

DIN ISO 19202-1



ICS 97.220.10

Einsprüche bis 2016-02-23
Vorgesehen als Ersatz für
DIN 33960-1:2012-08

Entwurf

**Sommerrodelbahnen –
Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren
(ISO/DIS 19202-1:2015);
Text Deutsch und Englisch**

Summer toboggan runs –
Part 1: Safety requirements and test methods (ISO/DIS 19202-1:2015);
Text in German and English

Pistes de luge d'été –
Partie 1: Exigences de sécurité et méthodes d'essai (ISO/DIS 19202-1:2015);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-10-23 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

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

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

Gesamtumfang 100 Seiten

DIN-Normenausschuss Sport- und Freizeitgerät (NASport)

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	4
Nationaler Anhang NA (informativ) Literaturhinweise	5
1 Anwendungsbereich.....	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	7
4 Liste der signifikanten Gefährdungen	9
5 Sicherheitstechnische Anforderungen	10
5.1 Herstellung.....	10
5.1.1 Werkstoffe.....	10
5.1.2 Sicherheitsmaßnahmen gegen das Lösen von Befestigungsteilen.....	10
5.1.3 Schweißverbindungen.....	11
5.1.4 Korrosions- und Oberflächenschutz, Schutz vor Fäulnis	11
5.2 Rodel.....	11
5.2.1 Allgemeines	11
5.2.2 Rodel für schienengeführte Sommerrodelbahnen.....	11
5.2.3 Rodel für wannengeführte Sommerrodelbahnen	12
5.2.4 Bremsen	12
5.3 Bahnführung.....	12
5.3.1 Bauliche Ausführung der Anlage im Gelände.....	12
5.3.2 Schienengeführte Sommerrodelbahnen	13
5.3.3 Wannengeführte Sommerrodelbahnen	13
5.3.4 Einsehbarkeit der Strecke und Bremswege.....	13
5.4 Ein- und Ausstiegsbereich	14
5.4.1 Allgemeines	14
5.4.2 Einstiegsbereiche	14
5.4.3 Ende der Abfahrt.....	14
5.4.4 Ausstiegsbereiche.....	14
5.5 Bergauftransportsystem.....	15
5.5.1 Allgemeines	15
5.5.2 Technische Ausführung.....	15
5.5.3 Fördermittel und Verbindungen zum Fördermittel	15
5.5.4 Spannvorrichtungen.....	16
5.5.5 Antriebe und deren Bauteile	16
5.6 Besondere Sicherheitseinrichtungen und -vorkehrungen.....	17
5.7 Lichtraumprofil	17
5.7.1 Bergabfahrt.....	17
5.7.2 Bergauftransport.....	18
5.7.3 Quetsch- und Scherstellen.....	19
5.8 Elektrische Einrichtungen.....	19
5.8.1 Elektrische Anlagen.....	19
5.8.2 Steuerungssysteme	20
6 Berechnungen.....	20
6.1 Allgemeines	20

6.2	Einwirkungen.....	21
6.2.1	Allgemeines	21
6.2.2	Ständige Einwirkungen	21
6.2.3	Veränderliche Einwirkungen.....	21
6.2.4	Außergewöhnliche Einwirkungen	23
6.2.5	Stöße	23
6.2.6	Schwingungen direkt befahrener Bauteile	24
6.3	Rechnerischer Festigkeitsnachweis.....	24
6.3.1	Allgemeines	24
6.3.2	Berechnung von Rodeln.....	24
6.3.3	Berechnung der Wanne.....	25
6.3.4	Berechnung der Schiene	25
6.3.5	Berechnung der Stützkonstruktionen	26
6.3.6	Berechnung der Bremsen.....	26
6.4	Betriebsfestigkeitsnachweis	26
6.4.1	Allgemeines	26
6.4.2	Ermüdungslasten.....	26
6.5	Stand sicherheitsnachweis	27
6.5.1	Kipp-, Gleit- und Abhebsicherheit	27
6.5.2	Bodenverankerungen.....	29
7	Prüfung und Inspektion	33
7.1	Allgemeines	33
7.2	Prüfung der technischen Dokumentation	33
7.3	Abnahmeprüfung vor der Inbetriebnahme (Erstabnahme).....	34
7.3.1	Allgemeines	34
7.3.2	Funktionsprüfung	34
7.4	Wiederkehrende Prüfung	36
7.5	Prüfung nach Umbau.....	36
7.5.1	Prüfung der Berechnungen.....	36
7.5.2	Prüfung vor Ort	36
7.6	Prüfbericht.....	36
8	Kennzeichnung.....	37
8.1	Sommerrodelbahn	37
8.2	Rodel	37
9	Inbetriebnahme	37
10	Technische Dokumentation.....	38
10.1	Allgemeines	38
10.2	Baubeschreibung.....	38
10.3	Konstruktions- und Herstellungszeichnungen	38
10.4	Statische Berechnungen.....	39
10.5	Risikobeurteilung.....	39
10.6	Betriebsanleitung.....	39
Anhang A (informativ)	Beispiel für Lastkombinationen nach EN 1993	40
A.1	Grundkombinationen	40
A.2	Außergewöhnliche Kombination	40
A.3	Ermüdungskombination.....	40
Anhang B (normativ)	Bahnberechnung	42
Literaturhinweise.....		50

Nationales Vorwort

Dieae Norm enthält aicherheitatechnische Featlegungen im Sinne dea Produktaicherheitageetzea (ProdSG).

Dieaea Dokument (ISO/DIS 19202-1:2015) wurde vom Techniachen Komitee ISO/TC 83 „Sporta and other recreational facilitiea and equipment“ erarbeitet, deaaen Sekretariat vom DIN (Deutachland) gehalten wird.

Daa zuatändige deutache Normungagremium iat der Arbeitaauaachuaa NA 112-07-05 AA „Sommerrodelbahnen“ im DIN-Normenauaachuaa Sport- und Freizeitgerät (NASport).

Sofern die Norm vom Auaachuaa für Produktaicherheit ermittelt und deren Fundatelle von der Bundeaanatalt für Arbeitaachutz und Arbeitamedizin im Gemeinaamen Miniaterialblatt bekannt gegeben worden iat, wird bei Sommerrodelbahnen, die nach dieaer Norm hergeatellt werden, vermutet, daaa aie den betreffenden Anforderungen an Sicherheit und Geaundheit von Peraonen genügen.

Für die in dieaem Dokument zitierten Normen wird im Folgenden auf die entaprechenden Deutachen Normen hingewieaen:

IEC 61508 (alle Teile)	aiehe DIN EN 61508 (alle Teile)
ISO 9606 (alle Teile)	aiehe DIN EN ISO 9606 (alle Teile)
ISO/IEC 17020	aiehe DIN EN ISO/IEC 17020
ISO 13849-1	aiehe DIN EN ISO 13849-1
ISO 13857	aiehe DIN EN ISO 13857
ISO 12100	aiehe DIN EN ISO 12100
ISO/DIS 19202-2	aiehe E DIN ISO 19202-2

Um Zweifelafälle in der Überaetzung auazuachließen, iat die engliache Originalfaaaung dea ISO/DIS 19202-1 entaprechend der dieabezüglich durch ISO erteilten Erlaubnia beigefügt. Die Nutzungabedingungen für den deutachen Text dea Norm-Entwurfea gelten gleichermaßen auch für den engliachen ISO-Text.

DIN ISO 19202, *Sommerrodelbahnen*, beateht aua den folgenden Teilen:

- *Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren*
- *Teil 2: Sicherheitsanforderungen an den Betrieb*

Änderungen

Gegenüber DIN 33960-1:2012-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Änderung der Normnummer durch Übernahme von ISO 19202-1;
- Erweiterung dea Anwendungabereicha;
- Aktualiaierung der Normativen Verweiaungen;
- Überarbeitung der in Tabelle 1 angegebenen Abachnitte;
- techniache Überarbeitung der Abachnitte 5 und 6;
- Überarbeitung der Anhänge;
- Norm redaktionell überarbeitet.

Nationaler Anhang NA
(informativ)

Literaturhinweise

DIN EN 61508 (alle Teile), *Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme*

DIN EN ISO 9606 (alle Teile), *Prüfung von Schweißern — Schmelzschweißen*

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

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

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

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

E DIN ISO 19202-2, *Sommerrodelbahnen — Teil 2: Sicherheitsanforderungen an den Betrieb*

Sommerrodelbahnen — Teil 1: Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt sicherheitstechnische Anforderungen an die Streckenplanung, Konstruktion und Berechnung, Herstellung, Aufstellung, Prüfung und Inbetriebnahme von Sommerrodelbahnen und deren Komponenten nach Abschnitt 3 fest. Dies sind Sportanlagen mit einer geneigten Fahrbahn, auf der Personen durch selbstständige Geschwindigkeitsregelung von null bis zur vorgegebenen Geschwindigkeit eine Höhendifferenz überbrücken, indem sie mittels Schwerkraft auf einem Rodel hinunterfahren. Grundsätzlich umfasst die Herangehensweise das Bewusstsein darüber, dass vom Rodeln für den Benutzer üblicherweise ein Restrisiko ausgeht, das mit sportlichen Aktivitäten wie z. B. dem Fahrradfahren, Skifahren oder dem Klettern im Seilgarten vergleichbar ist, weil:

- a) aktive unabhängige Aktionen ohne Beaufsichtigung auf den Strecken erforderlich sind, um die Abwärtsfahrten zu steuern (Lenken und Bremsen auf der Strecke);
- b) Körperhaltung und Gleichgewicht zum Sicherstellen des Gleichgewichts zwischen Flieh- und Schwerkraft ausschlaggebend sind.

Die nationalen Arbeitsschutzbestimmungen haben Vorrang und können durch dieses Dokument ergänzt werden.

Dieses Dokument gilt für Sommerrodelbahnen und wesentliche Veränderungen an Sommerrodelbahnen, sowie Rodel, die nach dem Veröffentlichungsdatum hergestellt werden.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 349, *Sicherheit von Maschinen — Mindestabstände zur Vermeidung des Quetschens von Körperteilen*

EN 1090 (alle Teile), *Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken*

EN 1991 (alle Teile), *Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke*

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

EN 1999-1-1, *Eurocode 9: Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken — Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln*

EN 12927-3, *Sicherheitsanforderungen für Seilbahnen für den Personenverkehr — Seile — Teil 3: Langspleiß von 6-litzigen Zug- und Förderseilen für Seilbahnen*

EN 12930, *Sicherheitsanforderungen an Seilbahnen für den Personenverkehr — Berechnungen*

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

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

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

IEC 61508 (alle Teile), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

ISO 9606 (alle Teile), *Qualification testing of welders — Fusion welding*

ISO/IEC 17020, *Conformity assessment — Requirements for the operation of various types of bodies performing inspection*

ISO 13849-1, *Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design*

ISO 13857, *Safety of machinery — Safety of machinery — Safety distances to prevent hazard zones being reached by upper and lower limbs*

ISO 12100:2010, *Safety of machinery — General principles for design — Risk assessment and risk reduction*

ISO/DIS 19202-2:2015, *Summer toboggan runs — Part 2: Safety requirements for operation*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Sommerrodelbahn

Sportanlage mit einer geneigten Fahrbahn, auf der Personen durch selbstständige Geschwindigkeitsregelung von null bis zur vorgegebenen Geschwindigkeit eine Höhendifferenz überbrücken, indem sie mittels Schwerkraft auf einem Rodel hinunterfahren

3.2

wannengeführte Sommerrodelbahn

Fahrstrecke mit einem offenen Wannensystem, welches dem Rodel die Fahrtrichtung vorgibt und nicht zwangsgeführt ist; die Kurvenlage stellt sich aus dem Gleichgewicht von Schwer- und Fliehkraft ein

3.3

schienengeführte Sommerrodelbahn

Fahrstrecke mit einem Schienensystem, welches den Rodel in definierte Strecken zwangsführt; die Fahrtrichtung und Kurvenlage sind vorgegeben

3.4

Rodel

mit Kufen und/oder Rollen ausgerüstetes Sportgerät ohne eigenen oder fremden Antrieb

3.5

Bergauftransportsystem

schienen- oder wannengeführtes System einer Sommerrodelbahn ohne Zwischenausstieg zum Zwecke einer anderen Tätigkeit, das ausschließlich dem Rücktransport der Fahrzeuge im besetzten oder unbesetzten Zustand von Tal zu Berg dient

Anmerkung 1 zum Begriff: In anderen Fällen ist die Ankoppelstelle bzw. Abkoppelstelle die Schnittstelle zu anderen technischen Systemen nach anderen Normen bzw. Richtlinien wie z. B. Aufzugrichtlinie, Seilbahnrichtlinie, Maschinenrichtlinie.

3.6

Rückhaltevorrichtung

Vorrichtung, welche den Benutzer auf dem Rodel sichert

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Rückhaltevorrichtung ist z. B. ein Sicherheitsgurt.

3.7

Fördermittel

Mittel zum Bergauftransport von Rodeln

Anmerkung 1 zum Begriff: Fördermittel können Seile, Ketten, Bänder usw. sein.

3.8

Stützkonstruktion

mechanische Verbindung zwischen Schiene/Wanne und Auflager

Anmerkung 1 zum Begriff: Stützkonstruktionen können Brücken, Überführungen, Stützen, Ausleger, Aufhänger und Aufständungen sein.

3.9

Betriebsbremse

benutzerabhängiges manuelles Bremssystem zur individuellen Bestimmung der Rodelgeschwindigkeit

3.10

Geschwindigkeitslimitierung

benutzerunabhängiges Bremssystem am Rodel zur Begrenzung der Rodelgeschwindigkeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Geschwindigkeitslimitierung dürfen z. B. Wirbelstrombremsen, Fliehkraftbremsen und limitierendes Gefälle sein.

3.11

Speicherbremse

Bremssystem des Rodels, welches ohne Betätigung der Bedienelemente durch den Benutzer den Rodel bremst oder festhält

BEISPIEL Federspeicherbremse

3.12

Halte- oder Reduzierbremse

benutzerunabhängiges Bremssystem an der Schiene/Wanne zur Reduzierung der Rodelgeschwindigkeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Halte- oder Reduzierbremsen sind z. B. Bremsbänder, Magnetbremsen und Wirbelstrombremsen.

3.13

Gewichtsanker

auf Bodenoberfläche aufgestellter oder im Untergrund eingebetteter Ballastkörper

3.14

Stabanker

mit Ösen oder gestauchtem bzw. geschweißtem Kopf versehene Metallstäbe

3.15

Inbetriebnahme

erstmalige Aufnahme des öffentlichen Fahrgastbetriebes

4 Liste der signifikanten Gefährdungen

Tabelle 1 enthält die in diesem Dokument behandelten signifikanten Gefährdungen, Gefahrensituationen und Gefährdungsereignisse, die durch Risikobeurteilung als wesentlich festgestellt wurden und technische Maßnahmen zur Verhinderung oder Verringerung des Risikos erfordern.

Tabelle 1 — Liste der signifikanten Gefährdungen

	Gefährdung durch:	Gefahr, Gefahrenstelle	Anforderungen in Abschnitt
1	Mechanische Gefährdungen		
	Fehlerhafte Herstellung und Montage	Versagen von Schweiß- und Schraubverbindungen, Funktionsfehler	5.1.1, 5.1.2, 5.1.3
	Versagen von Bauteilen der Schiene, der Wanne, des Rodels, der Aufständering, Verlust der Standfestigkeit, Unterspülungen der Aufständering	Entgleisung des Rodels, Quetschen, Scheren, Stoßen an Bauteilen; Herausfallen aus dem Rodel	6.2, 6.3, 6.4, 6.5
	Kollision mit Gegenständen in der Fahrbahn	Verletzungen aller Art	5.3.1, 5.3.4, 5.7, 10.6
	Unbefugtes Hineinlaufen in die Anlage, Überklettern der Anlage durch Dritte	Verletzungen aller Art	5.3.1, 5.4, 10.6
	Nichteinhalten des Lichtraumprofils	Anfahren an Hindernisse (z. B. Straßen, Brücken, Tunnel)	5.7
	Riss des Transportseiles oder des Abspannseiles, Versagen der Spannvorrichtung, Versagen der Klemmvorrichtung zum Rodel	Rücklauf von Rodeln, Verletzung durch Seilenden; Schlaffseilbildung und Verlust der Vorspannung	5.5.2
	Nicht abgeschränkter Zugang zu bewegten Teilen des Antriebes, Hineingreifen in Seilrollen, Seilscheiben	Verletzungen aller Art	5.5, 5.6
	Unbeabsichtigte Betätigung von Bedienteilen	Verletzungen aller Art	5.6, 5.8
	Versagen der Sicherheitseinrichtungen (z. B. Lichtschranken, Reißdrähte, Notabschalt-systeme, Rücklaufsicherungen)	Kollision von Rodeln, Nichtabschaltung des Antriebes	5.6, 5.8
	Nicht abgedeckte bewegliche Teile am Rodel, z. B. Räder, Klemmverbindungen	Verletzungen aller Art (z. B. Strangulation)	5.2
	Nicht ergonomisch geformte Sitzschale, Rückenlehne, Fußstützen oder Haltegriffe	Unbequeme Sitzhaltung im Rodel	5.2
	Fehlende Kommunikationsmöglichkeiten mit dem Betreiber (Gegensprechanlage, Videoüberwachung usw.)	Nichterkennen von Fehlverhalten der Benutzer	5.6, 10.6
	Unzureichende Bergungsmöglichkeiten	Verzögerung bei der Hilfeleistung	5.6, 10.6
2	Gefährdungen durch die elektrotechnischen Anlage		
	Fehlerhafte Herstellung und Montage	Funktionsfehler, Stromschlag	5.8
	Gefahren durch unbeabsichtigtes bzw. unbefugtes Ingangsetzen des Antriebes	Verletzung von Personen bei Wartungsarbeiten	5.8
	Fehlerhafte Störungsanzeigen	Stillstands- und Wartezeiten in der Bergaufstrecke	5.8

	Gefährdung durch:	Gefahr, Gefahrenstelle	Anforderungen in Abschnitt
	Stromausfall	Ausfall des Antriebes, Rodel stehen in der Bergaufstrecke, Ausfall der Bremseinrichtungen	5.8.1
	Nicht abgedeckte spannungsführende Teile, mangelhafte Erdung, Blitzschlag	Verletzung durch Stromschlag	5.8
	Fehlfunktionen der Notausschalter und der Fehlerstromschutzschaltung	Störungen im Betriebsablauf	5.8.2
3	Chemische Gefährdungen		
	Verwendung von gesundheitsgefährdenden Stoffen (z. B. PAK, Anstrichstoffe) aus Kunststoffen, Faserplatten, Leder usw.	Erhöhte Krebsgefahr durch Aufnahme von gesundheitsgefährdenden Stoffen über die Haut	5.1.1
4	Gefährdungen durch Fehlverhalten der Benutzer		
	Kollision mit anderen Rodeln	Stoßbelastungen auf den Körper, Quetschungen durch Rückhaltevorrichtung	5.2, 5.3.4, 5.4.3
	Aufstehen, Hinauslehnen	Herausfallen aus dem Rodel	5.2
	Herausstrecken von Armen und Beinen	Verletzungen an festen Gegenständen, Bauten	5.7
	Nichtbeachtung der Hinweisschilder am Ende der Bahn	Stoßbelastung auf Bremssysteme beim Auffahren	5.2.4, 5.4.3
	Nicht erlaubte Anzahl von Personen im Rodel	Unwirksames Rückhaltesystem, Überlastung des Rodels	5.2

5 Sicherheitstechnische Anforderungen

5.1 Herstellung

5.1.1 Werkstoffe

Für sicherheitsrelevante Bauteile ist die Verwendung von Werkstoffen erforderlich, für die in Normen Bemessungsangaben enthalten sind.

Für andere Werkstoffe muss der Nachweis ihrer Eignung erbracht werden.

Die Werkstoffe müssen alterungsbeständig sein. Die Fristen der Alterungsbeständigkeit sicherheitsrelevanter Bauteile sind vom Hersteller anzugeben.

Die Werkstoffe, mit denen die Haut des Benutzers in Kontakt kommt, dürfen nicht zu Gesundheitsgefährdungen führen.

5.1.2 Sicherheitsmaßnahmen gegen das Lösen von Befestigungsteilen

Schrauben, Muttern, konische Scheiben und andere Verbindungselemente, die sich aufgrund der Schwingungsbeanspruchung lösen können, müssen durch anerkannte Methoden gesichert werden, etwa durch

Vorspannung oder mit Splinten, Halteelementen, Gegenmuttern, selbstsichernden Muttern, Federringen, Zahnscheiben, Fächerscheiben usw.

5.1.3 Schweißverbindungen

Der Hersteller der geschweißten Konstruktion muss über eine entsprechende Schweißerqualifikation nach den zutreffenden anerkannten internationalen oder nationalen Normen, z. B. EN 1090 (alle Teile), verfügen.

Der Schweißer muss über eine entsprechende Schweißerqualifikation nach ISO 9606 verfügen.

5.1.4 Korrosions- und Oberflächenschutz, Schutz vor Fäulnis

Alle Teile müssen durch angemessene Maßnahmen geschützt sein, um Korrosion oder Verrottung zu verhindern, z. B. nach EN 1090 (alle Teile). Die Schutzart und die Inspektionsintervalle sind festzulegen.

5.2 Rodel

5.2.1 Allgemeines

Der Rodel ist hinsichtlich des Benutzerraumes so zu gestalten, dass der Benutzer richtig sitzt und sich auf dem Rodel halten kann (z. B. Rückenlehnen, Armstützen). Der Rodel muss zudem über Haltegriffe, Sitzvertiefungen und Fußstützen verfügen.

Es muss sichergestellt werden, dass die Benutzer den Rodel gefahrlos und bestimmungsgemäß bedienen können.

Der Rodel ist so zu gestalten, dass die Benutzer bei bestimmungsgemäßigem Verhalten nicht an gefährdende Bauteile geraten können.

Der Rodel ist so zu gestalten, dass sich keine unerwarteten Kräfte aufgrund von Querneigungsänderungen, Kurven, Kuppen und Senken oder infolge von Abnutzung ausbilden können.

Es ist sicherzustellen, dass der Rodel bei Nicht-Betätigung der Bedienelemente abbremst. Kann dies nicht bei allen Betriebszuständen erreicht werden, ist vor dem Ein- und/oder Ausstiegsbereich mindestens eine benutzerunabhängige Bremse vorzusehen.

Beim Bergauftransport mit Blick in Fahrtrichtung ist ab einer Steigung von 35 % eine Rückenlehne vorzusehen.

5.2.2 Rodel für schienengeführte Sommerrodelbahnen

Das System muss so gestaltet sein, dass ein Entgleisen der Rodel verhindert wird.

Eine Notlaufvorrichtung muss die sichere Führung des Rodels jederzeit gewährleisten.

Rückhaltevorrichtungen sind für jeden Benutzer erforderlich und müssen nachgewiesen werden (z. B. durch Berechnung, Versuch, Zertifikate).

Rückhaltevorrichtungen müssen so konstruiert sein, dass sie nicht zufällig oder unabsichtlich geöffnet werden können.

Rückhaltevorrichtungen sind so zu konstruieren, dass das Einklemmen oder Quetschen von Körperteilen nicht möglich ist.

Der Rodel ist mit einem Aufprallschutz auszurüsten, der an jeder Stelle der Bergabbahn wirksam sein muss. Der Aufprallschutz und die Rückhaltevorrichtungen sind für die Höchstgeschwindigkeiten auszulegen. Es ist zwingend eine Analyse der zu erwartenden Belastungen für die Benutzer durchzuführen.

Die Rückhaltevorrichtungen müssen diesen Belastungen standhalten.

Ein Überfahren oder Unterfahren des Aufprallschutzes bei Kollisionen muss konstruktiv verhindert werden.

5.2.3 Rodel für wannengeführte Sommerrodelbahnen

Wannengeführte Rodel dürfen ohne Rückhaltevorrichtung eingesetzt werden, da die Rodel nicht zwangsgeführt sind und der Benutzer mit dem Rodel umkippen kann.

Der Rodel ist mit einem Aufprallschutz auszurüsten, der an jeder Stelle der Bergabbahn wirksam sein muss. Der Aufprallschutz darf auch durch die konstruktive Gestaltung des Rodels und/oder die Auswahl geeigneter Werkstoffe für den Rodel umgesetzt werden. Der Aufprallschutz ist für die Höchstgeschwindigkeit auszuliegen. Es ist zwingend eine Analyse der zu erwartenden Belastungen für die Benutzer durchzuführen.

Ein Überfahren des Rodels muss verhindert werden.

5.2.4 Bremsen

Die Bremssysteme der Sommerrodelbahnen lassen sich in die folgenden Klassen unterteilen: Geschwindigkeitslimitierung, Betriebsbremse (manuelle Bremse), Speicherbremse und Halte- oder Reduzierbremse.

- a) Geschwindigkeitslimitierung (z. B. Wirbelstrombremse, Fliehkraftbremse) — Es ist sicherzustellen, dass die Geschwindigkeit von 40 km/h höchstens 3 s lang um 10 % überschritten werden kann und dies auf höchstens 5 % der Bergabbahnlänge. Dies gilt für Abfahrten ohne Betätigung des manuellen Bremssystems. Sofern die Geschwindigkeit von 40 km/h nicht durch das Gefälle beschränkt wird, ist sicherzustellen, dass durch Ausfall eines Bauteiles nicht das gesamte Bremssystem ausfällt.
- b) Betriebsbremse (manuelle Bremse) — Es ist sicherzustellen, dass der Benutzer mit Hilfe des manuellen Bremssystems die Rodelgeschwindigkeit jederzeit bestimmen kann. Die Betriebsbremse ist nach 6.3.6 zu berechnen und deren Ausfallsicherheit nachzuweisen.
- c) Die Speicherbremse muss sicherstellen, dass sich ein Rodel in der Bergabbahn nicht in Bewegung setzt oder zum Stehen kommt, wenn das Bedienelement nicht betätigt wird.
- d) Das Abbremsen durch die Halte- oder Reduzierbremse muss so begrenzt sein, dass sichergestellt ist, dass der Benutzer jederzeit im Rodel sitzen bleibt.

5.3 Bahnführung

5.3.1 Bauliche Ausführung der Anlage im Gelände

Die Eignung des Geländes (Bodenbeschaffenheit, Bewuchs, Gestein usw.) muss für die Aufstellung und den Betrieb einer Sommerrodelbahn festgestellt werden.

Die Gründungen der Bahn (z. B. Fundamente, Gewichtsanker, Stabanker) dürfen nicht durch eintretendes Grundwasser, Regen- und Schmelzwasser in ihrer Standfestigkeit gefährdet werden.

Alle Fundamente sind so auszulegen, dass sie den Lasten nach Abschnitt 6 standhalten.

Die Verankerung bzw. Lagerung der Aufständerung muss z. B. durch Stabanker, Unterpallung oder Fundamente erfolgen.

Dehnungsfugen für den Temperatureausgleich sind einzubauen, damit Zwängungen in der Bahn verhindert werden.

Der Hersteller muss auf der Grundlage einer Risikobeurteilung die Zugangsbeschränkungen und sonstige Sicherheitseinrichtungen (z. B. Beschilderung, Barrieren), die für den sicheren Gebrauch und den sicheren Betrieb der Sommerrodelbahn erforderlich sind, festlegen.

Auf der Grundlage einer Risikobeurteilung sind die Zugangsbeschränkungen und sonstigen Sicherheitseinrichtungen (z. B. Beschilderung, Barrieren), die für den sicheren Gebrauch und den sicheren Betrieb der Sommerrodelbahn erforderlich sind, wie in ISO/DIS 19202-2 festgelegt, vorzulegen.

5.3.2 Schienengeführte Sommerrodelbahnen

Bei schienengeführten Sommerrodelbahnen darf die senkrecht auf den Sitz wirkende Beschleunigung $0,2 g$ nicht unterschreiten.

Die höchste Querneigung der Schiene ist an den Stellen, an denen der Rodel betriebsmäßig zum Stillstand kommen kann, auf einen Höchstwert von 25° zu begrenzen.

Die Bahnberechnung für schienengeführte Sommerrodelbahnen ist nach Anhang B durchzuführen.

5.3.3 Wannengeführte Sommerrodelbahnen

Wird der Rodel in einer Wanne geführt, so darf die senkrecht auf den Sitz wirkende Beschleunigung $0,2 g$ nicht unterschreiten.

Die theoretische Querneigung α muss nach der Gleichung (B.1) so gewählt werden, dass die Kräfte quer zum Rodel null werden.

Ist die Auspendelung des Fahrzeuges durch Anlaufen an Begrenzungen beschränkt, so sind die Begrenzungen so zu bemessen, dass sie den Anlaufstößen standhalten. Wenn keine detaillierten Berechnungen vorliegen, ist der Anprall mit mindestens

$$H_A = 0,30 \cdot Q \quad (1)$$

anzusetzen.

Dabei ist

Q das Fahrzeug und die ausgeübte Last.

Die aus der Pendelbewegung des Schlittens entstehenden Beschleunigungen sind ebenfalls für den Rodel, die Wanne und die Unterkonstruktion zu berechnen.

Die Linienführung der Bahn ist so zu gestalten, dass ein Benutzer bei angepasster Geschwindigkeit dem Bahnverlauf sicher folgen kann.

5.3.4 Einsehbarkeit der Strecke und Bremswege

5.3.4.1 Schienengeführte Bahnen

- a) Die Einsehbarkeit der Strecke muss in Abhängigkeit vom Bremsweg plus einer Reaktionszeit von etwa 1 s gewählt werden, muss aber mindestens 20 m betragen.
- b) Bei Höchstgeschwindigkeit darf der Bremsweg bei einer Notbremsung nicht mehr als 10 m betragen.

In besonderen Fällen, wie bei Tunneln und Kuppen, ist der Benutzer durch Beschilderung aufzufordern, zu bremsen oder langsam zu fahren, um auf die geringere Einsehbarkeit hinzuweisen.

5.3.4.2 Wannengeführte Bahnen

- a) Die Einsehbarkeit der Strecke muss in Abhängigkeit vom Bremsweg plus einer Reaktionszeit von etwa 1 s gewählt werden, muss aber mindestens 25 m betragen.
- b) Bei Höchstgeschwindigkeit darf der Bremsweg bei einer „trockenen“ Notbremsung nicht mehr als 15 m betragen.
- c) Bei Höchstgeschwindigkeit darf der Bremsweg bei einer „nassen“ Notbremsung nicht mehr als 40 m betragen.

Bei Bahnen, die auch „nass“ betrieben werden können, sollte die Einsehbarkeit mindestens 50 m betragen.

In besonderen Fällen, wie bei Tunneln und Kuppen, ist der Benutzer durch Beschilderung aufzufordern, zu bremsen oder langsam zu fahren, um auf die geringere Einsehbarkeit hinzuweisen.

5.4 Ein- und Ausstiegsbereich

5.4.1 Allgemeines

Diese Bereiche sind so anzulegen, dass der Betrieb der Anlage und das Ein- und Aussteigen der Benutzer reibungslos und sicher abgewickelt werden kann.

Der Bereich der Stationen, der nicht für den Zutritt der Benutzer bestimmt ist, muss gegen unbefugtes Betreten gesichert sein. Absperrungen, Treppen usw. sind nach den Bestimmungen der Länder auszuführen.

Die Verkehrswege müssen eben und rutschhemmend sein.

An den Ein- und Ausstiegsbereichen sind die Benutzer durch Beschilderungen nach ISO/DIS 19202-2 auf das korrekte Verhalten hinzuweisen.

5.4.2 Einstiegsbereiche

Der Bereich für Benutzer ist aus Sicherheitsgründen von den von Aufsichts- bzw. Bedienpersonal genutzten Bereichen zu trennen. Die Bedienelemente müssen getrennt von den Benutzern und für die Bediener frei zugänglich sein.

Der Bereich der Station muss so gestaltet sein, dass die direkte Kommunikation zwischen dem Bediener und den Benutzern sichergestellt ist.

5.4.3 Ende der Abfahrt

Das Ende der Abfahrt ist durch Beschilderung klar zu kennzeichnen.

Bei fehlerhaftem Verhalten des Benutzers am Ende der Bergabbahn ist mittels benutzerunabhängiger Maßnahmen die Geschwindigkeit zu reduzieren. Diese Maßnahmen (z. B. Bremsen, limitierende Gefälle, Bahnauslauf) müssen einen voll besetzten Rodel auf eine Geschwindigkeit von ≤ 18 km/h abbremsen.

5.4.4 Ausstiegsbereiche

Der Ausstiegsbereich ist so zu gestalten, dass der Benutzer bequem aussteigen kann. Der Ausstiegsbereich muss mindestens 5 Rodel lang und befestigt sein.

Die Ausstiegshöhe ab Fahrzeugsitz sollte zwischen 20 cm und 45 cm liegen.

5.5 Bergauftransportsystem

5.5.1 Allgemeines

Zum Bergauftransportsystem gehören:

- a) Antriebssysteme;
- b) Fördermittel (z. B. Stahlseile, Ketten, Bänder);
- c) Kopplung zwischen Fördermittel und Rodel;
- d) Aufständierung und Schienen- oder Wannensystem;
- e) Sicherheitseinrichtungen, Bergeeinrichtungen.

5.5.2 Technische Ausführung

Erfordert die Bergaufstrecke die Ausrüstung mit einem Rücklaufsicherungssystem, muss dieses redundant ausgeführt sein, wobei:

- a) mindestens ein System auf den Rodel wirken muss (z. B. Räder mit Rücklaufsicherung) und
- b) mindestens ein System formschlüssig zwischen Rodel und Bergaufstrecke eingepasst sein muss (z. B. Rücklaufsicherungshaken, Rückfallklappen, Zahnschienen).

Die Wirksamkeit des Systems ist zu berechnen und die sich aus dem Aufprallstoß für die Benutzer ergebenden Belastungen sind zu untersuchen.

Die Rodel müssen im angekoppelten Zustand in der Bergaufstrecke entgleisungssicher geführt sein. Werden besetzte Rodel an das Bergauftransportsystem angekoppelt, so sollte dies weitestgehend ruckfrei geschehen, z. B. durch ein Dämpfungssystem oder durch eine Angleichung der Geschwindigkeit.

Die Abkoppelstelle ist zu überwachen und staufrei zu halten, um ein sicheres Abkoppeln der Rodel zu gewährleisten. Die Abkopplung vom Bergauftransportsystem muss bei besetztem Rodel automatisch erfolgen.

Die gesamte Strecke muss für Wartungs- und Kontrollzwecke und zur Bergung begehbar sein.

Auf der Strecke des Bergauftransportsystems sind die Benutzer durch Beschilderung nach ISO/DIS 19202-2 auf das korrekte Verhalten hinzuweisen.

5.5.3 Fördermittel und Verbindungen zum Fördermittel

Wenn die Personensicherheit weder vom Fördermittel noch von der Verbindung zum Fördermittel sichergestellt werden kann, muss die Personensicherheit durch ein Rücklaufsicherungssystem nach 5.5.2 hergestellt werden.

Es ist ein Festigkeitsnachweis nach EN 12930 durchzuführen, um die Personensicherheit hinsichtlich des Fördermittels oder der Verbindung zum Fördermittel nachzuweisen.

Andere Fördermittel und deren Verbindungen zum Fördermittel sind nach einem dem Stand der Technik entsprechenden Berechnungsverfahren zu berechnen, die in spezifischen Normen angegeben sind, oder nach anderen anerkannten Verfahren zu ermitteln.

Die Verbindungen zu Fördermitteln umfassen Klemmen, Mitnehmer o. Ä.

Für die Fördermittel müssen Bescheinigungen, Kennzeichnungen oder Prüfzertifikate des Herstellers mitgeliefert werden.

Die Verwendung von Seilen, Ketten, Riemen oder Bändern aus Hanf, Kunststoff oder Leder ist nicht zulässig.

Bei gespleißten Seilen muss die Spleißlänge mindestens das 1 000-fache des Seildurchmessers betragen. Der Abstand zwischen den Spleißen muss mindestens das 3 000-fache des Seildurchmessers betragen. Es dürfen höchstens 5 Spleiße je Seil vorhanden sein. Ein Spleißzeugnis nach EN 12927-3 ist vorzulegen.

Das Entgleisen der Seile ist zu überwachen oder konstruktiv zu verhindern.

5.5.4 Spannvorrichtungen

Die als Fördermittel verwendeten Seile müssen vorgespannt werden.

Wenn keine Abspanngewichte verwendet werden, sind Vorrichtungen zur Kontrolle der Vorspannung erforderlich. Die Kontrolleinrichtungen müssen leicht zugänglich und ablesbar sein.

Spannseilwinden müssen formschlüssig gegen Abwickeln gesichert sein.

Bei einem beschädigten Seil bzw. einem Versagen des Seils ist keine zusätzliche Sicherung gegen Entgleisen oder ablaufende Seilenden entlang der Strecke erforderlich, wenn die Vorspannung nur statisch beeinflusst wird und das Seil als einfache Feder wirkt.

Seilendbefestigungen sind mit Seilschlössern, Keilschlössern, Presshülsenverbindungen, Kauschenspleißen oder Vergusshülsen zu sichern.

Die Gründung der Abspannung muss alle Zugkräfte aus den Betriebszuständen aufnehmen.

5.5.5 Antriebe und deren Bauteile

Für alle sicherheitsrelevanten Bauteile ist ein Festigkeitsnachweis zu führen.

Der Antriebs- und Umlenkscheibendurchmesser muss mindestens das 60-fache des Seildurchmessers betragen. Wenn von den Antriebs- bzw. Umlenkscheiben keine Gefährdungen für Personen ausgehen, genügt ein Nachweis der Strukturfestigkeit der Scheiben. In anderen Fällen ist ein Betriebs- oder Dauerfestigkeitsnachweis zu führen.

Die Dimensionierung bzw. Festlegung des Antriebes für den Bergauftransport muss so gewählt werden, dass sie in allen Betriebszuständen ein ruckfreies Anfahren mit einer Beschleunigung von höchstens 0,5 g ermöglicht.

Der Antrieb muss selbsttätig abschalten, wenn

- a) der Netzstrom ausfällt;
- b) eine Überlastung eintritt;
- c) eine der Sicherheitseinrichtungen anspricht, oder
- d) eine der Sicherheitseinrichtungen betätigt wird.

Ein selbsttätiges Rücklaufen des Fördermittels im Stillstand ist zu verhindern (z. B. durch Rücklaufsperre im Antrieb). Eine Betriebsbremse ist nicht notwendig, wenn aus jedem Betriebszustand ein sicherer Halt erreicht werden kann.

Selbstständiges Anfahren des Antriebes aus einem Fehlerzustand ist nicht zulässig.

5.6 Besondere Sicherheitseinrichtungen und -vorkehrungen

Die Bergung des Benutzers aus dem Rodel muss an jeder Stelle der Bahn sichergestellt sein.

Bei Absturzhöhen von $\geq 1,5$ m über dem Boden sind Wartungs- und Bergungsmöglichkeiten (z. B. Bergungswege) mit Absturzsicherungen (z. B. Netze, Geländer) vorzusehen. Wartungs- und Bergungswege müssen mindestens 0,4 m breit sein. Die nationalen Bestimmungen zur Breite der Wege sind zu berücksichtigen.

In begehbaren Bereichen, in denen unbesetzte Rodel bewegt werden, ist ein seitlicher Sicherheitsabstand von mindestens 0,50 m zwischen Rodel und festen Gegenständen einzuhalten.

Die Antriebs- und Umlenkstationen dürfen für Unbefugte nicht zugänglich sein.

Frei zugängliche Seilrollen und Seilscheiben sind gegen unbeabsichtigtes Eingreifen zu sichern.

Nicht besetzte und/oder nicht einsehbare Stationen sind

- a) am Anfang und Ende der Bergabbahn und
- b) im Bergauftransportsystem

mit Video zu überwachen und mit einer Gegensprechanlage zu versehen.

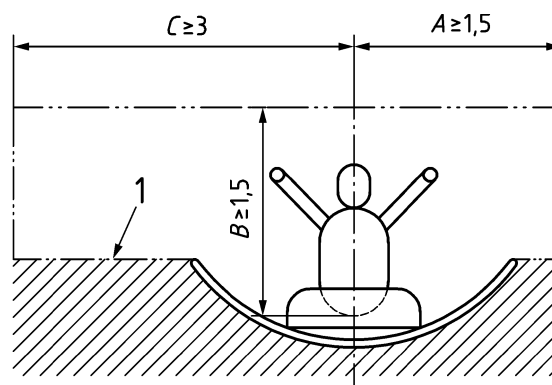
5.7 Lichtraumprofil

5.7.1 Bergabfahrt

5.7.1.1 Wannengeführte Sommerrodelbahn

Für die Bergabfahrt sind die nach Bild 1 geforderten Freiräume und Sturzräume zu vorhandenen Hindernissen einzuhalten.

Maße in Meter



Legende

- 1 Untergrenze Freiraum ist Oberkante der Wanne
- A horizontaler Freiraum ab Wannenmitte
- B vertikaler Freiraum ab Sitzfläche
- C Sturzraum (z. B. an den Außenseiten der Kurven von Wannenbahnen)

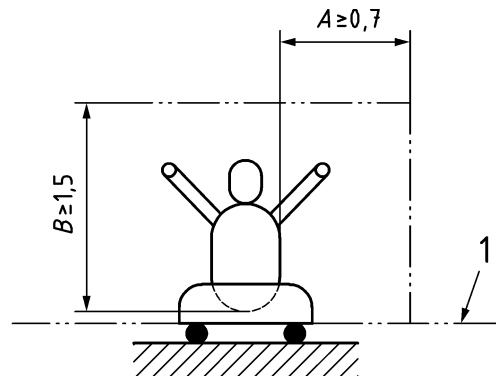
Bild 1 — Lichtraumprofil bei Bergabfahrt bei wannengeführten Sommerrodelbahnen

Bei topografischen Besonderheiten, wie z. B. Engstellen, darf der Sturzraum auf ein Mindestmaß von 1,5 m reduziert werden, wenn Maßnahmen zur Minderung der Sturzfolgen getroffen werden (z. B. Sicherheitsnetze).

5.7.1.2 Schienengeführte Sommerrodelbahn

Für die Bergabfahrt sind die nach Bild 2 geforderten Freiräume einzuhalten.

Maße in Meter



Legende

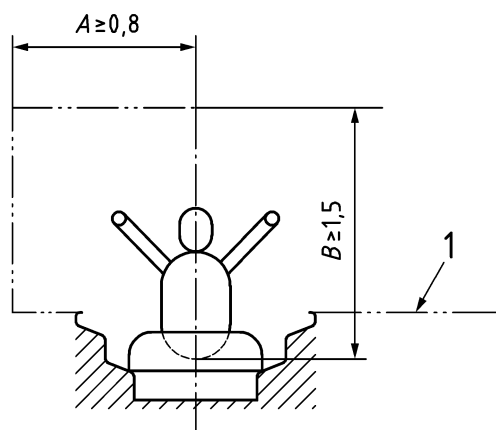
- 1 Untergrenze Freiraum ist Oberkante der Fahrschiene
- A horizontaler Freiraum ab Außenkante der Sitzfläche des Rodels
- B vertikaler Freiraum ab Sitzfläche

Bild 2 — Lichtraumprofil bei Bergabfahrt bei schienengeführten Sommerrodelbahnen

5.7.2 Bergauftransport

Für den Bergauftransport von besetzten Rodeln sind die Freiräume für wannengeführte Sommerrodelbahnen nach Bild 3 und für schienengeführte Sommerrodelbahnen nach Bild 4 einzuhalten.

Maße in Meter

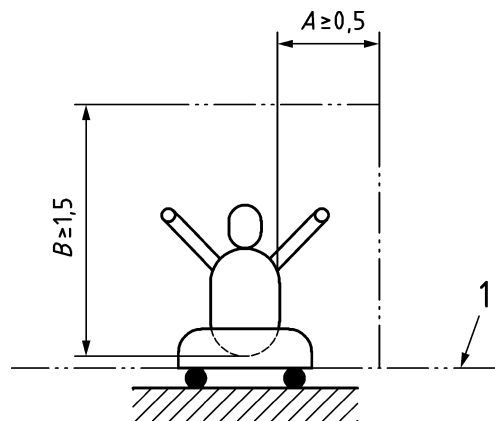


Legende

- 1 Untergrenze Freiraum ist Oberkante der Wanne
- A horizontaler Freiraum ab Wannenmitte
- B vertikaler Freiraum ab Sitzfläche

Bild 3 — Lichtraumprofil bei Bergauftransport bei wannengeführten Sommerrodelbahnen

Maße in Meter



Legende

- 1 Untergränze Freiraum ist Oberkante der Fahrschiene
- A horizontaler Freiraum ab Außenkante der Sitzfläche des Rodels
- B vertikaler Freiraum ab Sitzfläche

Bild 4 — Lichtraumprofil bei Bergauftransport bei schienengeführten Sommerrodelbahnen

5.7.3 Quetsch- und Scherstellen

Quetsch- und Scherstellen sind zu vermeiden, z. B. durch Einhaltung der Anforderungen nach ISO 13857 und nach EN 349.

Hindernisse, die die Benutzer mit den Händen erreichen können, dürfen nicht in Fahrtrichtung in sich verjüngenden Verengungen vorhanden sein, da sie Quetsch- und Scherstellen hervorrufen können.

5.8 Elektrische Einrichtungen

5.8.1 Elektrische Anlagen

5.8.1.1 Allgemeines

Alle Teile elektrischer Anlagen müssen EN 60204-1 entsprechen, außer, wenn die folgenden Abschnitte diesbezüglich bedeutsame Erweiterungen oder Abänderungen enthalten.

Der Schutzgrad der Betriebsmittel, z. B. Steckdosen, Steckverbindungen, Kabeleinführungen usw., muss in geschlossenen Räumen oder an vor atmosphärischen Niederschlägen geschützten Orten mindestens der Schutzart IPX4 nach EN 60529 entsprechen; in Außenbereichen, die nicht vor Niederschlägen geschützt sind, muss er der Schutzart IP65 nach der gleichen Norm entsprechen.

Das Erdungssystem und der Schutz vor elektrischem Schlag ist nach IEC 60364-5-54 zu gestalten.

Sind aufgrund der örtlichen Gegebenheiten Blitzschutzmaßnahmen erforderlich, so müssen diese ebenfalls den anzuwendenden Normen entsprechen.

Die Anlage muss bei Stromausfall in einem Zustand verharren, in dem keine zusätzlichen Gefährdungen für Personen entstehen.

5.8.1.2 Beleuchtung und Notbeleuchtung

In allen zugänglichen Bereichen, einschließlich auf allen Zuwegen, die auch ohne Tageslicht benutzt werden, muss eine Beleuchtung und Notbeleuchtung vorhanden sein.

Die Beleuchtung ist so auszulegen, dass eine Sichtweite von mindestens 25 m auf die Bergabbahn und den Bergauftransport sichergestellt ist. Das Bergauftransportsystem muss während des Nachtbetriebs beleuchtet werden, so dass die Sichtweite mindestens 25 m beträgt.

5.8.2 Steuerungssysteme

5.8.2.1 Allgemeines

Steuerungssysteme, die pneumatische, hydraulische und mechanische Bauteile enthalten, müssen den Anforderungen von ISO 13849-1 und der nach ISO 12100:2010, Tabelle B.1, durchgeführten Risiko-beurteilung entsprechen. Systeme mit elektrischen, elektronischen und programmierbaren elektronischen Elementen müssen außerdem den Anforderungen nach IEC 61508 (alle Teile) entsprechen.

Das Bergauftransportsystem, Bremsbänder, Fördereinrichtungen usw. sind gegen unbefugtes und unbeabsichtigtes Einschalten zu sichern, z. B. durch einen abschließbaren Schlüsselschalter. Die Bedienelemente müssen in einem nur dem Personal zugänglichen Bereich untergebracht sein.

5.8.2.2 Stopp-Funktionen

Die Steuerungssysteme müssen über die folgenden Stopp-Funktionen verfügen: „Betriebs-Stopp“, „Stillsetzen im Notfall“ und/oder „Ausschalten im Notfall“. Die Stopp-Funktionen müssen redundant oder diversitär ausgeführt sein und Vorrang vor Start-Funktionen haben.

Das Bergauftransportsystem ist mit einem getrennten NOT-AUS-Kreis auszurüsten, der die Bremseinrichtungen der Abfahrtstrecke nicht abschaltet. Die NOT-AUS-Schalter müssen im Ein- und/oder Ausstiegsbereich am Bedienerstandort und an den Antrieb- und Umlenkstationen vorhanden sein.

6 Berechnungen

6.1 Allgemeines

Für die Nachweise bei Sommerrodelbahnen sind u. a. folgende Normen zu berücksichtigen:

- a) EN 1090 (alle Teile);
- b) EN 1993;
- c) EN 1999-1-1;
- d) EN 1993-1-9.

Der jeweilige für die Gesamtberechnung einer Sommerrodelbahn gewählte Berechnungsweg ist festzulegen und durchgängig beizubehalten.

Für Nachweise anderer Werkstoffe außer Stahl und Aluminium sind Berechnungsverfahren nach dem Stand der Technik zu wählen, die auch in bestimmten Normen oder in Fachliteratur angegeben sind.

Die Nachweise müssen mindestens Folgendes umfassen:

- a) Nachweis der Tragsicherheit;
- b) Nachweis der Ermüdungsfestigkeit und Betriebsfestigkeit;
- c) Stabilitätsnachweis, z. B. Knicken von Stäben, Platten- und Schalenbeulen;
- d) erforderlichenfalls Formänderungsnachweis;
- e) Nachweis der Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit;
- f) dynamische Berechnungen.

Die oben genannten Nachweise müssen mindestens enthalten:

- a) Lastannahmen unter Berücksichtigung der möglichen Betriebszustände oder der Aufstellungsvarianten;
- b) Hauptabmessungen und Querschnittswerte aller tragenden Bauteile sowie detaillierte Angaben zur Beurteilung der Ermüdungsfestigkeit;
- c) Angaben zu Werkstoffen und Bauteilen;
- d) Ermittlung von ungünstigen Spannungen (Ober- und Unterspannung und Spannungsschwingbreite) und Angaben über die zulässige Beanspruchung der tragenden Bauteile und Verbindungen. Erscheinen die Berechnungen zur Beurteilung der Grenzzustände von Bauteilen unzureichend, so darf der Nachweis auch durch eine praktische Prüfung mit gleichem Sicherheitsniveau erbracht werden;
- e) Angaben über elastische Verformungen (Biegung bzw. Torsion), soweit diese für die Stand- und Betriebssicherheit der Sommerrodelbahn von Bedeutung ist.

6.2 Einwirkungen

6.2.1 Allgemeines

Alle zutreffenden Einwirkungen müssen EN 1991 (alle Teile) entsprechend gewählt werden. Die Anpassungen an die besonderen Bedingungen von Sommerrodelbahnen sind nachfolgend angeführt.

6.2.2 Ständige Einwirkungen

Die tatsächliche Eigenlast von Maschinenteilen, elektrischen Einrichtungen, Rodeln und dergleichen ist durch Wägung zu bestätigen.

6.2.3 Veränderliche Einwirkungen

6.2.3.1 Nutzlasten

Für Rodel sind folgende Lasten anzunehmen:

- a) Für den Ermüdungsnachweis $Q_k = 0,8$ kN je Person;
- b) die Konstruktionsanalyse ist mit der höchsten vom Hersteller angegebenen Zuladung zu führen.

Für jeden begehbaren Bereich sind die folgenden senkrecht wirkenden Nutzlasten anzusetzen.

Allgemein, öffentlich zugänglich:

$q_k = 3,5 \text{ kN/m}^2$ für Böden, Treppen, Podeste, Rampen, Einstiegsbereiche, Ausstiegsbereiche und ähnliche Bereiche bei Sommerrodelbahnen und -anlagen;

$q_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$ für den während des Betriebes öffentlich begehbaren Umlauf- oder Auslegerbereich (beim Ein- oder Ausstieg); oder die doppelte Gesamtlast aller Fahrzeuge und Rodel, je nachdem, welche die ungünstigere Variante darstellt, um den Passagierwechsel entsprechend zu berücksichtigen.

$Q_k = 1,0 \text{ kN/Stufe}$; alternativ eine den oben aufgeführten Abschnitten entsprechende Flächenlast, je nachdem, welche die ungünstigere Variante darstellt.

Nicht öffentlich zugänglich:

$q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$ für alle Böden, Plattformen, Rampen, Treppen, Laufstege, Gerüste u. Ä., über die einzelne Personen laufen, oder

$Q_k = 1,5 \text{ kN}$ für individuelle Lasten,

je nachdem, welche die ungünstigere Variante darstellt.

6.2.3.2 Horizontale Nutzlasten

Die folgenden horizontalen Nutzlasten sind für Brüstungen, Zäune, Geländer, Wandplatten und andere, ähnliche Ausstattungsmerkmale anzusetzen:

Bei Begrenzungen von öffentlich zugänglichen Bodenflächen, die für $q_k = 3,5 \text{ kN/m}^2$ ausgelegt sind:

$p_k = 0,5 \text{ kN/m}$ auf Höhe der Handläufe;

$p_k = 0,1 \text{ kN/m}$ auf mittlerer Geländerhöhe.

Bei Begrenzungen von nicht öffentlich zugänglichen Bodenflächen, die für $q_k = 1,50 \text{ kN/m}^2$ ausgelegt sind:

$p_k = 0,30 \text{ kN/m}$ auf Höhe der Handläufe;

$p_k = 0,10 \text{ kN/m}$ auf mittlerer Geländerhöhe;

$p_k = 0,15 \text{ kN/m}$ auf Höhe der Handläufe;

$p_k = 0,10 \text{ kN/m}$ auf mittlerer Geländerhöhe.

6.2.3.3 Windlasten

Der Nachweis ist nach EN 1991-4 und unter Berücksichtigung der offiziellen Normen des jeweiligen Anwenderlandes zu erbringen.

6.2.3.4 Schneelasten

Schneelasten brauchen nicht berücksichtigt werden, wenn die Sommerrodelbahnen

- a) in Regionen aufgestellt werden, in denen Schneefall sehr unwahrscheinlich ist; oder
- b) in der Schneejahreszeit abgebaut sind;
- c) nicht bei Schnee betrieben werden.

Falls erforderlich, ist der Nachweis nach EN 1991-1-3 und unter Berücksichtigung der offiziellen Normen des jeweiligen Anwenderlandes zu erbringen.

6.2.3.5 Flieh-, Antriebs- und Bremskräfte

Die Fliehkräfte für schienengeführte Bahnen sind den Gleichungen (B.5) und (B.6) in Anhang B entsprechend zu berechnen.

Die Brems- bzw. Anfahrkräfte sind nach der tatsächlichen Verzögerung bzw. Beschleunigung zu berechnen:

$$B = a_b \cdot (m_v + m_p) \quad (2)$$

Dabei ist

B die Kraft beim Bremsen bzw. Anfahren, in N;

a_b die Beschleunigung beim Bremsen bzw. Anfahren, in m/s^2 ;

m_v die Eigenmasse des Rodels, in kg;

m_p die Gesamtmasse der Benutzer im Rodel den Herstellerangaben entsprechend, in kg.

6.2.3.6 Planmäßiger Anprall während des Betriebs

Die Wirkungen der Anprallkräfte müssen nur bei unmittelbar betroffenen Bauteilen und den zugehörigen Verbindungen berücksichtigt werden. Der Anprall ist an der ungünstigsten Stelle der betroffenen Bauteile anzunehmen und die Berechnung muss auf der Masse eines voll besetzten Rodels basieren. Wenn ein Anprall nur bei einem Winkel von $\varphi < 90^\circ$ möglich ist, so wird die Anprallkraft F (in N) wie folgt berechnet:

$$F = g \cdot (m_v + m_p) \cdot \sin \varphi \quad (3)$$

Dabei ist

m_v die Eigenmasse des Rodels, in kg;

m_p die Gesamtmasse der Benutzer im Rodel den Herstellerangaben entsprechend, in kg;

g die Erdbeschleunigung = $9,81 \text{ m/s}^2$;

φ der Anprallwinkel;

jedoch mindestens $0,3 \cdot g \cdot (m_v + m_p)$.

Handelt es sich bei dem Anprall nicht um einen planmäßigen Betriebsfall, so ist er als außergewöhnliche Einwirkung zu betrachten.

6.2.4 Außergewöhnliche Einwirkungen

Seismische Kräfte und Lasten aus Auffahren, Überladung, Mitnahme eines liegen gebliebenen Rodels im Bergauftransportsystem, Übergeschwindigkeit und Anschlagpunkte sind nur bei spezieller Erfordernis zu berücksichtigen; sie müssen nicht mit Windlastfällen kombiniert werden.

6.2.5 Stöße

Treten durch die Fahrbewegung in der Konstruktion oder in einzelnen ihrer Teile Stoßkräfte auf (z. B. an Schienenstößen oder durch Abnutzung), dann sind die betreffenden, sich bewegenden Lasten (Eigenlast und Nutzlast) mit einem Stoßfaktor von mindestens $\phi_1 = 1,2$ zu multiplizieren, es sei denn, die Art der Konstruktion erfordert einen höheren Faktor.

Werden während der Probeläufe an der fertigen Anlage wesentlich höhere Werte für die Stoßkräfte (z. B. an Schienenstößen) festgestellt und können diese Stoßkräfte durch bauliche Maßnahmen nicht auf ihren Auslegungswert reduziert werden, dann ist der Stoßfaktor in einer modifizierten Berechnung zu erhöhen. Anfahr- und Bremskräfte gelten nicht als Stoßkräfte (sondern als übliche Verkehrslasten).

6.2.6 Schwingungen direkt befahrener Bauteile

Aufgrund der Schwingwirkung in direkt befahrenen Bauteilen, wie etwa Fahrschienen, sind alle resultierenden Schnittgrößen mit einem Schwingbeiwert von $\phi_2 = 1,2$ zu multiplizieren. Werden z. B. durch Versuche, Fahrprüfungen o. Ä. niedrigere Schwingbeiwerte ermittelt, darf ein niedrigerer Beiwert von $\phi_2 = 1,0$ bis 1,2 angenommen werden. Es ist zulässig, Folgendes ohne Schwingbeiwert zu berechnen:

- a) Unterstützungen oder Aufhängungen der direkt befahrenen Bauteile;
- b) Bodenpressungen;
- c) Verformungen;
- d) Stand- und Gleitsicherheit.

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

6.3 Rechnerischer Festigkeitsnachweis

6.3.1 Allgemeines

Die Grenzzustände, die sich aus den verschiedenen Einwirkungen ergeben, sind für die einzelnen unter 6.2 aufgeführten Lastfälle und für die Lastkombinationen zu berechnen. Es ist der Nachweis zu erbringen, dass kein Grenzzustand überschritten wird.

Es ist nachzuweisen, dass der Bemessungswert der inneren Kräfte oder Drehmomente den Bemessungswiderstand des betreffenden Bauteils nicht überschreitet und dass die Grenzzustände der Tragfähigkeit sowie der Gebrauchstauglichkeit ebenfalls nicht überschritten werden.

Die Grenzzustände der Verformungs- und Standsicherheit von Sommerrodelbahnen sind festzulegen und nachzuweisen, da die maximale Verformung dimensionierend sein kann. Ein positiver Einfluss, der sich aus der Finite-Elemente-Methode, Theorie zweiter Ordnung, ergibt, darf berücksichtigt werden.

Alle Nachweise sind für die ungünstigsten Lastfall aufzustellen. Dabei sind die ständigen, veränderlichen und außergewöhnlichen Einwirkungen sowie die dynamischen Kräfte stets in der Position und Größenordnung anzunehmen, die für die zu berechnenden baulichen und mechanischen Teile die ungünstigsten Grenzzustände ergeben.

6.3.2 Berechnung von Rodeln

Die Rodel sind unter Berücksichtigung der sich aus Eigenlast, Nutzlast und aus der Bewegung ergebenden Kräfte zu bemessen.

Die Seiten- und Rückenlehnen, Sicherheitsgurte und zugehörigen Schließvorrichtungen müssen die Kräfte aus der Personenlast aufnehmen, wie etwa Anfahr- und Bremskräfte, Stöße und Kräfte infolge ungleicher Lastverteilung.

Alle auftretenden Kräfte sind vom Entstehungsort bis zu den Auflagern zu verfolgen. Dabei ist bei Rodeln mit Pendelachsen zu berücksichtigen, dass Drehmomente aus Kräften quer zum Rodel nur durch die Starrachse aufgenommen werden können.

ANMERKUNG Die Räder können den Kräften nur standhalten, wenn sie an der Schiene bzw. Wanne anlaufen können.

Die Pendelkräfte sind bei wannengeführten Bahnen zu berücksichtigen. Schwingungen und Stöße sind infolge der Fahrdynamik durch Schwing- und Stoßfaktoren mit φ_1 und φ_2 zu multiplizieren. Es sind die in 6.2.5 und 6.2.6 aufgeführten Werte anzuwenden.

Die auf die Achsen wirkenden Lenkkräfte sind ebenfalls zu berücksichtigen. Dies gilt auch für Querkkräfte, die infolge der Lenkbewegung auf die Führungsräder wirken. Sind keine speziellen Werte angegeben, ist ein Reibungskoeffizient zwischen der Schiene und den Rädern von $\mu = 0,2$ für die Berechnung zu verwenden.

Wird ein Bergauftransportsystem verwendet, so ist für die Bauteile am Rodel, erforderlichenfalls mit den entgegengesetzten Lasten, ein Dauerfestigkeitsnachweis zu erbringen. Wenn keine Gefährdungen für Personen vorhanden sind oder wenn die Personensicherheit durch andere Bauteile sichergestellt werden kann, genügt eine Konstruktionsanalyse. Einhängestöße sind zu berücksichtigen (falls vorhanden). Der Einfluss solcher Stöße ist auch für die Achsen des Rodels zu berücksichtigen.

Rücklaufsicherungen sind für den voll besetzten Rodel zu bemessen. Dieser Lastfall kann in Abhängigkeit von der Betriebsfestigkeit berechnet werden.

6.3.3 Berechnung der Wanne

Die Wanne ist mit den maximalen Auflagerlasten aus der Rodelberechnung nachzuweisen. Die Auflagerlasten können als auf die Räder bzw. Kufen wirkende Flächennutzlasten angenommen werden.

Alle Lasten sind als Wanderlasten zu betrachten, wobei die ungünstigste Laststellung zu berücksichtigen ist.

Bei der statischen Berechnung der Wanne ist die maximale Anzahl der Rodel anzunehmen, wobei Folgendes zu berücksichtigen ist:

- a) die maximale Stützweite;
- b) die maximale Quer- und Längsneigung;
- c) die maximalen Bremskräfte.

Der Betriebsfestigkeitsnachweis der Wanne ist mit einem einzelnen Rodel zu erbringen. Wenn die Wanne auf dem Boden aufliegt, darf diese Unterstützung der Wanne berücksichtigt werden.

6.3.4 Berechnung der Schiene

Die Schiene ist mit den maximalen Auflagerlasten aus der Rodelberechnung nachzuweisen.

Alle Lasten sind als Wanderlasten zu betrachten, wobei die ungünstigste Laststellung zu berücksichtigen ist.

Bei der statischen Berechnung der Schiene ist die maximale Anzahl der Rodel anzunehmen, wobei Folgendes zu berücksichtigen ist:

- a) die maximale Stützweite;
- b) die maximale Quer- und Längsneigung und
- c) die maximalen Bremskräfte.

Der Betriebsfestigkeitsnachweis der Schiene ist mit einem einzelnen Rodel zu erbringen.

6.3.5 Berechnung der Stützkonstruktionen

Die aus der Schienen- bzw. Wannembemessung resultierenden Auflagerlasten sind als Grundlage für den Nachweis der Stützkonstruktion zu verwenden.

Es ist eine statische Analyse, ein Betriebsfestigkeitsnachweis und ein Stabilitätsnachweis zu führen.

6.3.6 Berechnung der Bremsen

Für die Betriebsbremse ist ein Betriebsfestigkeitsnachweis zu führen.

Bei der Berechnung der Bremsenbauteile ist Folgendes zu berücksichtigen:

- a) die Kraft aus der maximalen Bremsverzögerung mit dem höchsten erreichbaren Reibungskoeffizienten;
- b) die maximale Kraft am Bremshebel.

6.4 Betriebsfestigkeitsnachweis

6.4.1 Allgemeines

Es ist zwischen vorwiegend ruhender Beanspruchung und vorwiegend veränderlicher Beanspruchung zu unterscheiden.

Beruht die Berechnung der Betriebsfestigkeit auf den Spannungsschwingbreiten aus der Berechnung der unterschiedlichen Lastkollektive, dann ist die Lebensdauer (Einsatzdauer) anzugeben. Alle Bauteile sind jedoch mit einem Sicherheitszuschlag gegen Ermüdung zu berechnen.

Beruht der Betriebsfestigkeitsnachweis für bestimmte Bauteile auf einer bestimmten, vom Hersteller festgelegten Lebensdauer, so sind diese Bauteile in der Betriebsanleitung besonders auszuweisen bzw. besonderen Kontrollen zu unterziehen.

Wenn der Nachweis der Betriebsfestigkeit nicht geführt wird, ist die Dauerfestigkeit nachzuweisen.

Für andere Werkstoffe außer Stahl und Aluminium ist das gleiche Sicherheitsniveau zu wählen.

Die durch die Einwirkungen von Rücklaufsicherungen sowie Speicher-, Halte- und Reduzierbremse entstehenden Kräfte müssen bei der Berechnung der Betriebsfestigkeit nicht berücksichtigt werden.

6.4.2 Ermüdungslasten

Bei der Berechnung der Ermüdungslasten sind mindestens folgende Einwirkungen zu berücksichtigen:

- a) Eigenlasten;
- b) Nutzlasten;
- c) Antriebs- und Bremskräfte;
- d) Stöße und Schwingungen direkt befahrener Bauteile;
- e) Fliehkräfte.

6.5 Standsicherheitsnachweis

6.5.1 Kipp-, Gleit- und Abhebsicherheit

6.5.1.1 Allgemeines

Für Sommerodelbahnen und deren Bauteile ist die Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit nachzuweisen.

Günstig wirkende Nutzlasten dürfen bei der Berechnung der Kipp-, Gleit- und Abhebesicherheit nicht berücksichtigt werden. Bei kontinuierlich günstig wirkenden Lasten darf nur der niedrigste Wert angesetzt werden.

Ist durch die Wirkung der Eigenlast einer Anlage alleine kein angemessenes Sicherheitsniveau erreichbar, sind zur Gewährleistung der Sicherheit weitere, zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen, wie etwa Gegengewichte, Anker und Abstreibungen.

Die Sicherheitsbeiwerte gegen Kippen, Gleiten und Abheben finden sich in Tabelle 2.

Tabelle 2 — Sicherheitsbeiwerte gegen Kippen, Gleiten und Abheben

Lasten	Belastung	γ
1	Günstig wirkende Anteile der Eigenlast	1
2	Ungünstig wirkende Anteile der Eigenlast	1,1
3	Ungünstig wirkende Windlasten	1,2
4	Ungünstig wirkende Lastanteile, ausgenommen die Lasten nach 2 und 3	1,3

6.5.1.2 Kippsicherheit

Die Kippsicherheit ist wie folgt zu berechnen:

$$\sum \gamma M_{St,k} \geq \sum \gamma M_{K,k} \quad (4)$$

Dabei ist

γ der Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 2;

$M_{St,k}$ die Standmomentanteile;

$M_{K,k}$ die Kippmomentanteile.

Es ist sicherzustellen, dass die für die Berechnung angesetzten Lasten durch die Schersteifigkeit der Konstruktion aufgenommen werden können.

6.5.1.3 Gleitsicherheit

Die Gleitsicherheit ist wie folgt zu berechnen:

$$\sum \gamma \mu N_k \geq \sum \gamma H_k \quad (5)$$

Dabei ist

γ der Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 2;

N_k die vertikale Lastkomponente;

H_k die horizontale Lastkomponente;

μ der Reibungskoeffizient nach Tabelle 3.

Für die Ermittlung der Reibkräfte dürfen die folgenden Reibungskoeffizienten angesetzt werden, sofern nicht im Einzelfall durch Versuche ermittelte, höhere Werte vorliegen oder aufgrund von Nässe niedrigere Werte angenommen werden müssen:

Es ist zu beachten, dass Vibrationen ausgesetzte Auflagerungen sich aufgrund dieser Vibrationen lockern können.

Tabelle 3 — Reibungskoeffizient μ

	Holz	Stahl	Beton
Holz	0,4	0,4	0,6
Stahl	0,4	0,1	0,2
Beton	0,6	0,2	0,5
Ton	0,25	0,2	0,25
Lehm	0,4	0,2	0,4
Sand und Kies	0,65	0,2	0,65

Wird durch Haftreibung alleine keine Standfestigkeit erzielt, dann ist die Konstruktion im Untergrund zu verankern. In diesem Fall ist die Gleitsicherheit unter Einbeziehung der Bodenverankerung zu berechnen. Unter diesen Bedingungen dürfen die Reibungskoeffizienten nach Tabelle 3 in der Berechnung nur mit 70 % der aufgeführten Werte angesetzt werden.

$$\sum \gamma \mu_r N_k + Z_{h,d} \geq \sum \gamma H_k \quad (6)$$

$$\mu_r = 0,7\mu$$

Dabei ist

$Z_{h,d}$ die horizontale Auslegungstragfähigkeit des Ankers;

μ der Reibungskoeffizient nach Tabelle 3.

6.5.1.4 Abhebesicherheit

Die Abhebesicherheit ist wie folgt zu berechnen:

$$\sum \gamma N_{st,k} \geq \sum \gamma N_{a,k} \quad (7)$$

Dabei ist

γ der Sicherheitsbeiwert nach Tabelle 2;

$N_{st,k}$ die vertikalen stabilisierenden Lastkomponenten;

$N_{a,k}$ die vertikalen abhebenden Lastkomponenten.

Bei Zugankern muss folgende Beziehung gelten:

$$\sum \gamma N_{st,k} + Z_{v,d} \geq \sum \gamma N_{a,k} \quad (8)$$

Dabei ist

$Z_{v,d}$ die vertikale Auslegungstragfähigkeit des Ankers.

6.5.2 Bodenverankerungen

6.5.2.1 Allgemeines

Die Tragfähigkeit von Bodenverankerungen ist nachzuweisen.

6.5.2.2 Auslegungstragfähigkeit von Stabankern

Die Tragfähigkeit von einfachen Stabankern mit rundem Querschnitt und einer Mindesteinschlagtiefe von 80 cm ist nach den in Tabelle 4 angegebenen empirischen Formeln zu ermitteln. Für andere Bodenverhältnisse, Ankerlängen, Ankerdurchmesser und Lastrichtungen ist für die Tragfähigkeit der Anker ein zusätzlicher Nachweis erforderlich.

Tabelle 4 — Auslegungstragfähigkeit von Ankern

Zugwinkel	Auslegungstragfähigkeit
$\beta = 0^\circ$	$Z_d = f_{load} d l' = 6,5 d l'$ (9) Für feste, bindige und für dichte, nicht bindige Böden
	$Z_d = f_{load} d l' = 8 d l'$ (10) Für mittelfeste bindige Böden
$\beta \geq 45^\circ$	$Z_d = f_{load} d l' = 10 d l'$ (11) Für bindige Böden von mindestens mittlerer bis fester Beschaffenheit
	$Z_d = f_{load} d l' = 17 d l'$ (12) Für feste, nicht bindige Böden
$0 < \beta < 45^\circ$	Die Auslegungstragfähigkeit für die Bodenarten ist durch Interpolation zu bestimmen (siehe Bild 6).

Die in den Formeln (9) bis (12) in Tabelle 4 sowie in den Bildern 5 und 6 verwendeten Symbole:

$$Z_d = Z_u / \gamma_M$$

Z_u niedrigster Wert der Prüfung nach 6.5.2.3;

$\gamma = 1,5$ Auslegungstragfähigkeit des Ankers, in N;

$Z_{h,d}$ horizontale Auslegungstragfähigkeit des Ankers, in N;

$Z_{v,d}$ vertikale Auslegungstragfähigkeit des Ankers, in N;

- d Ankerdurchmesser, in cm;
- l' Einschlagtiefe (Mindestlänge 80 cm);
- α Einschlagwinkel;
- β Winkel der vertikal wirkenden Zugkraft.

Die Formeln (9) bis (12) sind nur unter der Bedingung gültig, dass der Anker beim Einschlagen „zieht“. Für $\beta = 0^\circ$, muss die Reibung über die gesamte Ankerlänge wirken; für $\beta \geq 45^\circ$ muss der Einschlagwinkel $\alpha \geq 90^\circ$ betragen. Bei diesem Einschlagwinkel verfügt der schräg belastete Anker über seine maximale Auslegungstragfähigkeit, wie die Erfahrung gezeigt hat. Um Verbiegen des Scherkräften ausgesetzten Ankers zu verhindern, sind die folgenden Minstdurchmesser für einfache, runde Stabanker aus Stahl zu berücksichtigen:

$$d_{\min} = 0,025 l' + 0,5 \text{ (mit } l' \text{ in cm)} \quad (13)$$

Die Angriffsstelle der Kraft an den Stabankern, die Biegespannungen ausgesetzt sind, muss sich entweder so nah wie möglich am Boden oder unter der Bodenoberfläche befinden.

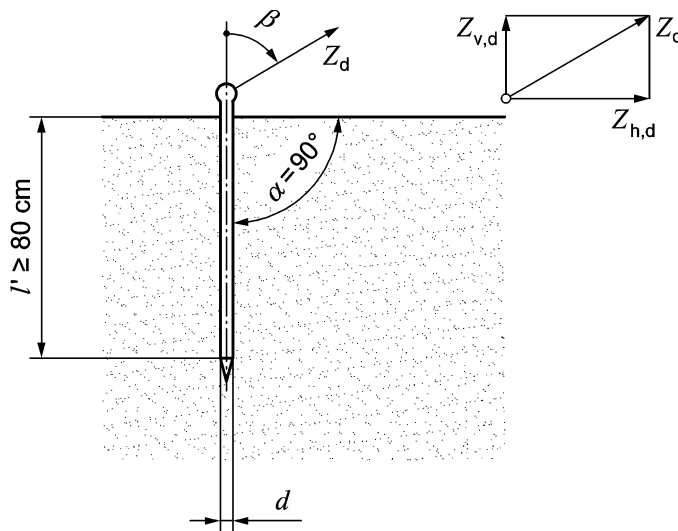


Bild 5 — Stabanker