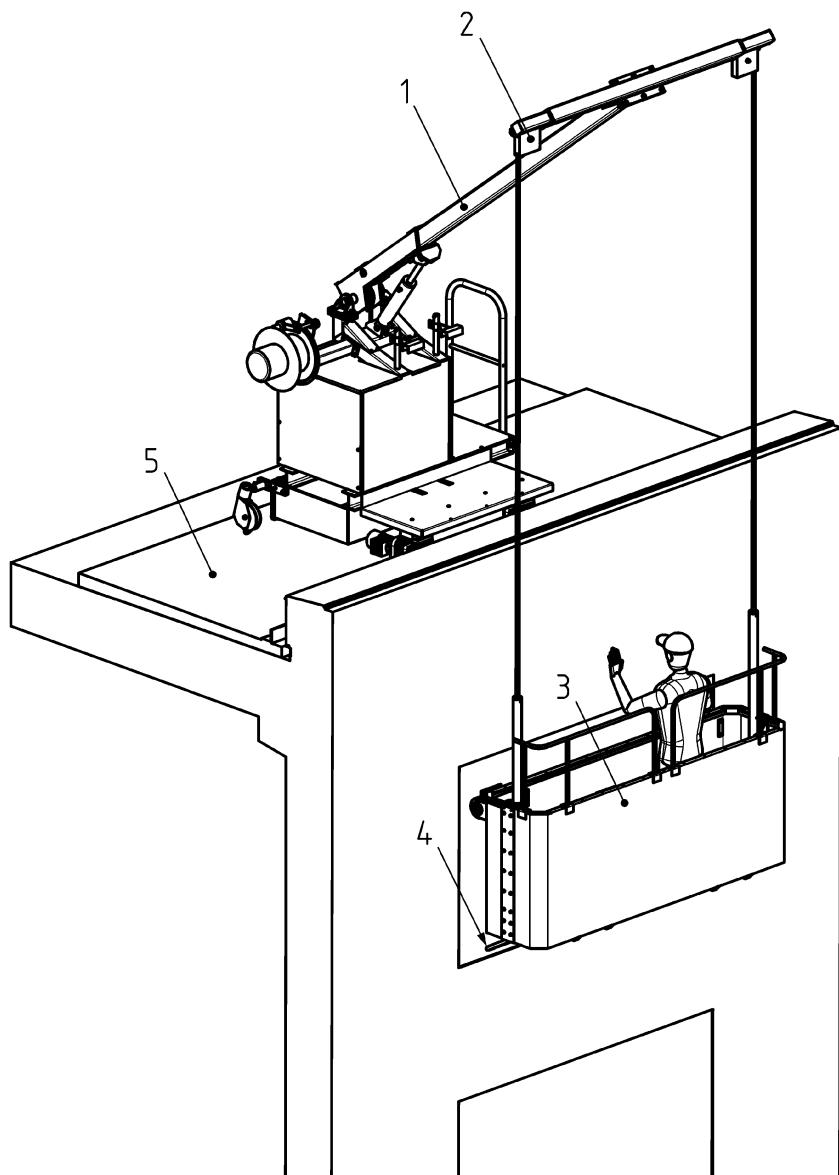


Legende

- 1 Wippausleger
- 2 Umlenkrolle
- 3 Personenaufnahmemittel
- 4 Hindernisschutzeinrichtung
- 5 Fahrschiensystem

a) Typische BMU-Aufhängekonstruktion auf zwei Fahrschienen (ortsfest oder frei verlegt)

Bild 2 — Beispiele für BMU-Aufhängekonstruktionen (Dachfahrwagen) (1 von 2)

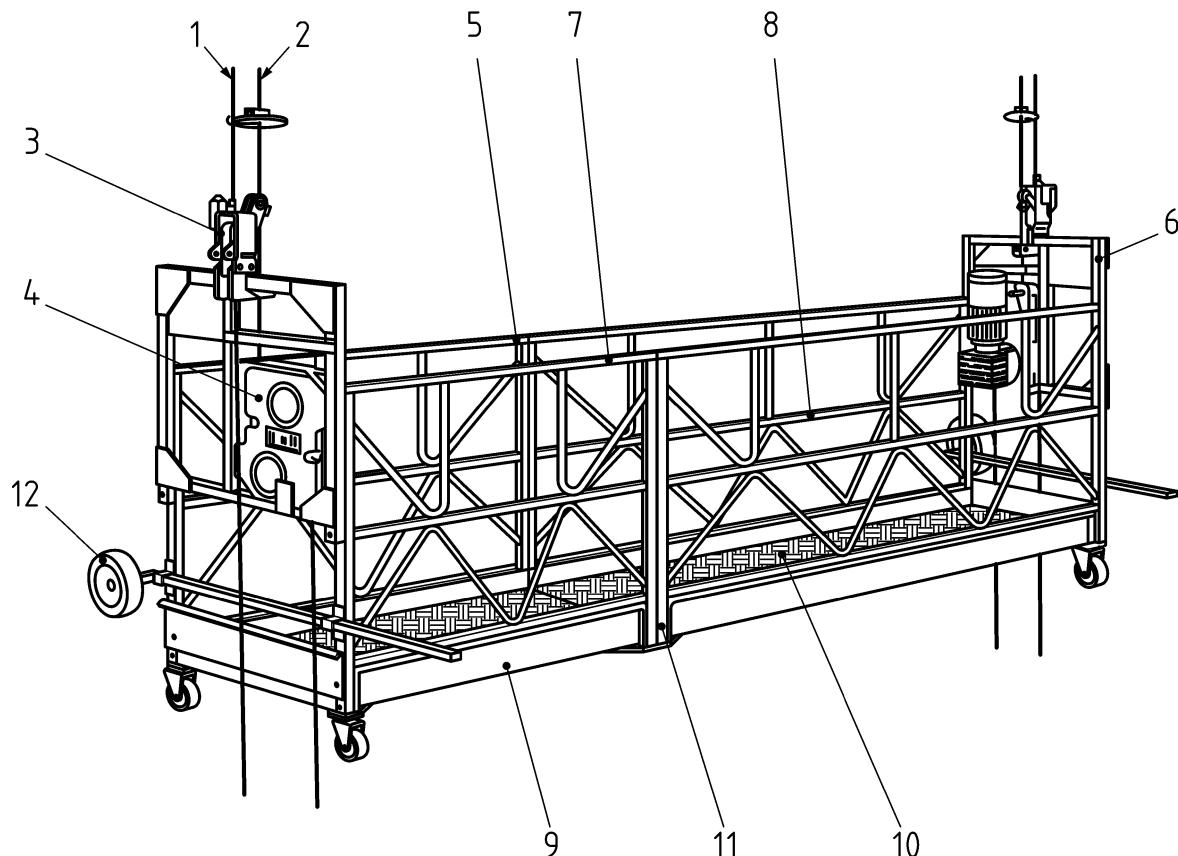


Legende

- 1 Wippausleger
- 2 Umlenkrolle
- 3 Personenaufnahmemittel
- 4 Hindernisschutzeinrichtung
- 6 Dach oder Fahrbahn

b) Typische BMU-Aufhängekonstruktion auf einer Betonfahrbahn

Bild 2 — Beispiele für BMU-Aufhängekonstruktionen (Dachfahrwagen) (2 von 2)

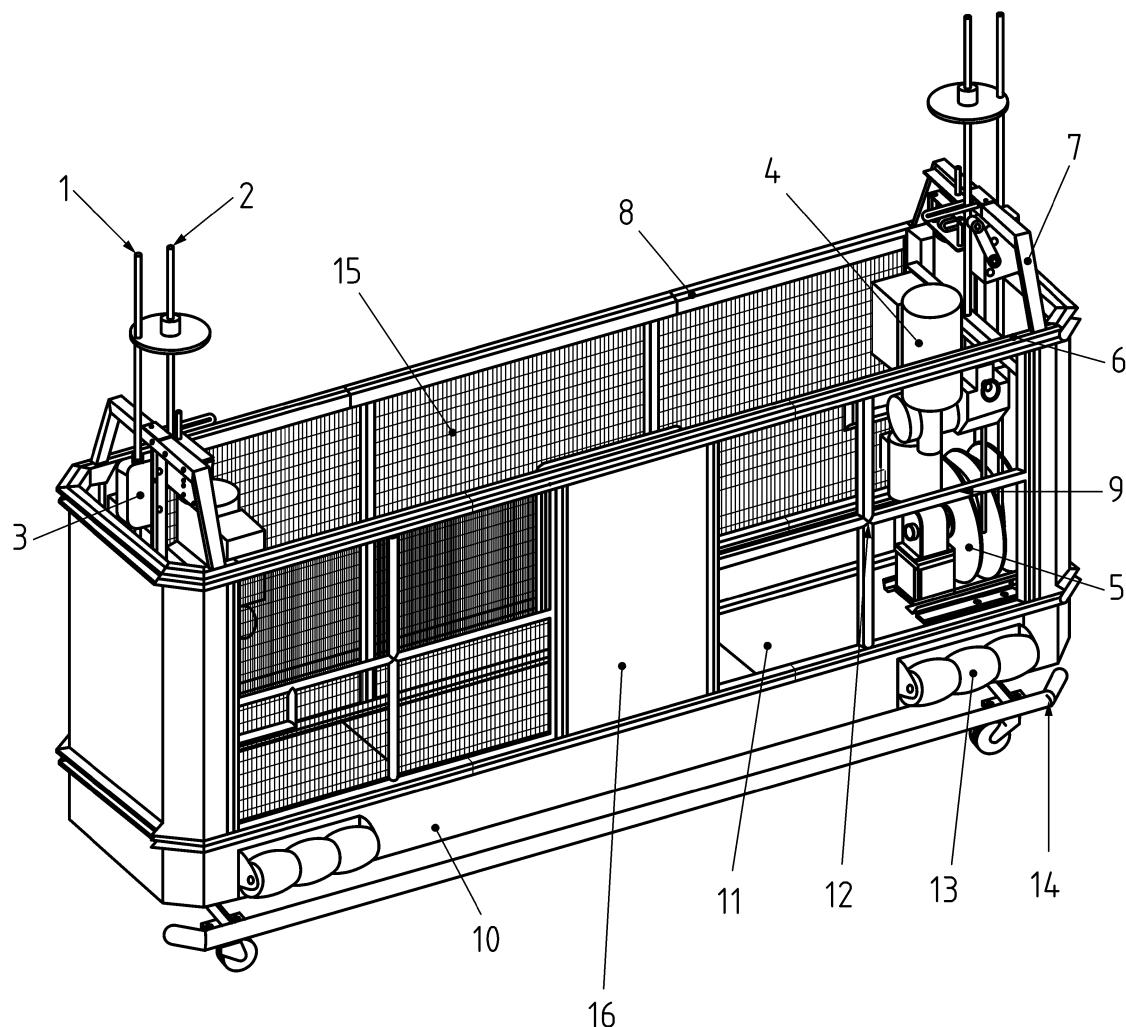


Legende

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1 Sicherheitsseil | 7 hinterer Handlauf |
| 2 Tragseil | 8 Knieleiste |
| 3 Fangvorrichtung | 9 Fußleiste |
| 4 Treibscheibenhubwerk | 10 Boden |
| 5 vorderer Handlauf | 11 senkrechte Stütze |
| 6 Tragbügel | 12 Wandrolle |

a) Beispiel für eine typische Arbeitsbühne

Bild 3 — Beispiele für Personenaufnahmemittel (1 von 2)

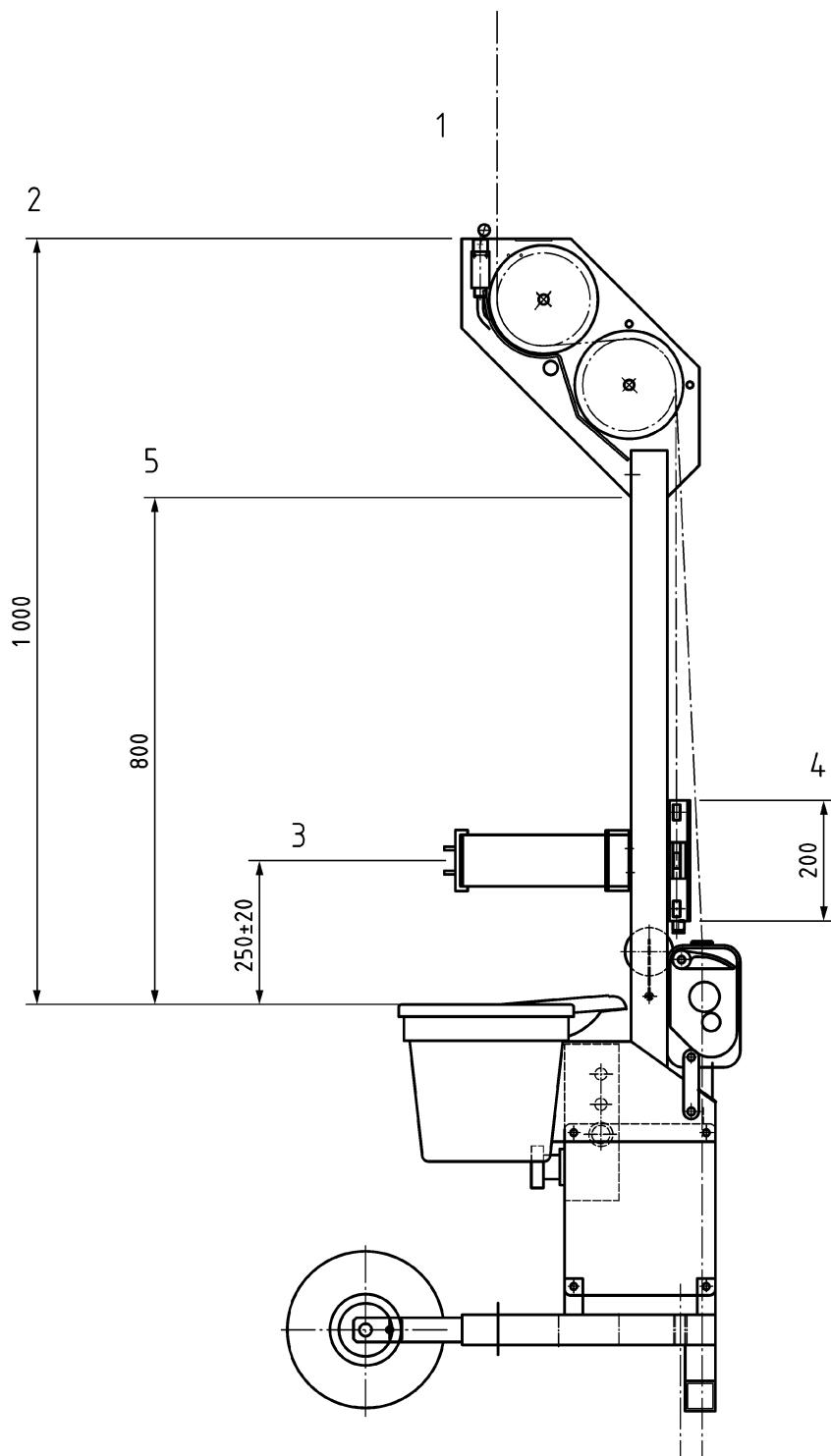
**Legende**

- | | |
|------------------------|-----------------------------------|
| 1 Sicherheitsseil | 9 Knieleiste |
| 2 Tragseil | 10 Fußleiste |
| 3 Fangvorrichtung | 11 Boden |
| 4 Treibscheibenhubwerk | 12 senkrechte Stütze |
| 5 Drahtseilwickler | 13 weiche Rollen |
| 6 vorderer Handlauf | 14 Hindernisschutzeinrichtung |
| 7 Tragbügel | 15 Verkleidung oder Maschengitter |
| 8 hinterer Handlauf | 16 Schalttafel |

b) Beispiel für eine typische BMU-Arbeitsbühne mit an der Arbeitsbühne montierten Hubwerken

Bild 3 — Beispiele für Personenaufnahmemittel (2 von 2)

ANMERKUNG Zur deutlicheren Darstellung des Innenbereiches der Arbeitsbühne wurden Teile der Verkleidung oder des Maschengitters (Legende 15) in dem Bild weggelassen. Anforderungen für Verkleidungen siehe 7.3.2.

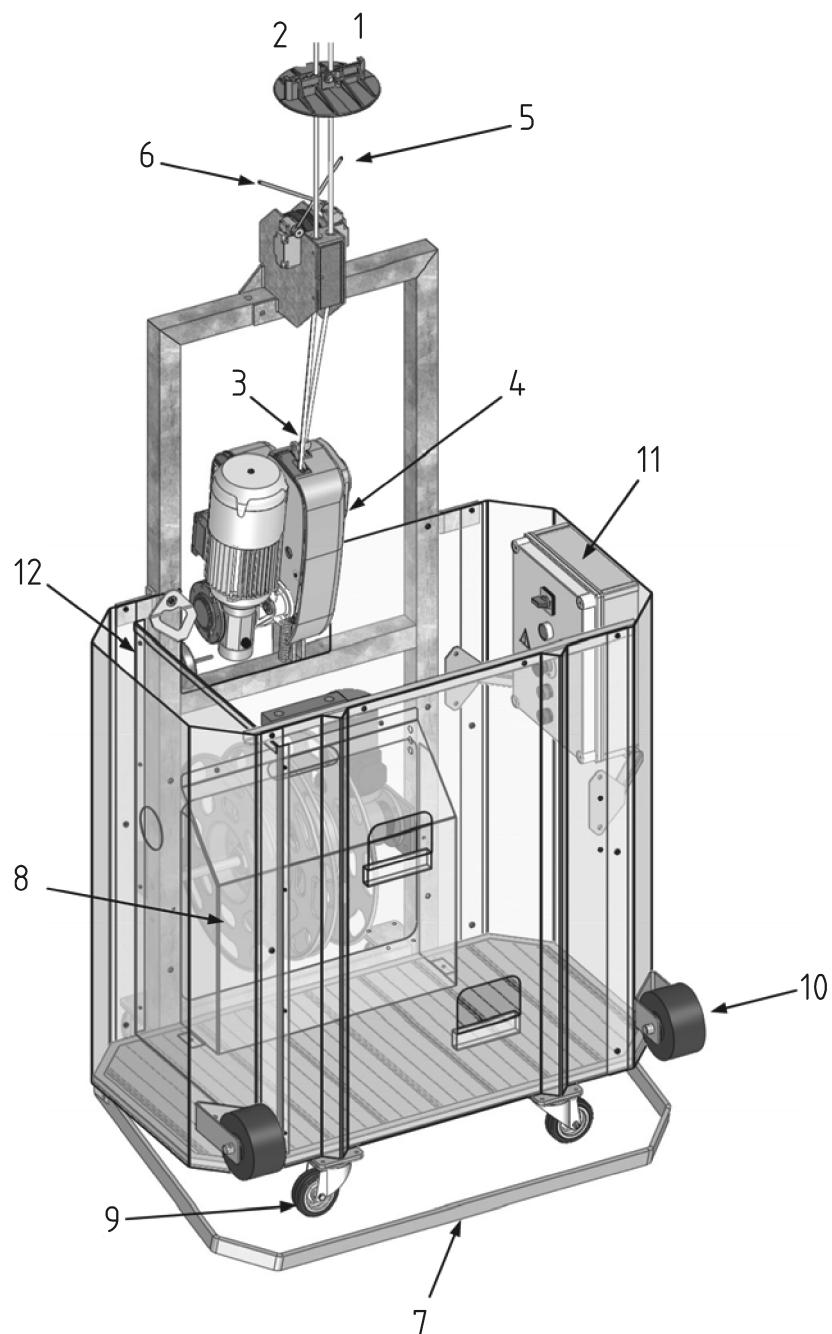


Legende

- | | |
|---|---|
| 1 Drahtseile | 4 Mindestbreite der Rückenstütze |
| 2 Mindestabstand zwischen Sitz und oberer Rolle | 5 Mindestabstand zwischen Sitz und Rollenkopf |
| 3 Lage von Rückenstütze und Gurt | |

a) Typischer Arbeitssitz eines Personenaufnahmemittel

Bild 4 — Beispiel für einen typischen Arbeitskorb mit Arbeitssitz (1 von 2)

**Legende**

- | | |
|--------------------------------------|------------------------------|
| 1 Gegenplatte (obere Anschlagplatte) | 7 Hindernisschutzeinrichtung |
| 2 Trag-/Sicherheitsseile | 8 Drahtseilwickler |
| 3 Treibscheibenhubwerk | 9 Laufrolle |
| 4 Fangvorrichtung | 10 Wandrolle |
| 5 oberer Endschalter | 11 Schaltkasten |
| 6 oberster Endschalter | 12 Verschalung |

b) — Typischer Arbeitskorb eines SAE**Bild 4 — Beispiel für einen typischen Arbeitskorb mit Arbeitssitz (2 von 2)**

3.9

Symbole und Abkürzungen

A	Windangriffsfläche	(m ²)
a	Durchbiegung des Personenaufnahmemittel unter Last	(mm)
B	Breite des Personenaufnahmemittel	(m)
b	Bleibende Durchbiegung des Personenaufnahmemittel	(mm)
BMU	Fassadenaufzug	(-)
c	Formfaktor	(-)
C_{wr}	Betriebskoeffizient für die Aufhängekonstruktion	(-)
D	Durchmesser der Umlenkrolle oder Trommelwinde	(mm)
F	Kraft	(N)
F_h	Horizontalkraft	(N)
F_o	Ausgewiesene Mindestbruchlast des Drahtseils	(N)
F_v	Vertikalkraft	(N)
F_s	Scherkraft	(N)
F_{w1}	Windkraft bei Betrieb	(N)
F_{w2}	Windkraft bei Nichtbetrieb	(N)
F_{wMH}	Auf das Material wirkende Windkraft im Betrieb	(N)
H	Durchmesserverhältnis von Umlenkrollen oder Trommelwinden	(-)
HSW	Masse aller hängenden Materialhubwerksteile	(kg)
$HWLL$	Maximale Betriebslast des Materialhubwerks	(kg)
L	Länge des Personenaufnahmemittel	(m)
L_b	Abstand zwischen der Kippkante und dem Punkt, an dem das Eigengewicht der Aufhängekonstruktion wirkt	(m)
L_c	Länge des auskragenden Teils des Personenaufnahmemittel	(m)
L_f	Freie Stützweite des Handlaufes zwischen zwei senkrechten Stützen	(m)
L_i	Länge des innenliegenden Teils vom Ausleger	(m)
L_o	Länge des außenliegenden Teils vom Ausleger	(m)
L_{pi}/L_{po}	Horizontaler Abstand zwischen Kippkante und Angriffspunkt von SWP/W	(m)
L_s	Abstand zwischen den Bolzen oder Auflagern, die dem Kippmoment entgegenwirken	(m)
$L_{mi}/L_{mo}/L_{si}/L_w/L_{shml}$	Horizontaler Abstand zwischen der Kippkante und den Angriffspunkten von SL , M_i , M_o , F_w und $TSHML$	(m)
M_c	Masse des Elektrokabels	(kg)
M_e	Masse der persönlichen Ausrüstung	(kg)
M_i	Stabilisierende Massenanteile der Aufhängekonstruktion	(kg)
M_m	Materialmasse auf der Arbeitsbühne	(kg)
M_o	Kippend wirkende Massenanteile der Aufhängekonstruktion	(kg)
M_p	Angenommene Masse einer Person	(kg)
M_w	Masse der Gegengewichte	(kg)
M_{wr}	Masse der Drahtseile bei vollständig abgelassenem Personenaufnahmemittel	(kg)

N	Anzahl der Personen im Personenaufnahmemittel	(-)
N_r	Anzahl der Drahtseile oder Einscherungen, die das Personenaufnahmemittel tragen	(-)
Q	Winddruck	(N/m ²)
R_a	Rauheit	(μm)
RF	Mindesttragfähigkeit des Personenaufnahmemittel-Bodens	(kg/m ²)
R_h	Horizontale Reaktionskraft auf die Aufhängekonstruktion	(N)
RL	Personenaufnahmemittel-Bemessungslast	(kg)
$RLMH$	Bemessungslast des Materialhubwerks	(kg)
R_v	Vertikale Reaktionskraft auf die Aufhängekonstruktion	(N)
S	Maximale statische Zugkraft in einem Drahtseil	(N)
S_a	Personenaufnahmemittel-Bodenfläche	(m ²)
SAE	Hängendes Personenaufnahmemittel	(-)
S_d	Stoßfaktor	(-)
SWR	Masse einer Aufhängekonstruktion (Eigenlast der Konstruktion)	(kg)
SWP	Masse eines Personenaufnahmemittel (Eigenlast des Personenaufnahmemittel)	(kg)
T	Länge, über welche die Last verteilt wird	(m)
T_m	Maximale Zugkraft im Drahtseil	(N)
$TSHL$	Gesamte hängende Hubwerkslast	(kg)
TSL	Gesamte hängende Last	(kg)
TSP	Temporär hängende Personenaufnahmemittel	(-)
V	Windgeschwindigkeit	(m/s)
W	Nutzlast auf der auskragenden Bodenfläche	(kg)
WLL	Maximale Betriebslast	(kg)
W_{td}	Dynamische Prüflast	(kg)
W_{ts}	Statische Prüflast	(kg)
Z_p	Ausnutzungskoeffizient des Drahtseils	(-)
σ_E	Fließgrenze	(N/mm ²)
σ_R	Bruchgrenze	(N/mm ²)
σ_a	Zulässige Spannung	(N/mm ²)
ν_E	Sicherheitskoeffizient bezogen auf die Fließgrenze	(-)
ν_R	Sicherheitskoeffizient bezogen auf die Bruchgrenze	(-)

4 Gefährdungen und Vorbeugungsmaßnahmen

In diesem Abschnitt sind Gefahren und gefährliche Situationen aufgeführt, die auf Grund von Risikobewertungen als bedeutsam für SAE erkannt wurden, und die Maßnahmen zur Beseitigung oder Verringerung des Risikos erfordern.

Eine Gefahr, die nicht erheblich ist (NR), nicht von Bedeutung ist (NS) oder nicht behandelt wird (ND), ist in Tabelle 1 in der entsprechenden Anforderungsspalte aufgeführt.

Tabelle 1 — Liste der Gefährdungen

Zeilen-numme r	Gefährdungen	Entsprechende Abschnitte in dieser Norm
1	Mechanische Gefährdungen durch:	
1.1	Maschinenteile oder Werkstücke, verursacht durch:	
1.1.1	Form	9.4.1
1.1.2	Masse und Standsicherheit (potentielle Energie von Elementen, die sich unter dem Einfluss der Schwerkraft bewegen könnten)	Siehe Zeile 27.1.1 in dieser Tabelle
1.1.3	Unzureichende mechanische Festigkeit	Siehe Zeile 27.4 in dieser Tabelle
1.2	Ansammlung von Energie im Inneren der Maschine, verursacht durch:	
1.2.1	elastische Elemente (z. B. gespannte Federn in Drahtseilwicklern)	14.2.6
1.2.2	Flüssigkeiten und Gase unter Druck	10.6
1.3	Elementare Formen mechanischer Gefahren:	
1.3.1	Gefährdung durch Quetschen wegen fehlenden Freiraums	Einleitung, 9.3.2, 14.2.3
1.3.2	Gefährdung durch Scheren	8.1.4, 8.10.6
1.3.3	Gefährdung durch Schneiden oder Abschneiden	8.1.4, 8.10.6
1.3.4	Gefährdung durch Erfassen oder Aufwickeln	8.1.4
1.3.5	Gefährdung durch Einziehen oder Fangen	8.3.4.5
1.3.6	Gefährdung durch Stoß beim Pendeln des Personenaufnahmemittel gegen die Fassade	7.7, 7.8
1.3.7	Gefährdung durch Durchstich oder Einstich	NS
1.3.8	Gefährdung durch Reibung oder Abrieb	NS
1.3.9	Gefährdung durch Eindringen oder Herausspritzen von Flüssigkeiten unter hohem Druck	10.6
2	Elektrische Gefährdungen durch:	
2.1	Berührung von Personen mit unter Spannung stehenden Teilen (direkter Kontakt) muss entsprechend dem Schutzgrad betrachtet werden	10.6

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Zeilen-nummer	Gefährdungen	Entsprechende Abschnitte in dieser Norm
2.2	Berührung von Personen mit Teilen, die durch Fehlzustände spannungsführend geworden sind (indirekter Kontakt) muss betrachtet werden in Bezug auf: — Schutz des elektrischen Hauptanschlusses — Durchgängigkeit des Schutzleiters	10.3 14.2.3
2.3	Annäherung an unter Hochspannung stehende Teile	ND
2.4	Elektrostatische Vorgänge	NR
2.5	Thermische Strahlung oder andere Vorgänge wie das Herausschleudern geschmolzener Teilchen oder chemische Vorgänge bei Kurzschläuchen, Überlastungen, usw.	NS
3	Thermische Gefährdungen, die bei möglichem Kontakt zu Verbrennungen bei Personen führen	NS
4	Gefährdungen durch Lärm	9.2.5.1
5	Gefährdungen durch Schwingung	NS
6	Gefährdungen durch Strahlung	ND
7	Gefährdungen durch Werkstoffe und andere Stoffe	ND
8	Gefährdungen durch Vernachlässigung ergonomischer Grundsätze bei der Konstruktion der Maschine, z. B.	
8.1	Ungesunde Körperhaltung oder übermäßige Anstrengung: — lichte Mindesthöhe — maximal erforderliche Kraft für Kurbeln oder Hebel — maximale Masse von Hand zu tragender Teile	7.5.3 8.2.2, 8.2.3 9.4.2
8.2	Ungenügende Berücksichtigung der Anatomie von Hand/Arm und Fuß/Bein: Abmessungen des Personenaufnahmemittel	7.1
8.3	Nachlässige Benutzung der persönlichen Schutzausrüstung	14.2.5
8.4	Unzureichende örtliche Beleuchtung	14.2.5
8.5	Über- oder Unterforderung	14.2.5
8.6	Menschliches Versagen, menschliches Verhalten Unbeabsichtigter Steuerbefehl des Bedieners Zusammenbau modularer Personenaufnahmemittel mit verwechslungssicheren Verbindungen	11.1 11.2, 11.3, 11.4 7.2.1
9	Kombinationen von Gefährdungen	ND
10	Unerwarteter Anlauf, unerwartetes Durchdrehen/Überdrehen:	
10.1	Fehler/Störungen im Steuersystem können dazu führen, dass: — Personen im Personenaufnahmemittel gefangen sind; — das Personenaufnahmemittel unbeabsichtigte Bewegungen ausführt	11.4 11.4
10.2	Wiederherstellung der Energiezuführung nach einer Unterbrechung	11.4
10.3	Äußere Einflüsse auf elektrische Betriebsmittel	10.6, 11.4
10.4	Andere äußere Einflüsse	14.2.5

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Zeilen-nummer	Gefährdungen	Entsprechende Abschnitte in dieser Norm
10.5	Softwarefehler	11.4
10.6	Bedienungsfehler (zurückzuführen auf unzureichende Anpassung der Maschine an menschliche Eigenschaften und Fähigkeiten)	NR
11	Die Maschine kann nicht in einem sicheren Zustand gestoppt werden	5, 8.1.6, 8.3.2, 11.1, 11.2, 14.2.5
12	Änderungen der Drehzahl von Werkzeugen	NR
13	Ausfall der Energieversorgung	8.3.4
14	Ausfall des Steuerkreises	11.4
15	Fehlerhafte Montage	7.2.1, 14.2.3
16	Bruch beim Betrieb	11.4, 14.2.5
17	Herabfallende oder herausgeschleuderte Gegenstände oder Flüssigkeiten	7.1
18	Verlust der Standsicherheit/Umkippen der Maschine	Siehe Zeile 27.1.1 in dieser Tabelle
19	Personen rutschen aus, stolpern und fallen	Siehe Zeile 27.2 in dieser Tabelle
Weitere Gefährdungen und gefährliche Ereignisse aufgrund von Bewegungen:		
20	Im Zusammenhang mit der Fahrbewegung:	
20.1	Zu hohe Geschwindigkeit mitgängergesteuerter Maschinen	9.3.3
20.2	Übermäßiges Pendeln des Personenaufnahmemittel bei Bewegung	9.3.3, 9.3.4, 9.3.5
20.3	Unzureichende Möglichkeit, die Maschine zu verlangsamen, anzuhalten und still zu setzen	8.1.6, 8.3.2, 8.3.3, 9.3.3
21	Im Zusammenhang mit dem Arbeitsplatz:	
21.1	Personen stürzen beim Zugang zum Arbeitsplatz	Einleitung, 9.3.2, 9.3.8
21.2	Mechanische Gefährdungen am Arbeitsplatz: — Kontakt mit den Rädern — Kontakt von Personen mit der Maschine — Mitgängergesteuerte Maschinen	9.3.2 9.3.2 9.3.3
21.3	Unzureichende Sicht vom Arbeitsplatz aus	ND
21.4	Ungeeignete Sitzmöglichkeit	7.6
22	Verursacht durch das Steuersystem:	
22.1	Ungeeignete Anordnung der Steuerungen/Steuerungsgeräte	11.3, 11.4
23	Verursacht durch den Umgang mit der Maschine, fehlende Standsicherheit	14.2.2

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Zeilennummer	Gefährdungen	Entsprechende Abschnitte in dieser Norm
24	Verursacht durch die Energiequelle und die Energieübertragung:	
24.1	Gefährdungen durch Batterien	9.2.5.3
25	Durch/für dritte Personen:	
25.1	Unbefugtes Ingangsetzen/Benutzen	9.3.6, 11.3, 11.4, 14.2.5
25.2	Optische oder akustische Warneinrichtungen fehlen oder sind ungeeignet	8.3.5.7, 9.3.3, 13
26	Unzureichende Anweisungen für den Bediener	14.2.5
Weitere durch Hebevorgänge der Arbeitsbühne verursachte Gefährdungen und gefährliche Ereignisse		
27	Mechanische Gefährdungen und gefährliche Ereignisse:	
27.1	Durch Abstürzen verursachte Gefahren wegen:	
27.1.1	Fehlender Standsicherheit auf Grund von: — übermäßiger Ausladung — unzureichender Anzahl von Gegengewichten — falscher Lage und Befestigung der Gegengewichte — unzureichender Tragfähigkeit des Bauwerks	13.5 6.5 9.3.6 Einleitung, 14.2.3
27.1.2	Unkontrollierte Beladung, Überlast, Kippmomente überschritten wegen: — unbekannter Masse von Lasten — Verhakens des Personenaufnahmemittel — des Zusammenspiels von zwei oder mehr Hubwerken bei ungleichmäßiger Lastverteilung auf dem Personenaufnahmemittel — Lastschwingungen im Seil durch schnelles Umschalten der AUF/AB-Bedienelemente	6.5.2, 8.3.5 8.3.9, 11.4 8.3.5.2 11
27.1.3	Unkontrollierte Vergrößerung von Bewegungen	7.7, 8.3.10, 9.2.2
27.1.4	Unerwartetes/unbeabsichtigtes Bewegen von Lasten	6.5.2, 8.9.2
27.1.5	Unzureichende Befestigungsmittel/Zubehörteile	6.5.2, 8.1.6, 8.3.2, 8.3.3
27.2	Gefahren beim Anheben von Personen und durch Abstürzen müssen betrachtet werden in Bezug auf:	
27.2.1	Boden, seitliche Handläufe und Fußleisten des Personenaufnahmemittel	7.1
27.2.2	Überwachung der Personenaufnahmemittel-Lage	8.3.8, 8.9.3.9
27.2.3	Sicherer Zugang zum Personenaufnahmemittel	Einleitung, 7.4
27.2.4	Sicherer Zugang zu den Anschlagpunkten der Drahtseile	14.2.3
27.2.5	Vom Personenaufnahmemittel fallende Gegenstände	7.1, 7.2.3
27.2.6	Auf das Personenaufnahmemittel fallende Gegenstände	7.1.5
27.3	Durch Entgleisen	9.3.1

Tabelle 1 (fortgesetzt)

Zeilennummer	Gefährdungen	Entsprechende Abschnitte in dieser Norm
27.4	Durch unzureichende mechanische Festigkeit von Bauteilen	6
27.5	Durch ungeeignete Konstruktion von Seilrollen, Hubwerken usw.	8
27.6	Durch ungeeignete Auswahl/Einbeziehung von Ketten, Seilen und Hebezeug-Zubehör in die Maschine	9
27.7	Durch Ablassen der Last mittels Reibungsbremse	8.1.6
27.8	Durch unübliche Verhältnisse in Bezug auf Zusammenbau und Prüfung bzw. Gebrauch und Instandhaltung oder Mischung von ungeeigneten Bauteilen	14.2
27.9	Durch Einwirkung der Last auf Personen (Stoß durch Last)	9.3.6
28	Elektrische Gefährdungen:	
28.1	Durch Blitzschlag	14.2
29	Gefährdungen durch Vernachlässigung ergonomischer Gestaltungsgrundsätze	<i>Siehe Zeile 8.1 in dieser Tabelle</i>
29.1	Unzureichende Sichtverhältnisse für den Bediener	NS
30	Gefährdungen durch das Heben von Materialien	
30.1	Herabfallende Last auf Personen auf der Arbeitsbühne	6.5.2, 8.12
30.2	Auf die Last wirkender Wind	6.5.2, 8.12
30.3	Überlast	6.5.2, 8.12
30.4	Material, das nicht senkrecht auf das Materialhubwerk wirkt	6.5.2, 8.12
30.5	Standfestigkeit	6.5.2, 6.5.4.1, 6.5.4.2, 8.12

5 Sicherheitsanforderungen bzw. -maßnahmen

Alle SAE müssen den Sicherheitsanforderungen und/oder Schutzmaßnahmen in Abschnitt 6 bis Abschnitt 14 dieser Norm entsprechen. Zusätzlich müssen die Geräte die Anforderungen nach EN ISO 12100 erfüllen bezüglich der relevanten, aber nicht signifikanten Gefährdungen, die nicht in dieser Norm behandelt werden.

Bei der Konstruktion eines SAE müssen geeignete Vorkehrungen für den sicheren Betrieb, einschließlich Rettungsempfehlungen, getroffen werden.

ANMERKUNG Siehe 14.1.

6 Konstruktions-, Festigkeits- und Standsicherheitsberechnungen für SAE

6.1 Allgemeines

Die Konstruktionsberechnungen müssen für alle SAE in Übereinstimmung mit den Europäischen Vorschriften und Ingenieurpraktiken durchgeführt werden und, wenn erforderlich, die Auswirkungen elastischer Verformungen beinhalten. Alle Arten von Werkstofffehlern, einschließlich Ermüdung und Verschleiß, müssen berücksichtigt werden.

In Ermangelung einer harmonisierten Norm sollte bezüglich der Berechnungsverfahren für Hebezeuge auf entsprechende Bestimmungen der FEM (Europäischen Vereinigung der Förder- und Lagertechnik) Bezug genommen werden. Die Lastfälle werden in den folgenden Normen festgelegt:

- FEM 9.511, *Berechnungsgrundlagen für Serienhebezeuge — Einstufung der Triebwerke*;
- FEM 9.341, *Berechnungsgrundlagen für Serienhebezeuge — Örtliche Trägerbeanspruchung*;
- FEM 1.001, *Berechnungsgrundlagen für Krane, Heft 2: Einstufung und Belastungen der Tragwerke und Triebwerke*;
- FEM 1.001, *Berechnungsgrundlagen für Krane, Heft 3: Berechnung der Spannungen im Tragwerk*;
- FEM 1.001, *Berechnungsgrundlagen für Krane, Heft 4: Festigkeitsnachweise und Auswahl von Triebwerksteilen*.

Die Konstruktionsberechnungen dürfen entsprechend dem Verfahren der zulässigen Spannungen durchgeführt werden. Bei Anwendung des Grenzzustandsverfahrens muss sich das gleiche Sicherheitsniveau ergeben.

6.2 In den Berechnungen zulässiger Sicherheitsspielraum

6.2.1 Berechnung der Spannungen in Konstruktionen

6.2.1.1 Allgemeines

Siehe auch FEM 1.001, Heft 3.

Für die in Tabelle 2 und 3 festgelegten drei Lastfälle wird die Berechnung der einzelnen Bauteile dargestellt, wobei für die kritischen Belastungen ein Sicherheitsspielraum zulässig ist, der die folgenden drei üblichen Fehlerzustände berücksichtigt:

- Fließgrenze überschritten;
- kritische Knicklast überschritten;
- Dauerfestigkeitsgrenze überschritten.

6.2.1.2 Zulässige Spannungen

Für unlegierte und nichtrostende Stähle, bei denen das Verhältnis zwischen elastischer Fließgrenze σ_E und Bruchgrenze σ_R kleiner als 0,7 ist, siehe Tabelle 2. Wenn das Verhältnis größer als 0,7 ist, siehe FEM 1.001, Heft 2.

Für Aluminium siehe Tabelle 3.

Die berechnete Spannung darf die zulässige Spannung σ_a nicht überschreiten, die sich aus der Division von σ_E durch einen Koeffizienten ergibt, der von den in Tabelle 2 und Tabelle 3 aufgeführten Lastfällen abhängig ist.

- **Lastfall 1:** Im Betriebszustand, (d. h. PAM mit Bemessungslast, Wind bei Betrieb)
- **Lastfall 2a:** Unter gelegentlich auftretenden Bedingungen (z. B. statische und dynamische Prüfungen, Ansprechen des Hubkraftbegrenzers)
- **Lastfall 2b:** Unter gelegentlich auftretenden Bedingungen (z. B. „außer-Betrieb-Sturmwind“)
- **Lastfall 3:** Außergewöhnliche Bedingungen (z. B. Ansprechen der Sicherheitsvorrichtung)

Tabelle 2 — Wert von ν_E (unlegierter Stahl und nichtrostender Stahl)

	Lastfall 1	Lastfälle 2a und 2b	Lastfall 3
Wert von ν_E	1,5	1,33	1,1
Zulässige Spannung σ_a	$\sigma_E / 1,5$	$\sigma_E / 1,33$	$\sigma_E / 1,1$

Bezüglich der zulässigen Spannungen bei Stahlschweißkonstruktionen siehe EN 1993 (alle Teile) (Eurocode 3).

Tabelle 3 — Werte von ν_E (Aluminium)

	Lastfall 1	Lastfälle 2a und 2b	Lastfall 3
Wert von ν_E	1,65	1,46	1,15
Zulässige Spannung σ_a	$\sigma_E / 1,65$	$\sigma_E / 1,46$	$\sigma_E / 1,15$
UND (*)	$\sigma_R / 2,2$	$\sigma_R / 2$	$\sigma_R / 1,5$

Bezüglich der zulässigen Spannungen bei Aluminiumschweißkonstruktionen siehe EN 1999-1-1 (Eurocode 9).

Bei extrudierten Aluminiumprofilen sind die Werte für die Bruchgrenze und die elastische Fließgrenze im Allgemeinen nahe beieinander und daher sollten beide Zustände erfüllt werden.

6.2.1.3 Dauerfestigkeitsnachweis

Für SAE-Konstruktionen, die einer Dauerbeanspruchung ausgesetzt sind, zeigt Tabelle 4, welche Mindestanzahl von Zyklen und welches Lastkollektiv zu berücksichtigen ist.

Tabelle 4 — Parameter für den Dauerfestigkeitsnachweis

Gruppenzuordnung der SAE	Anzahl Hebe- und Senkzyklen n max	Lastkollektiv Kp
A2 (U1 / Q3)	30 000	0,5
A3 (U1 / Q4)	30 000	1
A4 (U2 / Q4)	60 000	0,5
A4 (U2 / Q4)	60 000	1

6.2.2 Berechnung der Spannung in mechanischen Teilen

6.2.2.1 Allgemeines

Die berechnete Spannung darf die aus Tabelle 5 unter Verwendung der Bruchspannung des Werkstoffs hergeleitete zulässige Spannung nicht überschreiten.

Der Wert für die zulässige Spannung σ_a wird wie folgt ermittelt:

$$\sigma_a = \frac{\sigma_R}{\nu_R}$$

Tabelle 5 — Parameter für den Bruchsicherheitsnachweis

	Lastfall 1	Lastfälle 2a und 2b	Lastfall 3
Wert von ν_R	4	2,2	1,5
Zulässige Spannung σ_a	$\sigma_R / 4$	$\sigma_R / 2,2$	$\sigma_R / 1,5$

6.2.2.2 Dauer- und Zeitfestigkeitsprüfungen

Für mechanische Teile, die einer Dauerbeanspruchung und Verschleiß ausgesetzt sind (mit Ausnahme von Oberflächen, die mit Drahtseilen in Berührung kommen), werden die Mindestanzahl der Betriebsstunden und das Lastkollektiv, das zu berücksichtigen ist, in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6 — Parameter für Prüfungen der Dauer- und Zeitfestigkeit

SAE-Typ	Gesamtbetriebsdauer (Stunden) T	Lastkollektiv-Faktor
M4 (T2 / L4)	500	1
M6 (T4 / L4)	2 000	1

ANMERKUNG siehe FEM 1.001 Heft 2 und Heft 4

6.3 Zulässige Lasten und Kräfte

6.3.1 Allgemeines

Die Bemessungslast RL des SAE sowie die maximal auf dem SAE zulässige Anzahl der Personen (N) müssen vom Hersteller oder Lieferanten angegeben werden (siehe 3.6.2).

Die maximale Betriebslast WLL jedes Hubwerks muss gleich oder größer sein als die vom Anteil des PAM übertragenen vertikalen Reaktionskräfte und die an das betreffende Hubwerk angehängte Last.

Alle angehängten Lasten sollten berücksichtigt werden (d. h. einschließlich Stromkabel, Tragseil und Spanngewichte an Sicherheitsseilen).

6.3.2 TSAE-Kompatibilität

Da es sich bei einigen temporär hängenden Personenaufnahmemitteln (TSAE), die über an der Arbeitsbühne montierte Hubwerke verfügen, um modulare Geräte handelt, muss die maximale Betriebslast WLL der Aufhängekonstruktion und ihrer Zubehörteile gleich oder größer sein als die maximale Betriebslast WLL der Hubwerke zuzüglich der Reaktionskraft, die durch die Masse der Sicherheitsseile, der Spanngewichte und des Stromkabels übertragen wird.

6.3.3 Minderung der maximalen Betriebslast WLL des/der Hubwerke(s)

Die WLL der Hubwerke darf vom Hersteller oder seinem bestellten Vertreter gemindert werden, vorausgesetzt dass die Bedingung in 6.3.2 erfüllt wird.

Die folgenden Maßnahmen müssen ergriffen werden, um die Last eines Hubwerks zu mindern:

- Der Hubkraftbegrenzer muss so eingestellt sein, dass er bei einem Wert von max. 125 % der geminderten Last auslöst;
- Zusätzliche Sicherheitseinrichtungen zur Einhaltung der geminderten Last müssen eingebaut werden. Solche zusätzlichen Einrichtungen können aus einer oder mehreren der folgenden Maßnahmen bestehen:

- 1) Eine Überlaststrombegrenzung, die so eingestellt werden muss, dass der Hubmotor bei einem Wert von maximal 150 % der geminderten WLL angehalten wird;
 - 2) Thermischer Überlastschutz, der so eingestellt werden muss, dass der Hubmotor bei einem Wert von maximal 150 % der geminderten WLL angehalten wird;
 - 3) Die Kipplast des Motors muss weniger als das 2,5 fache der geminderten WLL des Hubwerks betragen;
 - 4) Eine Drehmomentbegrenzung, die so eingestellt werden muss, dass das Heben/Senken der Arbeitsbühne gestoppt wird, falls eine Last von 150 % der geminderten WLL auf das Hubwerk wirkt.
- c) Das Hubwerk muss deutlich mit der geminderten WLL gekennzeichnet werden.

Sofern nur die oben unter Punkt 1) beschriebene Maßnahme zur Minderung der WLL des Hubwerks durchgeführt wird, wird das Hubwerk nicht als gemindert angesehen, sodass für Berechnungen der Aufhängekonstruktion für mechanische Festigkeit und des erforderlichen Gegengewichtsanteils immer noch die durch den Hersteller festgelegten und zertifizierten WLL des Hubwerks zugrunde gelegt werden sollten.

ANMERKUNG 1 Zur Prüfung der Kipplast des Hubwerks siehe Anhang B.1.6.

ANMERKUNG 2 Bei der Berechnung der durch diese Norm abgedeckten SAE wird angenommen, dass eine Masse von 1 kg eine Kraft von 10 N erzeugt.

6.3.4 Bemessungslast auf dem PAM

6.3.4.1 PAM für eine Person

$$RL = M_p + M_e + M_m \text{ (Mindest-} RL = 120 \text{ kg)} \quad (1)$$

PAM für zwei oder mehr Personen:

$$RL = (N \times M_p) + (2 \times M_e) + M_m \text{ (Mindest-} RL \text{ für PAM für zwei Personen} = 240 \text{ kg)} \quad (2)$$

Dabei ist

$$M_p = 80 \text{ kg}$$

$$M_e = 40 \text{ kg}$$

M_m = kann 0 kg oder ein festgelegter Wert sein

ANMERKUNG 1 Für M_e werden höchstens zwei Personen berücksichtigt.

ANMERKUNG 2 Die Berechnung der PAM-Bemessungslast RL bezieht sich auf alle in dieser Norm behandelten Personenaufnahmemittel.

6.3.4.2 Mindesttragfähigkeit

Die Mindesttragfähigkeit der Bodenfläche (RF) muss 200 kg/m^2 betragen.

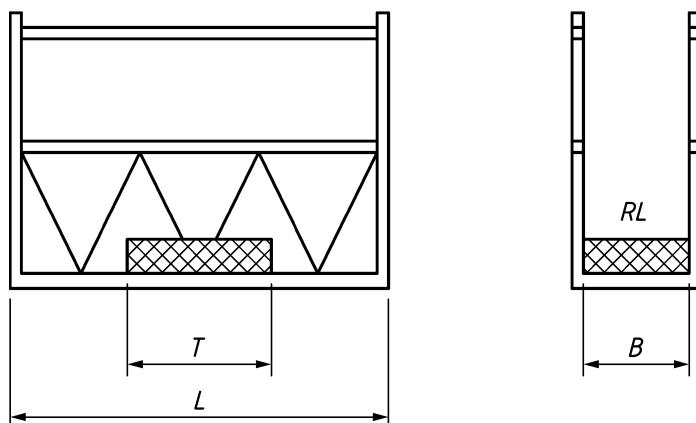


Bild 5 — Verteilung der Bemessungslast (RL)

6.3.4.3 Berechnung der Bemessungslast (RL)

Die Bemessungslast (RL) wird nach Gleichung (1) oder (2) berechnet und über eine Fläche S_a mit der Länge T verteilt.

$$S_a = B \times T \quad (3)$$

$$T = \frac{RL}{B \times RF} \quad (4)$$

6.3.4.4 Einzelpunktaufgehängter Arbeitskorb oder Arbeitssitz

Die minimale Bemessungslast (RL) muss 120 kg betragen.

6.3.4.5 Zweipunktaufgehängtes PAM

6.3.4.5.1 Zum Nachweis der Festigkeit des PAM wird davon ausgegangen, dass RL, über die Länge T verteilt, an der ungünstigsten Stelle angesetzt wird.

6.3.4.5.2 Ragt ein zweipunktaufgehängtes PAM über einen Aufhängepunkt hinaus, muss auf die Last (W), die auf dem auskragenden Teil des PAM angeordnet ist, ein Kipp-Standsicherheitsbeiwert von 2 angewandt werden, um ausreichende Standsicherheit zu erreichen.

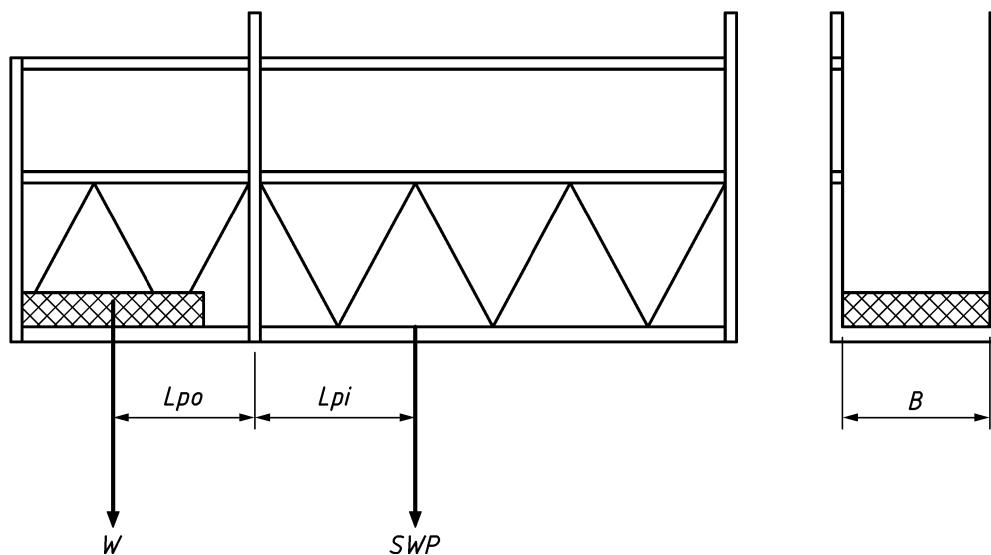


Bild 6 — Auskragende Arbeitsbühne

Berechnung für das Beispiel im Bild 6:

$$SWP \times L_{pi} \geq 2 \times W \times L_{po} \quad (5)$$

$$W = S_a \times RF \leq RL \quad (6)$$

Dabei gilt

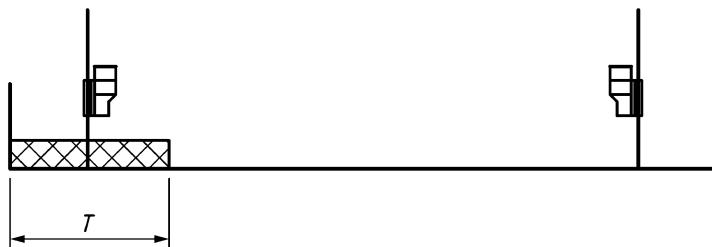
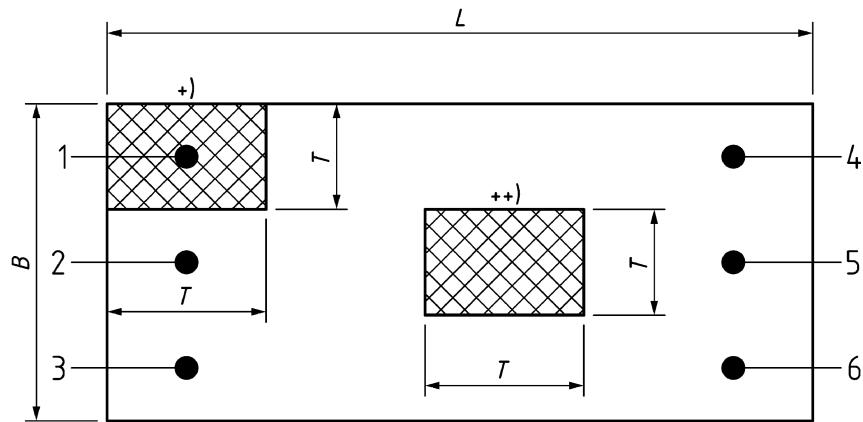
W darf nicht kleiner als 120 kg sein.

6.3.4.6 Mehrpunktaufgehängte Arbeitsbühne und gelenkig durchlaufende Arbeitsbühne

6.3.4.6.1 Die PAM-Bemessungslast (RL) wird nach Gleichung (1) oder (2) berechnet und über eine Oberfläche S_a wie in Bild 5 dargestellt verteilt.

6.3.4.6.2 Bei einer großflächigen Arbeitsbühne mit $T < B$, wie in Bild 7 dargestellt, ist S_a eine quadratische Fläche mit einer Seitenlänge von

$$T = \sqrt{\frac{RL}{RF}} \quad (7)$$

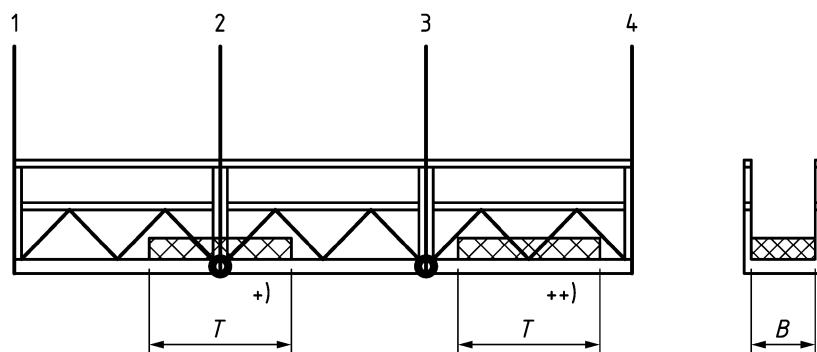
**Legende**

1-6 Aufhängepunkte

Bild 7 — Beispiel für eine mehrpunkt aufgehängte Arbeitsbühne

ANMERKUNG In Bild 7 wird die Anordnung der Last an der Stelle +) für die Berechnung der Kraft S in den Tragseilen verwendet. Die Anordnung der Last an der Stelle ++) gilt für die Berechnung der Festigkeit der Arbeitsbühne.

6.3.4.6.3 Bei einer gelenkig durchlaufenden Arbeitsbühne muss davon ausgegangen werden, dass die PAM-Bemessungslast (RL) wie in Bild 8 dargestellt an der ungünstigsten Stelle angeordnet ist.

**Legende**

1 – 4 Tragseile

Bild 8 — Beispiel für eine gelenkig durchlaufende Arbeitsbühne

ANMERKUNG In Bild 8 wird die Anordnung der Last an der Stelle +) für die Berechnung der Kraft S in den Tragseilen verwendet. Die Anordnung der Last an der Stelle ++) gilt für die Berechnung der Festigkeit der Arbeitsbühne.

6.3.5 Windlasten

6.3.5.1 Für alle SAE, die voraussichtlich bei Betrieb von Wind beeinflusst werden, sollten die Bemessungwindgeschwindigkeiten nach Tabelle 7 berücksichtigt werden.

Tabelle 7 — Winddruck

Winddruck im Betrieb q (N/m ²)	Windgeschwindigkeit v (m/s)
nicht-geführte PAM = 125	14
durchlaufend geführte PAM = 250	20

ANMERKUNG Formbeiwerte für dem Wind ausgesetzte Flächen werden in FEM 1.001, Heft 2, beschrieben.

Diese Windgeschwindigkeiten sind die bemessenen Windgeschwindigkeiten für SAE. Sie stellen nicht die sicheren Betriebs-Windgeschwindigkeiten für in Betrieb befindliche SAE dar.

6.3.5.2 Die Gesamt-Windangriffsfläche einer auf einer offenen zeitweilig montierten Arbeitsbühne stehenden Einzelperson beträgt 0,7 m², wobei der effektive Flächenschwerpunkt der Person dabei 1,0 m über dem PAM-Boden liegt.

Bei einer Person, die auf einem zeitweilig montierten TSP oder BMU-PAM hinter einer geschlossenen Verkleidung steht, beträgt die Windangriffsfläche 0,35 m², wobei der effektive Flächenschwerpunkt der Person dabei 1,45 m über dem PAM-Boden liegt.

Für Berechnungszwecke wird für alle auf einer PAM befindlichen Materialien eine Windangriffsfläche von 2 m² angenommen.

6.3.5.3 Es wird angenommen, dass die Windlasten horizontal im Flächenschwerpunkt der einzelnen SAE-Bauteile wirken.

6.3.5.4 Es wird angenommen, dass die auf ein PAM wirkenden Windlasten an den Aufhängepunkten der entsprechenden Aufhängekonstruktion angreifen.

6.3.5.5 Bei BMU (Fassadenaufzügen) ist eine zusätzliche Berechnung für Sturmwindstärken erforderlich, bei denen die Maschine in Parkposition steht.

Tabelle 8 — Sturmwind

Vorgesehene Höhe über Grund (m)	Windgeschwindigkeit v (m/s)	Winddruck q (N/m ²)
0 bis 20	36	800
20 bis 100	42	1 100
100 bis 150	46	1 300
> 150	örtliche Gegebenheiten sind zu berücksichtigen (Anleitung bietet die EN 12158-1:2000+A1:2010, Anhang A, Windkanaltests für Gebäude oder die Baustatik von Gebäuden)	

6.3.5.6 Es ist rechnerisch nachzuweisen, dass eine Aufhängekonstruktion weder bei Betrieb noch in Parkstellung allein durch Windkräfte bewegt werden kann, wenn die Betriebsbremse(n) angezogen ist/sind. Kann die Aufhängekonstruktion durch Sturmwindstärken bewegt werden, ist in der Parkstellung eine Verankerungsvorrichtung vorzusehen.

Außerdem ist rechnerisch nachzuweisen, dass der/die Auslegerarm(e) weder bei Betrieb noch in Parkstellung allein durch Windkräfte ausschwenken können, wenn die Betriebsbremse(n) angezogen ist/sind. Kann/können der Auslegerarm/die Auslegerarme durch Sturmwindstärken bewegt werden, ist eine Verankerungsvorrichtung bei Nichtbetrieb vorzusehen.

6.3.6 Von Personen ausgeübte Kräfte

6.3.6.1 Für die ersten beiden Personen auf der Arbeitsbühne wird angenommen, dass jede Person mindestens eine Kraft von 200 N auf den Handlauf oder den oberen Rand einer festen Seitenumwehrung der Arbeitsbühne ausübt, und für jede weitere Person wird eine Kraft von 100 N angenommen, wobei diese Kräfte in horizontaler Richtung in Abständen von 500 mm wirken.

6.3.6.2 Der Handlauf oder der obere Rand einer festen Seitenumwehrung der Arbeitsbühne muss ohne bleibende Verformung einer vertikalen Last von 1 kN an der ungünstigsten Stelle standhalten können.

6.3.6.3 Der Maschendraht oder die Verschalung eines PAM dürfen nicht brechen, wenn an einer beliebigen Stelle der Oberfläche eine horizontale Kraft von 200 N aufgebracht wird, die über eine Fläche von 100 mm × 100 mm verteilt ist.

6.4 PAM-Festigkeitsberechnungen

Die Festigkeit des PAM ist für die nachstehenden Lastfälle rechnerisch nachzuweisen:

Lastfall 1: $1,25 \times (RL + SWP)$, (siehe 6.3.4)

+ $1,25 \times$ Windlasten in Betrieb, (siehe 6.3.5)

+ $1,25 \times$ von Personen ausgeübte Kräfte, (siehe 6.3.6)

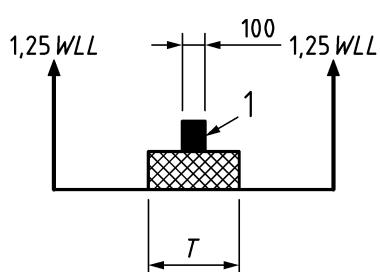
Lastfall 2: $1,5 \times RL + SWP$

Lastfall 3 (TSP): (z. B. Auslösen der Fangvorrichtung) $2,5 \times (RL + SWP)$

Lastfall 3 (BMU): (z. B. Auslösen der Fangvorrichtung) $0,8 \times S_d \times (RL + SWP)$

(Dabei ist S_d der nach Anhang B.1.4 und B.1.5 hergeleitete Stoßfaktor).

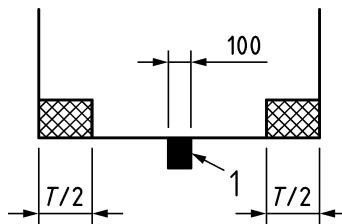
Lastfall 3 (TSP und BMU): (z. B. Kollision des PAM mit einem Hindernis) beim Heben (siehe Bild 9) oder Senken (siehe Bild 10)



Legende

1 Hindernis 1

Bild 9 — Hindernis beim Heben



Legende

1 Hindernis 1

Bild 10 — Hindernis beim Senken

Das Hindernis 1 muss an der ungünstigsten Stelle liegen.

ANMERKUNG Die Hubkraft wird mit dem 1,25fachen der maximalen Betriebslast *WLL* des/der Hubwerke(s) angenommen.

Bei der Masse des PAM (*SWP*) sollte die Masse des Drahtseilwicklers, sofern montiert, berücksichtigt werden.

6.5 Berechnungen von Aufhängekonstruktionen

6.5.1 Allgemeines

Aufhängekonstruktionen müssen so konstruiert und gebaut sein, dass sie den aus den statischen und dynamischen Prüfungen abgeleiteten Lasten sowie allen durch Versagen eines Hubwerkes oder Tragseils verursachten zusätzlichen dynamischen Lasten standhalten können.

Zusätzlich zur Kippsicherheit sollten Aufhängekonstruktionen eine ausreichende Festigkeit gegen seitliche Einwirkungen aufweisen oder ausreichend abgesteift sein, um seitliche Schwingungen des PAM parallel zur Fassade des Gebäudes oder der Konstruktion auszuhalten.

Die Kräfte, die das seitliche Schwingen hervorrufen, können verursacht werden durch Windeinwirkung, Bewegungen des PAM oder Zusatzbeanspruchungen beim Anfahren und Anhalten des Fahrsystems.

Für alle SAE sind die Reaktionskräfte zu berechnen und die Ergebnisse sind an den für das Gebäude oder die Konstruktion verantwortlichen Statiker zu übermitteln. Diese Informationen sollten die Ergebnisse für die Lastfälle 1 und 2b sowie die Standsicherheitsberechnungen enthalten.

6.5.2 SAE mit eingebauten Materialhilfshubwerken

Es sind Standsicherheits- und Festigkeitsberechnung der Geräte einschließlich des Materialhubwerks nach Tabelle 9 oder 10 und Tabelle 11 oder Tabelle 12 durchzuführen.

6.5.3 Festigkeitsberechnungen für Aufhängekonstruktionen

6.5.3.1 Festigkeitsberechnungen für Aufhängekonstruktionen von Fassadenaufzügen (BMU)

Die Festigkeit von BMU-Aufhängekonstruktionen, die über entweder am Dach oder am PAM montierte Hubwerke verfügen, müssen für die in Tabelle 9 aufgeführten Lastfälle rechnerisch nachgewiesen werden (siehe Bild 11).

Tabelle 9 — Lastfälle für BMU-Aufhängekonstruktion

Lastfall	Gesamte hängende Last (TSL)	Masse des Kippanteils	Masse des Standmomentanteils	Horizontale Kraft (F_h)
Lastfall 1 Betriebslast	$1,25 \times TSL + 1,25 \times TSHL$	$1,25 \times M_o^{\text{a})}$	$1,25 \times M_i^{\text{a})}$	$1,25 \times F_{w1} \text{ Plat} + 1,25 \times F_{w1} \text{ Rig} + 1,25 \times F_{wMH}^{\text{b})} + 2 \times M \times acc^{\text{c})}$
Lastfall 2a	$1,5 \times RL + 1 \times SWP + 1,25 \times HWLL + 1 \times HSW$	$1 \times M_o$	$1 \times M_i$	0
Lastfall 2b – Bedingungen bei Nichtbetrieb	im Allgemeinen 0	$1 \times M_o$	$1 \times M_i$	$F_{w2} \text{ Plat} + 1 \times F_{w2} \text{ Rig}$
Lastfall 3 – Auslösen der Sicherheitsvorrichtung	$S_d \times TSL + 1,1 \times TSHL$	$1 \times M_o$	$1 \times M_i$	0
<p>F_{w1} = Windkraft bei Betrieb F_{wMH} = auf Lasten wirkende Windkraft bei Betrieb (angenommen mindestens 5 m^2 und ein Mindestwert von 625 N) F_{w2} = Sturmkraft bei Nichtbetrieb $HWLL$ = maximale Betriebslast des Materialhubwerks HSW = Masse aller am Materialhubwerk hängenden Objekte $TSHL$ = gesamte hängende Last des Materialhubwerks ($TSHL = HWLL + HSW$) S_d ist der Istwert entsprechend Prüfung B.1.4 oder B.1.5 Für die Berechnung muss die ungünstigste Kombination der Kräfte angenommen werden.</p>				
<p>^a Bei statischer Verwendung der Aufhängekonstruktion ist $1 \times M_o$ und $1 \times M_i$ zu verwenden. ^b F_{w1} auf das PAM: Die kleinste horizontale Last auf die Aufhängepunkte der Seile beträgt in alle Richtungen $0,1 \times TSL$. ^c Die Beschleunigungskräfte für verfahrbare Aufhängekonstruktionen (Dachfahrwagen) betragen $2 \times M \times acc$ M = Masse der beweglichen Teile acc = berechnete Beschleunigung der Antriebe</p>				

6.5.3.2 Festigkeitsberechnungen für Aufhängekonstruktion von temporär hängenden Personenaufnahmemitteln (TSP)

Die Festigkeit einer TSP-Aufhängekonstruktion ist für die in Tabelle 10 aufgeführten Lastfälle nachzuweisen.

Tabelle 10 — Lastfälle für TSP-Aufhängekonstruktion

Lastfall	WLL des/der Hubwerke(s)	Masse des Kippanteils	Masse des Standsmomentanteils	Horizontale Kraft (F_h)
Lastfall 1 Betriebslast	$1,25 \times WLL + 1,25 \times TSHL$	$1,25 \times M_o$ ^{a)}	$1,25 \times M_i$ ^{a)}	$1,25 \times F_{w1} + 1,25 \times F_{wMH}$ ^{b)}
Lastfall 2a	$1,5 \times WLL + 1,25 \times HWLL + 1 \times HSW$	$1 \times M_o$	$1 \times M_i$	0
Lastfall 3 Auslösen der Sicherheitsvorrichtung	$2,5 \times WLL + 1,1 \times TSHL$	$1 \times M_o$	$1 \times M_i$	0
Bedingungen bei Nichtbetrieb	im Allgemeinen 0	$1 \times M_o$	$1 \times M_i$	F_{w2}
<p><i>WLL</i> = maximale Betriebslast der Winde des PAM</p> <p><i>F_{w1}</i> = Windkraft bei Betrieb</p> <p><i>F_{wMH}</i> = auf Lasten wirkende Windkraft bei Betrieb (angenommen mindestens 5 m² und ein Mindestwert von 625 N)</p> <p><i>F_{w2}</i> = Sturmkraft bei Nichtbetrieb</p> <p><i>HWLL</i> = maximale Betriebslast des Materialhubwerks</p> <p><i>HSW</i> = Masse aller am Materialhubwerk hängenden Objekte</p> <p><i>TSHL</i> = gesamte hängende Last des Materialhubwerks ($TSHL = HWLL + HSW$)</p> <p>Für die Berechnung muss die ungünstigste Kombination der Kräfte angenommen werden.</p>				
<p>a Bei statischer Verwendung der Aufhängekonstruktion ist $1 \times M_o$ und $1 \times M_i$ zu verwenden.</p> <p>b F_{w1} auf das PAM: Die kleinste horizontale Last auf die Aufhängepunkte der Seile beträgt in alle Richtungen $0,1 \times TSL$.</p>				

Die *WLL* des Hubwerks wird als die maximale berechnete Kraft in den Drahtseilen betrachtet.

Alle Teile einer zeitweilig montierten Aufhängekonstruktion müssen wieder verwendbar und wieder montierbar sein und sollten so konstruiert sein, dass bei ordnungsgemäßem Gebrauch ein Versagen auf Grund von Ermüdung oder Verschleiß verhindert wird, einschließlich der zusätzlichen Spannungen, die bei der Montage, Demontage, beim Transport und der Lagerung verursacht werden können.

6.5.4 Standsicherheitsberechnungen für Aufhängekonstruktionen

6.5.4.1 Standsicherheitsberechnungen für BMU-Aufhängekonstruktionen

Dieser Abschnitt betrifft BMU-Aufhängekonstruktionen mit und ohne Schienen, die entweder über dach- oder bühnenmontierte Hubwerke verfügen. Die Schienen können zur Beständigkeit gegen das Kippmoment beitragen, wenn das Befestigungssystem und die Dachkonstruktion entsprechend konstruiert wurden.

Bei Beaufschlagung mit den nachstehend festgelegten Lastfällen wird eine BMU-Aufhängekonstruktion als ausreichend standsicher angesehen, wenn (in allen Fällen bezüglich der ungünstigsten Kippkante) das Standsmoment gleich oder größer als das Kippmoment ist.

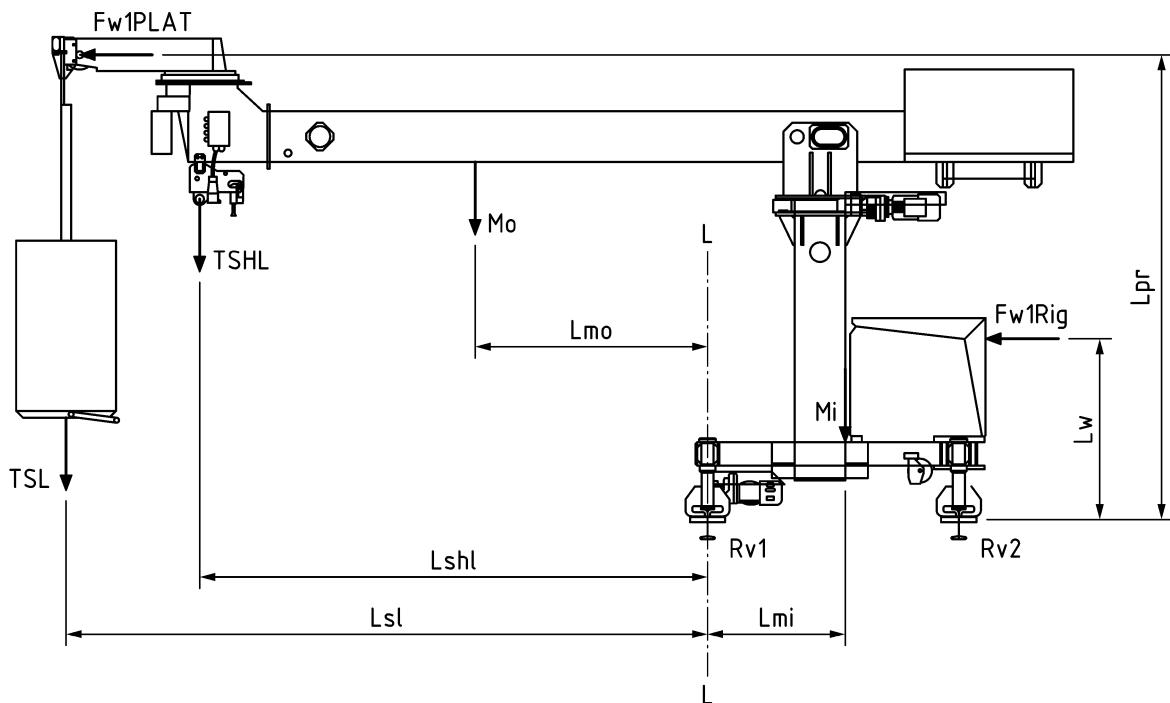


Bild 11 — Standsicherheitsberechnung für Dachfahrwagen

Die Standsicherheit einer BMU-Aufhängekonstruktion muss mithilfe der in Tabelle 11 angegebenen Beiwerte rechnerisch nachgewiesen werden.

$$TSL = RL + SWP + M_{wr} + M_c \quad (8)$$

Berechnung für die Arbeitsstellung des BMU:

Es ist nachzuweisen, dass

$$(2 \times TSL \times L_{sl}) + (1,25 \times M_o \times L_{mo}) + (1,25 \times F_{w1\ Rig} \times L_w) + (1,4 \times TSHL \times L_{shl}) + (1,25 \times F_{w1\ Plat} \times L_{pr}) < M_i \times L_{mi} \quad (9)$$

ist.

Berechnung für die Parkstellung des BMU:

Es ist nachzuweisen, dass

$$(M_o \times L_{mo}) + (F_{w2\ Rig} \times L_w) + (F_{w2\ Plat} \times L_{pr}) < M_i \times L_{mi} \quad (10)$$

ist.

Alle für die Berechnungen benutzten Abmessungen müssen das Maximum des jeweiligen Systems darstellen, um sicherzustellen, dass die ungünstigsten möglichen Lastzustände berücksichtigt wurden. Die aus der oben genannten Berechnung entstandenen Reaktionskräfte müssen dem Baustatiker, wie in Anhang D ausführlich dargestellt, aufgezeigt werden.

Tabelle 11 — Standsicherheitsbeiwerte für BMU-Aufhängekonstruktionen

	Gesamte hängende Last (N)	Masse des Kippanteils (N)	Masse des Standmomentanteils (N)	Horizontale Kraft (F_h) (N)
Standfestigkeit im Betrieb	$2 \times TSL + 1,4 \times TSHL$	$1,25 \times M_o$	$1 \times M_i$	$1,25 \times F_{w1} \text{ Plat} + 1,25 \times F_{w1} \text{ Rig}$
Standfestigkeit im Parkzustand	im Allgemeinen 0	$1 \times M_o$	$1 \times M_i$	$F_{w2} \text{ Plat} + F_{w2} \text{ Rig}$

F_{w1} = Windkraft bei Betrieb
 F_{wMH} = auf Lasten wirkende Windkraft bei Betrieb (angenommen mindestens 5 m^2 und ein Mindestwert von 625 N)
 F_{w2} = Sturmkraft bei Nichtbetrieb
 $HWLL$ = maximale Betriebslast des Materialhubwerks
 HSW = Masse aller am Materialhubwerk hängenden Objekte
 $TSHL$ = gesamte hängende Last des Materialhubwerks ($TSHL = HWLL + HSW$)
 S_d ist der Istwert entsprechend Prüfung B.1.4 oder B.1.5
Für die Berechnung muss die ungünstigste Kombination der Kräfte angenommen werden.

6.5.4.2 Standsicherheitsberechnungen für TSP-Aufhängekonstruktionen

Dieser Abschnitt betrifft TSP-Aufhängekonstruktionen mit und ohne Schienen. Die Schienen können zur Beständigkeit gegen das Kippmoment beitragen, wenn das Befestigungssystem und die Dachkonstruktion entsprechend konstruiert wurden.

Bei Beaufschlagung mit den nachstehend festgelegten Lastfällen wird eine TSP-Aufhängekonstruktion als ausreichend standsicher angesehen, wenn (in allen Fällen bezüglich der ungünstigsten Kippkante) das Standmoment gleich oder größer als das Kippmoment ist.

Die Standsicherheit einer TSP-Aufhängekonstruktion muss mithilfe der in Tabelle 12 angegebenen Beiwerte rechnerisch nachgewiesen werden.

Tabelle 12 — Standsicherheitsbeiwerte für TSP-Aufhängekonstruktionen

	Gesamte hängende Last (N)	Masse des Kippanteils (N)	Masse des Standmomentanteils (N)	Horizontale Kraft (F_h) (N)
Standfestigkeit im Betrieb	$3 \times WLL + 1,4 \times HWLL$	$1,25 \times M_o$	$1 \times M_i$	nicht berücksichtigen
Standfestigkeit im Parkzustand	im Allgemeinen 0	$1 \times M_o$	$1 \times M_i$	$F_{w2\ Plat} + F_{w2\ Rig}$

WLL = maximale Betriebslast der Winde des PAM
 F_{w1} = Windkraft bei Betrieb
 F_{wMH} = auf Lasten wirkende Windkraft bei Betrieb (angenommen mindestens 5 m^2 und ein Mindestwert von 625 N)
 F_{w2} = Sturmkraft bei Nichtbetrieb
 $HWLL$ = maximale Betriebslast des Materialhubwerks
 HSW = Masse aller am Materialhubwerk hängenden Objekte
 $TSHL$ = gesamte hängende Last des Materialhubwerks ($TSHL = HWLL + HSW$)

Für die Berechnung muss die ungünstigste Kombination der Kräfte angenommen werden.

6.5.5 Fahrschienen und ihre Auflagersysteme

Folgende Punkte müssen mit den Grenzwerten verglichen werden:

- Beanspruchbarkeit der Fahrschienen-Querschnitte gegenüber Verformung/ Scherbeanspruchung/ Knickbeanspruchung;
- Beanspruchbarkeit der Auflagerelemente gegenüber Verformung/Beullast/Quetschen/Knicklast;
- Raddruck (spezifische Pressung).

Anforderungen an die Konstruktion von Fahrschienen und ihren Auflagersystemen werden in Anhang G gegeben.

Es sollten Vorkehrungen getroffen werden, um mithilfe von Begrenzungsanschlägen sicherzustellen, dass ein Dachfahrwagen nicht entgleisen kann, insbesondere an Drehscheiben, Umfahrungsgleisen, Abläufen oder an den Fahrbanhenden.

Wenn eine Dachverankerung notwendig ist, sollte der Statiker beachten, dass die Möglichkeit einer Schädigung der Bausubstanz durch Montage und Instandhaltung der Dachverankerung besteht. Die Höchstlasten sollten berechnet und dem Statiker des Gebäudes zur Genehmigung vorgelegt werden. Beispiele dafür, wie diese Angaben dargestellt werden sollten, sind in Anhang D aufgeführt.

Alle teilweise oder gänzlich verdeckten Befestigungsmittel in Zusammenhang mit SAE sollten für die Lebensdauer des Gebäudes oder der Konstruktion unter Verwendung geeigneter Werkstoffe ausgelegt sein, um sicherzustellen, dass es nicht erforderlich sein wird, die eingeschlossenen Bauteile künftig freizulegen, um sie auf mögliche Korrosion zu überprüfen.

6.5.6 Anforderungen an weitere Aufhängekonstruktionen

6.5.6.1 Festigkeit formschlüssig verankerter Ausleger

Dieser Abschnitt bezieht sich auf einen verankerten Ausleger, der an einer Dachkonstruktion befestigt wird.

Wenn Befestigungen in Beton verankert werden, ist die auf die Befestigungen wirkende Last R_v wie folgt zu berechnen:

$$R_v \times L_s = C_{wr} \times WLL \times L_o + SWR \times L_b \quad (11)$$

Dabei gilt:

C_{wr} ist gleich oder größer als 3.

R_v muss kleiner sein als der Bemessungswert für den Widerstand des/der Anker(s) (R_d).

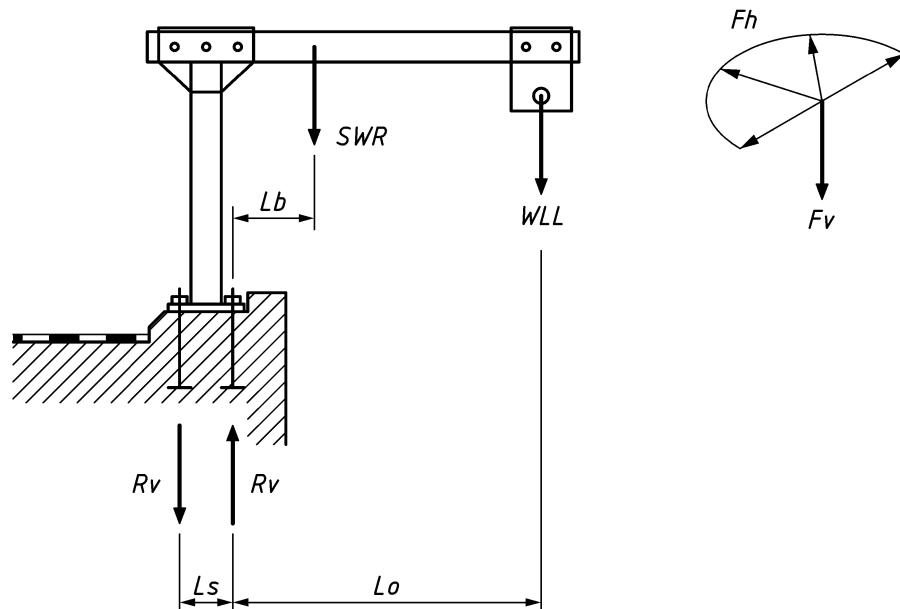


Bild 12 — Verankerter Ausleger

6.5.6.2 Berechnung von Brüstungszangen

Die Festigkeit einer Brüstungszange wird als ausreichend angesehen, wenn sie den nach Gleichung (12) und (13) berechneten Kräften standhält.

$$R_h \times L_s = C_{wr} \times WLL \times L_o + SWR \times L_b \quad (12)$$

$$R_v = C_{wr} \times WLL + SWR \quad (13)$$

Dabei gilt

C_{wr} ist gleich oder größer als 3.

Die Gleichungen (12) und (13) legen außerdem die Anforderungen fest, mit denen geprüft werden kann, ob die Festigkeit der Brüstung ausreicht.

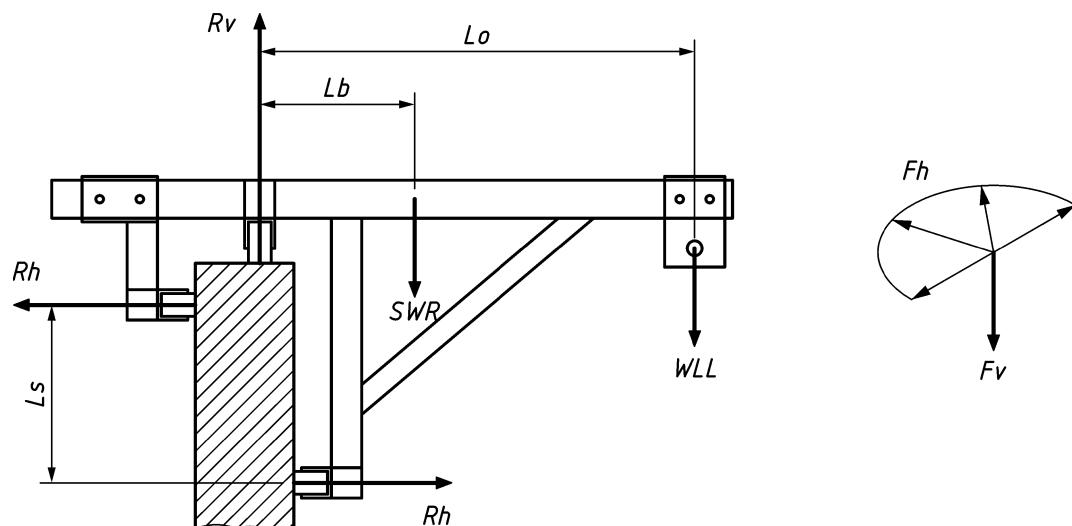


Bild 13 — Brüstungszange

6.5.6.3 Einzelschienen

Einzelschienen sollten nach Tabelle 13 berechnet werden. Einzelschienen für hängende Personenaufnahmemittel mit mehr als einem Hubwerk sollten so berechnet werden, dass davon ausgegangen wird, dass jeweils nur ein Hubwerk oder eine Aufhängekonstruktion versagt. Das bedeutet, dass für das erste bzw. einzige Hubwerk eine Last von $2,5 \times WLL$ angewendet wird und für jedes weitere Hubwerk eine Last von $1,25 \times WLL$.

Tabelle 13 — Lastfälle für Einzelschienen in Verbindung mit (einem) bühnenmontierten Hubwerk(en)

Lastfall	WLL des/der Hubwerke(s)	Masse der Einzelschiene + Fahrwagen	Horizontale Kraft (F_h)
Lastfall 1 üblicher Betriebszustand	$1,25 \times WLL$	$1 \times SWR$ für Einzelschiene $1,25 \times SWR$ für Fahrwagen	$0,1 \times WLL$
Lastfall 2 gelegentliche Lasten	$1,5 \times WLL$	$1 \times SWR$	0
Lastfall 3 Auslösen der Sicherheitsvorrichtung	S_d oder $2,5 \times WLL$ für das erste Hubwerk zuzüglich: $1,25 \times WLL$ für jedes weitere Hubwerk	$1 \times SWR$	0

Wenn S_d kleiner als 2,5 ist, darf der Ist-Wert für S_d für eine BMU-Anordnung verwendet werden.

Bei den Berechnungen sollte beachtet werden, dass sich unabhängig voneinander bewegende Fahrwagen auf Einzelschienen nebeneinander fahren könnten, wenn nicht ein Spreizstab oder eine andere Einrichtung vorgesehen wird, um sicherzustellen, dass die Fahrwagen auf Abstand gehalten werden.

ANMERKUNG Für BMU-Arbeitsbühnen mit bühnenmontierten Hubwerken ist die hier verwendete WLL die vom Hersteller/Lieferanten des PAM ermittelte maximale Hubkraftleistung der Hubwerke.

6.5.6.4 Einzelschienen-Traganker

Alle teilweise oder gänzlich verdeckten Befestigungsmittel in Zusammenhang mit SAE sollten für die Lebensdauer des Gebäudes oder der Konstruktion unter Verwendung geeigneter Werkstoffe ausgelegt sein, um sicherzustellen, dass es nicht erforderlich sein wird, die eingeschlossenen Bauteile künftig freizulegen, um sie auf mögliche Korrosion zu überprüfen.

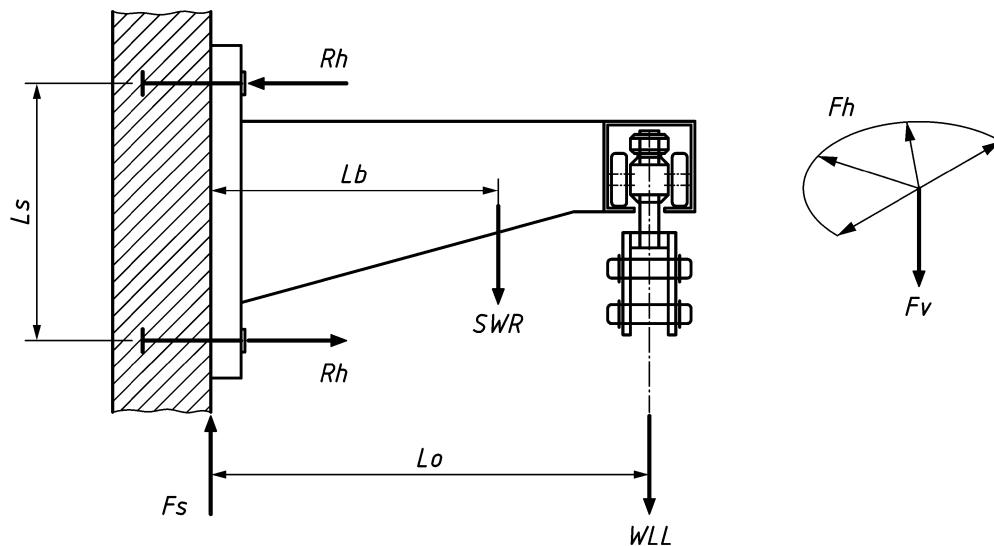


Bild 14 — Einzelschiene

Wenn Befestigungen in Beton verankert werden, sind die auf die Befestigungen wirkenden Lasten R_h und F_s wie folgt zu berechnen:

$$R_h \times L_s = C_{wr} \times WLL \times L_o + SWR \times L_b \quad (14)$$

$$F_s = C_{wr} \times WLL + SWR \quad (15)$$

Dabei gilt

C_{wr} ist gleich oder größer als 3.

R_h muss kleiner sein als der Bemessungswert für die Beanspruchbarkeit des/der Anker(s) (R_d).

F_s muss kleiner sein als der Bemessungswert für die Scherfestigkeit des/der Anker(s).

6.5.6.5 Standsicherheitsberechnung für Gegengewichtsdachausleger

Ein Ausleger wird als standsicher angesehen, wenn bezüglich der ungünstigsten Kippkante das Standmoment gleich oder größer als das 3fache Kippmoment ist, bei maximaler Betriebslast WLL des Auslegers in seiner Arbeitsstellung.

Die Standsicherheit muss für den folgenden Fall rechnerisch nachgewiesen werden:

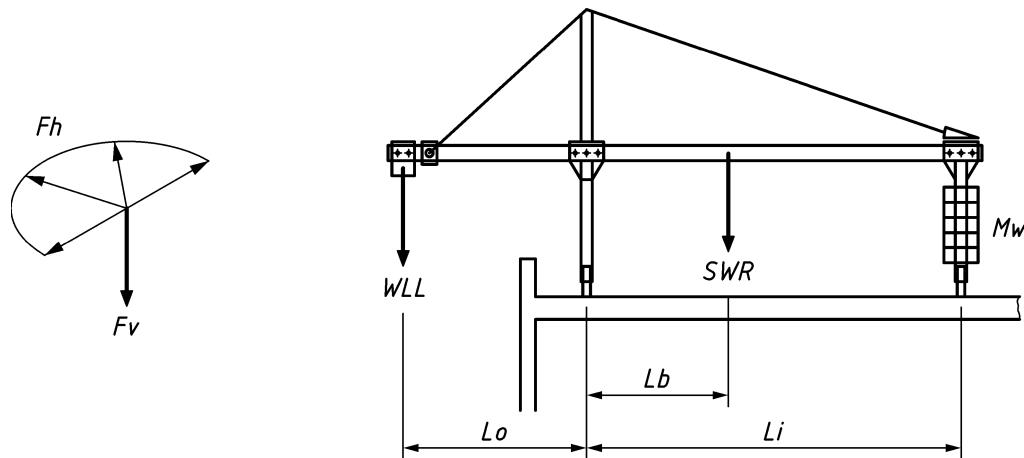


Bild 15 — Typischer Dachausleger

$$C_{wr} \times WLL \times L_o \leq M_w \times L_i + SWR \times L_b \quad (16)$$

Dabei gilt

C_{wr} ist gleich oder größer als 3.

Die Kippkante ist die Verbindungslinie zwischen den Aufstandspunkten der vorderen (Außen)-Stützen.

6.5.6.6 Befestigung des Sicherheitsseils an starren Konstruktionen

Werden Befestigungspunkte für Sicherheitsseile an einer Konstruktion mit hoher Steifigkeit (z. B. Beton- oder Stahlkonstruktion) angeordnet, dürfen die Spannungen in den Befestigungspunkten, dem SAE und der Konstruktion selbst die Fließgrenze der Werkstoffe nicht übersteigen, wobei sich die spannungsverursachende Kraft wie folgt berechnet:

$$F_v = S_d \times WLL \quad (17)$$

S_d ist der Istwert entsprechend Prüfung B.1.4.

Wenn S_d kleiner als oder gleich drei ist, gelten keine weiteren Anforderungen.

Ist S_d größer als 3, aber kleiner als 5, muss ein Stoßdämpfer eingebaut werden, der eine Begrenzung auf $S_d \leq 3$ bewirkt.

Ist S_d größer als 5, darf das System nicht angewendet werden.

6.6 Beladungen auf dem Gebäude

6.6.1 Sicherheitsbeiwerte

Die in dieser Norm festgelegten Konstruktionsberechnungen werden nach dem Verfahren der zulässigen Spannungen durchgeführt.

Zur Konstruktion von Gebäuden oder Gebäudeteilen, die direkt durch die Einwirkung von SAE beeinflusst werden, wird von Statikern üblicherweise das Grenzzustandsverfahren (Eurocodes EC1 und EC3) angewendet.

Dieser Abschnitt enthält Informationen zur Verdeutlichung der Beziehung zwischen den in den Tabellen 9, 10, 11 und 12 festgelegten Lasten und den für die Berechnung der Gebäudekonstruktion nach den entsprechenden Eurocodes zu beachtenden Auslegewerten.

Bezüglich allgemeiner Sicherheitsgrundsätze bei der Anwendung des Grenzzustandsverfahrens (Teilsicherheitsverfahren, siehe Eurocodes).

EINWIRKUNGEN	\leq	WIDERSTAND
$S_d = Sk \times \gamma_f$		$R_d = Rk / \gamma_m$

S_d Bemessungswert (Design) der Last (S_d vom Eurocode)

S_k charakteristische Lasten (einschließlich der dynamischen Beiwerte)

γ_f Teilsicherheitsbeiwert auf die Lasten

R_d Bemessungswert für die Beanspruchbarkeit

R_k charakteristische Beanspruchbarkeit

γ_m Teilsicherheitsbeiwert für Widerstandsgrößen

S_k kann für unterschiedliche Anwendungen und Lastfälle mithilfe der Tabellen 9, 10, 11 und 12 berechnet werden.

Es wird empfohlen, dass der Statiker zur Festlegung der Bemessungslasten für das Tragwerk (das Gebäude) mindestens die folgenden Faktoren auf die jeweiligen Lastfälle anwendet. Es liegt jedoch in der Verantwortung des Statikers sicherzustellen, dass die vom SAE aufgebrachten Lasten bei der Konstruktion des Tragwerkes berücksichtigt werden.

Hinweise zur Darstellung von Lasten werden in Anhang D gegeben.

6.6.2 Empfohlene Werte für den Teilsicherheitsbeiwert (γ_f)

Lastfall 1: veränderliche Einwirkungen bei dem üblichen Betriebszustand: 1,6

Lastfall 2: veränderliche Einwirkungen bei gelegentlichem Gebrauch: 1,4

Lastfall 3: zufällige Einwirkungen: 1,1

Standsicherheits-Last: berechnete Werte für Einwirkungen zur Erfüllung der Standsicherheitskriterien: 1,1

6.7 Berechnung für Drahtseile

ANMERKUNG Diese Anforderungen gelten für alle Tragseile und Sicherheitsseile, die ein PAM direkt oder indirekt tragen.

6.7.1 Allgemeines

Der berechnete Ausnutzungskoeffizient Z_p eines Drahtseils ist:

$$Z_p = \frac{F_o}{S} \quad (18)$$

Dabei gilt:

Z_p ist gleich oder größer als 8 bei einem Einseiltragsystem.

Z_p ist gleich oder größer als 12 je Seil bei einem Zweiseiltragsystem.

Die Eigenmasse des Seils ist in die Berechnungen einzubeziehen.

6.7.2 Berechnung der Kraft S im Tragseil

6.7.2.1 Dachhubwerk mit Zweiseiltragsystem

S ist gleich dem gesamten Eigengewicht des PAM zuzüglich des Eigengewichtes der Seile und der auf dem PAM zulässigen Bemessungslast RL , die im Bereich S_a an der ungünstigsten Stelle angeordnet ist (zur Berechnung von RL und S_a siehe 6.3.4), dividiert durch die Anzahl von Drahtseilen oder Einscherungen an dem am höchsten belasteten Aufhängepunkt. Siehe Last an der Stelle +) in Bild 7 und in Bild 8.

6.7.2.2 PAM-Hubwerk

S ist gleich der maximalen Betriebslast WLL des Hubwerks, dividiert durch die Anzahl (N_r) der Drahtseile, die in diesem die angehängte Last tragenden Hubwerk verwendet wird. Das Eigengewicht der Seile sowie aller Spanngewichte ist in die Berechnung einzubeziehen.

$$S = \frac{WLL}{N_r} + M_{wr} \quad (19)$$

6.7.3 Seilendbefestigungen

Seilendbefestigungen, die die gesamte hängende Last und ihre zugehörigen Sicherheitsseile tragen, müssen mindestens 80 % der Mindestbruchlast des Seils tragen können.

Bei Trommelwinden darf die Festigkeit der Befestigungsvorrichtung jedes Seils an den Trommeln nicht geringer sein als das Doppelte der gesamten hängenden Last.

6.8 Berechnung von Fassaden-Führungen

Führungsschienen und Befestigungspunkte müssen sicher am Bauwerk befestigt sein und den auf sie bei beliebiger Stellung des PAM einwirkenden Betriebs- und Windlasten standhalten können. Die Verbindungsmittel, die das PAM mit den Führungsschienen oder Befestigungspunkten verbinden, müssen außerdem den Betriebs- und Windlasten standhalten können, denen sie ausgesetzt sind. Für Berechnungszwecke muss der Mindestbemessungswert der Kraft der Fassaden-Führung auf einen einzigen Punkt an vertikalen Fassaden in jede Richtung 1 kN betragen.

Auf geneigte Fassaden wirkende Lasten sind für jeden Einzelfall nach den für Schienen und Einzelschienen geltenden Regeln zu berechnen (siehe 7.9).

7 Personenaufnahmemittel

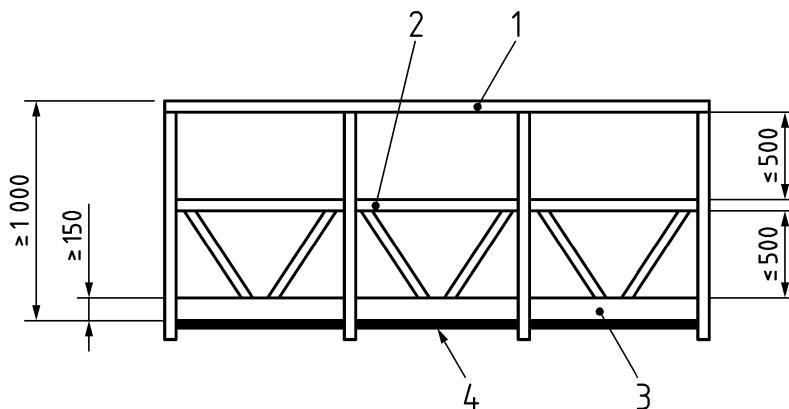
7.1 Anforderungen an das Personenaufnahmemittel

7.1.1 Die Abmessungen müssen für die auf dem PAM zulässige Anzahl Personen sowie Werkzeuge und Arbeitsmaterial ausreichen. Als allgemeine Regel sollte die Mindest-Innenbreite der Bühne ohne Berücksichtigung von Schaltkästen und -tafeln nicht weniger als 500 mm betragen. Je Person ist eine Mindest-Arbeitsfläche von 0,25 m² erforderlich.

7.1.2 Der Bodenbelag der Bühne muss eine haltbare, rutschfeste Oberfläche (z. B. Gitter oder Riffelblech) aufweisen. Er ist so zu befestigen, dass er nur absichtlich entfernt werden kann.

7.1.3 Alle Öffnungen im Boden müssen so ausgelegt sein, dass eine Kugel von 15 mm Durchmesser nicht durchfallen kann. Es ist für einen ausreichenden Wasserablauf zu sorgen.

7.1.4 Um die Bühne herum müssen Handläufe, Knieleisten und Fußleisten angebracht werden. Die Mindesthöhe der Handlaufoberkante, gemessen von der Oberfläche des Bühnenbodens bis zur Handlaufoberkante, muss 1 Meter betragen. Der lichte senkrechte Abstand zwischen Knieleisten und Handläufen bzw. Fußleisten darf nicht mehr als 500 mm betragen. Ist die Arbeitsbühne verschalt, sind keine Knieleisten erforderlich. Bei temporär hängenden Personenaufnahmemitteln müssen die Fußleisten mindestens 150 mm über die Oberfläche des Bodens der Arbeitsbühne reichen. Ist die Arbeitsbühne verschalt, sind keine Fußleisten erforderlich. Es dürfen keine scharfen Kanten oder Ecken vorhanden sein.



Legende

- 1 Handlauf
- 2 Knieleiste
- 3 Fußleiste
- 4 Boden der Arbeitsbühne

Bild 16 — PAM-Abmessungen

7.1.5 Besteht ein hohes Risiko, dass Gegenstände auf die Arbeitsbühne fallen und Personen gefährden können, muss die Arbeitsbühne mit einem Dach oder einer anderen Schutzvorrichtung versehen werden.

7.1.6 Weist eine spezifische Risikobewertung auf die Notwendigkeit eines PSA hin, z. B. auf einem BMU, das mit einem Dachhubwerk versehen ist und bei dem die Bühne manuell abgesenkt wird, könnte die Bühne (in einer Notsituation) auf einem Vorsprung oder einem Hindernis aufsetzen, aus dem Gleichgewicht geraten und kippen.

Ein Anschlagpunkt für das Rückhaltesystem bzw. die Absturzsicherung nach EN 795 muss entweder auf der Bühne oder auf dem Aufhängepunkt angebracht sein. Kann der Anschlagpunkt für das Rückhaltesystem bzw. die Absturzsicherung dennoch nicht, wie oben angegeben, angebracht werden, sollte an der Gebäudekonstruktion ein Ankerpunkt für das Rückhaltesystem bzw. die Absturzsicherung angebracht werden.

Ausführliche Informationen über das Bühnen-Rückhaltesystem und dessen Anwendung sollten sowohl im Benutzerhandbuch als auch in den Hinweisen auf der Bühne selbst angegeben werden.

7.1.7 Mindesthöhe von Tragbügeln:

Die Mindesthöhe des Tragbügels oder des Gelenkpunktes am Tragbügel muss zu folgenden Werten in Beziehung gesetzt werden:

- zur Breite der Arbeitsbühne;
- zur Eigenmasse der Arbeitsbühne;
- zur Lage des Schwerpunktes der Arbeitsbühne;
- zur Lage des Schwerpunktes der Lasten (1 050 mm über dem Boden für Personen und auf dem Boden für Werkstoffe) und 150 mm innerhalb der Fußleiste.

Die Querneigung der Arbeitsbühne sollte dann nicht mehr als 8 Grad betragen.

7.1.8 Die Bauteile dürfen keine scharfen Kanten, Ecken oder hervorstehenden Teile aufweisen, die zu Verletzungen führen könnten.

7.2 Modulare PAM

7.2.1 Alle Bauteile müssen so konstruiert sein, dass beim Zusammenbau keine Fehler gemacht werden können. Verbindungsbolzen und weitere Vorrichtungen müssen deutlich sichtbar sein, ohne dass dafür Teile entfernt werden müssen.

7.2.2 Verbindungsteile müssen so konstruiert sein, dass sie die beim Gebrauch und wiederholten Auf- und Abbau auftretenden Spannungen aushalten können, so dass einmal zusammengefügte Verbindungsteile nur absichtlich gelöst werden können.

7.2.3 Kleine Teile, wie Befestigungsstifte und Halteklemmen, müssen durch eine dauerhafte Verbindung miteinander verbunden sein.

7.3 Fassadenaufzug-PAM

7.3.1 Fassadenaufzüge mit PAM-Hubwerken müssen zur Aufnahme der Trag- und Sicherheitsseile mit Drahtseilwicklern versehen werden, die über Schutzvorrichtungen verfügen, die es ermöglichen, dass die Funktion der Wickler visuell überwacht werden kann. Die Führung des Netzkabels mittels eines Kabelkastens oder einer anderen Einrichtung ist in Betracht zu ziehen.

7.3.2 Alle Seiten des PAM müssen vollständig verkleidet sein. Wird ein Maschengitter an den Seiten verwendet, muss die Maschengröße so bemessen sein, dass eine Kugel von 15 mm Durchmesser nicht hindurchpasst, mit Ausnahme von Trittoffnungen. Sofern angemessen, sind die Arbeitsbühnen mit Griffen und Trittoffnungen zu versehen, die Benutzer beim Betreten oder Verlassen der Arbeitsbühne unterstützen.

7.4 PAM-Türen

7.4.1 Zugangstüren dürfen sich ausschließlich nach innen schieben oder öffnen lassen.

7.4.2 Zugangstüren müssen so gebaut sein, dass sie selbsttätig schließen und verriegeln, oder müssen überwacht sein, damit das SAE motorisch nur dann bewegt werden kann, wenn die Türen geschlossen und verriegelt sind. Die Zugangstür darf sich nur absichtlich öffnen lassen.

7.5 Mehrstöckige PAM

7.5.1 In Abhängigkeit vom Standort und der Art der auszuführenden Arbeiten kann ein mehrstöckiges PAM ein TSP oder BMU sein.

7.5.2 Sind zwei oder mehr Arbeitsebenen übereinander angeordnet, muss in der oberen Bodenfläche eine Luke mit einer Leiter vorgesehen werden, über die ein sicherer Wechsel zwischen den Arbeitsebenen möglich ist. Die Bodenluke muss nach oben öffnen, darf die Leiter nicht blockieren und darf nicht in der geöffneten Stellung stehen bleiben.

7.5.3 Die lichte Höhe zwischen zwei PAM-Ebenen muss mindestens 2 m betragen.

7.5.4 Beträgt der Abstand zwischen zwei PAM-Ebenen mehr als 2,5 m, muss ab einer Höhe von 2 m, gemessen von der Oberfläche der unteren Arbeitsbühnen-Ebene, ein Rückenschutz an der Verbindungsleiter angebracht werden.

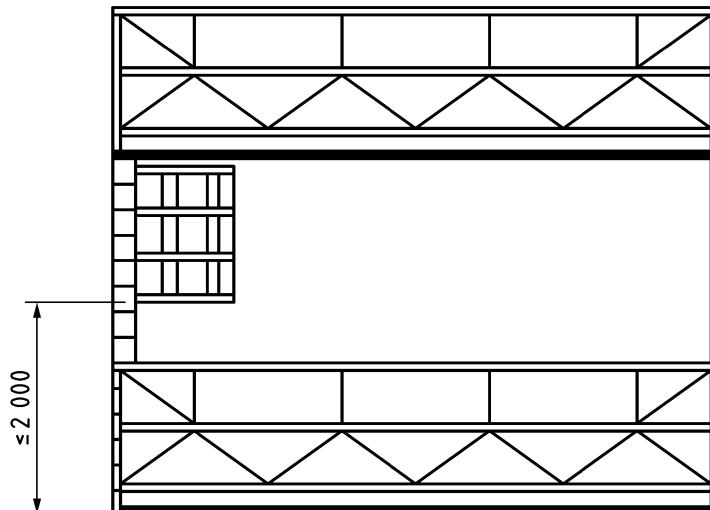


Bild 17 — Mehrstöckiges PAM

7.6 Arbeitssitze

7.6.1 In Abhängigkeit vom Standort und der Art der auszuführenden Arbeiten kann ein Arbeitssitz ein TSP oder BMU sein.

7.6.2 Die Sitzschale des Arbeitssitzes muss mindestens 450 mm breit sein.

7.6.3 Die Rückenstütze des Arbeitssitzes muss Bild 4a) entsprechen und der Form des Rückens entsprechend gekrümmmt sein.

7.6.4 Für den Bediener muss ein 2-Punkt-Sicherheitsgurt mit einer Breite von mindestens 40 mm vorgesehen werden. Jeder Verankerungspunkt des 2-Punkt-Sicherheitsgurtes muss einen Verformungswiderstand von mindestens 1,2 kN aufweisen.

7.6.5 Alle Steuerungen einschließlich der Not-Halt-Einrichtung müssen für den Bediener leicht zugänglich sein.

7.7 Fassaden-Führungen

7.7.1 Allgemeines

Werden SAE an Standorten im Freien eingesetzt, die vom Wind beeinflusst werden, und macht ihre Arbeitshöhe über dem Boden eine Arbeitsseillänge von mehr als 40 m erforderlich, wird eine Fassaden-Führung für notwendig erachtet oder es sollten für den Gebrauch des SAE Einschränkungen gemacht werden.

Beim Einsatz von Fassaden-Führungen muss jede Bewegung der Aufhängekonstruktion oder des Fahrwagens so auf die Fassaden-Führung abgestimmt sein, dass alle Verfahr-, Wipp-, Schwenk- und Teleskopier-Bewegungen der Aufhängekonstruktion bei der Bemessung berücksichtigt sind und nicht zu einer Gefährdung der auf dem PAM tätigen Personen führen.

Üblicherweise kann eine Fassaden-Führung durch folgende Systeme erreicht werden:

- in die Fassade eingebaute Führungsschienen;
- Tragseilführungen.

Bei Gebäuden mit einer Höhe von bis zu 60 Metern, bei denen kein Fassadenführungssystem möglich ist, ist es wichtig, strenge Beschränkungen bezüglich der Windgeschwindigkeit aufzuerlegen, bei der das betreffende SAE benutzt werden darf (siehe 7.7.4).

Für SAE, die auf geneigten Fahrbahnsystemen arbeiten, könnten besondere Maßnahmen erforderlich sein. Abhängig von der Höhe und Neigung könnte ein PAM möglicherweise an einer geneigten Fassade stabilisiert werden, indem Reibungs- und/oder Rollvorrichtungen verwendet werden (siehe 7.9).

Die folgenden Angaben stellen lediglich eine allgemeine Anleitung dar und die vorausberechneten örtlichen Gegebenheiten sollten bei der Ermittlung, ob für ein PAM eine Fassadenführung montiert werden soll oder nicht und welches der oben beschriebenen Systeme das geeignetste ist, immer berücksichtigt werden.

Diese Regeln gelten möglicherweise nicht für den ersten und letzten Hubvorgang einer Arbeitsbühne vom Boden. In solchen Fällen müssen weitere Beschränkungen der Windgeschwindigkeit oder andere Maßnahmen eingeleitet werden.

7.7.2 Führungsschienensysteme

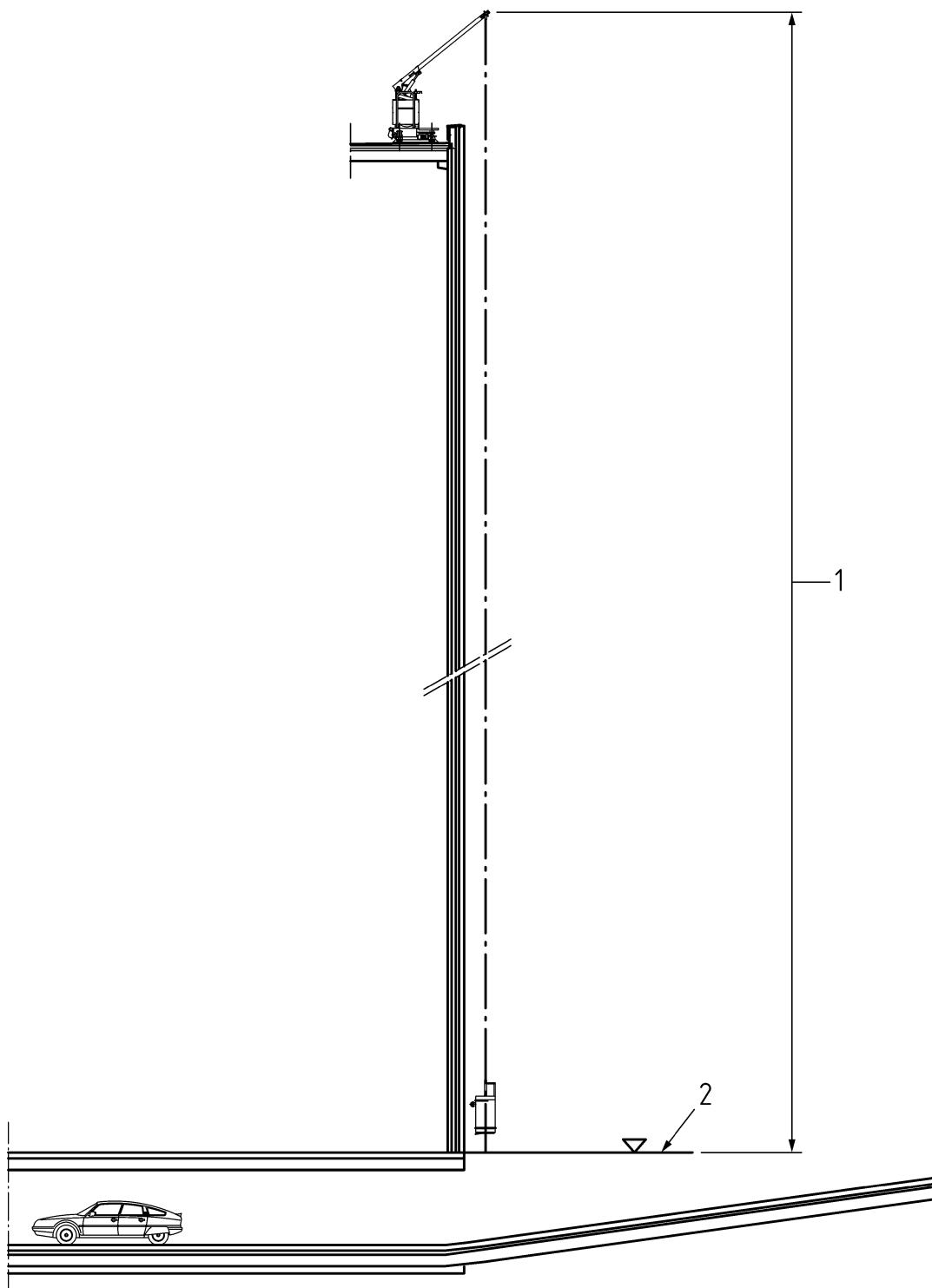
7.7.2.1 Endschalter müssen die Abwärtsbewegung eines PAM selbsttätig stoppen, um sicherzustellen, dass die Führungsvorrichtungen sich nicht aus den Führungsschienen auf der untersten Ebene lösen. Liegen die unteren Enden der Führungen über dem Erdboden, muss sichergestellt werden, dass PAM und Personen im Notfall in eine sichere Position gebracht werden können.

7.7.2.2 Die Führungsschienen müssen so konstruiert sein, dass die Führungsvorrichtungen auf einfache Weise angebracht oder abgenommen werden können. Es ist sicherzustellen, dass Bediener diese Vorrichtungen auf dem PAM an jeder Stelle anbringen und abnehmen können, ohne dass dazu Werkzeug benötigt wird.

7.7.3 Tragseil-Führungssysteme

Wird an einer BMU-Einrichtung ein Tragseil-Führungssystem verwendet, muss dieses System so ausgelegt sein, dass die nachstehenden Bedingungen erfüllt werden:

- Die unterste Tragseil-Führungsebene darf nicht mehr als 40 m über Geländehöhe liegen (siehe Bild 18a) und Bild 18b))
- Der Abstand zwischen den Tragseil-Führungsebenen oberhalb von 40 m darf, gemessen ab den Aufhängepunkten, nicht mehr als 20 m betragen (siehe Bild 18c)).
- Wenn die Konstruktion der Gebäudefassade Merkmale enthält, die dazu führen, dass die Wirkung einer gestuften Fassade entsteht (z. B. wenn eine Terrasse usw. vorhanden ist), darf die maximale Höhe von der Terrassenebene bis zur ersten Tragseil-Führungsebene nicht mehr als 20 m betragen (siehe Bild 18d)).
- Bei Absenken eines PAM muss/müssen der/die Bediener mittels sichtbarer und/oder hörbarer Warnhinweise daran erinnert werden, die auf dem PAM zur Verfügung stehenden Führungsvorrichtungen auf jeder Tragseil-Führungsebene am Gebäude anzubringen. Beim Heben eines PAM muss das PAM an jeder Tragseil-Führungsebene selbsttätig anhalten. Der/die Bediener muss/müssen dann durch eine Handlung bestätigen, dass die Führungsvorrichtungen vom Gebäude abgenommen wurden, bevor die Aufwärtsbewegung des PAM fortgesetzt werden kann.
- Die Verbindungselemente müssen von einem Bediener im PAM auf sichere und einfache Weise angebracht und abgenommen werden können. Die Elemente müssen unverlierbar sein, so dass sie nicht beim Anbringen oder Abnehmen vom Ankerpunkt herunterfallen können.
- Die Verbindungselemente müssen so konstruiert sein, dass sie beim Anbringen, beim Abnehmen und während des Betriebs die Tragseile nicht beschädigen.
- Es sollte nicht erwartet werden, dass die Bediener zum Anbringen und Abnehmen der Führungsvorrichtungen an einer Gebäudefassade mehr als 750 mm über die Umfangsbegrenzung eines PAM hinausreichen.

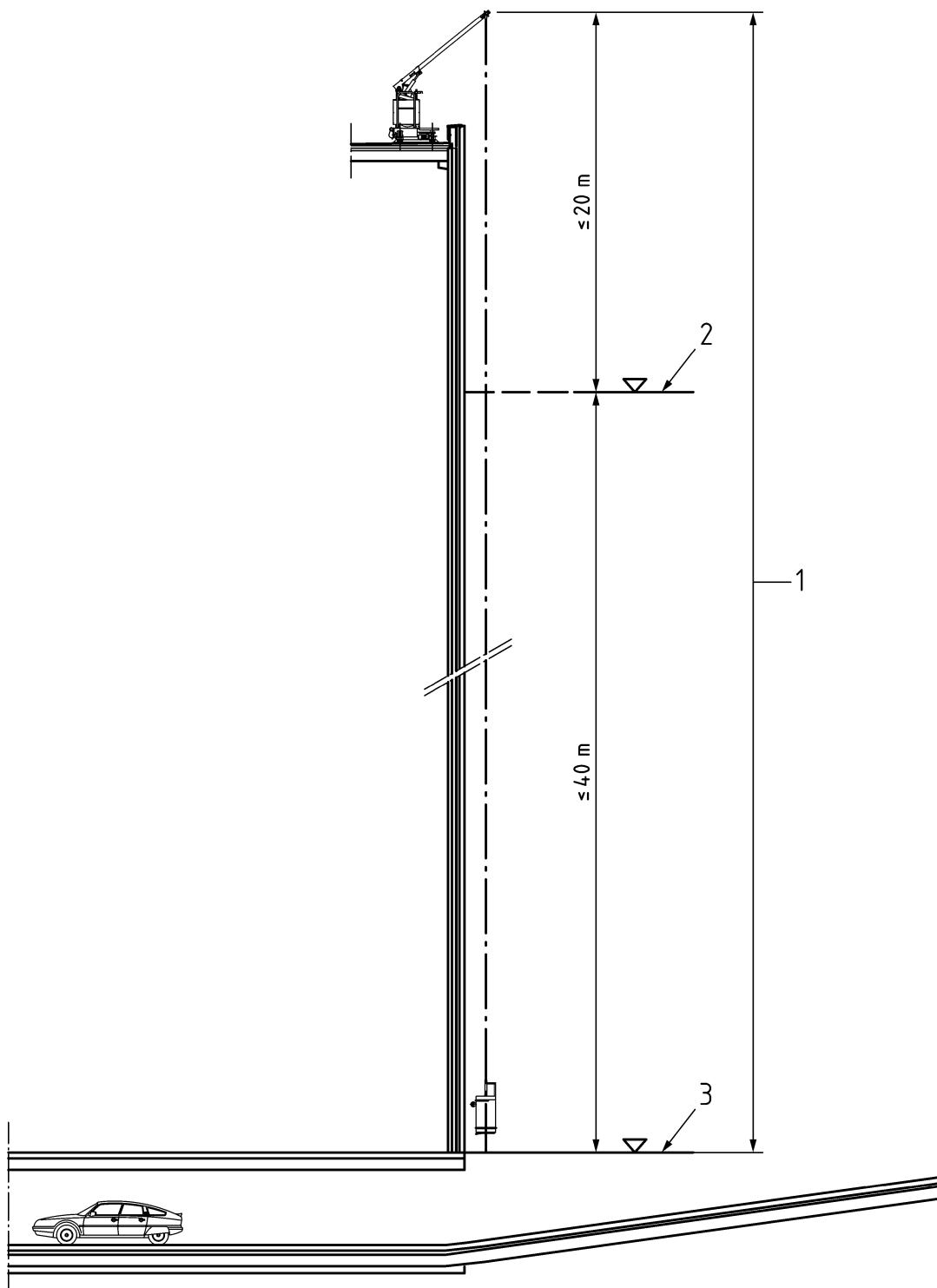


Legende

- 1 Länge des Arbeitsseils (höchstens 40 m)
- 2 Geländehöhe

a) Fassadenaufzug, der ohne seitliche Tragseil-Führungen arbeitet

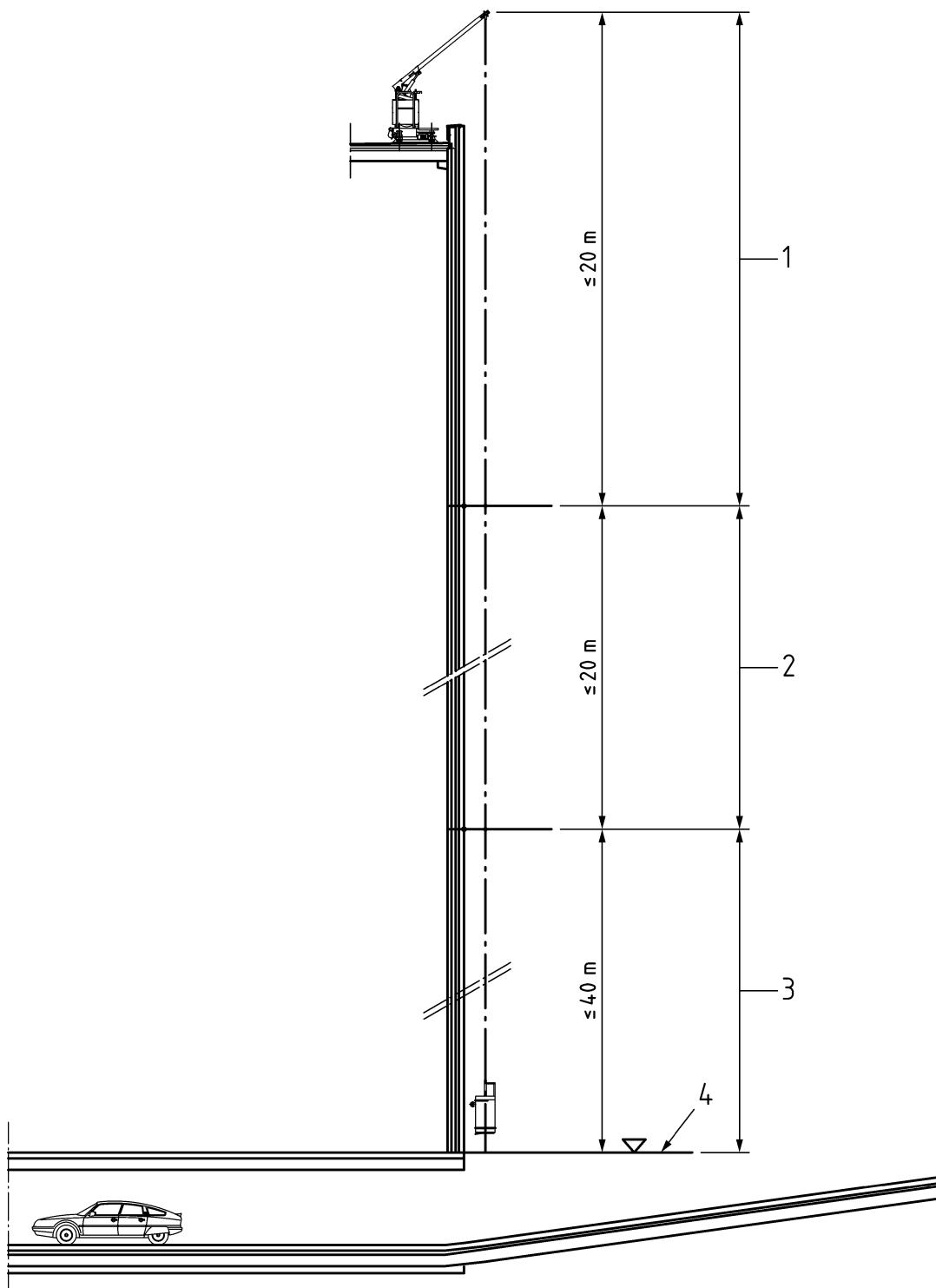
Bild 18 — Typische Tragseil-Führungssysteme (1 von 5)

**Legende**

- 1 Länge des Arbeitsseils (höchstens 60 m)
- 2 Tragseil-Führungs ebene
- 3 Geländehöhe

b) Fassadenaufzug mit einer Tragseil-Führungs ebene

Bild 18 — Typische Tragseil-Führungs systeme (2 von 5)

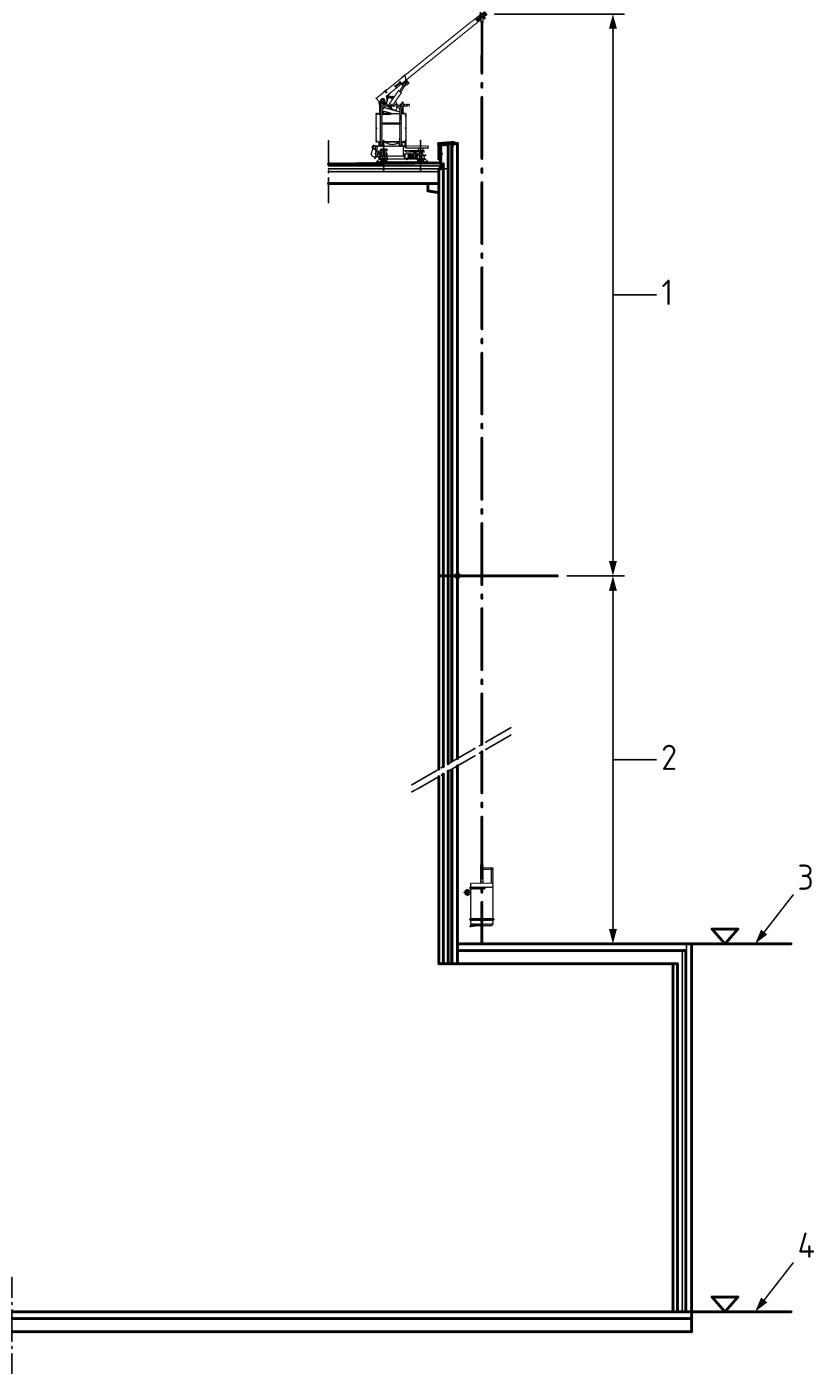


Legende

- 1 Abstand zwischen dem Aufhängepunkt und der höchsten Tragseil-Führungsebene (höchstens 20 m)
- 2 Abstand zwischen den Tragseil-Führungsebenen (höchstens 20 m)
- 3 Abstand zwischen der untersten Tragseil-Führungsebene und der Geländehöhe (höchstens 40 m)
- 4 Geländehöhe

c) Fassadenaufzug mit mehr als einer Tragseil-Führungsebene

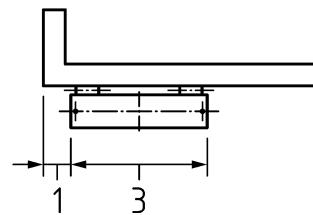
Bild 18 — Typische Tragseil-Führungssysteme (3 von 5)

**Legende**

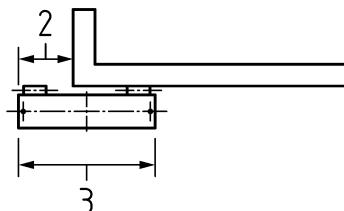
- 1 Abstand zwischen dem Aufhängepunkt und der höchsten Tragseil-Führungsebene (höchstens 20 m)
- 2 Abstand zwischen der untersten Tragseil-Führungsebene oberhalb der Terrasse (höchstens 20 m bzw. 40 m über Geländehöhe)
- 3 Terrassenebene
- 4 Geländehöhe

d) Fassadenaufzug, der über einer niedrigeren Terrassenebene arbeitet

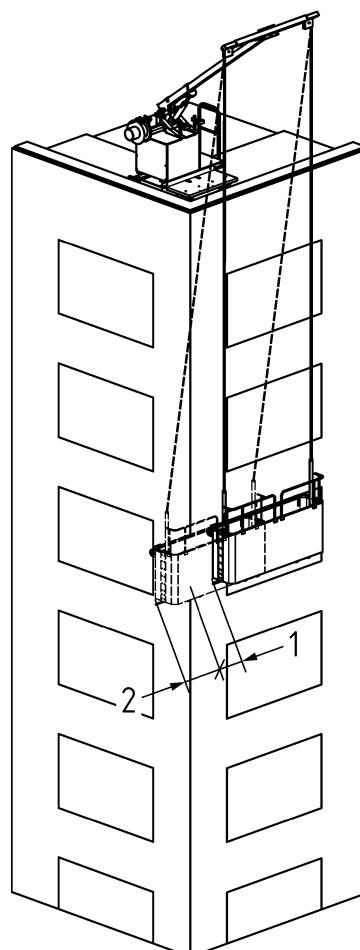
Bild 18 — Typische Tragseil-Führungssysteme (4 von 5)



Situation ohne Wind



Situation bei Windkraft, die auf das PAM wirkt



Legende

- 1 500 mm maximaler Abstand zum Erlangen der Fassadenecke
- 2 maximal 40 % der Plattformlänge
- 3 Länge der Plattform

e) Sonderfall – Anfahren der Gebäudeecke durch das PAM

Bild 18 — Typische Tragseil-Führungssysteme (5 von 5)

7.7.4 Aufstellen strenger Grenzwerte für die zulässige Windgeschwindigkeit

Bei Gebäuden mit einer Höhe von bis zu 60 m können unter bestimmten Umständen Betriebsgrenzwerte für den Gebrauch eines BMU-Systems auf der Grundlage der Windgeschwindigkeit angewendet werden, wenn am PAM keine Fassadenführung angebracht ist. Dieser Ansatz wird jedoch die Zeitdauer, für die ein BMU zur Nutzung zur Verfügung steht, verringern.

In derartigen Fällen sollte die Windgeschwindigkeit fortwährend gemessen und im PAM ein akustischer Alarm aktiviert werden, wenn 95 % der voreingestellten maximalen Arbeits-Windgeschwindigkeit erreicht werden. Eine maximale horizontale Auslenkung von 4 m senkrecht zur Fassade und/oder von 40 % der Länge des PAM parallel zur Fassade sowie eine maximale Rückhaltekraft von 200 N je Arbeiter werden für die Berechnung der zulässigen Betriebshöchstwindgeschwindigkeit für die betreffende Hubhöhe als angemessen betrachtet (siehe Anhang E).

Werden Fassadenaufzüge an Standorten im Freien, die dem Wind ausgesetzt sind, betrieben und beträgt die Arbeitshöhe über 60 m und die Länge des Arbeitsseils über 20 m, muss für das PAM eine Fassadenführung angebracht werden.

Bei temporär hängenden Personenaufnahmemitteln (TSP) mit einer Hubhöhe von über 40 m, die an Standorten montiert sind, an denen Windgeschwindigkeiten über 14 m/s zu erwarten sind, ist eine Fassadenführung des PAM vorzusehen oder es sind weitere Maßnahmen umzusetzen, mit denen die Risiken durch diese Gefährdung verringert werden können.

7.7.5 Weitere Fassadenführungen

Weitere Systeme zur Führung des PAM dürfen unter der Voraussetzung eingesetzt werden, dass die oben genannten allgemeinen Parameter eingehalten werden.

7.8 Wandrollen und Puffer auf dem PAM

PAM müssen an ihrer/ihren Arbeitsfläche(n) mit einem Fassadenschutz versehen sein. Dieser kann die Form von Pufferrollen oder Kufen haben (siehe Bild 3 und 4).

Dieser Fassadenschutz hat zwei Funktionen:

- er verringert das Risiko, dass das PAM sich dreht und übermäßig pendelt;
- er verringert das Risiko, dass die Fassade des Gebäudes beschädigt wird.

7.9 PAM an einer schießen Ebene

7.9.1 Es gelten zusätzliche Anforderungen, wenn an Drahtseilen aufgehängte Aufhängekonstruktionen für PAM an einer schießen Ebene betrieben werden.

7.9.2 Das PAM muss mit Rollen ausgestattet werden, die an der schießen Ebene abrollen. Anzahl und Lage der Rollen müssen den maximalen Kräften entsprechen, für die das PAM ausgelegt ist. Anzahl und Lage der Rollen müssen so sein, dass das PAM während des Gebrauchs in einer standsicher bleibt.

7.9.3 Konstruktionsbedingt muss die Bodenfläche des PAM mit einer Toleranz von $\pm 8^\circ$ in sowohl in Längs- als auch in Querrichtung horizontal ausgerichtet bleiben, wenn sich das PAM an einer schießen Ebene bewegt.

7.9.4 Das Hubsystem und der/die zugehörige(n) Drahtseilwickler müssen so konstruiert sein, dass Tragseil bzw. Sicherheitsseil immer gespannt sind. Das Absenken muss sofort gestoppt werden, wenn Schlaffseil auftritt.

7.9.5 Geht am Ende der schießen Ebene die Fassade senkrecht nach unten weiter, muss das Ende der schießen Ebene durch einen Endschalter erkannt und ein weiteres Absenken verhindert werden.

7.9.6 Das SAE muss mit einer Vorrichtung versehen sein, die dem Personal ein sicheres Verlassen des PAM im Falle eines Energieausfalls ermöglicht.

7.9.7 Die Standsicherheitsberechnungen für die Aufhängekonstruktion müssen Stärke und Richtung der vom PAM während der Arbeit an einer geneigten Fassade ausgeübten Kräfte berücksichtigen.

8 Hubsysteme

8.1 Allgemeines

8.1.1 Hubsystem

Ein Hubsystem für SAE besteht im Allgemeinen aus (einem) Hubwerk(en), Drahtseilen, Rollen und Führungen sowie den zugehörigen Antriebssystemen und sicherheitstechnischen Teilen.

SAE müssen mit Hilfsmitteln zur Aufzeichnung des Nutzungsumfangs, den das Hubsystem bereits geleistet hat, ausgestattet sein.

8.1.2 Rollen

Der kleinste Durchmesser von Rollen, Trommeln und Treibscheiben wird durch folgende Gleichung angegeben:

$$D \geq H \times d \quad (20)$$

Dabei gilt

$$H \geq 20 \text{ für kraftbetriebene Hubwerke}$$

$$H \geq 18 \text{ für handbetriebene Hubwerke}$$

Für unbelastete Rollen oder wenn der Ablenkwinkel kleiner als 5° ist, darf das Mindestdurchmesserverhältnis H auf 10 verringert werden.

Die Betriebsgeschwindigkeit eines Seils darf nicht höher als 0,3 m/s sein.

8.1.3 Mechanische Kraftübertragung

Die mechanische Kraftübertragung zwischen Motor, Bremse, Getriebe, Trommel und/oder Antriebssystem muss formschlüssig sein und darf im Betrieb nicht von Reibungskräften abhängen.

8.1.4 Bewegliche Teile

Alle beweglichen Teile des Hubwerks müssen gegen Berührung geschützt sein. Für Hinweise siehe EN ISO 13849-1.

8.1.5 Drahtseilführungen

Das Hubsystem muss so konstruiert sein, dass die Drahtseile geführt durch das/die Hubwerk(e), Sicherheitsvorrichtung(en) und Rollen laufen, um zu verhindern, dass die Drahtseile ihren vorgesehenen Weg verlassen.

8.1.6 Betriebsbremsen

8.1.6.1 Ein Hubwerk muss mit einer Betriebsbremse ausgestattet sein, die selbsttätig anspricht bei:

- einer Unterbrechung der auf Kurbel oder Hebel ausgeübten Handkraft;
- einem Ausfall der Energieversorgung;
- einem Ausfall der Stromversorgung für den Steuerkreislauf.

8.1.6.2 Ein selbsthemmendes Getriebe wird nicht als Bremse angesehen.

8.1.6.3 Die Betriebsbremse muss in der Lage sein, das mit Bemessungsgeschwindigkeit bewegte und mit der 1,25fachen maximalen Betriebslast *WLL* beaufschlagte PAM innerhalb von 10 cm zu stoppen.

8.1.6.4 Für die Bremsbeläge müssen nichtbrennbare Werkstoffe verwendet werden.

8.1.6.5 Bremsklötzte/Bremsbacken und Bremsbeläge müssen durch Abdeckungen gegen das Eindringen von Schmiermitteln, Wasser, Staub und anderen Verunreinigungen geschützt sein.

8.2 Handbetriebene Hubwerke

8.2.1 Allgemeines

8.2.1.1 Ein handbetriebenes Hubwerk muss so konstruiert sein, dass zum Heben oder Senken der Last eine Kraft auf die Kurbel oder den Hebel einwirken muss.

8.2.1.2 Ein handbetriebenes Hubwerk muss mit einer Vorrichtung versehen sein, die ein unkontrolliertes Bewegen oder Absenken verhindert. Unter unkontrollierter Bewegung wird eine Bewegung von mehr als 1/4 Kurbelumdrehung oder mehr als 10° Hebelbewegung verstanden.

8.2.2 Kurbelbetriebene Hubwerke

8.2.2.1 Die von Getriebeuntersetzung und Handkurbel ermöglichte Kraftübertragung muss so eingeschränkt werden, dass durch eine am Ende der Handkurbel aufgebrachte Kraft von 625 N eine Last von höchstens 2,5facher maximaler Betriebslast *WLL* angehoben werden kann.

8.2.2.2 Die zum Anheben der maximalen Betriebslast *WLL* des Hubwerks am Ende der Kurbel aufgebrachte maximale Kraft darf nicht höher als 250 N sein.

8.2.3 Hebelbetriebene Hubwerke

8.2.3.1 Die von Getriebeuntersetzung und Hebel ermöglichte Kraftübertragung muss so eingeschränkt werden, dass durch eine am Ende des Hebels aufgebrachte Kraft von 1 kN eine Last von höchstens 2,5facher maximaler Betriebslast *WLL* angehoben werden kann.

8.2.3.2 Die zum Anheben der maximalen Betriebslast *WLL* des Hubwerks am Ende des Hebels aufgebrachte maximale Kraft darf nicht höher als 400 N sein.

8.3 Kraftbetriebene Hubwerke

8.3.1 Antrieb

8.3.1.1 Ein kraftbetriebenes Hubwerk muss so konstruiert werden, dass es beim Heben und Senken kraftbetrieben arbeitet.

8.3.1.2 Ein Hubwerk muss in der Lage sein, eine Last von mindestens 125 % seiner Betriebslast *WLL* anzuheben oder abzusenken. Kann ein Hubwerk eine Last von mehr als 250 % seiner Betriebslast *WLL* heben, ohne zu blockieren, so muss eine zusätzliche Sicherheitseinrichtung (zusätzlich zur Überlasteinrichtung) eingebaut werden, z. B. eine Überlaststrombegrenzung, thermischer Überlastschutz oder Drehmomentbegrenzung.

8.3.2 Elektromechanische Betriebsbremsen

ANMERKUNG Zusätzlich zu 8.1.6 gelten folgende Anforderungen:

8.3.2.1 Unter Betriebsbedingungen muss die Bremse durch einen kontinuierlichen Stromfluss offen gehalten werden. Durch eine unabhängige elektrische Einrichtung muss dieser Stromfluss unterbrochen werden. Wenn die Magnete der Bremse durch Gleichstrom gespeist werden, muss ein unabhängiger elektrischer Kontakt eingebaut werden, um die Gleichstromversorgung zu unterbrechen.

8.3.2.2 Kann der Elektromotor des Hubwerks als Generator arbeiten, darf die elektrische Bremslüftung nicht vom Antriebsmotor gespeist werden. Der Bremsvorgang muss innerhalb von 0,3 Sekunden nach Öffnen des Bremslüftstromkreises wirksam werden.

8.3.2.3 Die Bremswirkung muss durch Druckfedern erzeugt werden. Diese Federn müssen geführt sein und dürfen nicht mit mehr als 80 % der elastischen Torsionsgrenze des Werkstoffs belastet werden. Bandbremsen sind nicht zugelassen.

8.3.3 Pneumatische und hydraulische mechanische Betriebsbremsen

ANMERKUNG Zusätzlich zu 8.1.6 und 8.3.2.3 gelten die folgenden Anforderungen:

8.3.3.1 Unter Betriebsbedingungen ist zum Offthalten der Bremse dauernd ein Flüssigkeitsdruck erforderlich.

8.3.3.2 Die Bremsen müssen so konstruiert sein, dass ein unbeabsichtigtes Absenken eines PAM verhindert wird. Die Bremse darf erst öffnen, wenn das vom Motor entwickelte Drehmoment hoch genug ist, das PAM zu halten.

8.3.4 Antriebsloses Absenken

8.3.4.1 Alle Hubwerke müssen ein handbetriebenes System besitzen, das bei Spannungsausfall ein kontrolliertes Absenken des PAM innerhalb einer angemessen Zeitspanne gestattet. Dieses System muss für den/die Bediener auf dem Dach oder der Arbeitsbühne leicht zu erreichen sein.

8.3.4.2 Das manuelle Absenken muss dem Totmannprinzip entsprechen, wobei mindestens 20 % der üblichen Laufgeschwindigkeit des unter Last stehenden Hubwerks erreicht wird.

8.3.4.3 Beim antriebslosen Absenken darf ein Fliehkraftregler zur Geschwindigkeitssteuerung eingesetzt werden. Die kontrollierte Absenkgeschwindigkeit muss niedriger sein als die Auslösegeschwindigkeit der Sicherheitsvorrichtung. In derartigen Fällen muss eine Prüfung der Sicherheitsvorrichtung möglich sein.

8.3.4.4 Bei Dachhubwerken mit zwei unabhängigen Antrieben muss das antriebslose Absenken konstruktiv so vorgesehen sein, dass jede Neigung des PAM in Längsrichtung auf 14° begrenzt ist.

8.3.4.5 Das System zum antriebslosen Absenken muss so konstruiert sein, dass verhindert wird, dass Körperteile eingeklemmt oder getroffen werden können (zum Beispiel geschlossenes Handrad, elektrische Überwachung, Energieabschaltung bei Verwendung der Handkurbel).

8.3.4.6 Beim antriebslosen Absenken muss die Sicherheitsvorrichtung jederzeit wirksam sein.

8.3.5 Hubkraftbegrenzer

8.3.5.1 Um bei einem Überladen eine Gefährdung von Personen oder eine Beschädigung von Maschinen zu verhindern, müssen alle SAE mit einem Hubkraftbegrenzer ausgestattet sein. Diese Vorrichtung erfasst die Belastung des PAM durch Personen, Geräte und Material.

8.3.5.2 Jedes Hubwerk muss mit einem Hubkraftbegrenzer ausgestattet sein.

8.3.5.3 Unter Betriebsbedingungen muss eine Überlast erkannt werden, wenn das PAM angehoben oder abgesenkt wird oder steht.

8.3.5.4 Bei Fassadenaufzügen (BMU) muss/müssen der/die Hubkraftbegrenzer spätestens auslösen, wenn die 1,25fache PAM-Bemessungslast (*RL*) erreicht ist.

8.3.5.5 Bei temporär hängenden PAM muss/müssen der/die Hubkraftbegrenzer spätestens auslösen, wenn die 1,25fache maximale Betriebslast (*WLL*) des/der Hubwerke(s) erreicht wird bzw. bei Minderung der maximalen Betriebslast des/der Hubwerke(s), wenn das 1,25fache der geminderten *WLL* erreicht wird.

8.3.5.6 Hat der Hubkraftbegrenzer ausgelöst, müssen mit Ausnahme der Absenkbewegung alle Bewegungen solange verhindert werden, bis die Überlast entfernt worden ist.

8.3.5.7 Eine Überlastanzeige muss den/die Bediener auf dem PAM ununterbrochen sichtbar oder hörbar warnen, wenn der Hubkraftbegrenzer aktiviert ist.

8.3.5.8 Die Einstellelemente für die voreingestellte Ansprechgrenze von Hubkraftbegrenzern müssen gegen unbefugtes Verstellen gesichert werden.

8.3.5.9 Hubkraftbegrenzer müssen so konstruiert sein, dass die in dieser Norm geforderten statischen und dynamischen Prüfungen durchgeführt werden können.

8.3.5.10 Der Hubkraftbegrenzer muss im Lastbereich bis zur 1,6fachen maximalen Betriebslast *WLL* des Hubwerks arbeiten. Der Hubkraftbegrenzer muss ohne bleibende Schäden eine statische Last bis zur dreifachen maximalen Betriebslast *WLL* des Hubwerks aushalten können.

8.3.6 Nulllast-Vorrichtungen

SAE mit Dachhubwerken müssen mit einer Vorrichtung ausgestattet sein, die das Absenken des PAM stoppt, sobald eine Nulllast-Situation eintritt.

8.3.7 Seil-Ende-Schalter bei Dachhubwerken

Seil-Ende-Schalter müssen das PAM anzuhalten, wenn am Hubwerk die Mindestseillänge (wie in 8.4.4 und 8.6.2 c) festgelegt) erreicht ist.

8.3.8 Einhalten der Längsneigung eines PAM (Schräglagenüberwachung)

8.3.8.1 Allgemeines

Hubeinrichtungen mit zwei oder mehr voneinander unabhängigen Hubwerken müssen mit einer selbsttätig wirkenden Vorrichtung ausgerüstet sein, welche die Längsneigung des PAM auf 14° aus der Horizontalen begrenzt. Diese Vorrichtungen können entweder elektrisch oder mechanisch betrieben werden.

8.3.8.2 Elektrische Schräglagenüberwachung

Bei Auslösung muss die elektrische Schräglagenüberwachung:

- beim Heben den Motor des oberen Hubwerks anhalten;
- beim Senken den Motor des unteren Hubwerks anhalten.

8.3.8.3 Mechanische Schräglagenüberwachung

Bei SAE mit PAM-Hubwerken könnte eine Lösung in der Verwendung von Fangvorrichtungen bestehen, welche die Neigung des PAM selbsttätig auf 14° begrenzen. Diese Geräte arbeiten selbstständig und benötigen kein elektrisches Ausgabesignal aus den sicherheitsbezogenen Teilen des Steuersystems.

8.3.9 Erkennen von Hindernissen

SAE müssen mit Vorrichtungen ausgestattet sein, die das Absenken des PAM stoppen, wenn es auf ein Hindernis trifft. Dies wird erreicht durch folgende Einrichtungen:

- a) Bei Fassadenaufzügen (BMU) müssen Hindernisschutzeinrichtungen verwendet werden (siehe Bild 3b) und Bild 4b));
- b) Bei temporär hängenden PAM (TSP) muss eine Vorrichtung verwendet werden, die selbsttätig eingreift, wenn die Bühne leer ist und/oder die Neigung der Bühne aus der Horizontalen mehr als 14° beträgt, und die autark wirkt (z. B. kein elektrisches Signal aus den sicherheitsbezogenen Teilen des Steuersystems benötigt).

Ein oben angebrachter Kollisionsschutz-Taster oder eine andere derartige Vorrichtung ist erforderlich, wenn eine mögliche Gefährdung durch eine überhängende Konstruktion besteht.

8.3.10 Endschalter für Heben und Senken

8.3.10.1 Endschalter für Heben sind erforderlich und müssen so angeordnet sein, dass sie das PAM selbsttätig am höchsten Punkt anhalten. Die Aufwärtsbewegung muss gestoppt sein, ehe der Notendschalter für Heben betätigt wird. Endschalter für Heben dürfen im SAE-Steuersystem verwendet werden, um das Schwenken, Verfahren und Wippen der Aufhängekonstruktion sowie das Teleskopieren oder Schwenken der Auslegerarme zu verhindern oder freizugeben.

8.3.10.2 Endschalter für Senken sind erforderlich und müssen so angeordnet sein, dass sie das PAM selbsttätig am tiefsten Punkt anhalten. Ist der niedrigste Punkt der Erdboden oder eine andere tragfähige Fläche, wird eine Kollisionsschutzeinrichtung als Endschalter für Senken angesehen. Am tiefsten Punkt muss der Stoppvorgang eingeleitet werden, ehe die Seil-Ende-Schalter aktiviert werden (siehe 8.3.7).

8.3.10.3 Notendschalter für Heben sind erforderlich und müssen so angeordnet sein, dass das PAM vollständig anhält, ehe es den obersten Punkt des Tragseils erreicht hat. Nachdem irgendeiner dieser Notendschalter für Heben angesprochen hat, darf weder Heben noch Senken möglich sein, bis durch eine sachkundige Person Korrekturmaßnahmen ergriffen wurden.

8.3.10.4 Endschalter und Notendschalter für Heben müssen konstruktiv getrennte und voneinander unabhängige Einrichtungen sein.

8.3.10.5 Für temporär hängende PAM (TSP), die an einer stationären Aufhängekonstruktion angehängt sind, sind Notendschalter für Heben vorzusehen. Für TSP, die auf dem Erdboden aufgebaut werden, sind keine Endschalter für Senken erforderlich.

8.4 Trommelhubwerke

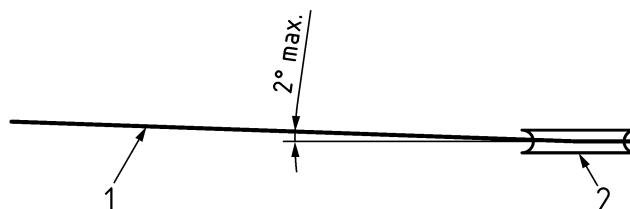
8.4.1 Sicherung gegen Ablaufen

8.4.1.1 Die Trommeln und ihre Zusatzeinrichtungen müssen so konstruiert sein, dass sichergestellt ist, dass die Drahtseile nicht seitlich von der Trommel ablaufen können, wenn sie schlaff werden.

8.4.1.2 Die Drahtseile müssen gleichmäßig auf die Trommel gewickelt werden (z. B. mithilfe von Wickelvorrichtungen).

8.4.1.3 Ablenkwinkel

Der in Bild 19 dargestellte maximale Ablenkwinkel darf nicht größer als 2° sein oder muss andererfalls entsprechend der Hubwerksgeometrie berechnet werden.



Legende

- 1 Drahtseil
- 2 Umlenkrolle

Bild 19 — Ablenkwinkel

8.4.2 Trommelrillen

Seiltrommeln müssen gerillt sein, entweder maschinell bearbeitet oder mit einer maximalen Rauheit von $R_a = 12,5 \mu\text{m}$.

8.4.3 Hubwerkstrommel

Es muss eine Vorrichtung vorhanden sein, die das Hubwerk stoppt, wenn das Seil ungleichmäßig aufgewickelt wird.

Die Drahtseil-Speichertrommel(n) muss/müssen mit Bordscheiben versehen werden. Die Bordscheiben müssen um mindestens den 1,5fachen Drahtseildurchmesser über die äußerste Drahtseillage überstehen.

8.4.4 Ende der Abwärtsbewegung

Ist bei einem kraftbetriebenen Hubwerk das PAM an der tiefsten Stelle angelangt, muss die Abwärtsbewegung selbsttätig gestoppt werden. An dieser Stelle müssen sich dann auf der Trommel mindestens noch zwei vollständige Seilwindungen befinden, ehe der Befestigungspunkt des Seils an der Trommel erreicht wird.

8.5 Treibscheibenhubwerke

8.5.1 Zugkraft

Das Hubwerk muss so konstruiert sein, dass das Drahtseil beim Heben und Senken einer Last von mindestens der 1,5fachen maximalen Betriebslast *WLL* im Antriebssystem weder rutscht noch kriecht (siehe auch 8.9).

Ein Treibscheibenhubwerk muss so ausgelegt werden, dass zur Erzeugung der für Heben und Senken der Last notwendigen Kraft auf das unbelastete Seilende keine Vorspannkraft aufgebracht werden muss.

8.5.2 Rillen in der Treibscheibe

Treibscheiben müssen gerillt sein mit einer Rauheit von $R_a \leq 6,3 \mu\text{m}$. Die Treibscheibe eines Hubwerks muss so konstruiert sein, dass sie Typ und Durchmesser des für den Einsatz mit dem Hubwerk vorgesehenen Drahtseils entspricht.

8.6 Kraftbetriebene Drahtseilwickler

8.6.1 Sicherheit gegen Ablaufen

8.6.1.1 Der maximale Ablenkwinkel muss so gewählt werden, dass die Drahtseile sicher aufgewickelt werden. Wenn kein zusätzliches Führungssystem vorgesehen wird, darf der Ablenkwinkel 5° nicht überschreiten.

8.6.1.2 Die Seiltrommel muss aus diesem Grund mit Bordscheiben versehen werden. Die Bordscheiben müssen um mindestens den 1,5fachen Drahtseildurchmesser über die äußerste Drahtseillage überstehen.

8.6.2 Dachhubwerk

Bei einem Dachhubwerk müssen die folgenden zusätzlichen Anforderungen erfüllt werden:

- Für die Trag- und Sicherheitsseile müssen Drahtseilwickler vorgesehen werden.
- Das/die Hubwerk(e) muss/müssen selbsttätig stoppen, wenn der zugehörige Drahtseilwickler nicht ordnungsgemäß arbeitet (z. B. wenn Schlaffseil entsteht oder das Drahtseil nur auf einer Seite des Wicklers aufgewickelt wird).
- Es muss ein Seil-End-Schalter vorhanden sein, der sicherstellt, dass, wenn ein PAM in Betrieb ist, das Drahtseil nicht vollständig aus der Treibscheibe läuft und dadurch das Hubwerk ausgeschert wird.

8.7 Doppeltreibtrommel-Hubwerk

8.7.1 Ein Doppeltreibtrommel-Hubwerk muss so konstruiert werden, dass es Typ und Durchmesser des für den Einsatz mit dem Hubwerk vorgesehenen Drahtseils entspricht.

8.7.2 Ein Doppeltreibtrommel-Hubwerk muss so konstruiert werden, dass die Vorspannkraft am unbelasteten Seilende unter allen Bedingungen aufrechterhalten bleibt (z. B. durch formschlüssige Kraftübertragung zwischen Hubwerk und Wickler).

Die Seiltrommel(n) muss/müssen mit Bordscheiben versehen werden. Die Bordscheiben müssen um mindestens den 1,5fachen Drahtseildurchmesser über die äußerste Drahtseillage überstehen.

8.8 Schreithubwerke

8.8.1 Ein Schreithubwerk muss so konstruiert werden, dass immer ein Klemmbackenpaar kraftschlüssig mit dem Tragseil verbunden ist, einschließlich bei Bewegungen in beide Richtungen.

8.8.2 Das Hubwerk muss mit einer Einrichtung ausgestattet sein, die ein Freischalten der Backen erlaubt, um das Seil in das Hubwerk einführen zu können. Durch einen Hebel, der von den Bedienhebeln für Vorwärts- und Rückwärtsbetrieb unabhängig ist, muss diese Einrichtung betätigt werden. Kann die Einrichtung unter Last gelöst werden, ist eine Verriegelungsvorrichtung vorzusehen, die ein unbeabsichtigtes Lösen verhindert.

8.8.3 Ein handbetriebenes Schreithubwerk muss mit einer Vorrichtung versehen sein, welche die auf den Hebel wirkende Kraft begrenzt. Die Möglichkeit, das PAM anzuheben, wenn diese Vorrichtung aktiviert ist, muss verhindert werden. Diese Vorrichtung darf höchstens auf die doppelte maximale Betriebslast (*WLL*) des Hubwerks eingestellt sein. Ein Senken des PAM muss noch möglich sein.

8.8.4 Bei einem kraftbetriebenen Schreithubwerk mit einer Hubgeschwindigkeit von weniger als 1 m/min muss die für die Drahtseilprüfung geforderte Anzahl von Hubwerk-Betriebszyklen genauso groß sein wie bei einem handbetriebenen Schreithubwerk.

8.9 Sicherheitsvorrichtungen

8.9.1 Allgemeines

Um den Absturz eines PAM zu verhindern, müssen Seilaufhängesysteme und Sicherheitsvorrichtungen so aufgebaut werden, dass sie ein zusammenhängendes System bilden. Diese Anforderung muss durch einen der folgenden Punkte erfüllt werden:

- a) Ein Einseiltragsystem mit einer Fangvorrichtung, die das PAM im Falle eines Defektes am Tragseil oder Hubwerk halten kann.
- b) Bei Ausfall eines Drahtseils bei einem Zweiseiltragsystem muss das verbleibende Drahtseil das PAM halten können. Bei Ausfall des Hubwerkes muss die Sicherheitsbremse das PAM stoppen und halten können.

8.9.2 Fangvorrichtung

8.9.2.1 Die Fangvorrichtung muss selbsttätig eingreifen bei einem Defekt des Tragseils, bei zu hoher Geschwindigkeit (mehr als 0,5 m/s) beim Senken des PAM oder wenn die Neigung des PAM mehr als 14° beträgt;

8.9.2.2 Eine Fangvorrichtung muss so konstruiert sein, dass sie den dynamischen Lastkoeffizienten S_d auf einen möglichst niedrigen Wert begrenzt. Die in B.1.4 genannten Werte müssen als Höchstwerte betrachtet werden.

8.9.2.3 Eine Fangvorrichtung darf nicht zum Stoppen des PAM unter normalen Betriebsbedingungen bestimmt sein.

8.9.2.4 Eine Fangvorrichtung muss mechanisch ausgelöst werden.

8.9.2.5 Eine Fangvorrichtung muss geprüft und rückgestellt werden können. Die Fangvorrichtung muss zerstörungsfrei arbeiten und nach dem Rückstellen sofort wieder betriebsbereit sein.

8.9.2.6 Die Fangvorrichtung muss so konstruiert sein, dass sie unter Last nicht von Hand gelöst werden kann. Nach dem Ansprechen der Fangvorrichtung muss jedoch ein Heben des PAM durch das Hubwerk möglich sein.

8.9.3 Sicherheitsbremsen

8.9.3.1 8.1.6.4, 8.1.6.5 und 8.3.2.3 beziehen sich auf die Betriebsbremse, sind jedoch auch auf die Sicherheitsbremse anwendbar (bei Sicherheitsbremsen, deren Bremswirkung durch Druckfedern erzeugt wird).

8.9.3.2 Eine Sicherheitsbremse muss selbsttätig eingreifen, wenn beim Senken des PAM die zulässige Geschwindigkeit überschritten wird (mehr als 0,5 m/s).

8.9.3.3 Eine Sicherheitsbremse muss so konstruiert sein, dass sie den dynamischen Lastkoeffizienten S_d auf einen möglichst niedrigen Wert begrenzt. Die in B.1.5 genannten Werte müssen als Höchstwerte betrachtet werden.

8.9.3.4 Eine Sicherheitsbremse darf nur zum Stoppen und Halten des PAM bei zu hoher Geschwindigkeit benutzt werden.

8.9.3.5 Eine Sicherheitsbremse muss mechanisch wirken.

8.9.3.6 Bei einem kraftbetriebenen Hubwerk muss die Sicherheitsbremse mit einem Endschalter ausgestattet sein, der die Hauptstromversorgung unterbricht.

8.9.3.7 Die Sicherheitsbremse muss geprüft und rückgestellt werden können. Sie muss so konstruiert sein, dass sie unter Last nicht gelöst werden kann. Die Sicherheitsbremse muss zerstörungsfrei arbeiten und nach dem Rückstellen sofort wieder betriebsbereit sein.

8.9.3.8 Die eingestellte Auslösegeschwindigkeit einer Sicherheitsbremse muss gegen unbefugtes Rückstellen geschützt sein (z. B. durch Plombieren).

8.9.3.9 Nachdem das PAM durch die Sicherheitsbremse gestoppt wurde, darf die maximale Neigung der PAM-Bodenfläche nicht mehr als 14° betragen.

8.10 Seilrollen

8.10.1 Es muss verhindert werden, dass Seile aus den Rillen springen.

8.10.2 Der Abstand zwischen dem Außendurchmesser der Seilrolle und der Aussetzvorrichtung darf nicht größer als der 0,3fache Seildurchmesser sein.

8.10.3 Die Seirlinnen von Seilrollen müssen einen Radius haben, der zwischen dem 0,52fachen und dem 0,65fachen Nenndurchmesser des Seils liegt.

8.10.4 Der Öffnungswinkel der Seilrollen muss symmetrisch sein und zwischen 30° und 55° liegen.

8.10.5 Die Tiefe der Rillen darf nicht kleiner als der 1,4fache Seildurchmesser sein.

8.10.6 Die Seilauflaufpunkte an den Seilrollen müssen gesichert und abgedeckt werden, so dass ein Einziehen von Händen oder Fingern verhindert wird.

8.10.7 Die Rille der Seilrolle darf eine Rauheit R_a von höchstens $6,3 \mu\text{m}$ besitzen.

8.10.8 Gemessen von der Mittellinie, darf der Ablenkwinkel nicht größer als 4° sein, oder muss entsprechend der Systemgeometrie berechnet werden.

8.11 Drahtseile

8.11.1 Allgemeines

Das PAM muss an Stahldrahtseile gehängt werden, die verzinkt sind oder eine vergleichbare Korrosionsbeständigkeit aufweisen.

8.11.2 Drahtseildurchmesser

Das Drahtseil muss einen Mindestdurchmesser von 6 mm aufweisen. Das Sicherheitsseil muss den gleichen oder einen größeren Durchmesser aufweisen als das Tragseil.

8.11.3 Drahtseilendbefestigungen

Endbefestigungen von Drahtseilen müssen mit metallisch vergossenen Seihülsen, Seilschlössern, Spleißen, Pressklemmen oder anderen Systemen mit gleicher Sicherheit hergestellt werden. Drahtseilklemmen dürfen nicht als Endbefestigung verwendet werden, wenn ihr Versagen zu einer Beeinträchtigung der Sicherheit führen würde.

8.11.4 Revisionseinrichtungen

An geeigneten Stellen angebrachte Kontrollluken sind vorzusehen, um Sichtprüfungen von Stahldrahtseilen und Seilendbefestigungen zu ermöglichen, ohne dass dafür die Seile entfernt oder größere tragende Teile der SAE-Konstruktion abgebaut werden müssen.

8.12 Material-(Hilfs-)Hubwerke

Die meisten SAE-Einrichtungen werden ausschließlich mit PAM verwendet. Aus sicherheitstechnischen und ergonomischen Gründen wird nicht empfohlen, dass auf einem PAM arbeitende Personen mit Lasten, die eine Masse von mehr als 25 kg aufweisen, umgehen.

SAE können ebenso in Verbindung mit einem Material-(Hilfs-)Hubwerk verwendet werden.

Bei BMU-Einrichtungen, die zur Ausführung künftiger Instandhaltungsarbeiten an der Fassade oder aus anderen Gründen über ein eingebautes Material-(Hilfs-)Hubwerk verfügen, muss bei der Konstruktion der Aufhängekonstruktion und des zugehörigen Schienensystems die Größe und Masse aller möglichen zusätzlichen Lasten sowie die Auswirkungen, die diese Lasten auf die Festigkeit und Standsicherheit des Gesamtsystems haben, berücksichtigt werden.

Bei der Konstruktion von SAE, die in Verbindung mit einem Material-(Hilfs-)Hubwerk verwendet werden sollen, sollten folgende zusätzlichen Gefährdungen in Betracht gezogen werden:

- unvorhergesehene Bewegungen des PAM sowie die Last auf das Materialhubwerk durch Windkräfte, wodurch es zu möglichen Gefährdungen durch Stoßbeanspruchung, Scheren, Schneiden und Quetschen kommen kann;
- Absturz der Last auf das PAM oder auf Personen am Boden.

Für alle SAE sind folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Die maximale Hublast des Materialhubwerks ist auf 1 000 kg zu begrenzen.
- Der Haken des Materialhubwerks ist deutlich mit der maximalen Hublast des Materialhubwerks zu kennzeichnen und mit dem Hinweis zu versehen, dass das Heben von Personen mit dem Materialhubwerk verboten ist. Ebenso ist das PAM mit der maximalen Hublast des Materialhubwerks zu kennzeichnen.
- Die beteiligten Parteien sollten die maximal auf die Gebäudekonstruktion aufzubringenden Lasten (einschließlich der abhebenden) ermitteln (siehe Einleitung).
- Am Materialhubwerk muss ein Hubkraftbegrenzer montiert werden, der so eingestellt wird, dass das Materialhubwerk bei nicht mehr als 125 % der maximalen Hublast des Materialhubwerks betrieben wird. Sobald der Hubkraftbegrenzer ausgelöst wird, muss er alle Bewegungen mit Ausnahme des Absenkens des PAM und/oder des Hubwerks abschalten, bis die Überlast beseitigt ist.
- Die zur Verwendung des Materialhubwerks maximal zulässige Windgeschwindigkeit ist auf der Grundlage einer Rückhaltekraft von 200 N je Person auf dem PAM zu bestimmen.
- Es sind Standsicherheits- und Festigkeitsberechnungen für das Hubsystem einschließlich des Materialhubwerks nach Tabelle 9 oder Tabelle 10 und Tabelle 11 oder Tabelle 12 durchzuführen.
- Bei Aktivierung einer Not-Halt-Einrichtung müssen das Materialhubwerk und das PAM anhalten.

- Das Materialhubwerkssystem muss über eine Einrichtung verfügen, die im Falle eines Stromausfalls ein geregeltes Absenken der angehängten Last oder ihre Beförderung an einen sicheren Ort ermöglicht. Dieses System muss, wenn das SAE in Betrieb ist, jederzeit zugänglich sein.

Für BMUs mit am Dach montierten Hubwerken müssen folgende zusätzlichen Anforderungen erfüllt werden:

- Ein elektrisches Steuergerät, das mindestens Kategorie 1 nach EN ISO 13849-2:2012 entspricht, ist zu montieren, um zu verhindern, dass die Unterseite der Last über den Handlauf des PAM angehoben wird. Wird diese Vorrichtung betätigt, ist die Korrektur der relativen Positionen des PAM oder Materialhubwerks die einzige zulässige Bewegung.
- Die Höchstgeschwindigkeit des Materialhubwerks muss dieselbe sein wie die des PAM (d. h. höchstens 0,3 m/s). Werden Hubwerk und PAM gemeinsam verwendet, muss ihre Geschwindigkeit annähernd gleich sein, um den relativen Höhenunterschied automatisch auf ± 1 Meter zu begrenzen.

Für BMUs mit an der Arbeitsbühne montierten Hubwerken und alle temporär hängenden Personenaufnahmemittel (TSP) sind zusätzlich folgende Anforderungen zu erfüllen:

- Wenn ein Materialhubwerk an einer separaten Aufhängekonstruktion angehängt wird und die zusätzliche Last seitlich oder genau über dem Handlauf des PAM wirkt, darf anstelle des oben beschriebenen elektrischen Steuergerätes ein Führungssystem eingesetzt werden, um die Last zurückzuhalten, so dass sie nicht auf das PAM fallen kann.

Siehe EN 14492-1:2006+A1:2009.

9 Aufhängekonstruktion

9.1 Allgemeines

Wenn (eine) Aufhängekonstruktion(en) zusammen mit einer abnehmbaren Arbeitsbühne verwendet wird/werden, ist ein sicheres Verfahren zum Auf- und Abbau des hängenden Personenaufnahmemittels erforderlich.

ANMERKUNG Siehe auch Einleitung.

9.2 Antriebssysteme

9.2.1 Allgemeines

Antriebssysteme betreffen alle Teile der Anlage (d. h. Heben, Senken, Schwenken, Verfahren, Wippen und Teleskopieren). Hubvorrichtungen einschließlich Drahtseilen, Seilrollen und Drahtseilwicklern werden in diesem Abschnitt und in Abschnitt 8 beschrieben.

9.2.2 Fahrgrenzen der Antriebssysteme

9.2.2.1 Es müssen mechanische Endanschläge vorhanden und so angeordnet sein, dass sie die Bewegung einer Aufhängekonstruktion oder eines Fahrwagens stoppen, ehe eine gefährliche Position erreicht wird und ohne dass an der Aufhängekonstruktion oder dem Fahrbahnssystem bleibende Schäden entstehen. Die Endanschläge sind durchzuschrauben oder anzuschweißen und dürfen nicht kraftschlüssig sein.

9.2.2.2 Betriebsendschalter müssen vorhanden und so angeordnet sein, dass sie die kraftbetriebene Bewegung selbsttätig am Fahrbahnende stoppen. Die Bewegung muss üblicherweise gestoppt sein, bevor es zum Kontakt mit den Endanschlägen kommt.

9.2.3 Bremsen und Sicherheitsvorrichtungen

Antriebssysteme zum Heben und Senken, Aufhängekonstruktionen sowie Fahrwagen, die an einer schießen Ebene fahren und allein durch die Einwirkung der Schwerkraft bewegt werden können, müssen mit einer Betriebsbremse und einer Sicherheitsbremse ausgestattet sein, um unkontrollierte Bewegungen zu stoppen.

Ein unabhängiges Bremssystem könnte auch notwendig sein, um unbeabsichtigte Bewegungen (z. B. auf Grund von Windkräften) zu verhindern.

Der Stoßfaktor S_d für derartige Sicherheitsvorrichtungen muss kleiner als drei sein.

9.2.4 Handantrieb

Im Betrieb darf die höchste auf das Kurbelende auszuübende Kraft 250 N nicht übersteigen.

9.2.5 Kraftbetriebene Antriebe

9.2.5.1 Kraftbetriebene Antriebssysteme müssen so konstruiert und angeordnet sein, dass der in einem Abstand von 1 m von der Geräuschquelle gemessene A-bewertete Emissionschalldruckpegel so gering wie möglich gehalten wird und in keinem Fall 80 Dezibel (dB) überschreitet.

9.2.5.2 Sind für die gleiche Bewegung handbetriebene und kraftbetriebene Systeme vorgesehen, muss durch Verriegelungen verhindert werden, dass beide Systeme gleichzeitig betriebsbereit sind.

9.2.5.3 Batteriebetriebene SAE

9.2.5.3.1 Der Schaltkasten muss mit einer Anzeige ausgestattet sein, die den Ladezustand der Batterien angibt. Fällt der Ladezustand auf einen vorgegebenen Mindestwert, dürfen nur noch Bewegungen möglich sein, mit denen der Bediener eine Position zum Verlassen des PAM erreichen kann.

9.2.5.3.2 Batterien müssen in einem belüfteten Gehäuse untergebracht sein.

9.2.5.3.3 Batterieladen darf nur in der Parkposition oder einer anderen dafür ausgewiesenen Position möglich sein. Werden die Batterien an die Stromversorgung angeschlossen, muss eine elektrische Überwachung jede Bewegung des SAE verhindern.

9.2.6 Systeme mit teleskopierbaren Auslegern

9.2.6.1 Würde ein Ausfall des für die Teleskopierbewegung eines Auslegers verwendeten Antriebssystems zu einem Absturz des hängenden Personenaufnahmemittels führen, muss eine Sicherheitsvorrichtung eingebaut sein. Jeder Ausfall des Antriebssystems muss erkannt und die weitere Bewegung verhindert werden.

9.2.6.2 Sind an einem Punkt mehrere Drahtseile oder Ketten angeschlagen, ist eine Vorrichtung zum Ausgleichen der Spannungskräfte vorzusehen. Es muss möglich sein, die Kräfte jedes Drahtseiles oder jeder Kette unabhängig voneinander einzustellen.

9.2.7 Kettenantriebssysteme

Kettenantriebe müssen über eine Vorrichtung oder ein System verfügen, die/das die vertikale Bewegung eines hängenden PAM unter Volllast bei einem Ausfall des Kettenantriebssystems auf 500 mm begrenzt. Diese Anforderung ist durch einen der folgenden Punkte zu erfüllen:

- a) ein Einketten-Antriebssystem mit einem Betriebskoeffizienten von mindestens fünf zuzüglich einer mechanischen Sicherheitsvorrichtung, die durch Eingreifen in die teleskopierende Konstruktion betrieben wird. Diese Sicherheitsvorrichtung muss das PAM zuzüglich der Bemessungslast bei einem Ausfall des Antriebssystems stoppen und halten. Die mittlere Abbremsung darf $a = 10 \text{ m/s}^2$ (1 g) nicht überschreiten. Bei den Federn, mit denen diese Vorrichtung betrieben wird, muss es sich um geführte Druckfedern mit geschützten Enden oder mit einem Drahtdurchmesser von mehr als der Hälfte der Steigung im Betriebszustand handeln, damit die Verkürzung der Feder bei Versagen begrenzt werden kann;
- b) Zweiketten-Antriebssysteme, wobei jedes System einen Betriebskoeffizienten von mindestens vier hat (insgesamt also mindestens von acht), in Verbindung mit einer Vorrichtung, mit der annähernd gleiche Spannungskräfte in den beiden Kettensystemen sichergestellt werden;

- c) Zweiketten-Antriebssysteme, wobei das erste System unter Volllast einen Betriebskoeffizienten von mindestens fünf hat und ein zweites Antriebssystem mit einem Betriebskoeffizienten von mindestens vier (insgesamt also von mindestens neun unter Volllast), sowie eine Vorrichtung, mit der sichergestellt wird, dass das zweite System im Betriebszustand weniger als die Hälfte der Last aufnimmt, es jedoch die gesamte Last aufnehmen kann, wenn das erste System versagt.

Jeder Ausfall des ersten Systems muss selbsttätig erkannt werden.

Rundgliederketten dürfen nicht verwendet werden.

Die Mindestbruchlast der Kette muss auf einem Zertifikat angegeben sein.

Die Verbindung zwischen Kette und Kettenendbefestigung muss mindestens 100 % der Mindestbruchlast der Kette aushalten können.

An geeigneten Stellen angebrachte Kontrollluken sind vorzusehen, um Sichtprüfungen von Ketten und Kettenendbefestigungen zu ermöglichen, ohne dass dafür die Ketten entfernt oder größere tragende Teile abgebaut werden müssen. Es sind genaue Anweisungen zur Verfügung zu stellen, um die Durchführung dieser Untersuchungen zu ermöglichen.

Es sind Vorrichtungen vorzusehen, um zu verhindern, dass eine Kette selbst bei nachlassender Kettenspannung von den Kettenrädern oder -scheiben unbeabsichtigt unkontrolliert abläuft.

9.2.8 Spindelantriebssysteme

9.2.8.1 Sicherheitsvorrichtungen

Die Spindeln müssen mit einer lasttragenden Mutter ausgestattet sein, und wenn ein Defekt oder übermäßiger Verschleiß dieser Mutter zu einem Absturz des PAM führen würde, ist eine Sicherheitsvorrichtung erforderlich. Diese Sicherheitsvorrichtung darf nur bei einem Versagen der lasttragenden Mutter belastet werden. Jeder Ausfall der lasttragenden Mutter muss erkannt und die weitere Bewegung verhindert werden.

9.2.8.2 Revisionseinrichtungen für lasttragende Muttern

Es sollte möglich sein, den Verschleiß der lasttragenden Muttern ohne größere Demontagearbeiten festzustellen.

9.2.8.3 Endbegrenzung der Muttern

Die Spindeln müssen an beiden Enden mit Vorrichtungen versehen werden, die verhindern, dass sowohl die lasttragende Mutter als auch die Sicherheitsmutter die Spindel verlassen.

9.2.9 Zahnstangenantriebssysteme

9.2.9.1 Sicherheitsvorrichtungen

Würde der Ausfall eines Zahnstangenantriebssystems zu einem Absturz des PAM führen, muss eine Sicherheitsvorrichtung eingebaut werden. Jeder Ausfall des Zahnstangenantriebssystems muss daher erkannt und die weitere Bewegung verhindert werden. Es sollte möglich sein, die Wirksamkeit derartiger Vorrichtungen in regelmäßigen Abständen im Betrieb zu überprüfen.

9.2.9.2 Zahnstangenführungen

Zusätzlich zu den Führungsrollen müssen Vorrichtungen vorgesehen werden, die verhindern, dass ein Antriebs- oder Sicherheitsritzel von der Zahnstange läuft. Diese Vorrichtungen müssen sicherstellen, dass die Axialbewegung der Ritzel so eingeschränkt ist, dass immer mindestens 2/3 der Zahnbreite mit der Zahnstange in Eingriff ist. Sie müssen auch verhindern, dass sich die Ritzel radial um mehr als 1/3 der Zahnhöhe aus der vorgesehenen Lage bewegen.

9.2.9.3 Revisionseinrichtungen für Ritzel

An geeigneten Stellen angebrachte Kontrollluken sollten vorgesehen werden, um Sichtprüfungen der Ritzel zu ermöglichen, ohne dass diese entfernt oder dass größere tragende Teile des SAE abgebaut werden müssen.

9.2.10 Hydraulische Antriebssysteme

9.2.10.1 Hydraulikzylinder

Die teleskopierenden Abschnitte von Hydraulikstempeln müssen so konstruiert werden, dass die Kolben die Zylinder nicht verlassen können. Für diesen Zweck müssen mechanische Anschläge vorgesehen werden.

Lasthaltende Hydraulikstempel müssen mit einem vorgesteuerten Ventil oder Rohrbruchventil ausgestattet werden, das verhindert, dass bei einem Defekt einer Leitung oder einer Überströmleitung Hydraulikflüssigkeit aus dem Zylinder austritt, bevor das Ventil durch eine äußere Kraft geöffnet wird. Werden vorgesteuerte Ventile oder Rohrbruchventile als Sicherheitsvorrichtung eingesetzt, müssen sie entweder:

- a) ein Bestandteil des Zylinders sein; oder
- b) direkt und fest angeflanscht sein; oder
- c) unmittelbar neben dem Zylinder sitzen und mit diesem über kurze starre Leitungen mit geschweißten, geflanschten oder geschraubten Verbindungen verbunden sein.

9.2.10.2 Hydraulische Antriebe

Um alle Funktionen erfüllen zu können, muss an allen Antrieben ein hydraulischer Druck anstehen. Ein Druckverlust darf nicht zu Gefährdungen führen. Entsteht eine Undichtigkeit, muss die Betriebsbremse die Last halten.

9.2.11 Pneumatische Antriebssysteme

9.2.11.1 Druckluftantriebe

Druckluftantriebe müssen so konstruiert sein, dass im System keine Eisbildung stattfindet, zum Beispiel durch die Verwendung von Enteisungsflüssigkeiten.

Bei Druckluftmotoren sind erhebliche Unterschiede in den Geschwindigkeiten für Heben und Senken möglich. Bei der Auslegung des SAE muss die jeweilige Höchstgeschwindigkeit berücksichtigt werden.

Um alle Funktionen erfüllen zu können, muss an allen Druckluftantrieben ein bestimmter Luftdruck verfügbar sein. Ein Druckverlust darf nicht zu einer Gefährdung führen. Instandhaltungseinheiten, die Filter, Druckminderer und/oder Öler enthalten, müssen zwischen der Hauptversorgung und Antrieben angeordnet werden.

9.2.11.2 Druckluftzylinder

Es dürfen keine Druckluftstempel zur Lastaufnahme verwendet werden.

9.3 Dauerhaft errichtete Aufhängekonstruktionen

9.3.1 Dachfahrwagen

9.3.1.1 Dachfahrwagen können wie folgt bewegt werden:

- auf Schienen oder Fahrschienen; oder
- auf einer speziell hergestellten Betonfahr- oder -laufbahn.

9.3.1.2 Dachfahrwagen müssen mit Führungsrollen, Spurkranzräder oder anderen Vorrichtungen ausgerüstet sein, die den Wagen sicher auf der Bahn halten.

9.3.1.3 Es muss eine Vorrichtung vorgesehen werden, die ein Umkippen des Dachfahrwagens verhindert, wenn der Wagen von der Bahn abkommt oder sich ein Radbruch ereignet.

9.3.1.4 Es müssen mechanische Anschläge vorhanden sein, um zu verhindern, dass der Dachfahrwagen die Bahn verlässt. Alle Anschläge müssen formschlüssig an den Schienen bzw. an der Fahrbahn befestigt sein, wobei diese Befestigungen nicht kraftschlüssig sein dürfen.

9.3.2 Freiraum

Zwischen der Rückseite des Dachfahrwagens und allen benachbarten Bauwerksteilen oder anderen angrenzenden festen Konstruktionen sollte so viel Freiraum sein, dass das Risiko, dass Personen dort eingekleilt oder eingeklemmt werden können, gering gehalten wird. Hier wird ein Mindestfreiraum von 0,5 m Breite und 1,8 m Höhe empfohlen. Kann dieser Freiraum nicht geschaffen werden, müssen andere Maßnahmen ergriffen werden, und der Hersteller oder Lieferant des SAE muss den Nutzer über die Risiken informieren, damit der Gefahr des Einklemmens vorgebeugt wird.

ANMERKUNG Siehe auch Einleitung.

9.3.3 Kraftbetriebenes Fahren

Die horizontale Nenngeschwindigkeit, gemessen am Dachfahrwagen und am PAM, darf 0,3 m/s nicht überschreiten.

Die Betriebsbremse muss den Dachfahrwagen anhalten und in einer stationären Position halten, wobei die Windkraft in Betrieb und in der Parkstellung berücksichtigt werden muss. Falls erforderlich, muss der Dachfahrwagen in geparktem Zustand mit einer Sturmklammer oder einer ähnlichen Vorrichtung an der Fahrbahn festgesetzt werden (siehe Abschnitt 6 bezüglich der Berechnung).

Solange der Dachfahrwagen fährt, muss ein akustisches Warnsignal die Personen auf dem Dach vor dieser Bewegung warnen.

Die Räder von Dachfahrwagen müssen mit Abweisern versehen sein, um zu verhindern, dass Füße eingeklemmt werden. Der Abstand zwischen den Abweisern und der Fahr- oder Laufbahn darf nicht größer als 20 mm sein.

9.3.4 Ausleger

Das PAM darf sich in keiner Richtung schneller als 0,3 m/s bewegen, solange der/die Ausleger ihre Lage durch Schwenken, Wippen oder Teleskopieren verändert/verändern.

9.3.5 Schwenken

Die Betriebsbremse muss den Ausleger anhalten und in einer stationären Position halten, wobei die Windkraft in Betrieb und in der Parkstellung berücksichtigt werden muss. Falls erforderlich, muss der Ausleger in geparktem Zustand mit einer Klammer oder einer ähnlichen Vorrichtung an der Konstruktion des Dachfahrwagens oder an der Fahrbahn befestigt werden (Berechnung siehe Abschnitt 6).

9.3.6 Gegengewichte

Wenn separate Gegengewichte zur Erreichung der Standsicherheit eines Dachfahrwagens verwendet werden, müssen sie dauerhaft mit diesem verbunden sein, so dass ihre Entfernung nur durch beabsichtigtes Eingreifen möglich ist.

9.3.7 Abdeckungen und Schutzvorrichtungen

Die Schutzvorrichtungen für die im SAE enthaltenen Maschinenbauteile (z. B. Hubwerk(e), Hydraulikantrieb, Schwenkvorrichtung, Schaltkasten) müssen so konstruiert sein, dass die Ausrüstung und die beweglichen Teile vor einem zufälligen Kontakt mit Personen geschützt sind. Die Befestigungssysteme müssen mit den Schutzeinrichtungen oder den Maschinenbauteilen verbunden bleiben, wenn die Schutzvorrichtungen entfernt werden.

Geöffnete Abdeckungen und Schutzvorrichtungen dürfen keine Gefahrenzeichen, Warnungen, Anweisungen oder sonstige Hinweise verdecken.

Die in einer Aufhängekonstruktion enthaltenen Maschinenbauteile müssen so konstruiert und zusammengebaut sein, dass sie sicher instand gehalten werden können. Im Notfall muss unabhängig von der jeweiligen Position des Dachfahrwagens der Zugang zu Steuerungen und sonstigen Einrichtungen möglich sein.

ANMERKUNG Siehe auch Einleitung.

9.3.8 Einzelschienen mit Laufkatzen bzw. Fahrwagen

Ein Dachfahrwagen bzw. eine Laufkatze auf einer Einzelschiene, der als Vorrichtung zur Aufhängung eines PAM verwendet wird, muss die entsprechenden Anforderungen von 9.3.1 sowie die folgenden besonderen Anforderungen erfüllen:

- Es muss eine Vorrichtung vorgesehen werden, mit der das Personal das PAM bei einem Ausfall der Energieversorgung auf sichere Weise verlassen kann.
- Es muss eine Vorrichtung vorgesehen werden, die eine unbeabsichtigte Bewegung der Laufkatze bzw. des Fahrwagens verhindert.

9.3.9 Fest montierte und ortsveränderliche verankerte Ausleger

9.3.9.1 Wird ein PAM an fest montierten oder ortsveränderlichen verankerten Auslegern angehängt, muss das SAE die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Ein verankerter Ausleger muss so konstruiert sein, dass die Drahtseile von einer sicheren Position aus auf dem Dach an ihren Befestigungspunkten angebracht werden können, ohne hierbei übermäßig über die Dachbegrenzung oder Brüstung reichen zu müssen;
- Drehbare verankerte Ausleger müssen so konstruiert sein, dass sie von Hand mit einer maximalen Kraft von 250 N je Bediener gedreht werden können.

9.3.9.2 Ortsveränderliche verankerte Ausleger

Ortsveränderliche verankerte Ausleger, die zu mehreren Verwendungsstellen umgesetzt werden, müssen die folgenden besonderen Anforderungen erfüllen:

- Es muss sichergestellt sein, dass die maximale Kraft, die jeder Bediener zum Aufbau und Transport der verankerten Ausleger aufwenden muss, 250 N nicht übersteigt, indem die Eigenmasse und die Größe der einzelnen Teile des verankerten Auslegersystems berücksichtigt werden;
- Ortsveränderliche verankerte Ausleger, bei denen zum Umsetzen eine physische Kraft von mehr als 250 N je Bediener erforderlich ist, müssen mit Rädern oder anderen Hilfsmitteln versehen werden, damit der erforderliche Kraftaufwand wieder höchstens bei 250 N liegt.

9.4 Temporäre Aufhängekonstruktionen

9.4.1 Allgemeines

Alle Teile einer temporären Aufhängekonstruktion müssen wiederverwendet und wiederaufgebaut werden können. Die einzelnen Teile dürfen keinen scharfen Kanten, Ecken oder hervorstehenden Teile aufweisen, die zu Verletzungen führen könnten.

Kleine Teile, wie Bolzen und Klammern, müssen durch eine dauerhafte Verbindung miteinander verbunden sein.

9.4.2 Größe und Masse

Die einzelnen Bauteile der Aufhängekonstruktion müssen wie folgt beschaffen sein:

- Für Teile, die regelmäßig bewegt werden und von einer Person getragen werden sollen, gilt eine Höchstmasse von 25 kg.
- Für Teile, die von zwei Personen getragen werden sollen, gilt eine Höchstmasse von 50 kg.

Alle als Gegengewicht einer Aufhängekonstruktion verwendeten Gewichte müssen aus Vollmaterial bestehen (max. Masse von 25 kg) und ihre Masse muss dauerhaft auf ihnen gekennzeichnet sein.

9.4.3 Dachausleger mit Gegengewicht

Dieser Auslegertyp liegt auf dem Dach auf. Die Längen von stabilisierendem und auskragendem Teil des Auslegers sind einstellbar, und eine eindeutige Montage- und Aufbauanweisung ist dauerhaft am Ausleger anzubringen.

Gegengewichte müssen fest mit dem Ausleger verbunden sein, so dass sie nur absichtlich weggenommen werden können. Sie müssen so befestigt sein, dass sie von unbefugten Personen nicht entfernt werden können.

9.4.4 Aufhängepunkte

Für Tragseil und Sicherheitsseil müssen getrennte Aufhängepunkte vorgesehen werden (siehe Bild 20).

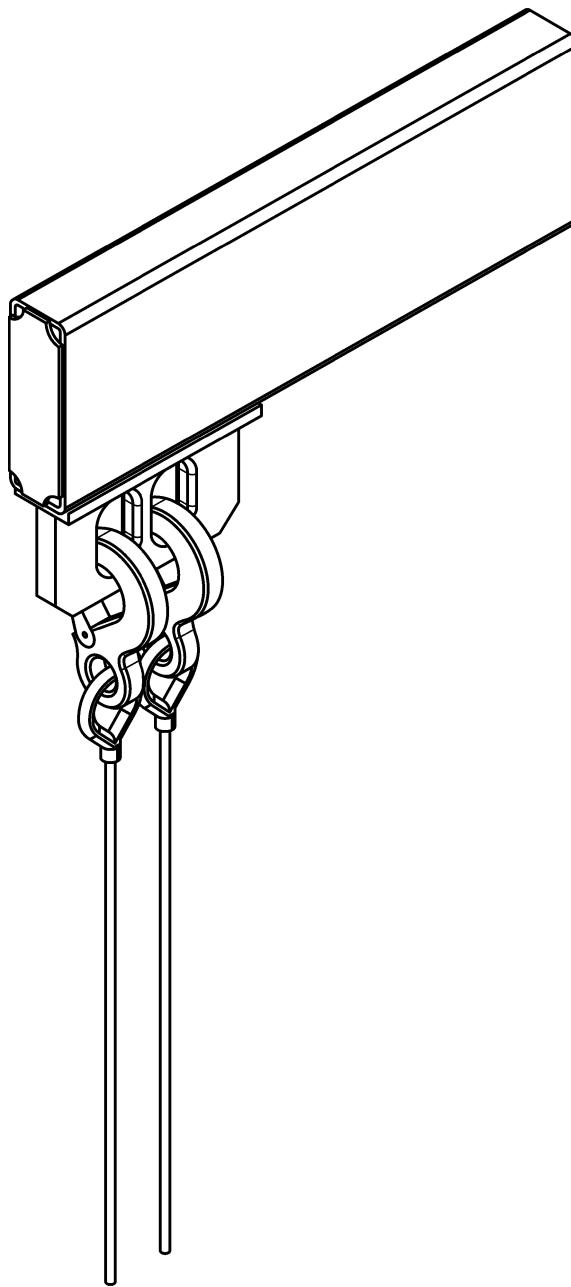


Bild 20 — Beispiel für typische Aufhängepunkte

10 Elektrische, hydraulische und pneumatische Systeme

10.1 Allgemeines

Sofern in dieser Norm nicht anders angegeben, müssen elektrische Systeme und Bauteile EN 60204-1 entsprechen.

10.2 Maßnahmen zur Überwachung von 3-Phasen-Systemen

Es müssen Schutzmaßnahmen vorgesehen werden, die verhindern, dass eine falsche Phasenfolge in der Stromversorgung zu Fehlfunktionen der Steuerung führt.

10.3 Netzspannungsschutz

Die elektrische Hauptspannungsversorgung muss durch Überstrom-Schutzeinrichtungen und einen 30-mA-Fehlerstrom-Schutzschalter (FI) abgesichert werden.

Werden Stromeisen-Systeme eingebaut, sollten sie durch Überstrom-Schutzeinrichtungen und einen 300-mA-Fehlerstrom-Schutzschalter (FI) abgesichert werden. Doppel-Stromabnehmer werden empfohlen.

10.4 Drahtseile mit integrierten elektrischen Leitern

Die Leiter müssen einen Mindestquerschnitt von $0,5 \text{ mm}^2$ aufweisen und ausreichend isoliert und geschützt sein. Die Spannung darf nicht höher als 240 V sein.

10.5 Federbetriebene oder kraftbetriebene Kabelwickler

Die Bewegung eines Fahrwagens sollte über einen Endschalter oder ein anderes System gestoppt werden, ehe die elektrische Leitung vollständig von dem Kabelwickler abgewickelt ist. Die Leitung sollte mit einer Kabelzugentlastung versehen sein, um zu verhindern, dass die Zugspannung über die Steckverbindung ausgeübt wird.

10.6 Schutzklassen

Alle elektrischen Einrichtungen müssen EN 60529 entsprechen und wenn sie im Freien betrieben werden, müssen sie eine Schutzklasse von mindestens IP 54 aufweisen.

Hydraulische und pneumatische Antriebssysteme und Bauteile müssen EN ISO 4413 bzw. EN ISO 4414 entsprechen.

Das Hydrauliksystem muss mit einem Sicherheitsventil ausgestattet sein, das zwischen Antrieb und erstem Steuerventil liegt. Werden in einem Hydrauliksystem verschiedene Maximaldrücke verwendet, sind mehrere Sicherheitsventile vorzusehen.

Druckluftbetriebene Systeme müssen so konstruiert sein, dass Eisbildung im System verhindert werden kann, zum Beispiel durch die Verwendung von Enteisungsflüssigkeiten.

Der Berstdruck von Schläuchen und Armaturen muss mindestens dem 3fachen ihres maximalen Betriebsdruckes entsprechen.

Alle weiteren Teile des Hydrauliksystems müssen mindestens das Zweifache des Maximaldruckes aushalten können, dem sie im Betrieb ausgesetzt werden.

10.7 Alle in ein SAE eingebaute Sicherheitseinrichtungen müssen so konstruiert sein, dass sie auf sichere Weise geprüft werden können.

11 Steuersysteme

11.1 Allgemeines

11.1.1 Steuerungen von SAE müssen entsprechend der Bauart „Totmann“ ausgebildet und widerstandsfähig sein. Es muss berücksichtigt werden, dass der Bediener möglicherweise Handschuhe trägt. Der Mindestdurchmesser von Schaltknöpfen muss 10 mm betragen.

11.1.2 Richtung und Art aller ausgelösten Bewegungen muss durch Worte und/oder Symbole eindeutig auf oder neben dem jeweiligen Bedienelement angegeben werden.

11.1.3 Die Bedienelemente müssen sich auf dem PAM befinden und in logischer Reihenfolge angeordnet sein.

11.1.4 Not-Halt-Schalter, die alle Funktionsbewegungen stoppen und die Netzversorgung zum Dachfahrwagen, zur Aufhängekonstruktion und/oder zum PAM montierten Hubwerken abschalten, sind vorzusehen.

11.1.5 Die Steuerungen zum Heben und Senken der Arbeitsbühne des SAE müssen auf dem PAM angeordnet sein.

11.1.6 Die Steuerung für die anderen kraftbetriebenen Funktionen des Dachfahrwagens oder der Aufhängekonstruktion (d. h. Verfahren, Schwenken, Wippen) darf sich ebenfalls auf dem PAM befinden oder an einer geeigneten Stelle auf dem Dachfahrwagen oder der Aufhängekonstruktion, die für die Bediener des PAM leicht zu erreichen ist, wenn sich die Arbeitsbühne in der obersten Arbeitsstellung befindet.

11.1.7 Auch an der Aufhängekonstruktion sind Steuerungen vorzusehen.

11.1.8 Auf dem Dachfahrwagen oder der Aufhängekonstruktion sind Steuerungen an einer geeigneten Stelle anzubringen, die es dritten Personen ermöglichen, das SAE bei einer Funktionsstörung der Ausrüstung oder in einem Notfall zu bedienen. Derartige Steuerungen müssen mit einem abschließbaren Wahlschalter vor unbefugter Benutzung geschützt sein.

11.1.9 Bei SAE mit bühnenmontierten Hubwerken, deren Aufhängekonstruktion ausschließlich über das PAM selbst zugänglich ist (d. h. Einzelschienen mit einem hand- oder kraftbetriebenen Fahrsystem, fest verankerten Auslegerarmen usw.), ist es nicht notwendig, die Bedienelemente wie auf dem PAM nochmals an der Aufhängekonstruktion vorzusehen.

11.1.10 Mehrstöckige PAM müssen mit übergeordneten Bedienelementen auf der obersten Bühne versehen sein. Ein untergeordneter Bedienstand muss auf der unteren Bühne vorgesehen werden und es sollten beide Steuerungen betätigt werden müssen, um das Heben oder Senken des PAM freizugeben.

11.2 Not-Halt-Einrichtung

Die Not-Halt-Einrichtung muss entsprechend EN ISO 13850, Kategorie 0, konstruiert und geliefert werden; sie muss an jeder Bedienstation sowie an allen anderen Stellen, an denen eine Not-Halt-Einrichtung erforderlich werden könnte, vorhanden sein. Die Betriebsbereitschaft aller Not-Halt-Einrichtungen muss unabhängig von der jeweils in Betrieb befindlichen Steuerung jederzeit gegeben sein.

11.3 Steuerung der Ausleger

Bewegen sich die Ausleger unabhängig voneinander, muss der Steuerkreis ein korrektes Verfahren sicherstellen, so dass das PAM in keiner Richtung um mehr als 14° geneigt werden kann.

Falls notwendig, müssen alle während des Parkens der Maschine erforderlichen Bewegungen, die über den üblichen Arbeitsbereich hinausgehen, durch (einen) Endschalter begrenzt sein, der/die über ein Schlüsselschaltersystem aktiviert wird/werden.

11.4 Sicherheitsbezogene Bauteile von Steuersystemen für kraftbetriebene Anlagen

Das Steuersystem muss EN ISO 13849-1 entsprechen. Diese Norm enthält folgende Informationen über sicherheitsbezogene Bauteile:

- ausgewählte Kategorie;
- funktionelle Kennwerte und Funktion der Schutzeinrichtungen des SAE.

Tabelle 14 — Sicherheitsanforderungen an alle SAE

Sicherheitsbezogene Teile	Behandelt in Abschnitt	Kategorie nach EN ISO 13849-1	Funktion
Not-Halt-Einrichtung	11.2	PL = C	Abschalten der Stromversorgung
Hubkraftbegrenzer $2,5 \times RL > TSL$ (a) $2,5 \times RL < TSL$ (b)	8.3.5	PL = C (a) PL = A (b)	Heben verhindert, Senken erlaubt, Alarm
Nullast-Vorrichtung	8.3.6	PL = B	Senken verhindert, Heben erlaubt
Elektrische Überwachung des Systems zum antriebslosen Absenken	8.3.4.5	PL = A	Verhindert gleichzeitigen Hand- und Kraftbetrieb des Hubwerks. Abschalten Stromversorgungs-Hauptschütz
Hubkraftbegrenzer Materialwinde	8.12	PL = C	Heben verhindert, Senken erlaubt, Alarm
Schräglagen-überwachung	8.3.8	PL = B	Lageüberwachung der Längsausrichtung des PAM
Aufwickelsystem von Hubwerkstrommeln und -wicklern	8.4.3	PL = B	Abschalten Hubwerk-Versorgungsspannung
Hubendschalter Mit Not-Endschalter (BMU, a) Ohne Not-Endschalter (TSAE, b)	8.3.10.1 8.3.10.1	PL = A (a) PL = C (b)	Heben verhindert, Senken erlaubt. Dieser Schalter arbeitet als Verriegelung zur Freigabe anderer Operationen (z. B. Verfahren, Schwenken, Wippen, Teleskopieren)
Hub-Notendschalter	8.3.10.3	PL = C	Abschalten Hubwerk-Versorgungsspannung
Senk-Endschalter	8.3.10.2	PL = A	Senken verhindert, Heben erlaubt
Seil-Ende-Schalter Fassadenaufzug Temporär hängendes Personenaufnahmemittel	8.3.7 8.6.2 c)	PL = C PL = A	Abschalten Hubwerk-Versorgungsspannung Abschalten Hubwerk-Versorgungsspannung
Sensor Sicherheitsbremse	8.9.2.6	PL = A	Abschalten Stromversorgungs-Hauptschütz
Endschalter Antriebssystem	7.9.5 9.2.2.2	PL = A	Betrieb in Fahrtrichtung unterbrochen, aber in entgegengesetzter Richtung möglich.

Tabelle 14 (fortgesetzt)

Sicherheitsbezogene Teile	Behandelt in Abschnitt	Kategorie nach EN ISO 13849-1	Funktion
Sensor Sicherheitsvorrichtung an Teleskopausleger	9.2.6.1	PL = C	Abschalten Stromversorgung zu Teleskopausleger
Sensor Sicherheitsvorrichtung an Kettenantriebssystem	9.2.6.1	PL = C	Abschalten Stromversorgung zu Kettenantriebssystem
Sicherheitsvorrichtung an Spindelantriebssystem	9.2.8.1	PL = C	Abschalten Stromversorgung zu Spindelantriebssystem
Sicherheitsvorrichtung an Zahnstangenantriebssystem	9.2.9.1	PL = C	Abschalten Stromversorgung zu Zahnstangenantriebssystem
Absperrventil an Hydraulikzylinder	9.2.10.1	PL = C	Kolben bis zur Freigabe von Hand verriegelt
Ankerpunktschalter	7.7.3	PL = A	Senken gestoppt
Bedienschalter zum Abnehmen der Fassadenführung	7.7.3	PL = C	Betrieb in Fahrtrichtung unterbrochen, aber in entgegengesetzter Richtung möglich
Wicklerausfallsensor Wenn der Wickler bei Betrieb sichtbar ist (a) Wenn der Wickler bei Betrieb nicht sichtbar ist (b)	8.6.2	PL = A (a) PL = C (b)	Abschalten Stromversorgung zu Hubwerk und Wickler
Batteriespannungssensor	9.2.5.3.1	PL = A	Anzeige des Batterie-Ladezustands
Batterieladungsüberwachung	9.2.5.3.3	PL = A	Verhindert Bewegung, solange Batterien geladen werden
3-Phasen-Überwachung	10.2	PL = B	Abschalten Stromversorgungs-Hauptschütz
Kabelwickler-Endschalter	10.5	PL = B	Stoppt Bewegung bei maximaler Kabellänge
Steuerung von unabhängigen Auslegern	11.3	PL = C	Stoppt Bewegung bei maximaler Schieflage des PAM
Endschalter für Lsthöhe des Materialhubwerks	8.12	PL = C	Betrieb in Fahrtrichtung unterbrochen, aber in entgegengesetzter Richtung möglich
Lastminderung des Hubwerks	6.3.3 8.3.1.2 B.1.6	PL = C	Heben verhindert, Senken erlaubt
Hindernisschutzeinrichtung	8.3.9	PL = A	Verhindert weiteres Senken, wenn beim Senken auf ein Hindernis gestoßen wird; Heben erlaubt
Oben angebrachte Kollisionsschutzeinrichtung	8.3.9	PL = A	Verhindert Heben, wenn auf ein Hindernis gestoßen wird; Senken erlaubt

Jedes Mal bevor das SAE in Betrieb genommen wird, sollte von einer sachkundigen Person sichergestellt werden, dass die Funktionsfähigkeit aller Sicherheitseinrichtungen gegeben ist.

11.5 Drahtlose Steuersysteme

Drahtlose Steuerungen sind nach EN 60204-32:2008, 9.2.7 zu konstruieren.

Anforderungen an drahtlose Steuersysteme sind in Anhang F enthalten.

Im Normalbetrieb von SAE muss sich die drahtlose Steuerungseinheit auf der Plattform befinden. Bestimmte Bewegungen einiger SAE dürfen nur dann möglich sein, wenn sich die drahtlose Steuerungseinheit an einer Stelle befindet, die vom Hersteller des SAE festgelegt ist.

12 Prüfung und Zertifizierung

12.1 Typprüfung

12.1.1 Allgemeines

Die Prüfung des SAE ist durchzuführen, bevor eine Maschine oder Maschinen-Baureihe in Betrieb genommen wird.

Die Typprüfung am SAE und/oder an SAE-Bauteilen (eine oder mehrere repräsentative Proben) ist durchzuführen, ehe die Serienfertigung anläuft. Bei modularen Geräten ist die Typprüfung in der ungünstigsten Konfiguration durchzuführen.

Die Typprüfung muss beinhalten:

- Konstruktionsprüfungen (siehe 12.1.2);
- Typprüfungen (siehe 12.1.3).

12.1.2 Konstruktionsprüfungen

Die Konstruktionsprüfung muss verifizieren, dass das SAE entsprechend dieser Norm konstruiert wurde. Sie muss eine Prüfung folgender Dokumente beinhalten:

- a) Zeichnungen mit den wichtigsten Abmessungen des SAE;
- b) Beschreibung des SAE mit den erforderlichen Leistungsangaben;
- c) Angaben der verwendeten Werkstoffe;
- d) Pläne der elektrischen, hydraulischen und pneumatischen Schaltkreise;
- e) Betriebsanleitung.

Die vorgenannten Dokumente müssen alle Angaben enthalten, die gebraucht werden, um

- die Standsicherheitsberechnungen zu überprüfen (siehe Abschnitt 6);
- die Festigkeitsberechnungen zu überprüfen (siehe Abschnitt 6).

12.1.3 Typprüfungen

Die Typprüfungen werden in den Anhängen A, B und C beschrieben. Die Prüfungen sind durchzuführen, um zu überprüfen, ob

- das SAE standsicher ist;
- die SAE-Konstruktion fehlerfrei ist;
- alle Funktionen ordnungsgemäß, entsprechend den in dieser Norm festgelegten Kriterien, arbeiten.

Die Prüfungen müssen am vollständig aufgebauten Gerät durchgeführt werden. Sind Sicherheitsbauteile als selbständige Bauteile erhältlich, darf für sie auch eine gesonderte Typprüfung durchgeführt werden.

12.2 Herstellungsprüfung

Das SAE ist zu überprüfen, um zu verifizieren, dass

- das SAE entsprechend den Konstruktionsunterlagen gebaut wurde;
- die Einzelteile den Zeichnungen entsprechen;
- für jedes Trag- und Sicherheitsseil oder jede Kette (einschließlich ihrer Endbefestigungen) sowie für die Hydraulik- oder Druckluftschläuche Prüfbescheinigungen vorhanden sind. Diese Bescheinigungen müssen die Mindestbruchlast oder den Mindestberstdruck angeben, je nach Sachlage;
- Schweißarbeiten durch qualifiziertes Personal entsprechend den maßgeblichen Schweißverfahren durchgeführt wurden;
- Bau und Einbau der Sicherheitsvorrichtungen dieser Norm entsprechen.

12.3 Überprüfung des Einbaus sicherheitskritischer Fahrbahnstütz- und Befestigungsvorrichtungen

Beim Aufbau des SAE und seiner zugehörigen Fahrbahn und der Fahrbahnstützsysteme sind Prüfungen durchzuführen, mit denen bestätigt werden soll, dass das System in jeder Hinsicht ordnungsgemäß in Übereinstimmung mit der Spezifikation, den Zeichnungen und den maßgeblichen technischen Daten aufgebaut wurde.

Es ist erforderlich, dass, wenn einem Bauunternehmer von einem BMU-Lieferanten sicherheitskritische Teile (z. B. U- oder J-Bolzen) zum Einbau in eine Betonkonstruktion beigestellt wurden, der Bauunternehmer oder ein anderes Kontrollorgan eine Bescheinigung ausstellt, in der der ordnungsgemäße Einbau dieser Teile bestätigt wird.

Während der Bau-/Aufbauphase ist eine 100 %-ige Sichtprüfung aller Befestigungsvorrichtungen zur Fahrbahnverankerung durchzuführen, um den ordnungsgemäßen Einbau aller Bauteile und Befestigungen sicherzustellen, wobei insbesondere auf die Bauteile, Befestigungsmittel und Verbindungen an Konstruktionen zu achten ist, die nachfolgend verdeckt werden.

Bei Verwendung von Verbundankern oder mechanischen Spreizankern, die sichtbar bleiben und Schub- oder Zugkräften ausgesetzt sind, ist eine repräsentative Probe von 20 % dieser Befestigungsmittel einer Drehmomentprüfung und/oder einer Ausziehprüfung zu unterziehen, je nach Sachlage.

Bei Verwendung von Verbundankern oder mechanischen Spreizankern, die nachfolgend verdeckt werden und Quer- oder Zugkräften ausgesetzt sind, sind 100 % dieser Befestigungsmittel einer Drehmomentprüfung und/oder einer Ausziehprüfung zu unterziehen, je nach Sachlage.

Bei der Auszieh- bzw. Drehmomentprüfung muss in dem Befestigungsmittel eine Zugspannung erreicht werden, die $0,83 \times R_y$ bzw. $0,83 \times R_h$ entspricht.

Die Ergebnisse aller Untersuchungen, Kontrollen und Prüfungen sind aufzuzeichnen und in einem Bericht zu sammeln (mit dem Namen und der/den Qualifikation(en) der Person(en), die die Untersuchungen, Kontrollen und Prüfungen durchführt/durchführen, sowie dem Datum der jeweiligen Prüfung).

12.4 Verifizierung von BMU-Systemen vor Ort

Die Verifizierung von BMU-Systemen ist vom Hersteller oder einem bevollmächtigtem Vertreter vor Ort an dem vollständig aufgebauten Gerät in seiner Betriebskonfiguration durchzuführen.

Wenn die Sicherheit des Systems vom ordnungsgemäßen Aufbau abhängig ist, sollte vor der Verifizierung des BMU-Systems ein umfassender Untersuchungsbericht vorliegen, in dem bestätigt wird, dass das vollständige SAE-System ordnungsgemäß aufgebaut wurde und betriebssicher ist. Das BMU-System darf daher Bauteile enthalten, die nicht von den Typprüfungen dieser Norm abgedeckt sind, wie beispielsweise eingegossene, geschweißte oder sonstige nicht leicht zugängliche Fahrbahnbefestigungen und Verbindungen in Fahrschienensystemen. Die für die Verifizierung verantwortliche sachkundige Person sollte persönlich Untersuchungen an allen Befestigungsteilen, die beim Aufbau teilweise oder gänzlich unzugänglich geworden sind, durchgeführt haben oder sich auf geeignete verlässliche Unterlagen beziehen, in denen der ordnungsgemäße Aufbau bestätigt wird. Es ist unerlässlich, dass diese sachkundige Person unabhängig genug ist, damit objektive Entscheidungen getroffen werden können.

Es ist außerdem notwendig, statische und dynamische Prüfungen durchzuführen, um zu bestätigen, dass der Fassadenaufzug (BMU) ordnungsgemäß hergestellt, zusammengebaut und eingebaut wurde, die vertraglichen Leistungsanforderungen erfüllt werden und dass alle Sicherheitsvorrichtungen ordnungsgemäß arbeiten, bevor der BMU zum Betrieb übergeben wird. Der statische Prüfkoeffizient entspricht der 1,5fachen Bemessungslast des PAM zuzüglich der 1,25fachen maximalen Betriebslast jedes zusätzlichen Materialhubwerks.

Der dynamische Koeffizient beträgt sowohl für das PAM als auch für das Materialhubwerk (sofern vorhanden) 1,1.

Die Ergebnisse aller Verifizierungskontrollen/-prüfungen sind in einem Bericht aufzuzeichnen (mit dem Namen und der Qualifikation der Person(en), die die Untersuchungen und Prüfungen durchführt/durchführen, sowie dem Datum der jeweiligen Prüfung).

12.5 Vor-Ort-Verifizierung von TSAE nach dem ersten Zusammenbau

Eine Untersuchung und Leistungsprüfungen müssen, soweit erforderlich, durchgeführt werden, um zu bestätigen, dass das TSAE ordnungsgemäß zusammengebaut wurde, die jeweiligen Leistungsanforderungen erfüllt und dass die Sicherheitsvorrichtungen ordnungsgemäß arbeiten.

Eine sachkundige Person muss dann ein Übergabeprotokoll ausstellen, um das vollständige TSAE vor seinem Einsatz vor Ort zu verifizieren.

12.6 Hybridsysteme

Wenn ein temporär hängendes Personenaufnahmemittel (TSP) an einer dauerhaft installierten Aufhängekonstruktion angehängt wird, liegt es in der Verantwortung des Lieferanten des TSP, sicherzustellen, dass die gesamte hängende Last (TSL), die durch das TSP auf die Aufhängekonstruktion ausgeübt wird, deren maximale Betriebslast nicht überschreitet.

13 Kennzeichnung von SAE

13.1 Allgemeines

13.1.1 Hinweise und Typenschilder

Auf allen PAM und Aufhängekonstruktionen sind ein oder mehrere eindeutige und dauerhafte Hinweise und Typenschilder anzubringen, die folgende Angaben enthalten.

13.1.2 Für alle SAE-Typen

- Bezeichnung der Maschine als SAE entsprechend dieser Norm;
- Name und Anschrift des Herstellers und gegebenenfalls seines Bevollmächtigten;
- Serien- oder Typenbezeichnung;
- Seriennummer (falls vorhanden).

13.1.3 Für Fassadenaufzüge (BMU) mit fest zugeordneten Arbeitsbühnen

- Bemessungslast (*RL*) des PAM und maximale Anzahl Personen;
- Bemessungslast des Materialhubwerks (*RLMH*) (falls vorhanden);
- Jahr der Fertigstellung.

13.1.4 Für Fassadenaufzüge (BMU) mit abnehmbaren Arbeitsbühnen

- die Eigenmasse, Bemessungslast (*RL*) (d. h. *TSL*) und die maximale Anzahl Personen;
- die maximale Betriebslast (*WLL*) jeder in Verbindung mit einer abnehmbaren Aufnahmeverrichtung verwendeten Aufhängekonstruktion;
- Bemessungslast des Materialhubwerks (*RLMH*) (falls vorhanden).

13.1.5 Für temporär hängende PAM (TSP)

- eine Tabelle, welche die Bemessungslast des PAM sowie die maximale Anzahl Personen entsprechend den Abmessungen des PAM aufzeigt;
- die maximale Betriebslast (*WLL*) des/der Hubwerke(s), um in Übereinstimmung mit dem PAM zu sein;
- falls zutreffend, die maximale sichere Nutzlast auf der auskragenden Bodenfläche sowie die maximale Länge der auskragenden Bodenfläche;
- falls zutreffend, ein Diagramm, das die verschiedenen PAM-Konfigurationen zeigt;
- bei temporär hängenden PAM (TSP), für die einzelne Bauteile eingesetzt werden, müssen zusätzliche Angaben zur Rückverfolgbarkeit auf das Hauptbauteil geliefert werden.

13.1.6 Personenaufnahmemittel

- Name und Anschrift des PAM-Herstellers;
- Name und Anschrift des PAM-Lieferanten;
- Kennzeichnung der Anschlagpunkte für Auffanggurte, falls angebracht;
- alle weiteren Kennzeichnungen entsprechend 13.1.2 und 13.1.5.

13.2 Handbetriebene Hubwerke

- maximale Betriebslast (*WLL*);
- Durchmesser und Spezifikation des zu verwendenden Drahtseils.

13.3 Kraftbetriebene Hubwerke

- maximale Betriebslast (*WLL*);
- Durchmesser und Spezifikation des zu verwendenden Drahtseils;

- Bemessungsgeschwindigkeit des Hubwerks;
- Angaben zur Energieversorgung, wenn der Antrieb ein Elektromotor ist (d. h. Spannung (V), Stromstärke (A), Frequenz (Hz), Leistung (kW) und Bemessungsdrehzahl des Motors (min^{-1}));
- Angaben zur Energieversorgung, wenn der Antrieb ein Druckluftmotor ist (d. h. Betriebsdruck beim Anheben der maximalen Betriebslast (bar), Luftdurchsatz (dm^3/s) und Bemessungsdrehzahl des Motors (min^{-1}));
- Angaben zur Energieversorgung, wenn der Antrieb ein Hydraulikmotor oder Hydraulikstempel ist (d. h. Betriebsdruck beim Anheben der maximalen Betriebslast WLL (bar), Flüssigkeitsdurchsatz (dm^3/s), Bemessungsdrehzahl des Motors (min^{-1}) und Kolgengeschwindigkeit (cm/s)).

13.4 Sicherheitsvorrichtungen

- maximale Betriebslast (WLL);
- Durchmesser des Drahtseils;
- falls zutreffend, Auslösegeschwindigkeit (m/min).

13.5 Aufhängekonstruktionen für TSP

- a) Die maximale Betriebslast (WLL) des/der Hubwerke(s) muss mit der maximalen Betriebslast (WLL) der Aufhängekonstruktion übereinstimmen;
- b) wird die Standsicherheit durch Gegengewichte erreicht: Zeichnungen und Tabellen, die Gewicht und Anzahl der Gegengewichte in Bezug auf folgende Punkte aufzeigen:
 - 1) maximale Betriebslast (WLL) des Hubwerks;
 - 2) Länge der Ausladung (L_0) des Auslegers;
 - 3) stabilisierende Länge (L_i) des Auslegers.
- c) bei Brüstungszangen: eine Zeichnung und Tabelle, welche die Reaktionskräfte in Bezug auf folgende Punkte aufzeigen:
 - 1) maximale Betriebslast (WLL) des Hubwerks;
 - 2) Länge der Ausladung (L_0) des Auslegers;
 - 3) Abstand zwischen den Horizontallagern (L_s).

14 Begleitende Unterlagen

14.1 Allgemeines

Die Betriebsanleitung muss EN ISO 12100:2010, 6.4.5 entsprechen und Informationen über die statischen und dynamischen Prüfungen beinhalten, die an dem SAE durchgeführt werden. Bei der Betriebsanleitung muss es sich entweder um die „Originalbetriebsanleitung“ oder um eine „Übersetzung der Originalbetriebsanleitung“ handeln, wobei im letzteren Fall der Übersetzung eine Kopie der Originalbetriebsanleitung beigefügt sein muss.

Die Betriebsanleitung sollte in einer oder mehreren Amtssprachen der Europäischen Gemeinschaft abgefasst sein. Der Begriff „Originalbetriebsanleitung“ muss auf der/den anderen Sprachfassung(en) erscheinen, sofern diese vom Hersteller oder seinem Bevollmächtigten verifiziert wurden.

Ist keine „Originalbetriebsanleitung“ in der/den Amtssprache(n) des Landes vorhanden, in dem die Geräte verwendet werden sollen, sollte durch den Hersteller oder seinen Bevollmächtigten oder durch die Person, die die Geräte im besagten Sprachraum einführt, eine Übersetzung in die betreffende(n) Sprache(n) zur Verfügung gestellt werden. Auf diesen Übersetzungen sollten die Worte „Übersetzung der Originalbetriebsanleitung“ erscheinen.

Der Inhalt der Betriebsanleitung sollte nicht nur den vorgesehenen Verwendungszweck der Geräte umfassen, sondern auch Warnhinweise vor falscher Anwendung enthalten.

Bei der Formulierung und der Gestaltung der Betriebsanleitung sollte der Grad der Allgemeinbildung und der Wissensstand, der vernünftigerweise von Bedienern der SAE zu erwarten ist, berücksichtigt werden.

Alle für den Betrieb und regelmäßige Kontrollen durch die Nutzer des SAE notwendigen Teile sollten mit dem SAE mitgeliefert werden.

Alle SAE sollten vom Hersteller oder einer anderen Fachfirma, die über alle notwendigen Kenntnisse, Werkzeuge und Sonderausrüstungen verfügen sollte, regelmäßig überprüft und instand gehalten werden.

Die Instandhaltungshäufigkeit sollte darauf beruhen, in welchem Maß das betreffende SAE genutzt wird sowie auf den Empfehlungen des Herstellers.

14.2 Benutzerhandbücher

14.2.1 Allgemeines

Das Benutzerhandbuch muss, soweit zutreffend, Anweisungen zu folgenden Punkten enthalten:

- allgemeine Beschreibung der Ausrüstung;
- Einschränkungen der Benutzung auf Bediener;
- Anweisungen zur Notwendigkeit, das Benutzerhandbuch gelesen und verstanden zu haben;
- Informationen zu Gefahren in Bezug auf das Arbeiten in der Höhe und die Wichtigkeit, die Betriebsanweisungen zu befolgen;
- Hinweis zur Überprüfung der ordnungsgemäßen Anbringung von Gegengewichten bei TSAE;
- Informationen über regelmäßige Inspektions- und Instandhaltungsarbeiten;
- Informationen über Schlechtwetterbedingungen: maximale Windgeschwindigkeit, Umgebungstemperaturbereich, Blitzschlag;
- Hinweis zur Überprüfung der Fahrstrecke des Fahrwagens und des PAM auf Hindernisse;
- Hinweis auf die Gefahr, eingeklemmt zu werden, wenn der Abstand zwischen Bauwerk und Dachfahrwagen zu klein ist;
- Hinweis über Ausschlüsse (siehe 1.3);
- Informationen zu den Restrisiken, die trotz der ergriffenen Maßnahmen für eine sichere Konstruktion, zur Absicherung sowie ergänzenden Schutzmaßnahmen bestehen bleiben;
- Spezifikationen der zu verwendenden Ersatzteile.

14.2.2 Angaben über Transport und Handhabung des SAE

- Gesamtmasse des Gerätes und der wesentlichen Teile, die für den Transport abgebaut werden können;
- Hinweise zur Handhabung (z. B. Zeichnungen, welche die Anschlagpunkte für Hebezeuge angeben).

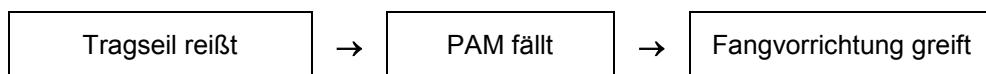
14.2.3 Angaben zu Aufbau, Inbetriebnahme und Wiederzusammenbau der Geräte

- Bei der Benutzung von Schienen und Fassaden-Führungen müssen zwischen den beteiligten Parteien Abstimmungen erfolgen, um die bestmögliche Konstruktion gemeinsam festzulegen;
- maximale Lasten, die durch die Aufhängekonstruktion auf das Gebäude wirken;
- Anforderungen zur Schienenbefestigung/Verankerung;
- Hinweise für Auf- und Abbau;
- Angaben sind erforderlich, damit ausschließlich zusammengehörende Komponenten zusammengebaut werden;
- für Betrieb und Instandhaltung des SAE benötigter Freiraum;
- Angaben zur Energieversorgung und zum Schutzleitersystem (durchgehende Masseverbindung);
- Anweisungen zum Drahtseileinbau;
- Anweisungen zur Sicherstellung, dass sich die Aufhängekonstruktion direkt über dem PAM befindet;
- Anweisungen bezüglich der Notwendigkeit zur Verifizierung durch eine sachkundige Person vor der Benutzung;
- notwendiger Schutz bezüglich der Gefahrenzonen um das SAE herum.

14.2.4 Angaben zum SAE selbst

- Einschränkungen für den Gebrauch, (z. B. FEM-Gruppe für Konstruktion und Triebwerk, Betriebshöhe, Windgeschwindigkeit bei Betrieb und außer Betrieb, Temperaturbereich);
- ausführliche Beschreibung von Gerät und Sicherheitsvorrichtungen – der Text sollte mit Bildern oder Zeichnungen veranschaulicht werden;
- umfassende Auswahl von Anwendungsbeispielen, für die das Gerät bestimmt ist, einschließlich verbotener Anwendungen (falls zutreffend) und vorhersehbarem Missbrauch;
- schematische Darstellung der Sicherheitsfunktionen wie in EN ISO 12100-1 festgelegt;

BEISPIEL Fehler, die zum Ansprechen der Fangvorrichtung führen:



- Dokumente, die bestätigen, dass die Geräte der vorliegenden Norm entsprechen.

14.2.5 Angaben zum Gebrauch der Geräte:

- Beschreibung der Bedienelemente;
- Halteinrichtungen (insbesondere Not-Halt);
- Anweisung an den Bediener, den Betrieb einzustellen und den Aufsichtführenden zu informieren, wenn die Sicherheit durch Fehler, Beschädigungen oder weitere Umstände gefährdet sein könnte;
- Beschreibung, wie das antriebslose Absenken durchgeführt wird;
- Anweisungen bezüglich der vom Bediener zu ergreifenden Maßnahmen, wenn die Sicherheitsvorrichtung angesprochen hat;
- Angaben zu Kommunikationsmöglichkeiten zwischen dem PAM und einer sachkundigen Person;

- wie übermäßiges Pendeln des PAM während des Betriebs verhindert werden kann;
- Anweisungen zur Fehlererkennung und den zu ergreifenden Korrekturmaßnahmen in tabellarischer Form (Fehler, Ursache, Behebung);
- Anweisungen zur Benutzung persönlicher Schutzausrüstung;
- Angaben zu Restgefahren, die konstruktiv nicht ausgeschlossen werden können, und Angaben zu Sicherheitsmaßnahmen, die der Bediener zu treffen hat.

Bei SAE werden die Gefahren, die sich durch das Auftreffen eines PAM auf Hindernisse ergeben können, durch die in 8.3.9 beschriebenen Vorrichtungen nicht vollständig abgedeckt. Der/die Bediener muss/müssen immer sicherstellen, dass es entlang der Fahrstrecke des Fahrwagens und des PAM keine Hindernisse gibt.

Hubkraftbegrenzer nach 8.3.5 könnten TSP möglicherweise nicht in allen Konfigurationen schützen. Der/die Bediener muss/müssen daher immer sicherstellen, dass die Beladung des PAM der auf dem Schild angegebenen Bemessungslast (*RL*) entspricht.

- Anweisungen zu täglichen Prüfungen;
- für temporär hängende PAM (TSP) sind folgende zusätzliche Überprüfungen erforderlich:
 - der Bediener muss täglich vor der Benutzung des TSAE prüfen, ob Bedieneinrichtungen, Bremsen, Sicherheitsvorrichtungen und Not-Halt-Schalter einwandfrei funktionieren;
 - der Zustand aller beweglichen Kabel, Endschalter, PAM-Konstruktionsteile und Drahtseile muss ebenfalls überprüft werden;
 - Überprüfung der Sicherheit der Aufhängekonstruktion, und Sicherstellung, dass keine Gegengewichte entfernt wurden;
 - Sicherstellen, dass der Aufhängepunkt direkt über der beabsichtigten Position des jeweiligen PAM-Hubwerks liegt, damit übermäßig große Horizontalkräfte auf die Aufhängekonstruktion sowie Schwingungen des PAM vermieden werden;
 - Sicherstellen, dass sich auf dem PAM weder Schnee, noch Eis, Schutt oder sonstiges überschüssiges Material ansammelt;
 - Sicherstellen, dass Gegenstände, die mit dem PAM in Kontakt kommen könnten, nicht aus der Fassade herausragen;
 - am Ende der Arbeiten muss der Bediener das TSAE in die „Außer-Betrieb-Stellung“ bringen, das PAM abschalten und zur Vermeidung unerlaubter Benutzung von der Energieversorgung trennen;
- Fangvorrichtungen dürfen nicht dazu benutzt werden, das PAM unter Betriebsbedingungen anzuhalten;
- Anweisungen an den Eigentümer, ein Logbuch mit folgenden Eintragungen zu führen:
 - Name der sachkundigen Person, die für das SAE verantwortlich ist;
 - Datum und Name(n) des/der Bediener(s), der/die das SAE benutzt/benutzen;
 - bei TSAE Seriennummern von Hubwerken und Sicherheitsvorrichtungen;
 - Betriebsdauer des SAE (in Stunden);
 - Spezifikation der Drahtseile;

- Benutzungsdauer der Drahtseile (in Stunden);
- Aufzeichnung aller meldepflichtigen Zwischenfälle und ergriffenen Maßnahmen;
- Datum und Ergebnisbericht der wiederkehrenden Prüfungen.
- Verwendung an bestimmten Stellen, an denen eine Einschränkung der Benutzung erforderlich sein kann;
- Parken des SAE in der „Außer-Betrieb-Stellung“.

14.2.6 Angaben zur Instandhaltung

Die Instandhaltung sollte ausschließlich vom Hersteller oder einer anderen Fachfirma, die über alle notwendigen Kenntnisse, Werkzeuge und Sonderausrüstungen verfügen sollte, durchgeführt werden. Dies sollte Folgendes beinhalten:

- Aufzeichnungen über Instandhaltung und Reparaturen sollten im Logbuch aufbewahrt werden;
- Zeichnungen und Diagramme, die das Instandhaltungspersonal zur Ausführung seiner Arbeit braucht;
- vom Hersteller vorgeschriebenen Kenndaten der Drahtseile;
- Zertifikate zu Drahtseilen müssen aufbewahrt werden;
- Warnungen bezüglich des Ausbaus federgespannter Haspeln oder Wickler sind erforderlich;
- Angaben zur Ablegereife von Drahtseilen und für das Ersetzen von allen anderen verschleißbehafteten Bauteilen;
- Überprüfungen, ob alle Plomben an den Einstellelementen der Hubkraftbegrenzer oder Sicherheitsvorrichtungen unbeschädigt sind.

Anhang A (normativ)

PAM-Typprüfungen

A.1 Allgemeines

Prüfungen des PAM müssen die in Abschnitt 6 angegebenen tatsächlichen Lastkonfigurationen widerspiegeln und unter Berücksichtigung des Betriebskoeffizienten für jedes Bauteil die Bruchfestigkeit prüfen.

A.2 Prüfung der größten Durchbiegung

Das PAM muss direkt unter den Tragbügeln unterstützt werden.

Die Bodenfläche des PAM wird dann mit einer Last beaufschlagt, die der Bemessungslast RL verteilt über die gesamte Bühnenbreite entspricht. Die Bemessungslast RL wird schrittweise in der ungünstigsten Position wie in Bild A.1 dargestellt aufgebracht.

Die Last wird dann weggenommen und wie zuvor für 15 min aufgebracht.

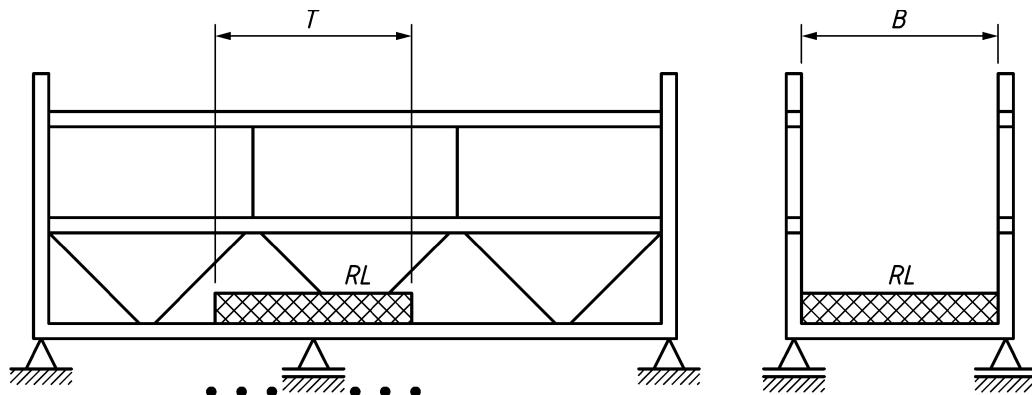


Bild A.1 — Verteilung der Bemessungslast RL

Zur Berechnung der Bemessungslast RL siehe 6.3.4.

Die durch die Last verursachte Durchbiegung muss gemessen und aufgezeichnet werden.

Der durch die Last verursachte Wert „ a “ der Durchbiegung darf nicht größer sein als:

$$a \leq \frac{L}{200}$$

Nachdem die Last weggenommen wurde, wird die bleibende Durchbiegung nach weiteren 3 min gemessen. Der Wert „ b “ der bleibenden Durchbiegung darf nicht größer sein als:

$$b \leq \frac{L}{1\,000}$$

A.3 Prüfungen von auskragenden PAM

A.3.1 Prüfung der größten Durchbiegung

Das PAM muss direkt unter den Tragbügeln unterstützt werden. Auf den auskragenden Abschnitt wird schrittweise die Last W aufgebracht, die über die gesamte Breite des PAM verteilt ist (Berechnung von W siehe 6.3.4.5). Die Last wird dann wieder weggenommen und wie zuvor für 15 min aufgebracht. Die von der Last verursachte Durchbiegung muss gemessen und aufgezeichnet werden. Der von der Last verursachte Wert „ a “ der Durchbiegung darf nicht größer sein als:

$$a \leq \frac{L_c}{100}$$

Nachdem die Last weggenommen wurde, wird die bleibende Durchbiegung nach weiteren 3 min gemessen. Der Wert „ b “ der bleibenden Durchbiegung darf nicht größer sein als:

$$b \leq \frac{L_c}{1\,000}$$

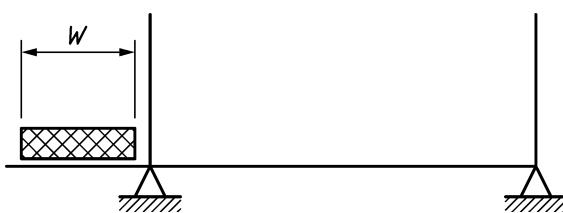


Bild A.2 —Last auf dem auskragenden Abschnitt des PAM

A.3.2 Standsicherheitsprüfung

Auf den auskragenden Abschnitt wird schrittweise eine Last aufgebracht, die $2 \times W$ entspricht. Die Bühne muss dabei standsicher bleiben.

A.4 Statische Prüfung des PAM

A.4.1 Allgemein

Der statische Prüfbeiwert beträgt 1,5.

A.4.2 Horizontaler PAM-Boden

Das PAM ist an seinen Tragbügeln horizontal aufzuhängen.

Die Lastverteilung ist die gleiche wie bei A.1.

Auf den PAM-Boden wird die Last $1,5 \times RL$ aufgebracht.

Die Last wird schrittweise an der ungünstigsten Stelle aufgebracht. Die Last wird über die nach Gleichung (4) berechnete Länge T verteilt.

Die Last wirkt 15 min lang.

A.4.3 Geneigter PAM-Boden

Das PAM ist an seinen Tragbügeln horizontal aufzuhängen. Der Tragbügel an einem Ende ist soweit anzuheben, dass der Boden um 14° gegenüber der Waagerechten geneigt ist. Last und Lastverteilung sind gleich wie bei der Prüfung in A.1.

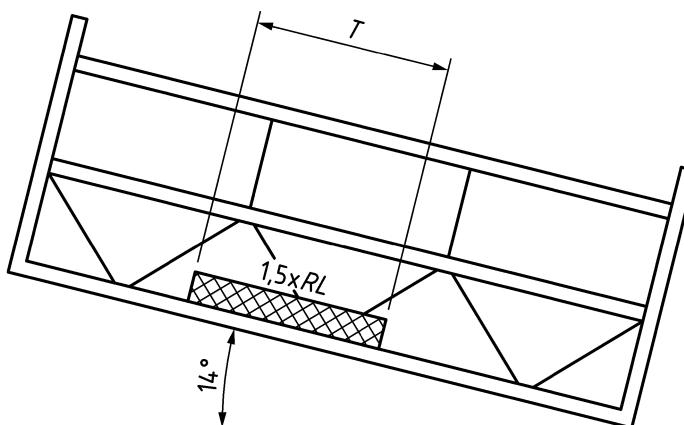


Bild A.3 — Längsgeneigter PAM-Boden

Auswertung der Ergebnisse:

Das PAM wird als zufrieden stellend betrachtet, wenn die statische Prüfung kein Versagen und keine sichtbare Beschädigung der Konstruktion bewirkt, und wenn der von der Last verursachte Wert „ a “ der Durchbiegung nicht größer ist als:

$$a \leq \frac{L}{130}$$

Nachdem die Last weggenommen wurde, darf die bleibende Durchbiegung nicht größer sein als:

$$b \leq \frac{L}{1\,000}$$

A.5 Dynamische Prüfung des PAM

Der dynamische Prüfbeiwert beträgt 1,25.

Das PAM wird an den Drahtseilen aufgehängt und mit der Bemessungsgeschwindigkeit des Hubwerkes angehoben und abgesenkt.

Auf den PAM-Boden wird die Last $1,25 \times RL$ schrittweise an der ungünstigsten Stelle aufgebracht.

Die Last wird über die entsprechend Gleichung (4) berechnete Länge T verteilt.

Die dynamische Prüfung wird über 30 Zyklen durchgeführt, wobei die Mindesthubhöhe 1 m beträgt.

Auswertung der Ergebnisse:

Das PAM wird als zufrieden stellend betrachtet, wenn die dynamische Prüfung kein Versagen und keine sichtbare Beschädigung der Konstruktion bewirkt.

A.6 Bruchlastprüfung

Das PAM ist an seinen Tragbügeln horizontal aufzuhängen.

Auf den PAM-Boden wird die Last $3,0 \times RL$ aufgebracht.

Die Last wird schrittweise an der ungünstigsten Stelle aufgebracht und über die entsprechend Gleichung (4) berechnete Länge T verteilt.

Die Last wirkt 1 Stunde lang.

Auswertung der Ergebnisse:

Die Festigkeit des PAM wird als angemessen betrachtet, wenn lasttragenden und nicht-lasttragenden Teile des PAM zwar bleibend verformt werden, aber nicht brechen.

A.7 Festigkeitsprüfung des Bodens

Die Festigkeit des Bodens muss geprüft werden, wobei sich das PAM in der horizontalen Lage befindet und an beiden Enden unterstützt ist.

Der Boden muss einer über eine Fläche von 20 cm × 20 cm verteilten Last von 300 kg standhalten, ohne zu brechen.

Die Last wird mittig zwischen zwei benachbarten Bodenträgern aufgebracht.

A.8 Festigkeitsprüfung des Handlaufs

A.8.1 Horizontale statische Prüfung

Das PAM wird an seinen Aufhängepunkten angehängt und mit $1,25 \times RL$ belastet (Verteilung und Lage von RL wie in A.4). Der Handlauf wird dann mehreren horizontal wirkenden statischen Kräften ausgesetzt, wobei für jede der beiden ersten Personen auf dem PAM F_h gleich 300 N, für jede weitere Person 150 N ist.

Die nach außen gerichteten Kräfte F_h werden schrittweise und stoßfrei in Handlaufhöhe und in einem Abstand von 500 mm an den ungünstigsten Stellen aufgebracht. Jede horizontale Durchbiegung muss gemessen werden.

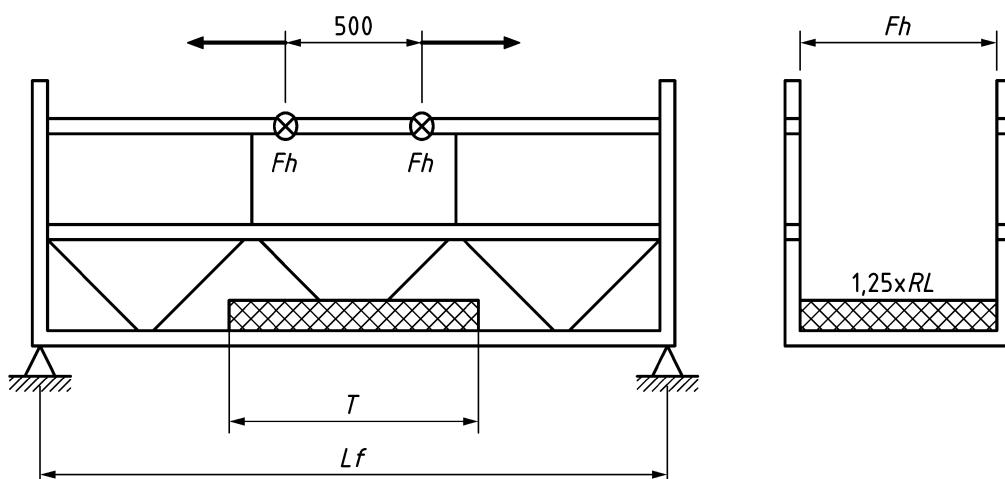


Bild A.4 — Horizontale Kräfte am Handlauf

Der Handlauf wird als zufrieden stellend betrachtet, wenn es keine sichtbaren Anzeichen für eine Beschädigung gibt, und wenn der von der Last F_h verursachte Wert „ a “ der Durchbiegung nicht größer ist als:

$$a \leq Lf/100 \text{ (die maximal zulässige Durchbiegung beträgt 30 mm)}$$

A.8.2 Vertikale statische Prüfung

Der Handlauf wird einer vertikal wirkenden statischen Last $F_v = 1 \text{ kN}$ ausgesetzt, die nach unten gerichtet schrittweise und stoßfrei aufgebracht wird.

Die Kraft F_v wird an der ungünstigsten Stelle auf einer Länge von 100 mm aufgebracht.

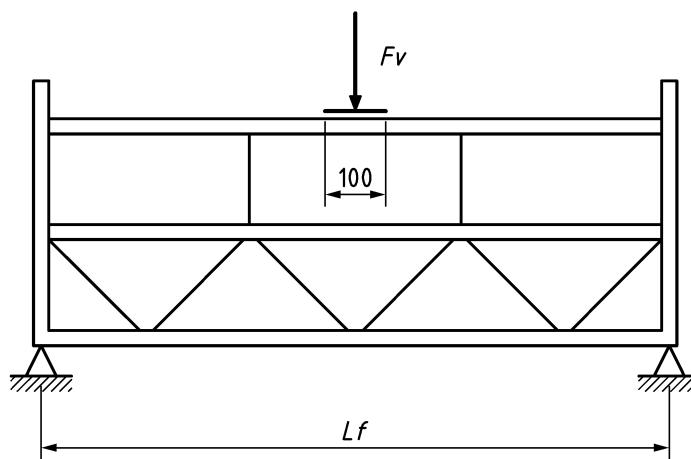


Bild A.5 — Vertikale Lasten auf dem Handlauf

Die Kräfte F_v werden für die Dauer von drei Minuten aufgebracht.

Der Handlauf wird als zufrieden stellend betrachtet, wenn es keine sichtbaren Anzeichen für eine Beschädigung gibt, und wenn die bleibende Verformung „ b “ nachdem die Last weggenommen wurde, nicht größer ist als:

$$b \leq \frac{L_f}{100}$$

Anhang B (normativ)

Typprüfung des Hubwerks und der Sicherheitsvorrichtungen

B.1 Alle Typen von Hubwerken und Sicherheitsvorrichtungen

B.1.1 Statische Prüfung

Der statische Prüfbeiwert beträgt 1,5.

Ein Hubwerk muss 15 Minuten lang statisch mit dem 1,5fachen seiner maximalen Betriebslast (*WLL*) belastet werden.

Ein Treibscheibehubwerk darf keine Anzeichen aufweisen, die besagen, dass das Drahtseil in der Treibscheibe rutscht oder kriecht. Das Drahtseil sollte entsprechend den Herstellerangaben geschmiert sein.

Die Betriebsbremse muss die Last ohne Rutschen oder Kriechen halten.

Es darf kein lasttragendes Bauteil des Hubwerks ausfallen, sich verformen oder geschwächt werden und die Last muss, ohne ihre Lage zu ändern, gehalten werden.

Nach dem Entfernen der Last sollte das Hubwerk entsprechend den Herstellerangaben funktionieren.

B.1.2 Dynamische Prüfung

Am Hubwerk wird das 1,25-fache seiner maximalen Betriebslast (*WLL*) angehängt, die über 30 Zyklen gehoben und gesenkt werden muss.

Die Betriebsbremse muss die Senkbewegung eines Hubwerks innerhalb von 10 cm anhalten und die Last ohne Rutschen halten.

Trommelhubwerke müssen geprüft werden, wenn die vom Hersteller vorgegebene maximale Anzahl von Seillagen auf der Trommel aufgewickelt ist.

B.1.3 Festigkeitsprüfung

Ein Hubwerk muss 15 Minuten lang statisch mit dem vierfachen seiner maximalen Betriebslast (*WLL*) belastet werden. Diese Prüfung muss bei mechanisch blockiertem Antrieb durchgeführt werden und das Drahtseil darf dabei im Treibsystem nicht rutschen.

Die Bremsen müssen gelüftet sein. Es darf kein lasttragendes Teil des Hubwerks ausfallen, und die Last muss in ihrer Lage gehalten werden.

Nach den oben aufgeführten Prüfungen muss die Treibscheibe bzw. die Trommel um 90° gedreht und die Prüfung wiederholt werden, bis die Treibscheibe bzw. die Trommel insgesamt um 360° gedreht wurde.

B.1.4 Prüfung der Funktion der Fangvorrichtung

B.1.4.1 Allgemeines

Durch den plötzlichen Stopps des PAM, der durch das Eingreifen der Fangvorrichtung verursacht wird, werden das Sicherheitsseil sowie die gesamte Aufhängekonstruktion dynamischen Kräften ausgesetzt. Die maximale dynamische Zugkraft (T_m) im Sicherheitsseil wird angegeben als:

$$T_m = S_d \times WLL$$

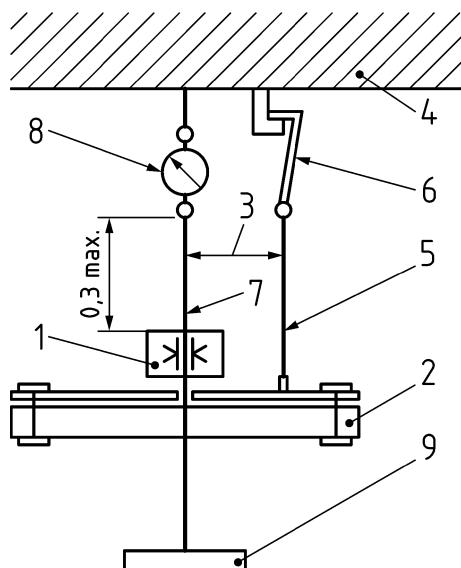
wobei

WLL maximale Betriebslast des Hubwerks oder, falls getrennt, maximale Betriebslast der Fangvorrichtung

Ist die Fangvorrichtung Teil des SAE, muss die Prüfung durchgeführt werden, wenn die Fangvorrichtung im Gesamtsystem eingebaut ist.

Wird die Fangvorrichtung als eigene Einheit geliefert, muss die Prüfung in einem Prüfstand durchgeführt werden. Dieser Prüfstand muss so beschaffen sein, dass seine Eigenfrequenz der Schwingung in der vertikalen Achse am Anschlagpunkt mindestens 100 Hz beträgt, und dass die Einwirkung einer Kraft vom fünfachen der maximalen Betriebslast (*WLL*) am Anschlagpunkt eine Durchbiegung von höchstens 1 mm bewirkt.

Das unten stehende Bild B.1 zeigt die Prüfanordnung für die Fangvorrichtung:



Legende

- 1 Fangvorrichtung
- 2 Prüflast
- 3 horizontaler Abstand zwischen den Seilen
- 4 Anschlagpunkt
- 5 Drahtseil
- 6 Auslösevorrichtung
- 7 Sicherheitsseil
- 8 Kraftmesseinrichtung
- 9 Gewicht 10 kg

Bild B.1 — Typischer Prüfstand für eine Fangvorrichtung

Das Drahtseil über der Fangvorrichtung darf höchstens 30 cm lang sein. Der Abstand zwischen den beiden Drahtseilen (3) muss durch die Konstruktion festgelegt oder vom Hersteller vorgegeben sein.

Die aufgebrachte Prüflast ist gleich der maximalen Betriebslast (*WLL*).

B.1.4.2 Kraftmesseinrichtung

Die Kraftmesseinrichtung muss in der Lage sein, Kräfte im Bereich zwischen der einfachen und der fünfachen maximalen Betriebslast (*WLL*) des Hubwerks mit einer Genauigkeit von $\pm 2\%$ — bei einer Frequenzbandbreite von 1 000 Hz — zu messen.

B.1.4.3 Durchführung der Prüfung

- a) Sicherheitsseil an dem Punkt markieren, an dem es in die Fangvorrichtung eintritt, um die Fallhöhe messen zu können;
- b) Gewicht von 10 kg am unteren Ende des Sicherheitsseils anbringen, um sicherzustellen, dass das Seil straff ist;
- c) Falltest ausführen durch Lösen des Tragseils von seinem Anschlagpunkt. Sicherstellen, dass dieser Vorgang abläuft, ohne dass zusätzliche Kräfte die Prüfergebnisse beeinflussen. Nach dem Lösen sollte die Prüflast nach unten beschleunigen und zu einem vollständigen Stillstand kommen, wenn die Fangvorrichtung auf dem Sicherheitsseil gegriffen hat;
- d) Fallhöhe und maximale dynamische Zugkraft im Sicherheitsseil aufzeichnen;
- e) Schritte c) und d) dreimal nacheinander ausführen.

B.1.4.4 Prüfergebnisse

- a) Eine Fangvorrichtung, die mit dem vollständigen SAE geprüft wird, muss folgende Anforderungen erfüllen:
 - 1) das SAE übersteht drei Fallversuche ohne zu brechen;

der gemessene Stoßfaktor $S_d = \frac{T_m}{WLL}$ ist in jedem der drei Versuche kleiner oder gleich drei;
 - 2) die Fallhöhe in jedem der drei Versuche beträgt weniger als 50 cm;
- b) eine Fangvorrichtung, die als eigene Einheit auf einem Prüfstand nach Bild B.1 geprüft wird, muss folgende Anforderungen erfüllen:
 - 1) die Fangvorrichtung und das Drahtseil müssen drei Fallversuche überstehen ohne zu brechen;
 - 2) der gemessene Stoßfaktor S_d muss in jeder der drei Prüfungen kleiner als fünf sein;
 - 3) die Fallhöhe muss in jeder der drei Prüfungen weniger als 50 cm betragen.

B.1.5 Prüfung der Sicherheitsbremse

B.1.5.1 Allgemeines

Ist eine Sicherheitsbremse eingebaut, führt der durch das Ansprechen der Sicherheitsbremse verursachte plötzliche Stopp des PAM zu einer dynamischen Belastung der Tragseile. Die maximale Zugkraft T_m in den Tragseilen wird angegeben als:

$$T_m = S_d \times \frac{TSL}{N_r}$$

Die Sicherheitsbremse ist Teil des SAE, und die Prüfung muss mit der im Gesamtsystem eingebauten Sicherheitsbremse durchgeführt werden. Ist eine solche Prüfung nicht durchführbar, muss die Sicherheitsbremse in einem Prüfstand geprüft werden.

Siehe Bild B.2: Typischer Prüfstand für eine Sicherheitsbremse

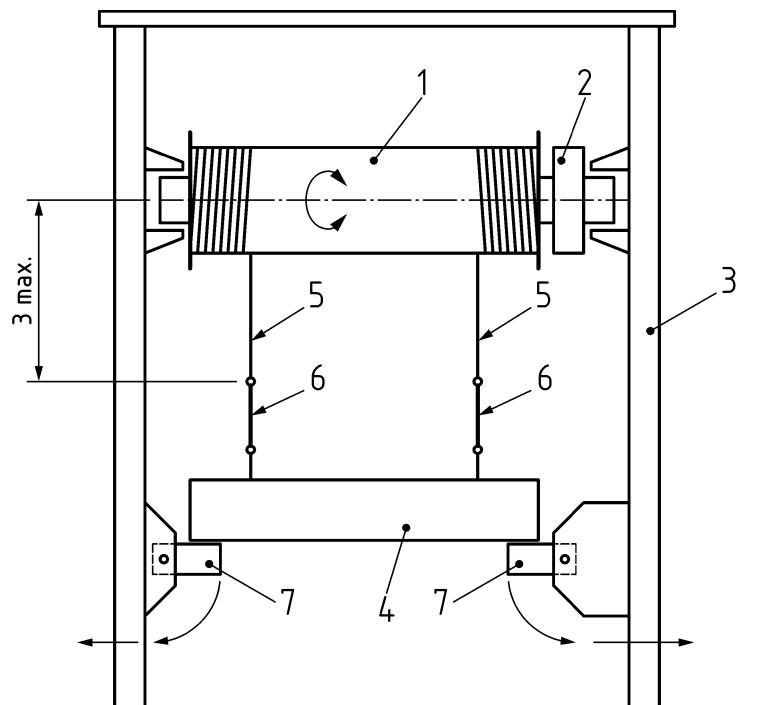
Das Hubwerk (1) ohne Getriebe, Motor und Betriebsbremse wird mit einer Sicherheitsbremse (2) ausgestattet und am Rahmen (3) befestigt. Über die Kraftmesseinrichtungen (6) wird an die Tragseile (5) eine Last (4) gehängt, die der Gesamt-Hängelast (TSL) einschließlich PAM-Bemessungslast RL entspricht.

Die Seillänge zwischen der Trommel und den Kraftmesseinrichtungen (6) darf höchstens 3 m betragen.

Der Rahmen (3) muss so gebaut sein, dass seine Eigenfrequenz der Schwingung in der vertikalen Achse mindestens 100 Hz beträgt, und dass die Einwirkung einer Kraft gleich der 5fachen TSL an den Trommellagern eine Durchbiegung von höchstens 1 mm bewirkt.

Kraftmesseinrichtung siehe B.1.4.

Die Last wird durch Auflager (7) gehalten, die durch Drahtseile mit einer Fallauslösevorrichtung verbunden sind.



Legende

- 1 Hubwerk
- 2 Sicherheitsbremse
- 3 Rahmen der Winde
- 4 Prüflast
- 5 Tragseile
- 6 Kraftmesseinrichtung
- 7 Auflager/Führungen

Bild B.2 — Typischer Prüfstand für eine Sicherheitsbremse

B.1.5.2 Funktionsweise

Durch das Auslösen der Fallauslösevorrichtung wird der Fall der Last herbeigeführt.

Der Kraftverlauf in den Drahtseilen wird aufgezeichnet und die Fallhöhe gemessen.

B.1.5.3 Prüfergebnisse

Die Sicherheitsbremse gilt als zufriedenstellend, wenn:

- sie drei Fallversuche ohne zu versagen aushält;
- der Stoßfaktor kleiner oder gleich drei ist;
- die Fallhöhe kleiner als 50 cm ist.

B.1.6 Grenzwertprüfungen der Hubwerks-Hublast

Der Motor eines Hubwerks ist zu prüfen (zu messen) und muss bei einer Last von weniger als dem 2,5-fachen der maximalen Betriebslast *WLL* des Hubwerks blockieren oder es muss auf andere Weise verhindert werden, dass er eine Last von mehr als dem 2,5-fachen der maximalen Betriebslast *WLL* anheben kann (siehe 8.3.1.2).

Bei der Durchführung der Prüfung sollten folgende Bedingungen vorliegen:

- Nennspannung des Motors;
- übliche Umgebungstemperatur;
- Motor bei üblicher Betriebstemperatur;
- Jede zusätzliche Sicherheitseinrichtung ist in Betrieb (siehe 8.3.1.2).

B.2 Handbetriebene Hubwerke

B.2.1 Betriebsprüfung

Die bei einem handbetriebenen Hubwerk zum Heben oder Senken der maximalen Betriebslast (*WLL*) am Ende der Kurbel oder des Hebels aufgebrachte Kraft darf 250 N bzw. 400 N nicht übersteigen.

Wirkt bei einem handbetriebenen Hubwerk eine Kraft von 625 N bzw. 1 kN auf das Ende der Kurbel bzw. des Hebels, darf es nicht möglich sein, eine Last von mehr als dem 2,5fachen der maximalen Betriebslast (*WLL*) zu heben.

B.2.2 Prüfung der Dauerfestigkeit

Ein handbetriebenes Hubwerk muss unter der maximalen Betriebslast *WLL* 500 Zyklen des normalen Betriebsablaufs ausführen.

Es dürfen dabei keine Anzeichen von Bruch, Verschleiß oder Fehlfunktionen auftreten. Es dürfen keine Reparaturen oder Einstellungen erforderlich werden.

B.2.3 Drahtseilprüfungen

Das bei der Prüfung der Dauerfestigkeit (siehe B.2.2) benutzte Drahtseil:

- a) darf auf einer Länge von $30 \times d$ höchstens 10 sichtbare Drahtbrüche aufweisen;
- b) darf keine Korrbildung oder Litzenbrüche aufweisen.

Nach der Prüfung der Dauerfestigkeit dürfen weder das Drahtseil noch seine Endbefestigung reißen, wenn an ihnen mit einer Kraft gezogen wird, die dem 6fachen der maximalen Betriebslast (*WLL*) des Hubwerks entspricht.

B.3 Kraftbetriebene Hubwerke

B.3.1 Prüfung der Dauerfestigkeit für Hubwerke

Das Hubwerk muss, wie in Tabelle 4 vorgesehen, betrieben werden:

- 30.000 Zyklen mit $0,5 \times$ max. Betriebslast *WLL* für A2;
- 30.000 Zyklen mit $1 \times$ max. Betriebslast *WLL* oder 60.000 Zyklen mit $0,5 \times$ Betriebslast *WLL* für A3;
- 60.000 Zyklen mit $1 \times$ Betriebslast *WLL* für A4.

Das Drahtseil darf nach jeweils 1 000 Zyklen ausgewechselt werden (siehe Definition 3.4.14).

Während dieser Prüfung kann die Bremse nachgestellt werden, sollte jedoch nicht repariert werden.

Die Zyklusgeschwindigkeit muss so gewählt werden, dass der Antrieb thermisch nicht überlastet wird.

Nach Abschluss der Zyklen muss das Hubwerk untersucht werden. Es darf keine Zeichen von Bruch oder Fehlfunktion aufweisen. Jedes zur Durchführung der Prüfung verwendete Drahtseil muss entsprechend B.2.3 untersucht werden.

B.3.2 Hubkraftbegrenzer-Prüfung

B.3.2.1 Hubkraftbegrenzer sollten vom Hersteller der Einrichtung typgeprüft und mit einem Zertifikat versehen werden.

B.3.2.2 Die Prüfung enthält eine Funktionsprüfung zur Prüfung der Auslöseschwelle. Die Prüfung der Auslöseschwelle ist nach folgendem Verfahren durchzuführen:

- Das PAM steht auf dem Erdboden;
- Bei Fassadenaufzügen wird das PAM mit der 1,25fachen Bemessungslast (RL) auf einer Fläche S_a in der Nähe des Tragbügels belastet;
- Bei temporär hängenden PAM (TSP) werden die Hubwerke mit dem 1,25fachen ihrer maximalen Betriebslast (WLL) belastet;
- Das PAM wird dann vom Boden hochgefahren – bevor der Hubkraftbegrenzer anspricht, darf nur ein Hubweg von höchstens 10 cm möglich sein;
- Das PAM wird solange entladen, bis der Hubkraftbegrenzer selbsttätig wieder freigibt;
- Das PAM wird dann wieder wie zuvor beladen;
- Ein weiteres Hochfahren darf nicht möglich sein, wenn der Hubkraftbegrenzer angesprochen hat;
- Nach dem Ansprechen des/der Hubkraftbegrenzer(s) darf dauerhaft keine Bewegung außer dem Senken möglich sein;
- Die Überlastanzeige muss den Bediener ununterbrochen warnen;
- Das PAM wird dann auf den Erdboden abgesenkt und der Hubkraftbegrenzer muss selbsttätig wieder freigeben;
- Bei Fassadenaufzügen (BMU) wird das PAM mit der Bemessungslast RL an der gleichen Stelle wie zuvor beladen;
- Bei temporär hängenden PAM (TSP) werden die Hubwerke mit ihrer maximalen Betriebslast (WLL) beladen;
- Heben und Senken müssen unter diesen Bedingungen möglich sein.

B.3.2.3 Entsprechend der in B.3.2.2 beschriebenen Vorgehensweise muss eine Festigkeitsprüfung durchgeführt werden, bei der Bemessungslast (RL) und maximale Betriebslast (WLL) je auf das 1,6fache erhöht werden. Während dieser Prüfung muss/müssen der/die Hubkraftbegrenzer entsprechend den Herstellerangaben funktionieren.

B.3.3 Elektrische Prüfungen

Die Prüfung der elektrischen Ausrüstung muss entsprechend EN 60204-1 durchgeführt werden.

Anhang C (normativ)

Typprüfungen der Aufhängekonstruktion

C.1 Dachfahrwagen

C.1.1 Allgemeines

Zur Prüfung eines an einer Aufhängekonstruktion aufgehängten PAM siehe Anhang A.

Zur Prüfung des Hubwerks als Teil einer Aufhängekonstruktion siehe Anhang B.

C.1.2 Statische Prüfung

Die Aufhängekonstruktion steht auf (einer) geeigneten Fahrbahn/Fahrspuren oder einer anderen Oberfläche.

Die Prüfung muss unter den ungünstigsten Betriebsbedingungen durchgeführt werden.

Die Aufhängekonstruktion muss mit der folgenden statischen Prüflast belastet werden:

$$W_{ts} = SWP + 2 \times (1,25 \times RL + M_{wr})$$

Ist ein Materialhubwerk eingebaut, muss es gleichzeitig ebenfalls mit einer statischen Prüflast, die $TSHL \times 1,4$ beträgt, belastet werden.

Diese Lasten können höher sein als Lastfall 3.

Die Aufhängekonstruktion wird als zufriedenstellend betrachtet, wenn sie die Belastung durch die statische Prüflast ohne Bruch oder bleibende Verformung der Konstruktion überstanden und ihre Standsicherheit behalten hat.

C.1.3 Dynamische Prüfung

Die Aufhängekonstruktion wird auf (eine) geeignete Fahrbahn/Fahrspuren oder einer anderen Oberfläche gestellt.

Die Prüfung muss unter den ungünstigsten Betriebsbedingungen durchgeführt werden.

Die Aufhängekonstruktion muss mit der folgenden dynamischen Prüflast belastet werden:

$$W_{td} = 1,25 \times (RL + M_{wr}) + 1,25 \times SWP$$

Ist ein Materialhubwerk eingebaut, muss es gleichzeitig ebenfalls mit einer dynamischen Prüflast, die $TSHL \times 1,25$ beträgt, belastet werden.

Die Prüfung wird durchgeführt während:

- einer Hubbewegung der Hubwerke;
- einer Wippbewegung des/der Ausleger(s);
- einer Teleskopierbewegung des/der Ausleger(s);
- einer Schwenkbewegung des Gehäuses;
- die Sicherheitsvorrichtung(en) muss/müssen unter simulierten Notfallbedingungen geprüft werden;
- die Aufhängekonstruktion gilt als zufriedenstellend, wenn:
 - sie die Belastung durch die dynamische Prüflast ohne Bruch oder bleibende Verformung ihrer Konstruktion überstanden und ihre Standsicherheit behalten hat;
 - alle Bewegungen ruckfrei und mit einer Geschwindigkeit durchgeführt werden, welche die in 9.3.3 und 9.3.4 festgelegten Werte nicht übersteigt.

C.1.4 Elektrische Prüfung

Die Prüfung der elektrischen Ausrüstung muss entsprechend EN 60204-1 durchgeführt werden.

C.2 Sonstige Aufhängekonstruktionen

Sonstige Aufhängekonstruktionen, die im Zusammenhang mit (einem) PAM-Hubwerk(en) installiert wurden (d. h. Dachausleger, Brüstungszangen, fest verankerte Ausleger und Einzelschienen), sind zwei Kräften auszusetzen:

- einer vertikalen Kraft $F_v = 2,5 \times WLL$;
- einer horizontalen Kraft $F_h = 0,15 \times WLL$, die in der ungünstigsten Richtung wirkt.

WLL ist die maximale Betriebslast des Hubwerks in N.

Die Aufhängekonstruktion gilt als zufrieden stellend, wenn:

- sie die Belastung durch die statische Prüflast ohne Bruch oder bleibende Verformung ihrer Konstruktion überstanden und ihre Standsicherheit behalten hat;
- sie während der statischen Prüfbelastung keine Veränderungen zeigt.

Anhang D (informativ)

Anleitung zur Darstellung und Auswertung von durch SAE-Konstruktionen aufgebrachten Lasten

D.1 Allgemeines

Für die Konstruktion von SAE sind drei Hauptlastfälle mit zusätzlichen Berechnungen der Standsicherheit und der Ankerfestigkeit maßgeblich.

Lastfall 1 gibt die Lasten an, die bei üblichem Gebrauch auf das Tragwerk (Gebäude) übertragen werden und ist als „die Betriebslast“ zu betrachten.

Lastfall 2 deckt gelegentlich vorkommende Situationen ab, wie z. B. Lastprüfungen und Sturmlastbedingungen.

Lastfall 3 deckt außergewöhnliche Situationen ab, wie z. B. das Ansprechen einer Sicherheitsvorrichtung.

D.2 Allgemeine Anmerkungen zu am Dach montierten Aufhängekonstruktionen

Durch Berechnungen der Standsicherheit und Ankerfestigkeit wird sichergestellt, dass ein angemessener Sicherheitsbeiwert angewendet wird, um ein Umskippen des SAE zu vermeiden. Wenn die Standsicherheit einer am Dach montierten Aufhängekonstruktion auf der Fahrbahn oder einer anderen Verankerung beruht, sollte diese abhebende Kraft angegeben werden, da das Tragwerk (Gebäude) in der Lage sein sollten, dieser Kraft standzuhalten.

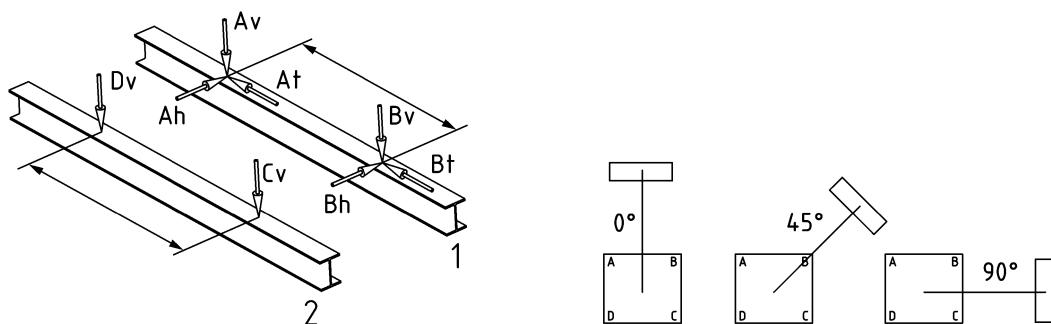
Bei Betrieb und unter Sturmlastbedingungen wirken horizontale Lasten in beide Richtungen und es ist erforderlich, auch diese Lasten zu bestimmen.

Wenn in das SAE ein Hilfshubwerk integriert ist, sollten die Lastfälle auch die Kräfte, die durch diese zusätzliche Last aufgebracht werden, einschließen.

Es wird empfohlen, dass der Statiker zur Festlegung der Bemessungsdaten (Designlasten) des Tragwerkes die folgenden Mindestfaktoren auf die Lastfälle anwendet. Es liegt jedoch in der Verantwortung des Statikers sicherzustellen, dass die vom SAE aufgebrachten Lasten sich angemessen in die Konstruktion des Tragwerkes (Gebäude) einleiten lassen.

- Lastfall 1 mit $y_f = 1,5$
- Lastfall 2 mit $y_f = 1,33$
- Lastfall 3 mit $y_f = 1,1$
- Horizontallast mit $y_f = 1,1$

Siehe auch Tabelle G.1.



Legende

- 1 Außenschiene
- 2 Innenschiene

Bild D.1 — Am Dach montierte Aufhängekonstruktionen

Tabelle D.1 – Traglasttabelle für am Dach montierte Aufhängekonstruktionen

	Lastfall 1			Lasten aus Standsicherheit		
	0°	diagonal	90°	0°	diagonal	90°
Av (kN)						
Bv (kN)						
Cv (kN)						
Dv (kN)						
Ah (kN)						
At (kN)						
Bh (kN)						
Bt (kN)						

D.3 Allgemeine Anmerkungen zu Einzelschienen-Stützträgern und verankerten Auslegern

Die Lastfälle 1, 2 und 3 sind bezüglich der direkten Lasten, die auf den Stützträger/die Konstruktion wirken, anzugeben. Als maßgebende Last ist der größte Wert entweder von Lastfall 1 (multipliziert mit 1,5) oder von Lastfall 2 (multipliziert mit 1,33) anzunehmen.

Falls zutreffend, sollte die Festlegung einer zweiten Hebeposition für ein Hilfshubwerk in den Berechnungen berücksichtigt werden.

Die Mindestbemessungslast, die auf die Befestigungen wirkt, ist anzugeben.

Das auf die Verbindung wirkende Moment M_c ist für alle drei Lastfälle anzugeben.

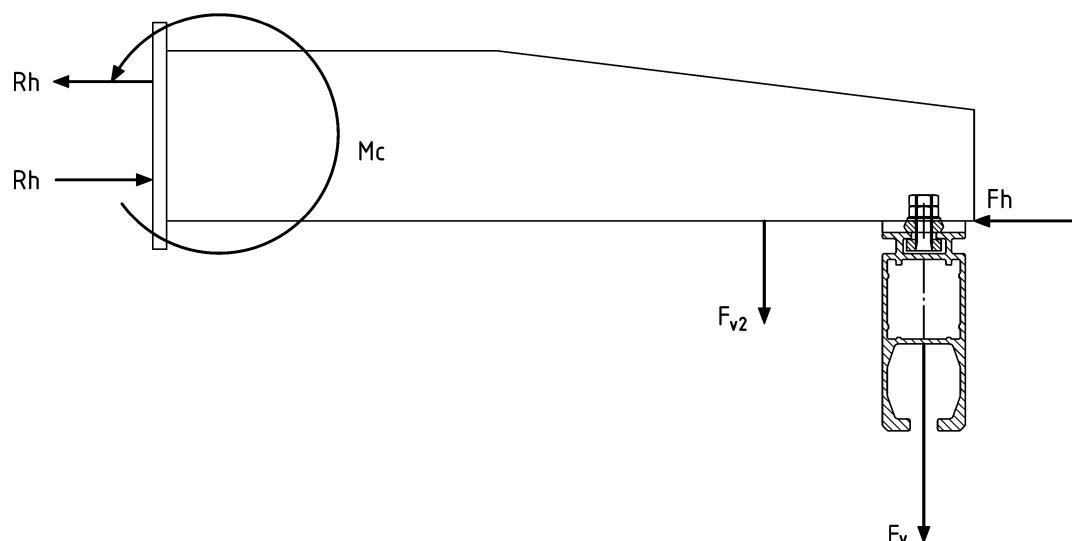


Bild D.2 — Auskragende Aufhängekonstruktion

Tabelle D.2 – Traglasttabelle für auskragende Aufhängekonstruktionen

	Lastfall 1	Lastfall 2	Lastfall 3	Art der Verankerung
F_v (kN)				--
F_{v2} (kN)				--
F_h (kN)				--
R_h (kN)				
R_v (kN)				

Anhang E (informativ)

Maximal zulässige horizontale Auslenkung eines PAM

E.1 Allgemeines

Auf Grund einer durch Wind verursachten horizontalen Auslenkung eines aufgehängten PAM, die zu einer unkontrollierten Rückschwingbewegung gegen die Fassade oder einer Schwingbewegung parallel zur Fassade führt, kann eine gefährliche Situation entstehen.

Wenn angenommen wird, dass die maximal zulässige horizontale Auslenkung eines PAM 4 Meter beträgt und die maximale horizontale Kraft, die ein Bediener ausüben kann, 200 N ist, kann die maximal zulässige Windgeschwindigkeit wie folgt berechnet werden:

H = maximale Betriebshöhe (freie Seillänge)

Vertikaler Schwenkwinkel von Tragseilen: $\tan \alpha = \frac{4m}{H \text{ m}}$ sollte 4 (m) und H (m)

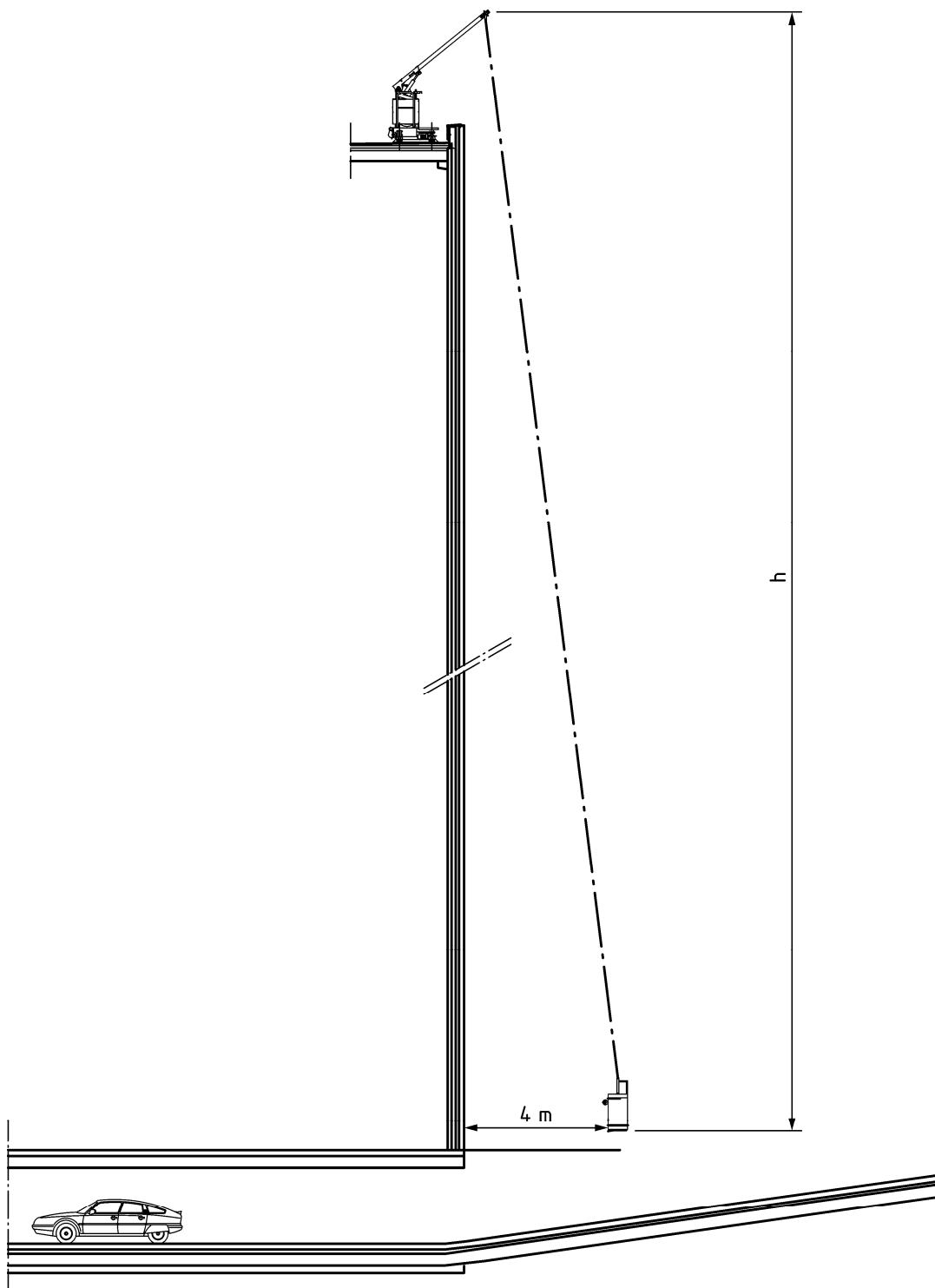


Bild E.1 — Maximale (theoretische) horizontale Auslenkung des PAM

Die Windlast hängt von der Größe, Form und Lage des PAM sowie von der Windrichtung und -geschwindigkeit ab. Wenn örtliche Auswirkungen und Turbulenzen unberücksichtigt bleiben, können ein entsprechender Winddruck und eine Windgeschwindigkeit wie folgt berechnet werden:

$$q = 0,613 \times v^2$$

Dabei ist

q der dynamische Winddruck in N/mm²

v die berechnete Windgeschwindigkeit in m/s

$$F_w \text{ zulässig} = \tan \alpha \times TSL$$

$$v = \sqrt{\frac{F_w \text{ zulässig}}{0,613 \times C_f \times A}}$$

Dabei ist

C_f der Formfaktor für dem Wind ausgesetzte Flächen

A die dem Wind ausgesetzte Fläche (6.3.5)

E.2 Berechnungsbeispiel – 60 m Höhe ohne Fassadenführung

PAM für zwei Personen, voll verkleidet;

Abmessungen: Länge 2 000 mm, Höhe 1 100 mm;

$SWP = 125$ kg;

$RL = 250$ kg;

$M_{wr} = 40$ kg, 60 m Seil mit Durchmesser von Ø 6,5;

$TSL = 415$ kg = 4 150 N;

$$F_w \text{ zulässig} = \tan (3,81^\circ) \times TSL = 0,067 \times 4 150 \text{ N} = 277 \text{ N}$$

Zwei Personen sind in der Lage, diese Kraft auszuüben.

Dem Wind ausgesetzte Fläche:

$$A = 2 \times 0,35 \text{ m}^2 + 2 \text{ m}^2 + 2 \text{ m} \times 1,1 \text{ m} = 4,9 \text{ m}^2$$

Bezüglich der auf die, dem Wind ausgesetzten, Flächen anzuwendenden Formfaktoren, siehe FEM 1.001, Heft 2.

$$F_w = q \times C_f \times A = 0,613 \times v^2 \times 1,55 \times A$$

Kastenprofil, $b/d < 2$, $l/b < 5$, $C_f = 1,55$

$$v = \sqrt{\frac{F_w}{0,613 \times 1,55 \times A}}, F_w = 277 \text{ N}$$

Für eine Höhe von 60 m ohne Fassadenführung darf die zulässige Höchstwindgeschwindigkeit 7,7 m/s = 28 km/h betragen.

$$v = \sqrt{\frac{277 \text{ N}}{0,613 \times 1,55 \times 4,9 \text{ m}^2}} = 7,7 \text{ m/s}$$

Parallele Auslenkung:

40 % von einem 2 m langen PAM = 800 mm

$$\text{Neigungsgrad } \tan \alpha = \frac{0,8 \text{ m}}{60 \text{ m}} = 0,0133, \alpha = 0,76^\circ$$

$$F_w \text{ zulässig} = \tan(0,76^\circ) \times TSL = 0,0133 \times 4\ 150 \text{ N} = 55,2 \text{ N}$$

Zwei Personen sind in der Lage, diese Kraft auszuüben.

$$A = 0,35 \text{ m}^2 + 0,6 \text{ m} \times 1,1 \text{ m} = 1,01 \text{ m}^2$$

Dem Wind ausgesetzte Fläche

Bezüglich der auf die, dem Wind ausgesetzten, Flächen anzuwendenden Formfaktoren, siehe FEM 1.001, Heft 2.

Kastenprofil, $b/d < 2$, $l/b < 5$, $C_f = 1,55$

$$F_w = q \times C_f \times A = 0,613 \times v^2 \times 1,55 \times A$$

$$v = \sqrt{\frac{F_w}{0,613 \times 1,55 \times A}}, F_w = 55,2 \text{ N}$$

$$v = \sqrt{\frac{55,2 \text{ N}}{0,613 \times 1,55 \times 1,01 \text{ m}^2}} = 7,58 \text{ m/s}$$

ungünstiger Fall

Für eine Höhe von 60 m ohne Fassadenführung darf die Höchstwindgeschwindigkeit 7,6 m/s = 27 km/h betragen.

Anhang F (normativ)

Anleitung zu den Anforderungen an drahtlose Steuersysteme

F.1 Allgemeines

Ein Sender sollte nicht senden, während die Vorrichtung zur Verhinderung der unbefugten Nutzung aktiv ist.

F.2 Begrenzung der Steuerung

F.2.1 Die Aktivierung des Senders sollte am Sender angezeigt werden, sollte aber keine Bewegung des Fassadenaufzugs (BMU) einleiten.

F.2.2 Der Empfänger sollte nur dann Arbeitsbefehle für das Steuersystem bereitstellen, wenn er von der Bedienstation Datentelegramme (engl. frames) empfängt, die die richtige Adresse und einen ordnungsgemäßen Befehl enthalten.

F.2.3 Das Hauptschütz sollte nur angesteuert werden (d. h. in den EIN-Zustand gesteuert), wenn der Empfänger mindestens ein ordnungsgemäßes Datentelegramm (engl. frame) ohne irgendeinen Arbeitsbefehl empfangen hat, welches aber einen Startbefehl beinhaltet.

F.2.4 Um unbeabsichtigte Bewegungen nach jeder Situation, die ein Anhalten des SAE verursacht hat, zu verhindern (z. B. Fehler in der Energieversorgung, Batterieaustausch oder Datenverlust), sollte das System nur dann Arbeitsbefehle ausgeben, die zu irgendeiner Bewegung des SAE führen, nachdem der Bediener des SAE die Bedienelemente für eine angemessene Zeitdauer in die "Aus"-Stellung zurück genommen hat (d. h. der Empfänger hat mindestens ein Datentelegramm (engl. frame) ohne irgendeinen Arbeitsbefehl empfangen).

F.2.5 Jedes Mal wenn das SAE spannungsfrei ist, sollten alle Ausgangsbefehle für Bewegungen des SAE vom Empfänger gelöscht werden.

F.3 Stopp-Funktion

F.3.1 Der Teil des drahtlosen Steuersystems, der die Stopp-Funktion ausführt, ist ein sicherheitsbezogenes Teil des SAE-Steuersystems nach EN ISO 13849-1:2008, 3.3.1. Dieser Teil des drahtlosen Steuersystems sollte nach Tabelle 14 dieser Norm oder mit höheren Anforderungen ausgelegt sein, bezüglich der Sicherheitseigenschaften sollte er nach EN ISO 13849-1 ausgelegt sein.

F.3.2 Das Steuersystem sollte das Anhalten aller SAE-Bewegungen einleiten, wenn innerhalb von 0,5 s kein gültiges Signal (Datentelegramm) ordnungsgemäß empfangen wurde.

F.3.3 Wenn der Empfänger nicht feststellt, dass der Zustand des Steuersystems dem Zustand der Empfängerausgaben entspricht, sollte die Stopp-Funktion auch den SAE-Schalter entregen. Stellt der Empfänger fest, dass der Zustand des Steuersystems mit dem Zustand der Empfängerausgaben übereinstimmt, darf die Entregung des SAE-Schalters bis zu höchstens 5 Minuten verzögert werden.

F.3.4 Wenn Not-Halt-Funktionen der Kategorie 0 nach EN 60204-32:2008, 9.2.5.4.2 ein zusätzliches Risiko verursachen, darf die Stopp-Funktion Kategorie 1 sein.

F.4 Serielle Datenübertragung

F.4.1 Datentelegramme (engl. frame) sollten während des Betriebes mehrfach gesendet werden.

F.4.2 Das System sollte eine Zuverlässigkeit der Übertragung bereitstellen mit einer Hammingdistanz entsprechend der Gesamtzahl der Bits in einem Datentelegramm dividiert durch 20, jedoch mindestens vier, oder andere Mittel, welche einen vergleichbaren Grad der Zuverlässigkeit sicherstellen derart, dass die Wahrscheinlichkeit eines fehlerhaft übertragenen Datentelegramms kleiner als 10 E-8 ist.

F.5 Verwendung von mehr als einer Bedienstation

F.5.1 Ein Umschalten der Steuerung von einem Sender zu einem anderen sollte nicht möglich sein, bis der erste Sender durch eine bewusste, speziell für diesen Zweck ausgelegte Handlung abgeschaltet worden ist.

F.5.2 Es sollten Mittel vorgesehen werden, die einen Betrieb mehrerer Sender-/Empfänger-Paare in dem Übertragungsgebiet ohne unerwünschte gegenseitige Beeinflussung ermöglichen.

F.5.3 Die in F.5.2 vorgesehenen Mittel sollten gegen zufälliges oder unbeabsichtigtes Vertauschen geschützt sein.

F.6 Batteriegespeiste Bedienstationen

Nach der Warnung und der in EN 60204-32:2008, 9.2.7.6 geforderten Zeitdauer (wenn die Batteriespannung des Senders so niedrig ist, dass eine zuverlässige Übertragung nicht mehr sichergestellt ist), sollte der Sender selbsttätig in den Abschalt-Zustand übergehen (d. h. der Empfänger stoppt alle Bewegungen des SAE und entriegelt den SAE-Schalter).

F.7 Empfänger

Der Empfänger sollte die Schwingungsprüfung mit Breitbandrauschen nach EN 60068-2-64, Prüfung Fd überstehen.

F.8 Warnhinweise

Ist davon auszugehen, dass sich Personen in der Nähe des SAE oder eines Teils des SAE aufhalten (z. B. beim Verfahren des SAE, Ausschwenken des SAE) und die Gefahr besteht, dass Personen eingeklemmt oder überfahren werden, sollten Warnhinweise vorgesehen werden.

Das SAE sollte über Folgendes verfügen:

- a) eine Kennzeichnung des Zugangs zum SAE, in der angegeben ist, dass das SAE über ein drahtloses Steuersystem verfügt; und
- b) entweder
 - 1) eine ununterbrochene optische Warnung immer wenn das drahtlose Steuersystem in Betrieb ist; oder
 - 2) eine selbsttätige akustische und/oder optische Warnung vor jeder Bewegung des SAE.

F.9 Gebrauchsanweisung

Die Gebrauchsanweisung sollte eine Einbauanweisung enthalten, die sicherstellt, dass das drahtlose Steuersystem immer wenn es in Betrieb ist, nicht andere Systeme, die an diesem Ort in Betrieb sind, stört oder von diesen behindert wird.

Anhang G (normativ)

Konstruktionsanforderungen an Fahrschienen, Einzelschienen und Auflagersysteme

G.1 Anwendungsbereich

Die unten angegebenen Anforderungen liefern Konstruktionsrichtlinien für Fahrschienensysteme (einschließlich Auflager), auf denen eine hängende Konstruktion fahren kann sowie für Einzelschienen für hängende PAM. Die in diesem Anhang angegebenen Konstruktionsrichtlinien gelten hauptsächlich für Stahlkonstruktionen mit Werkstoffdicken von $t \geq 3$ mm.

G.2 Typische Lasten und Kräfte bei Fahrschienensystemen und ihren Auflagersystemen

G.2.1 Die typischen vertikalen und horizontalen Radlasten müssen mithilfe der Tabelle 9 für BMU-Aufhängekonstruktionen und der Tabelle 10 für TSP-Aufhängekonstruktionen ermittelt werden.

G.2.2 Dynamische Bewegungen der Aufhängekonstruktion dürfen als quasistatisch angesehen werden.

G.3 Grundlage für die statische Berechnung

G.3.1 Das Berechnungsmodell und die Grundannahmen zur Ermittlung der inneren Kräfte und Momente müssen die zu erwartenden aufzunehmenden Belastungen unter den betrachteten Lastfällen darstellen.

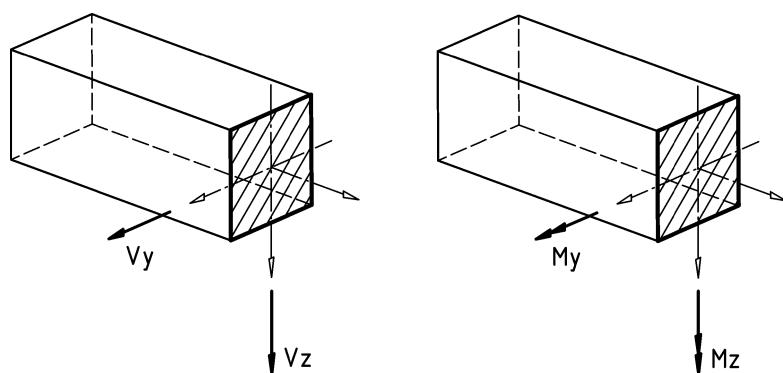
G.3.2 Die linear-elastische Globalanalyse muss angewendet werden und die Auswirkung von Auslenkung und Verformungen dürfen vernachlässigt werden.

G.3.3 Für Konstruktionsprüfungen muss das Grenzzustandsverfahren (Teilsicherheitsverfahren) angewendet werden.

G.3.4 Die Fahrschiene kann als Modell über ein Feld oder als Durchlauf-Fahrschiene über zwei oder mehr Felder ausgebildet werden.

G.3.5 Die folgenden inneren Kräfte und Momente auf Grund der BMU-Radlasten müssen bei der Konstruktion des Schienen-Querschnitts berücksichtigt werden:

- a) zweiachsige Biegung auf Grund von vertikalen Bewegungen und horizontalen Querbewegungen;
- a) vertikales Abscheren auf Grund von vertikalen Lasten; horizontale Scherkräfte auf Grund von horizontalen Querlasten dürfen vernachlässigt werden.

**Bild G.1 — Kräfte am Querschnitt**

G.3.6 Der für eine Fahrschiene verwendete Querschnitt muss für die Eigenschaften des belastenden BMU und das Ausmaß der Bewegungen, denen er standhalten muss, geeignet sein. Einer der folgenden Querschnitte darf verwendet werden:

- flach gewalzte I- oder H-Profile (IPE/INP oder gleichwertig – siehe Bild G.2 a));
- Breitflanschträger (HEA/B – siehe Bild G.2 b));
- Rundhohlprofile (CHS – siehe Bild G.2 c));
- C-Profile (nur bei Einzelschienen – siehe Bild G.2 d)).

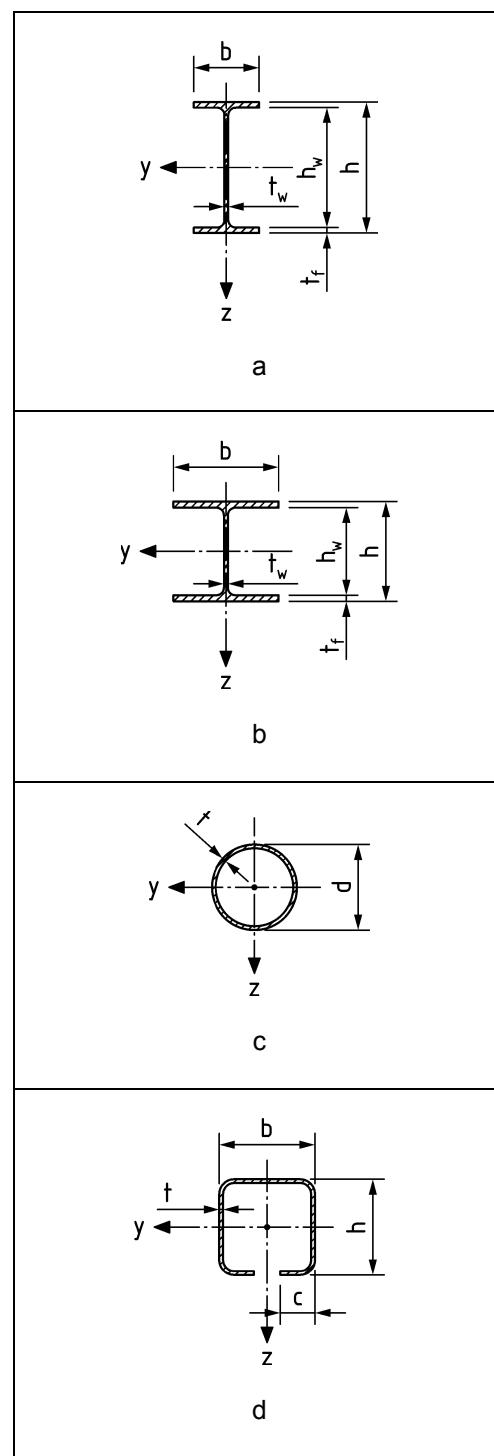


Bild G.2 — Arten von Querschnitten

G.3.7 Die elastische Beanspruchbarkeit der Querschnitte muss als Bemessungsgrundlage übernommen werden.

G.3.8 Die auf die Verbindungen aufgebrachten Kräfte und Momente müssen mit der Globalanalyse bestimmt werden.

G.3.9 Das Auflagersystem der Fahrschiene muss so ausgelegt sein, dass es sowohl den vertikalen als auch den quer verlaufenden und längs gerichteten horizontalen Bewegungen auf Grund der BMU-Radlasten standhält.

G.4 Werkstoffe

G.4.1 Die Nennwerte der Streckgrenze f_y und der Zugfestigkeit f_u für Baustahl sollten durch Anwendung der in der EN 1993 (alle Teile) Eurocode 3 angegebenen Werte ermittelt werden.

G.4.2 Die Nennwerte der 0,2 % Dehngrenze f_0 und der Zugfestigkeit f_u für Aluminium müssen der EN 1999 (alle Teile) (Eurocode 9) entnommen werden.

G.4.3 Für die statische Berechnung und zur Bemessung sollten die Nennwerte der Abmessungen verwendet werden.

G.4.4 Die Nennwerte der Streckgrenze f_{yb} und der Zugfestigkeit f_{ub} von Befestigungselementen müssen den zutreffenden Teilen der EN 1993 entnommen werden.

G.5 Grenzzustände der Tragfähigkeit

G.5.1 Allgemeines

Die Fahrschienenkonstruktion sollte bezüglich des Widerstands der Querschnitte sowie bezüglich örtlicher Auswirkungen überprüft werden. Zusätzlich sollte der Widerstand von Bauteilen an flach gewalzten I- oder H-Profilen überprüft werden.

Erforderliche Konstruktionsprüfungen:

- Die Fließbedingung darf bei keinem kritischen Querschnitt überschritten werden (G.5.3);
- Der Widerstand von Bauteilen gegen Biegedrillknicken muss erfüllt werden (G.5.4.1);
- Die Endauflager müssen vom Prinzip her einer Gabellagerung entsprechen (G.5.4.2);
- Der Steg des I- oder H-Profils muss lokalen Belastungen standhalten, die aufgrund von Radlasten auftreten (G.5.4.3);
- Der Steg des I- oder H-Profils an End- und Zwischenauflagern muss Belastungen durch Reaktionskräfte standhalten (G.5.4.4);
- Der Rad-/Schienenkontakt muss die in G.6 genannten Anforderungen erfüllen.

Die mit Radlast beaufschlagten unteren Flansche müssen auf lokale Biegebelastungen in Kombination mit Belastungen bedingt durch Biegung der Bauteile geprüft werden (G.5.5).

G.5.2 Empfohlene Werte für Teilsicherheitsbeiwerte (γ_f)

Empfohlene Werte für Teilsicherheitsbeiwerte (γ_f) für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS) sind in Tabelle G.1 und G.2 angegeben. Diese Faktoren werden von den in Tabelle 2 und 3 dargestellten Werten von v_E hergeleitet.

Tabelle G.1 — Empfohlene Werte von γ_f (unlegierter Stahl und nichtrostender Stahl)

Lastfall	Teilsicherheitsbeiwert γ_f
1	1,5
2a und 2b	1,33
3	1,1

Tabelle G.2 — Empfohlene Werte von γ_f (Aluminium)

Lastfall	Teilsicherheitsbeiwert γ_f	
	Kriterium	
	0,2 % Dehngrenze f_0	Zugfestigkeit f_u
1	1,65	2,2
2a und 2b	1,46	2,0
3	1,15	1,5

G.5.3 Festigkeit von Querschnitten der Stahlkonstruktionen

$\sigma_{x,Ed}$ ist der Bemessungswert der örtlichen Längsspannung am betrachteten Punkt (poc).

τ_{Ed} ist der Bemessungswert der örtlichen Scherspannung am betrachteten Punkt (poc).

Flach gewalztes I- oder H-Profil:

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{M_{y,Ed} \times z}{l_y} + \frac{M_{z,Ed} \times y}{l_z}$$

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{M_{y,Ed} \cdot z}{l_y} + \frac{M_{z,Ed} \cdot y}{l_z}$$

wobei:

$M_{y,Ed}$ = Bemessungsbiegemoment der Konstruktion, y-y Achse

$M_{z,Ed}$ = Bemessungsbiegemoment der Konstruktion, z-z Achse

z = Abstand zwischen neutraler Achse und betrachtetem Punkt (poc) in z-Richtung

y = Abstand zwischen neutraler Achse und betrachtetem Punkt (poc) in y-Richtung

l_y = Flächenträgheitsmoment, y-y Achse

l_z = Flächenträgheitsmoment, z-z Achse

$$\tau_{\text{Ed}} = \frac{V_{z,\text{Ed}} \cdot S_y}{t_w \cdot l_y} \quad \text{oder} \quad \tau_{\text{Ed}} = \frac{V_{z,\text{Ed}}}{t_w \cdot h_w}, \text{ wenn } \frac{b \cdot t_f}{t_w \cdot h_w} \geq 0,6$$

wobei:

$V_{z,\text{Ed}}$ = Bemessungsscherkraft in z-Richtung

S_y = Statisches Moment, y-y Achse

h = Tiefe des Querschnitts

b = Breite des Querschnitts

t_w = Dicke des Stegs

t_f = Dicke des Flansches

h_w = Tiefe des Stegs = $h - 2 \cdot t_f$

Dünnwandiges Rundhohlprofil (r_m ist der mittlere Radius):

$$\sigma_{x,\text{Ed}} = \frac{M_{y,\text{Ed}} \cdot z + M_{z,\text{Ed}} \cdot r_m \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{z}{r_m}\right)^2}}{I}$$

$$\tau_{\text{Ed}} = \frac{2 \times V_{z,\text{Ed}}}{A} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{z}{r_m}\right)^2}, \text{ maximaler Wert für } \tau_{\text{Ed}} \text{ bei } z = 0: \tau_{\text{Ed}} = \frac{2 \cdot V_{z,\text{Ed}}}{A}$$

wobei:

A = Querschnittsfläche

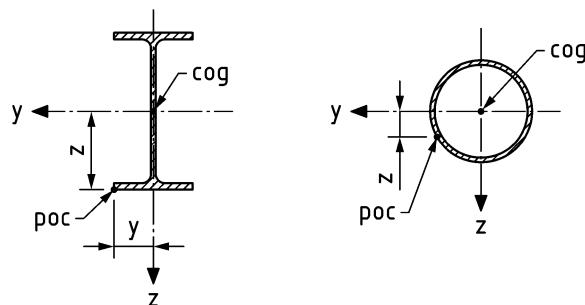


Bild G.3 — Beispiele für betrachtete Punkte

Zum elastischen Nachweis kann die folgende Bedingung für einen kritischen Punkt am Querschnitt verwendet werden:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y}\right)^2 \leq 1$$

G.5.4 Festigkeit von bisymmetrischen Bauteilen der Stahlkonstruktion

G.5.4.1 Ein seitlich beweglicher Träger, der einer Biegung der Hauptachse ausgesetzt ist, muss wie folgt auf Biegedrillknicken überprüft werden.

Der Bemessungswert für das maximale Biegemoment über die Hauptachse $M_{y,Ed}$ auf Grund der vertikalen Reaktion der BMU ausschließlich im Feld des untersuchten Trägers muss folgende Anforderungen erfüllen:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1$$

Dabei ist

$M_{b,Rd}$ der Bemessungswert des Knickmomentes

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{f_y \cdot W_{y,el}}{M_{cr}}}$$

wobei

$W_{y,el}$ = Elastisches Widerstandsmoment, y-y Achse

M_{cr} ist das elastische kritische Moment für Biegedrillknicken. Eine Anleitung zur Ermittlung von M_{cr} für einfach abgestützte Träger wird in G.9.1 aufgeführt.

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,4) + 0,75 \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2] \text{ für IPE80-300, HEA/B100-600, HEM100-550}$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,4) + 0,75 \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2] \text{ für INP und IPE/HE, die oben nicht genannt sind}$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{f \cdot (\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - 0,75 \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2})}, \text{ dabei muss jedoch } \chi_{LT} \leq 1 \text{ sein}$$

Der Wert von f darf als 1 übernommen werden (konservativer Wert), oder lässt sich wie folgt berechnen:

$$f = 1 - 0,5 \cdot (1 - k_c) \cdot [1 - 2 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2], \text{ dabei muss jedoch } f \leq 1 \text{ sein}$$

k_c ist ein Korrekturfaktor nach Tabelle G.6

Bemessungswert des Knickmoments: $M_{b,Rd} = \chi_{LT} \cdot f_y \cdot W_{y,el}$

Tabelle G.3 — Korrekturfaktoren k_c

Momentverteilung	k_c
 $\psi = 1$	1,0
 $1 \leq \psi \leq 1$	$\frac{1}{1,33 - 0,33 \psi}$
	0,94
	0,90
	0,91
	0,86
	0,77
	0,82

G.5.4.2 Die maximale Auflagerreaktion $R_{z,Ed}$, die dem Wert von $M_{y,Ed}$ wie in G.5.1.2 angegeben entspricht, muss mit folgender Bedingung übereinstimmen:

$$\frac{R_{z,Ed}}{\chi_x \cdot N_{w,Rd}} \leq 1$$

wobei:

$N_{w,Rd}$ = Bemessungswiderstand des Stegs über dem Auflager: $N_{w,Rd} = f_y \cdot b_{eff} \cdot t_w$

χ_x = Abminderungsbeiwert für das Knicken des Stegs über der x-x Achse, abhängig vom jeweiligen Schlankheitsgrad $\bar{\lambda}_x$.

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{\frac{N_{w,Rd}}{N_{cr,x}}}$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (\bar{\lambda}_x - 0,2) + \bar{\lambda}_x^2]$$

$$\chi_x = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}_x^2}}$$

b_{eff} = Wirksame Breite des Stegs über dem Aufleger in Übereinstimmung mit G.5.4.4 c)

t_w = Dicke des Stegs

$$N_{cr,x} = \text{Elastische kritische Kraft des Stegs über dem Auflager: } N_{cr,x} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot b_{eff} \cdot t_w^3}{48 \cdot h^2}$$

h = Tiefe des Querschnitts

Die elastische Stabilitätsgrenze $N_{cr,x}$ steht für einen eingespannten Träger mit einem freien Ende mit einem Querschnitt von $b_{eff} \cdot t_w$.

G.5.4.3 Auf Grund von vertikalen Radlasten treten bei Fassadenaufzügen, die auf Trägern aufgelagert sind, örtliche Auswirkungen auf. Die Beständigkeit der Träger muss hinsichtlich der Auswirkungen örtlicher Spannungen, die durch die vertikale Radlast des BMU entstehen, überprüft werden. Der Steg des I- oder H-Profilen muss auf die folgenden Auswirkungen vertikaler Radlasten überprüft werden: örtlich auftretende Druckbeanspruchungen, die zum Quetschen, Knicken oder Beulen des Stegs führen.

a) Quetschen:

Längs gerichtete und globale Scherspannung am betrachteten horizontalen Stegabschnitt:

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{M_{y,Ed} \cdot z}{l_y} \text{ bzw. } \tau_{Ed} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_y}{t_w \cdot l_y} \text{ oder } \tau_{Ed} = \frac{V_{z,Ed}}{t_w \cdot h_w}, \text{ wenn } \frac{b \cdot t_f}{t_w \cdot h_w} \geq 0,6$$

Die vertikale Spannung $\sigma_{z,Ed}$ im Steg eines I- oder H-Profilen auf Grund der Radlast $F_{z,Ed}$ auf den oberen Flansch muss wie folgt ermittelt werden:

$$\sigma_{z,Ed} = -\frac{F_{z,Ed}}{2 \cdot t_w \cdot d}$$

Dabei ist

d der Abstand unterhalb des oberen Flansches bis zum betrachteten horizontalen Stegabschnitt

Die örtliche Scherspannung $\tau_{I,Ed}$ auf Grund von Radlasten auf den oberen Flansch eines I- oder H-Profilen muss zusätzlich zur globalen Scherspannung τ_{Ed} auf Grund derselben Radlast übernommen werden. Die zusätzliche Scherspannung $\tau_{I,Ed}$ darf an den Ebenen des Stegs, die unterhalb eines Abstands von $0,2 \times h_w$ von der Unterseite des oberen Flansches liegen, vernachlässigt werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Höchstwert der örtlichen Scherspannung $\tau_{I,Ed}$ auf Grund einer Radlast, die an jeder Seite der Radlastposition wirkt, 20 % der maximalen vertikalen Spannung $\sigma_{z,Ed}$ an dieser Ebene im Steg entspricht.

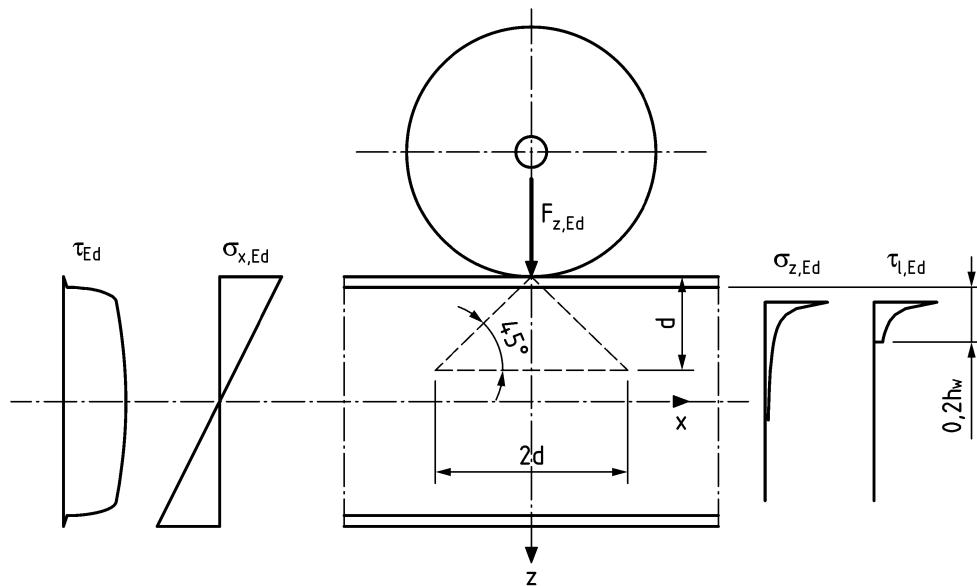


Bild G.4 — Örtliche Spannungen auf Grund von Radlasten

Zum elastischen Nachweis kann die folgende Fließbedingung für den betrachteten horizontalen Stegabschnitt verwendet werden:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y}\right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed} + \tau_{l,Ed}}{f_y}\right)^2 \leq 1$$

b) Knicken:

Für Radlasten in einem Abstand von weniger als $1,5 \times h$ vom Trägerende:

$$F_{z,Rd} = 0,125 \cdot t_w^2 \cdot \sqrt{E \cdot f_y} \cdot \sqrt{\frac{t_f}{t_w}}$$

Für Radlasten in einem Abstand von mindestens $1,5 \times h$ vom Trägerende:

$$F_{z,Rd} = 0,5 \cdot t_w^2 \cdot \sqrt{E \cdot f_y} \cdot \sqrt{\frac{t_f}{t_w}}$$

Der Bemessungswert der Radlast $F_{z,Ed}$ muss folgende Bedingung erfüllen:

$$\frac{F_{z,Ed}}{F_{z,Rd}} \leq 1$$

c) Beulen des Stegs:

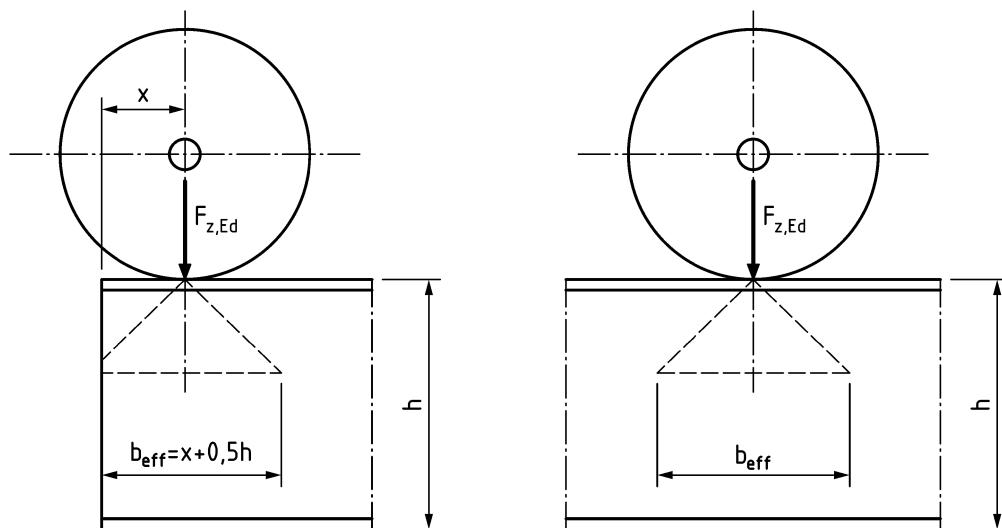


Bild G.5 — Wirksame Breite unter dem Rad

$$N_{c,Rd} = f_y \cdot b_{eff} \cdot t_w$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{c,Rd}}{N_{cr}}}$$

$$N_{cr} = \text{kritische elastische Knickkraft des Stegs unter dem Rad: } N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot b_{eff} \cdot t_w^3}{12 \cdot h^2}$$

Die elastische Stabilitätsgrenze $N_{cr,x}$ steht für einen Träger mit dem Querschnitt $b_{eff} \cdot t_w$ und $L_{cr} = h$.

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

Der Bemessungswert der Radlast $F_{z,Ed}$ muss folgende Bedingung erfüllen:

$$\frac{F_{z,Ed}}{\chi \cdot N_{c,Rd}} \leq 1$$

G.5.4.4 Auf Grund von Auflagerreaktionen treten bei Fassaden aufzügen, die auf Trägern aufgelagert sind, örtliche Auswirkungen auf. Der Trägersteg über den Auflagern muss auf die folgenden Auswirkungen einer vertikalen Auflagerreaktion überprüft werden: örtlich auftretende Druckbeanspruchungen, die zum Quetschen, Knicken oder Beulen des Stegs führen.

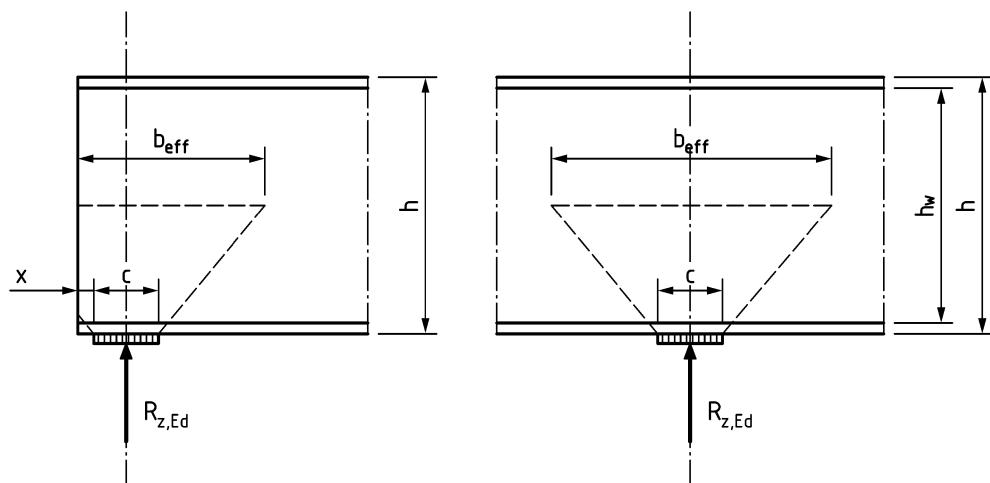


Bild G.6 — Wirksame Breite über dem Auflager

a) Quetschen:

Zwischenauflager:

$$b_{\text{eff}} = c + 2 \cdot t_f \cdot \sqrt{\frac{b_f}{t_w}} \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_{f,Ed}}{f_y} \right)^2}$$

Dabei ist

c die Länge des Auflagers

b_f die Breite des Flansches ($b_f \leq 25 \times t_f$)

t_f die Dicke des Flansches

$\sigma_{f,Ed}$ die Spannung an der Mittellinie des Flansches auf Grund des gesamten inneren Momentes im Träger

Endauflager:

$$b_{\text{eff}} = x + c + t_f \cdot \sqrt{\frac{b_f}{t_w}}$$

Bei den Endauflagern wird angenommen, dass die Spannung an der Mittellinie des Flansches $\sigma_{f,Ed}$ auf Grund des gesamten inneren Moments null beträgt.

Wobei c die Länge des Auflagers und b_f die Breite des Flansches ($b_f \leq 25 \times t_f$) ist.

Standhaftigkeit des Stegs:

$$F_{z,Rd} = f_y \cdot b_{\text{eff}} \cdot t_w$$

Der Bemessungswert der Auflagerreaktion $R_{z,Ed}$ muss folgende Bedingung erfüllen:

$$\frac{R_{z,Ed}}{F_{z,Rd}} \leq 1$$

b) Knicken:

Endauflager:

$$F_{z,Rd} = 0,125 \cdot t_w^2 \cdot \sqrt{E \cdot f_y} \cdot \left[\sqrt{\frac{t_f}{t_w}} + 3 \cdot \left(\frac{t_w}{t_f} \right) \cdot \left(\frac{c}{h_w} \right) \right]$$

Zwischenuauflager:

$$F_{z,Rd} = 0,5 \cdot t_w^2 \cdot \sqrt{E \cdot f_y} \cdot \left[\sqrt{\frac{t_f}{t_w}} + 3 \cdot \left(\frac{t_w}{t_f} \right) \cdot \left(\frac{c}{h_w} \right) \right]$$

Der Wert von $\frac{c}{h_w}$ sollte nicht größer als 0,2 angenommen werden.

Der Bemessungswert der Auflagerreaktion $R_{z,Ed}$ muss folgende Bedingung erfüllen:

$$\frac{R_{z,Ed}}{F_{z,Rd}} \leq 1$$

c) Beulen des Stegs:

Endauflager:

$$b_{\text{eff}} = x + \frac{1}{2} \cdot \left(c + \sqrt{h^2 + c^2} \right), \text{ wobei jedoch } b_{\text{eff}} \leq \sqrt{h^2 + c^2} \text{ sein muss}$$

Zwischenuauflager:

$$b_{\text{eff}} = \sqrt{h^2 + c^2}$$

$$N_{c,Rd} = f_y \cdot b_{\text{eff}} \cdot t_w$$

$$\bar{\lambda} = \frac{N_{c,Rd}}{N_{cr}}$$

$$N_{cr} = \text{Kritische elastische Kraft des Stegs unter dem Rad: } N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot b_{\text{eff}} \cdot t_w^3}{12 \cdot h^2}$$

$$\Phi = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}}$$

Der Bemessungswert der Radlast $F_{z,Ed}$ muss folgende Bedingung erfüllen:

$$\frac{F_{z,Ed}}{\chi \times N_c R_d} \leq 1$$

G.5.5 Standhaftigkeit der unteren Flansche von I- oder H-Stahlprofilen gegen Radlasten

G.5.5.1 Grenzzustand der Tragfähigkeit

Der plastische Tragwiderstand des unteren Flansches eines Trägers gegenüber einer Radlast $F_{z,Ed}$ muss mit folgender Gleichung ermittelt werden:

$$\frac{F_{z,Ed}}{F_{f,Rd}} \leq 1$$

$$F_{f,Rd} = \frac{l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y}{4 \cdot m} \cdot \left[1 - \left(\frac{\sigma_{f,Ed}}{f_y} \right)^2 \right]$$

Dabei ist

$\sigma_{f,Ed}$ die Spannung an der Mittellinie des Flansches auf Grund des allgemeinen inneren Momentes im Träger.

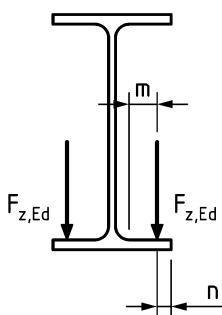


Bild G.7 — Radlasten auf den unteren Flansch

Der Hebelarm m für ein Walzprofil muss wie folgt ermittelt werden:

$$m = 0,5 \cdot (b - t_w) - 0,8 \cdot r - n$$

Dabei ist

n der Abstand von der Mittellinie der Radlast bis zur Kante des Flansches

r der Wurzelradius

Wirksame Länge des Flansches, der der Radlast widersteht:

Rad, das an eine unbewehrte einfache Verbindung angrenzt:

$$l_{eff} = 2 \cdot (m + n)$$

Rad, das vom Ende eines Teils entfernt ist (x_w ist der Radabstand):

$$l_{\text{eff}} = 4\sqrt{2} \cdot (m+n), \text{ wenn } x_w \geq 4\sqrt{2} \cdot (m+n) \text{ ist}$$

$$l_{\text{eff}} = 2\sqrt{2} \cdot (m+n) + 0,5 \cdot x_w, \text{ wenn } x_w < 4\sqrt{2} \cdot (m+n) \text{ ist}$$

G.5.5.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Für den mit typischen Radlasten beaufschlagten unteren Flansch muss ein Spannungsnachweis durchgeführt werden. Um die lokalen Biegebelastungen im unteren Flansch eines I- oder H-Profilträgers zu ermitteln, die aufgrund von Radlasten auf den unteren Flansch ausgeübt werden, kann die folgende Methode angewandt werden.

Biegebelastungen aufgrund von Radlasten, die in einem größeren Abstand als die Flanschbreite b vom Trägerende einwirken, können an drei Stellen ermittelt werden, wie in Bild G.8 angegeben.

- Stelle 0: Übergang vom Steg zum Flansch
- Stelle 1: Mittellinie der Radlast
- Stelle 2: Außenkante des Flansches

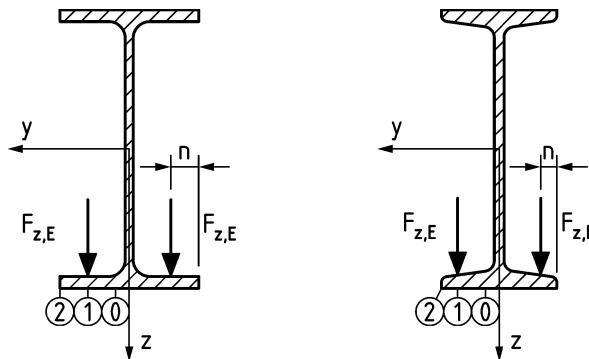


Bild G.8 — Orte zur Ermittlung von Spannungen aufgrund von Radlasten

Vorausgesetzt, dass der Abstand x_w zwischen benachbarten Radlasten entlang des Fahrbahnträgers nicht weniger als das 1,5fache der Flanschbreite b beträgt, müssen die örtliche Längsbiegespannung $\sigma_{o,x,E}$ und die quer verlaufende Biegespannung $\sigma_{oy,E}$ auf den unteren Flansch, resultierend aus einer Radlast, die mit einem größeren Abstand als b vom Trägerende einwirkt, wie folgt berechnet werden:

$$\sigma_{ox,E} = c_x \cdot \frac{F_{z,E}}{t_1^2}$$

$$\sigma_{oy,E} = c_y \cdot \frac{F_{z,E}}{t_1^2}$$

Dabei ist

$F_{z,E}$ = die vertikale charakteristische Radlast;

t_1 = die Breite des Flansches an der Mittellinie der Radlast.

Die Koeffizienten c_x und c_y zur Ermittlung der Längsbiegespannungen und der quer verlaufenden Biegespannungen an den drei in Bild G.8 dargestellten Stellen 0, 1 und 2 können aus Tabelle G.4 ermittelt werden, abhängig davon, ob der Träger Parallelflansche oder Schräglansche besitzt, wobei sich der Verhältniswert μ aus der folgenden Gleichung ergibt:

$$\mu = \frac{2 \cdot n}{b - t_w}$$

Dabei ist

n = der Abstand von der Mittellinie der Radlast bis zur freien Kante des Flansches

t_w = Stegdicke

Tabelle G.4 — Koeffizienten c_{xi} und c_{yi} zur Berechnung von Spannungen an den Stellen 0, 1 und 2

Spannung	Parallel-Flanschträger	Schräg-Flanschträger
$\sigma_{ox,E}$	$c_{x0} = 0,050 - 0,580\mu + 0,148e^{3,015\mu}$	$c_{x0} = -0,981 - 1,479\mu + 1,120e^{1,322\mu}$
	$c_{x1} = 2,230 - 1,490\mu + 1,390e^{-18,33\mu}$	$c_{x1} = 1,810 - 1,150\mu + 1,060e^{-7,700\mu}$
	$c_{x2} = 0,730 - 1,580\mu + 2,910e^{-6,000\mu}$	$c_{x2} = 1,990 - 2,810\mu + 0,840e^{-4,690\mu}$
$\sigma_{oy,E}$	$c_{y0} = 2,110 + 1,977\mu + 0,0076e^{6,530\mu}$	$c_{y0} = -1,096 + 1,095\mu + 0,192e^{-6,000\mu}$
	$c_{y1} = 10,108 - 7,408\mu - 10,108e^{-1,364\mu}$	$c_{y1} = 3,965 - 4,835\mu - 3,965e^{-2,675\mu}$
	$c_{y2} = 0,0$	$c_{y2} = 0,0$
Vorzeichenkonvention: c_{xi} und c_{yi} sind für Zugspannungen an der Unterseite des Flansches formschlüssig.		
Die Koeffizienten für Schräglanschträger gelten für eine Neigung von 14 % oder 8°. Sie sind konservativ für Träger mit einer größeren Flanschneigung. Bei Trägern mit einer geringeren Flanschneigung ist es konservativ, die Koeffizienten für Parallelflanschträger zu übernehmen. Alternativ kann die lineare Interpolation angewandt werden.		

Alternativ können bei Radlasten, die nahe den Außenkanten des Flansches aufgebracht werden, die in Tabelle G.5 angegebenen Koeffizienten c_x und c_y verwendet werden.

Tabelle G.5 — Koeffizienten zur Berechnung von Spannungen nahe den Außenkanten der Flansche

Spannung	Koeffizient	Parallel-Flanschträger		Schräg-Flanschträger
		$\mu = 0,10$	$\mu = 0,15$	$\mu = 0,15$
$\sigma_{ox,E}$	c_{x0}	0,2	0,2	0,2
	c_{x1}	2,3	2,1	2,0
	c_{x2}	2,2	1,7	2,0
$\sigma_{oy,E}$	c_{y0}	-1,9	-1,8	-0,9
	c_{y1}	0,6	0,6	0,6
	c_{y2}	0,0	0,0	0,0
Vorzeichenkonvention: $c_{x,i}$ und $c_{y,i}$ sind für Zugspannungen an der Unterseite des Flansches formschlüssig.				
Die Koeffizienten für Schrägflanschträger gelten für eine Neigung von 14 % oder 8°. Sie sind konservativ für Träger mit einer größeren Flanschneigung. Bei Trägern mit einer geringeren Flanschneigung ist es konservativ, die Koeffizienten für Parallelflanschträger zu übernehmen. Alternativ kann die lineare Interpolation angewandt werden.				

Zum elastischen Nachweis können die örtlichen Biegespannungen entsprechend der FEM 9.341 mit einem Faktor $\varepsilon = 0,75$ verringert werden.

Unter Berücksichtigung der Vorzeichenregelung müssen die verringerten örtlichen Spannungen hinzugefügt werden, die in die gleiche Richtung wirken wie die Spannungen, die aufgrund der Gesamtbiegung entstehen.

$$\sigma_{x,sum,E} = \sigma_{x,E} + \varepsilon \cdot \sigma_{ox,E}$$

Die Fließbedingungen müssen für die Stellen 0, 1 und 2 auf beiden Seiten des unteren Flansches erfüllt werden:

$$\left(\frac{\sigma_{x,sum,E}}{f_y} \right)^2 + \left(\frac{\varepsilon \cdot \sigma_{oy,E}}{f_y} \right)^2 - \frac{\sigma_{x,sum,E} \cdot \varepsilon \cdot \sigma_{oy,E}}{f_y^2} \leq 1$$

G.6 Rad-/Schienenberührungsfläche

G.6.1 Allgemeines

Die Maße des Rades müssen die Anforderungen an Rad-/Schienenberührungsflächen entsprechend der FEM 1.001, Heft 4 erfüllen.

Die Überprüfung wird mit der mittleren charakteristischen Radlast $F_{m,E}$ durchgeführt und mittels folgender Gleichung berechnet:

$$F_{m,E} = \frac{F_{z,min,E} + 2 \cdot F_{z,max,E}}{3}$$

Dabei ist:

$F_{z,min,E}$ = die minimale charakteristische Last des betreffenden Rades

$F_{z,max,E}$ = die maximale charakteristische Last des betreffenden Rades

Stribeck-Spannung: $p_{S,E} = \frac{F_{m,E}}{b \cdot D_w}$

Dabei ist

b = Lasttragende Breite, siehe Bild G.9

D_w = Raddurchmesser

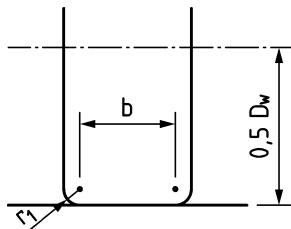


Bild G.9 — Lasttragende Breite

G.6.2 Bedingung für Lastfall 1

$$\frac{P_{S,E}}{P_{1,R}} \leq 1$$

$$P_{1,R} = f_s \cdot c_1 \cdot c_2$$

Dabei ist:

f_s = zulässige Stribeck-Spannung nach Tabelle G.6

c_1 = Faktor abhängig von der Radgeschwindigkeit

c_2 = Faktor abhängig vom SAE Typ (siehe Tabelle 4 und 6)

Tabelle G.6 — Werte von f_s

Bruchfestigkeit der Stahlgüte des Rades	f_s
	N/mm ²
$f_u > 500 \text{ N/mm}^2$	5.0
$f_u > 600 \text{ N/mm}^2$	5.6
$f_u > 700 \text{ N/mm}^2$	6.5
$f_u > 800 \text{ N/mm}^2$	7.2

$$c_1 = \frac{1}{0.803 + 0.0169 \cdot n^{0.7}}$$

wobei

$$n = \frac{v}{\pi \cdot D_w}$$

v = Fahrgeschwindigkeit des SAE [m/min]

D_w = Raddurchmesser [m]

G.6.3 Bedingung für Lastfall 2a, 2b und 3

$$\frac{P_{S,E}}{P_{2,R}} \leq 1$$

$$P_{2,R} = f_s \cdot c_{1,\max} \cdot c_{2,\max}$$

Dabei ist:

f_s = zulässige Stribeck-Spannung nach Tabelle G.6

G.7 Fahrschienensystem

G.7.1 Das Fahrschienen-Auflagersystem darf abgestrebt sein oder in einer oder in beiden Richtungen oder in einer Kombination aus beidem nicht abgestrebt sein.

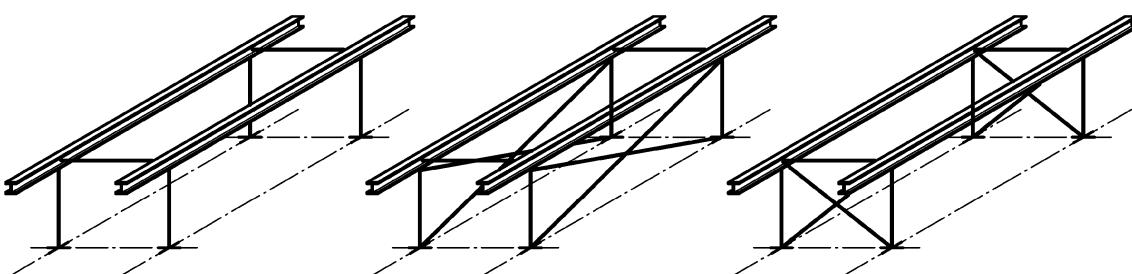


Bild G.10 — Beispiele für Auflagersysteme

G.7.2 Das Aussteifungssystem muss so ausgelegt sein, dass es der Wirkung der horizontalen Radlasten des Fassadenlifts (BMU) standhält. Die auf das Auflagersystem während des Betriebs wirkenden Windlasten dürfen vernachlässigt werden.

G.7.3 Die Stützen in vollständig abgesteiften Auflagersystemen müssen so ausgelegt sein, dass sie lediglich den Auswirkungen der vertikalen Bewegungen des BMU standhalten.

Der Bemessungswert für die Druckkraft $N_{c,Ed}$ muss folgende Bedingung erfüllen:

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

Dabei ist

$N_{b,Rd}$ der Bemessungswert der Knickfestigkeit

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot f_y \cdot A$$

Wobei:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \text{aber} \quad \chi \leq 1$$

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{f_y \cdot A}{N_{cr}}} \quad \text{wobei } A \text{ die Querschnittsfläche der Stütze ist.}$$

N_{cr} ist die kritische elastische Knickkraft für den jeweiligen Knickmodus. Eine Anleitung zur Ermittlung von N_{cr} für einfach abgestützte Träger wird in G.9.2 gegeben.

Der Faktor zur Imperfektionsabminderung α entspricht der entsprechenden Knickkurve und muss der Tabelle G.8 entnommen werden. Die entsprechende Knickkurve muss nach Tabelle G.9 ermittelt werden.

Tabelle G.7 — Faktoren zur Imperfektionsabminderung für Knickkurven

Knickkurve	a	b	c	d
Faktor zur Imperfektionsabminderung	0.21	0.34	0.49	0.76

Tabelle G.8 — Auswahl von Knickkurven für einen Querabschnitt

Querschnitt		Einschränkungen		Knicken über die Achse	Knickkurve	
					S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Walzprofile		$h/b > 1,2$	$t_f \leq 40 \text{ mm}$ $y-y$ $z-z$	a	a_0	a_0
			$40 \text{ mm} < t_f \leq 100 \text{ mm}$ $y-y$ $z-z$	b	c	a
		$h/b \leq 1,2$	$t_f \leq 100 \text{ mm}$ $y-y$ $z-z$	b	c	a
		$t_f > 100 \text{ mm}$	$y-y$ $z-z$	d	d	c
Geschweißte I-Profile		$t_f \leq 40 \text{ mm}$	$y-y$ $z-z$	b	c	b
		$t_f > 40 \text{ mm}$	$y-y$ $z-z$	c	d	d
Hohlprofile		heiß verarbeitet	beliebig	a	a_0	
		kaltverformt	beliebig	c	c	
Geschweißte Kastenprofile		allgemein (außer wie unten angegeben)	beliebig	b	b	
		starke Schweißnähte: $a > 0,5 t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	beliebig	c	c	
U-, T- und Vollprofile			beliebig	c	c	
L-Profile			beliebig	b	b	

G.7.4 Die Stützen in nicht abgesteiften Auflagersystemen müssen so ausgelegt sein, dass sie der Wirkung der vertikalen Bewegungen des BMU und den quer verlaufenden horizontalen Bewegungen standhalten können.

Stützen, die einer kombinierten Einwirkung von einachsiger Biegung und Axialkompression ausgesetzt sind, müssen folgende Bedingung erfüllen:

$$1,1 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} + 1,1 \cdot \frac{M_{y,Ed}}{M_{b,Rd}} \leq 1, \text{ oder } 1,1 \cdot \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} + 1,1 \cdot \frac{M_{z,Ed}}{f_y \cdot W_{z,el}} \leq 1$$

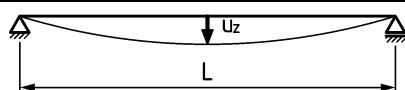
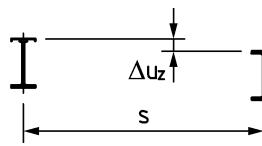
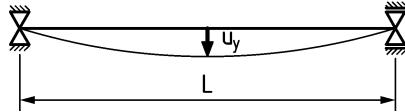
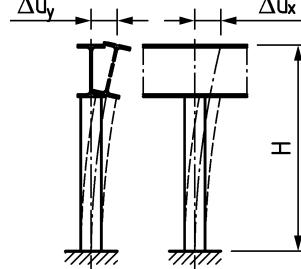
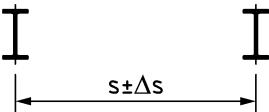
$N_{b,Rd}$ in Übereinstimmung mit G.7.3 und $M_{b,Rd}$ in Übereinstimmung mit G.5.1.2.

G.8 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

G.8.1 Bei Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit (SLS) muss der Teilsicherheitsbeiwert für Bewegungen mit 1,0 angenommen werden.

G.8.2 Die empfohlenen Grenzwerte für die in Tabelle G.10 angegebene vertikale und horizontale Durchbiegung können angewendet werden. Falls aus baulichen oder betriebsbedingten Gründen erforderlich, dürfen niedrigere oder höhere Werte dafür eingesetzt werden, die jedoch zwischen dem Kunden, dem Planer und dem BMU-Lieferant abgestimmt sein müssen.

Tabelle G.9 — Empfohlene Werte für die Durchbiegung

Beschreibung der Durchbiegung	Empfohlener Wert	
vertikale Durchbiegung u_z über das Feld L zwischen den Schienenauflagern	$u_z \leq L / 200$ und $u_z \leq 30 \text{ mm}$	
Differenz der vertikalen Durchbiegung Δu_z zweier Profilträger im Abstand s zueinander, die eine Fahrschiene bilden	$\Delta u_z \leq s / 200$	
horizontale Durchbiegung u_y über das Feld L, gemessen an der Oberseite des Profilträgers	$\Delta u_y \leq L / 200$ und $u_y \leq 30 \text{ mm}$	
horizontale Durchbiegung u_x oder u_y eines Schienenaufagers in der Schienenebene H, wobei H die Höhe bis zu der Ebene ist, in der der BMU aufgelagert ist	$\Delta u_x \leq H / 400$ $\Delta u_y \leq H / 400$	
Änderung des Abstands Δs zwischen den Achsen der Profilträger einschließlich der Auswirkung thermischer Änderungen	$\Delta s \leq 10 \text{ mm}$	

G.9 Elastische kritische Momente und Kräfte für flach gewalzte I- und H-Profile

G.9.1 Elastisches kritisches Moment für Biegedrillknicken von biegebeaufschlagten Bauteilen

G.9.1.1 Allgemeines

Die Randbedingungen von Bauteilen müssen die Anforderungen an Gabellager erfüllen, wie in Bild G.11 dargestellt.

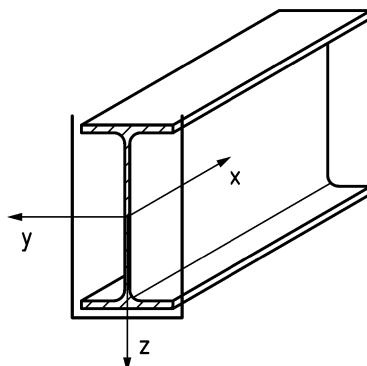


Bild G.11 — Gabellager

Für ein Gabellager müssen z. B. folgende Randbedingungen erfüllt sein:

Drehung über die Bauteilachse: $\varphi_x = 0$

seitliche Auslenkung : $dy = 0$

vertikale Auslenkung: $dz = 0$

G.9.1.2 Gleichmäßige Biegung

Das kritische Moment M_{cr} für Bauteile, die durch reine Biegung beansprucht werden, lautet wie folgt:

$$M_{cr} = \frac{\pi}{L} \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_T \cdot \left(1 + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_w}{L^2 \cdot G \cdot I_T}\right)}$$

Dabei ist

E = Elastizitätsmodul für Stahl im elastischen Bereich = $2,1 \cdot 10^5$ N/mm²

G = Schubmodul für Stahl: $0,81 \cdot 10^5$ N/mm²

L = Bauteillänge

I_z = Flächenträgheitsmoment um die Nebenachse

I_T = St. Venant Torsionswiderstand

I_w = Wölbwiderstand

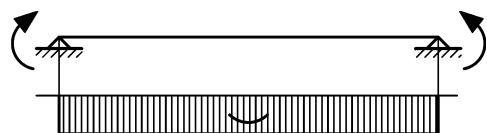


Bild G.12 — Reine Biegebeanspruchung

G.9.1.3 Ungleichmäßige Biegung

$$M_{cr} = \frac{C}{L} \cdot \sqrt{E \cdot I_z \cdot G \cdot I_t}$$

wobei:

$$C = \pi \cdot C_1 \left(\sqrt{1 + \left(\frac{\pi \cdot S}{L} \right)^2 \cdot (C_2^2 + 1)} + \frac{\pi \cdot S}{L} \cdot C_2 \right)$$

$$S = \sqrt{\frac{E \cdot I_w}{G \cdot I_t}}$$

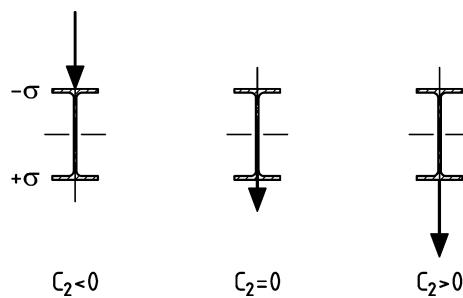
Oder mit I_w geschätzt als $I_w = \frac{1}{4} \cdot I_z \cdot h^2 : S = \frac{h}{2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I_z}{G \cdot I_t}}$ wobei h = Tiefe des Querschnitts

Der Koeffizient C_1 hängt von der Art der Beladung ab, d. h. der Form des Biegediagramms.

Der Koeffizient C_2 berücksichtigt den Ort der Beladung hinsichtlich der neutralen Achse des Profils.

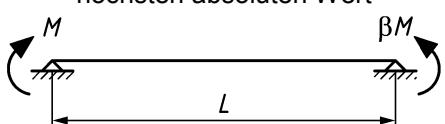
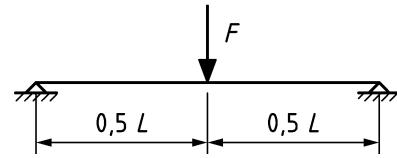
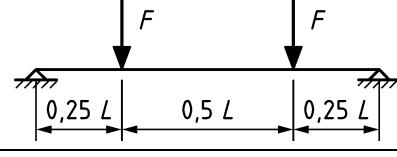
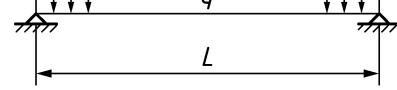
Flansch unter Drucklast: $C_2 < 0$

Flansch unter Zuglast: $C_2 > 0$

Bild G.13 — Zeichen des Koeffizienten C_2

Die Werte von C_1 und C_2 für ausgewählte Beladungen können der Tabelle G.10 entnommen werden.

Tabelle G.10 — Koeffizienten C_1 und C_2

Fall	Beladung	C_1	C_2
1	$M = \text{Auflagermoment mit dem höchsten absoluten Wert}$ 	$1,75 - 1,05\beta + 0,3\beta^3$ $-1 \leq \beta \leq 1$ $C_1 \leq 2,3$	0
2		1,35	0,55
3		1,04	0,42
4		1,13	0,45

G.9.2 Kritische elastische Knickkraft von Bauteilen unter Druck

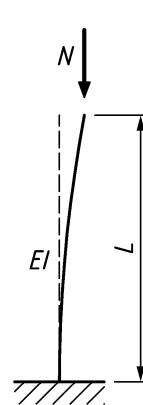
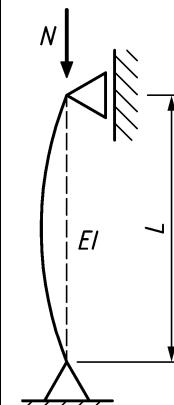
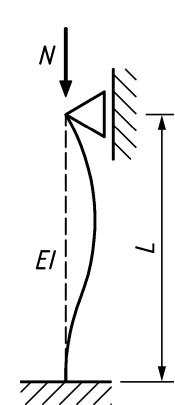
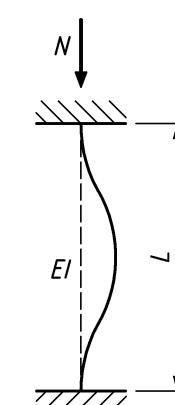
Die kritische elastische Knickkraft N_{cr} für ausgewählte Knickfälle wird in Tabelle G.11 dargestellt, wobei

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$$

I = Flächenträgheitsmoment in Bezug auf den jeweiligen Knickfall

L = Bauteillänge

Tabelle G.11 — Kritische elastische Knickkraft N_{cr}

Knickmodus				
Kritische elastische Knickkraft	$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{4L^2}$	$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L^2}$	$N_{cr} = \frac{2\pi^2 EI}{L^2}$	$N_{cr} = \frac{4\pi^2 EI}{L^2}$

G.10 Verweisungen

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

NEN-EN 1993-1-1+C2/NB, Eurocode 3: Design of steel structures – General rules and rules for buildings, National Annex to EN 1993-1-1

EN 1993-6, Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten – Teil 6: Kranbahnen

FEM 1.001 Heft 2: Berechnungsgrundlagen für Krane – Heft 2: Einstufung und Belastungen der Tragwerke und Triebwerke

FEM 1.001 Heft 4: Berechnungsgrundlagen für Krane – Heft 4: Festigkeitsnachweise und Auswahl von Triebwerksteilen

FEM 9.341, Serienhebezeuge – Örtliche Trägerbeanspruchung

Seeßelberg, Prof. Dr.-Ing C.: Kranbahnen, Bemessung und konstruktive Gestaltung, Bauwerk-Verlag, Berlin, 3. Ausgabe 2009

Anhang ZA
(informativ)

Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den Grundlegenden Anforderungen der EU-Richtlinie 2006/42/EG

Diese Europäische Norm wurde im Rahmen eines Mandates, das dem CEN von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone erteilt wurde, erarbeitet, um ein Mittel zur Erfüllung der grundlegenden Anforderungen der Richtlinie nach der neuen Konzeption 2006/42/EG bereitzustellen.

Sobald diese Norm im Amtsblatt der Europäischen Union im Rahmen der betreffenden Richtlinie in Bezug genommen und in mindestens einem der Mitgliedstaaten als nationale Norm umgesetzt worden ist, berechtigt die Übereinstimmung mit den normativen Abschnitten dieser Norm innerhalb der Grenzen des Anwendungsbereichs dieser Norm zu der Annahme, dass eine Übereinstimmung mit den entsprechenden grundlegenden Anforderungen der Richtlinie und der zugehörigen EFTA-Vorschriften gegeben ist.

WARNHINWEIS — Für Produkte, die in den Anwendungsbereich dieser Norm fallen, können weitere Anforderungen und weitere EU-Richtlinien anwendbar sein.

Literaturhinweise

- [1] FEM 9.511, *Berechnungsgrundlagen für Serienhebezeuge — Einstufung der Triebwerke*
- [2] FEM 9.341, *Berechnungsgrundlagen für Serienhebezeuge — Örtliche Trägerbeanspruchung*
- [3] FEM 1.001, *Berechnungsgrundlagen für Krane — Heft 2: Einstufung und Belastungen der Tragwerke und Triebwerke*
- [4] FEM 1.001, *Berechnungsgrundlagen für Krane — Heft 3: Berechnung der Spannungen im Tragwerk*
- [5] FEM 1.001, *Berechnungsgrundlagen für Krane — Heft 4: Festigkeitsnachweise und Auswahl von Triebwerksteilen*
- [6] EN 12158-1:2000+A1:2010, *Bauaufzüge für den Materialtransport — Teil 1: Aufzüge mit betretbarer Plattform*
- [7] EN 14492-1:2006+A1:2009, *Krane — Kraftbetriebene Winden und Hubwerke — Teil 1: Kraftgetriebene Winden*
- [8] EN 60068-2-64, *Umgebungseinflüsse — Teil 2-64: Prüfverfahren — Prüfung Fh: Schwingen, Breitbandrauschen (digital geregelt) und Leitfaden (IEC 60068-2-64:2008)*