



Bundesinstitut
für Sportwissenschaft

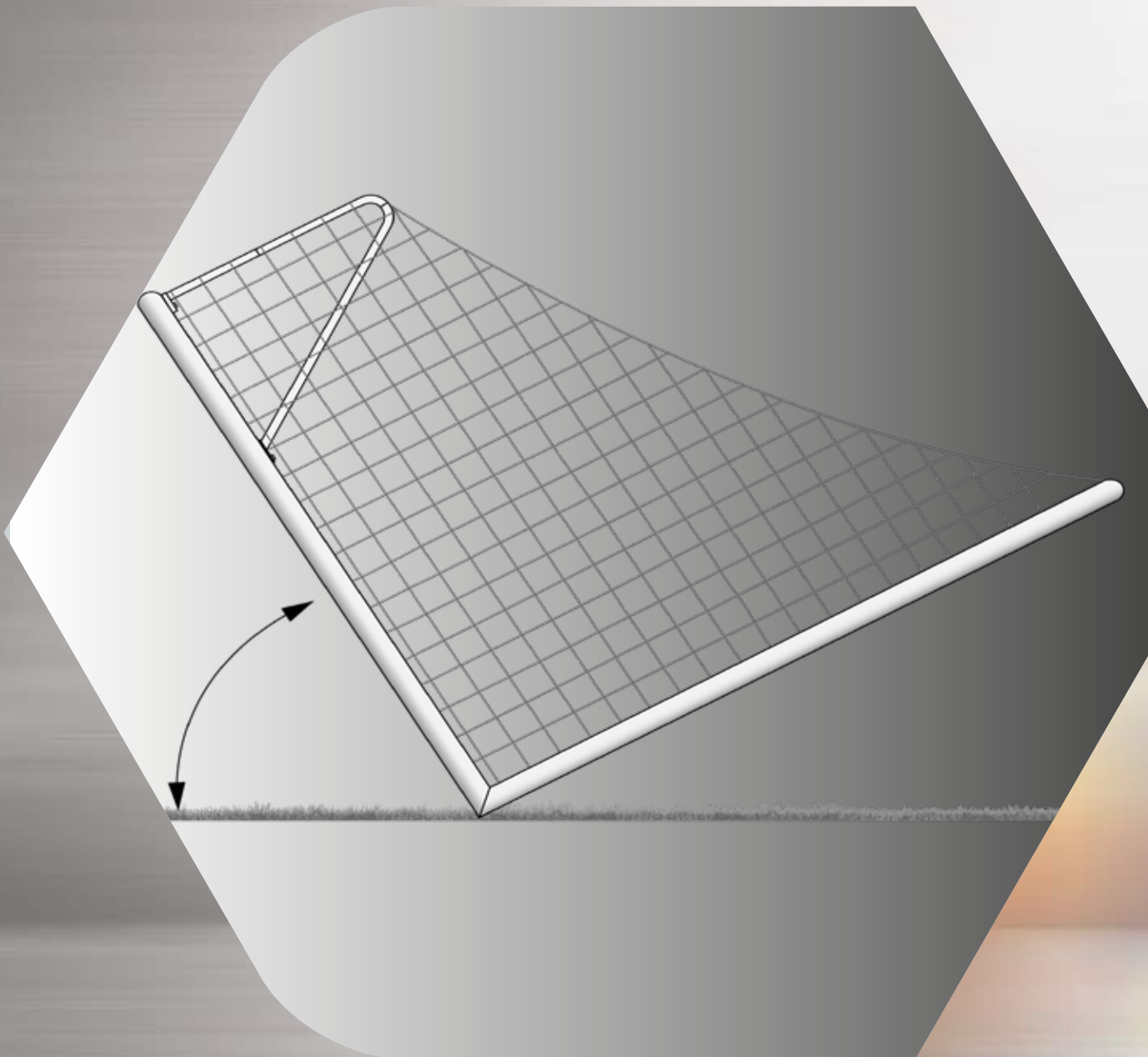


Wir helfen
dem Sport

Martin Thieme-Hack · Laura Hahn · Thorsten Schmidt

Sicherheitstor (SiTor)

Entwicklung eines standsicheren, leicht zu transportierenden,
freistehenden Ballspieltors



Martin Thieme-Hack · Laura Hahn · Thorsten Schmidt

Sicherheitstor (SiTor)

Entwicklung eines standsicheren, leicht zu transportierenden,
freistehenden Ballspieltors

Impressum

Herausgeber

Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp)
Graurheindorfer Straße 198 · 53117 Bonn
info@bisp.de
www.bisp.de

Ansprechpartner

Michael Palmen	Jutta Katthage
Tel.: 0228 99 640 9033	Tel.: 0228 99 640 9026
E-Mail: michael.palmen@bisp.de	E-Mail: jutta.katthage@bisp.de

Erscheinungsjahr

2021

Thieme-Hack, Martin · Hahn, Laura · Schmidt, Thorsten

Sicherheitstor (SiTor) – Entwicklung eines standsicheren, leicht zu transportierenden, freistehenden Ballspieltors (Förderkennzeichen: 2519BI1402)
ISBN 978-3-96523-052-1

Layout

Elke Hillenbach

Bildnachweise

Thieme-Hack, Hochschule Osnabrück (wenn nicht anders angegeben)

Titelfoto

Hintergrund: iStock, Zeichnung: Thieme-Hack

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über „<http://dnb.d-nb.de>“ abrufbar.

Inhaltsverzeichnis

	Zusammenfassung	5
	Abstract	5
1	Einleitung	7
2	Ziel des Forschungsprojektes	11
3	Stand des Wissens	15
3.1	Fußballtore in der Normung	17
3.1.1	Aktuelle Anforderungen an freistehende Tore	19
3.1.2	Entwicklung der Prüfwerte für konstruktive Festigkeit und Standfestigkeit	20
3.2	Empfehlungen von Bund und Ländern	21
3.2.1	Empfehlungen auf Bundesebene	21
3.2.2	Empfehlungen auf Länderebene	23
3.2.3	Sicherheitsmanagement von Sportfreianlagen	23
3.3	Internationale Normung zu freistehenden Ballspieltoren	24
4	Umgang mit freistehenden Toren	27
4.1	Beobachtungen	29
4.2	Auswertung von Inspektionsberichten zur Jahreshauptuntersuchung	30
5	Tests an aktuellen Toren	33
5.1	Prüfung nach DIN EN 748	35
5.2	Prüfung nach ASTM F2950-14	36
5.2.1	Swing Stability Test	36
5.2.2	Balanced Goal Test	38
6	Empfehlungen für die Normung	41
6.1	Redaktionelle Empfehlungen zur DIN EN 748	43
6.2	Technische Empfehlungen zur EN 748	44
6.2.1	Anpassung der Prüfwerte	44
6.2.2	Berechnungen zum Schwerpunkt	46
6.2.3	Berechnungen zum notwendigen Gegengewicht	48
6.2.4	Verlängerung der Auslage des Bodenrahmens	49
7	Konstruktionstechnische Entwicklung	51
7.1	Internationale Entwicklungen zur Radintegration	53
7.2	Entwicklung eines Prototypen	55
8	Fazit	59
9	Literatur	63
	Danksagung	67
10	Anhang	69
	Tabellenverzeichnis	73
	Abbildungsverzeichnis	74

Zusammenfassung Abstract

Das Forschungsprojekt „Sicherheitstor (SiTor) – Entwicklung eines standsicheren, leicht zu transportierenden, freistehenden Ballspieltors“ beschäftigt sich mit einem sicheren Umgang freistehender Fußballtore in der Praxis und gibt Empfehlungen zur Normung und konstruktionstechnischen Entwicklung freistehender Tore mit Gegengewicht. Aufgrund zahlreicher Unfälle im Zusammenhang mit diesem Typ Tore sind Beobachtungen im aktuellen Umgang und Auswertungen von Inspektionsberichten aus Jahreshauptuntersuchungen durchgeführt worden, die zeigen, dass die Ursachen in einer nicht ordnungsgemäßen Lagerung und einer nicht ausreichenden Standfestigkeit liegen. Vor allem die Lagerung von Toren hängt von einer bedarfsgerechten Planung der Sportfreianlage ab und liegt bei Benutzung in der Verantwortlichkeit der Übungsleitung.

Die Standfestigkeit ist in der Konstruktion der Tore zu berücksichtigen, wofür Berechnungen zu Prüfwerten vorgenommen wurden und die Empfehlungen für notwendige Gegengewichte angepasst wurden. Um den Transport der Tore mit Gegengewichten zu vereinfachen, ist ein konstruktionstechnischer Lösungsansatz erarbeitet worden, der eine Radintegration im seitlichen Bodenrahmen vorsieht und über einen Kurbelmechanismus ausgefahren werden kann. So ist kein Kippen der Tore nötig und durch Lenkrollen ein Verfahren in verschiedene Richtungen möglich.

Die Ergebnisse des Projekts werden in den europäischen Arbeitsgremien zur Sportgerätenormung diskutiert und fließen in die zukünftige Bearbeitung der DIN EN 748 ein.

The research project “Safety goal – Development of a stable, easily transportable, free-standing ball game goal” deals with the safe handling of free-standing soccer goals in practice and gives recommendations for the standardization and constructional development of free-standing goals with counterweight. Due to numerous accidents in connection with this type of goals, observations in current handling and evaluations of inspection reports from annual main inspections have been carried out, which show that the causes lie in improper storage and insufficient stability. Above all, the storage of goals depends on planning the outdoor sports facility according to requirements and lies in the responsibility of the training supervision when used.

The stability must be taken into account in the construction of the goals, for which calculations were made on test values and the recommendations for necessary counterweights were adapted. In order to simplify the transport of the goals with counterweights, a design solution has been developed that provides for wheel integration in the side bar and can be extended via a crank mechanism. This means that the goals do not have to be tilted and can be moved in different directions by means of swivel castors.

The results of the project are being discussed in the European working groups for sports equipment standardization and will be incorporated in the future revision of DIN EN 748.

1 Einleitung

Freistehende Ballspieltore werden sowohl im Spitzen- als auch Breitensport verwendet, um auf dem Spielfeld verschiedene Spielsituationen zu trainieren und höher frequentierte Bereiche wie Torräume zu schonen. Dabei ist ihre Beweglichkeit von besonderer Bedeutung, gleichzeitig aber auch die Ursache von Unfällen.

Bereits 2002 hat die Sportministerkonferenz (SMK) eine Empfehlung zum sicheren Umgang mit Ballspieltoren unter dem Titel „Tore müssen fallen – nicht umfallen“ veröffentlicht (SMK, 2002). Trotzdem sind seit Erscheinen weitere Unfälle geschehen; so sind in Deutschland sieben Kinder und ein Erwachsener durch umkippende Ballspieltore tödlich und weitere sieben Kinder schwer verletzt worden (Katthage & Thieme-Hack, 2013). Ursachen sind fehlende Kippsicherungen in als auch außerhalb der Nutzung und Fehler beim Transport. Das Nutzungsalter oder mangelnde Wartung stellen weitere Probleme in der Nutzung dar.

Die Betreibenden einer Sportfreianlage tragen bei Unfällen die Haftung für nicht gesicherte Tore. Es zählt als Verletzung der Verkehrssicherungspflicht, wenn freistehende Tore nicht gegen Umkippen gesichert sind (OLG Schleswig-Holstein, 11 U 71/10, SchlHA 137). Ebenfalls kann davon ausgegangen werden, dass ein Tor als solches als Element zum Turnen gesehen und zweckentfremdet wird (NJW-RR 1995, 984-985 984, 9 U211/93).

Aus diesen Gründen ist das Forschungsprojekt „Sicherheits-Tor (SiTor) – Entwicklung eines standsicheren, leicht zu transportierenden, freistehenden Ballspieltors“ an der Hochschule Osnabrück bearbeitet worden.

Da der Begriff Ballspieltor Fußball-, Handball- und Hockeytore beinhaltet, wird vorab festgelegt, dass sich im Rahmen des Forschungsprojekts auf die Nutzung freistehender Tore für den Fußballsport beschränkt wird. Inwieweit Ergebnisse auf andere Sportarten übertragen werden können, wird abschließend erläutert.

DIN EN 748 und DIN EN 16579 sind die relevanten Normen zu Fußballtoren, welche seit den 1970er Jahren in Vorgängerversionen Anforderungen für Fußballtore enthalten. Neben den ortsfesten Toren werden freistehende Tore beschrieben, die sich in der Methode zur Sicherstellung ihrer Standfestigkeit unterscheiden. Einerseits wird diese durch Verankerung gewährleistet, andererseits durch Gegengewichte. Da eine Verankerung je nach Sportbodenwahl nur begrenzt möglich ist, beziehen sich die Fragestellungen und Entwicklungen auf den freistehenden Tortyp mit einer Kippsicherung durch Gegengewichte.

Die Erschwerung durch Gewichte widerspricht aktuell häufig dem Sinn der freistehenden Tore. Es wird umständlicher, die Tore auf dem Spielfeld zu bewegen, und durch falschen Transport der Tore mit sehr hohem Gewicht entstehen Verletzungsgefahren.

DIN EN 16664 beinhaltet Leichtgewichtttore, welche hier nicht behandelt werden.

2 Ziel des Forschungsprojektes

Ziel dieses Forschungsprojekts ist die Entwicklung der Grundlagen für ein standsicheres Tor, welches die Gefahren in der Nutzung und beim Transport mindert. Damit sollen Aufsichtspflichtverletzungen und ungesicherte Tore vermieden werden, sodass Betreibende ihrer Verkehrssicherungspflicht nachkommen können. Gleichzeitig wird damit der Fußballsport gefördert.

DIN EN 748 und DIN EN 16579 nennen zur Prüfung der Festigkeiten Werte, die von den Tormaßen abhängig sind. Zur Überprüfung dieser Werte werden theoretische Berechnungen zu Schwerpunkt und Kippmoment und praktische Tests durchgeführt, um Empfehlungen einerseits für nachvollziehbare Prüfwerte und andererseits für die Wahl von ausreichenden Gegengewichten aussprechen zu können. Die Problematik des Transports durch die Erschwerung mit Gegengewichten soll durch die Umsetzung eines konstruktionstechnischen Entwurfs gelöst werden.

Der entwickelte Prototyp beinhaltet eine Radintegration in den seitlichen Bodenrahmen des freistehenden Tors, welcher jederzeit die Prüfungen der Festigkeit und Standfestigkeit bestehen kann. Die Radintegration ermöglicht durch die Bedienung durch eine Person ein Umlegen der Räder vom Lager- oder Nutzungszustand in den Transportzustand.

Abschließend werden die Ergebnisse ausgewertet, um Vorschläge für die Normung von freistehenden Ballspieltoren geben zu können. Hierbei wurde neben der nationalen und europäischen auch die internationale Normung berücksichtigt. Zusätzlich werden praktikable Anweisungen für alle Beteiligten erstellt, welche die Sicherheit bei und außerhalb der Nutzung sowie zum Zeitpunkt des Transports erhöhen. Hierbei ist eine Berücksichtigung der verschiedenen Nutzergruppen von hoher Bedeutung, um eine Umsetzung der Anweisungen realistisch zu gestalten.

3 Stand des Wissens

Ballspieltore werden in der Normung zusammen mit Basketball-, Volleyball-, Faustball-, Badminton- und Tenniseinrichtungen unter dem Thema Spielfeldgeräte zusammengefasst. Der Begriff Ballspieltor umfasst drei Arten von Toren, welche in der Normenreihe DIN EN 748 bis 750 beschrieben werden: das Fußballtor, das Handballtor und das Hockeytor. In ihrer Funktion auf dem Spielfeld markieren alle den Bereich, in dem Punkte erzielt werden können, in ihrer Konstruktion und Anwendung sind sie zu unterscheiden. Während ein Fußballtor überwiegend auf einer Sportanlage im Freien verwendet wird, kommen Handballtore meist in einer Sporthalle zum Einsatz. Hockeytore werden sowohl im Außen- als auch Innenbereich eingesetzt.

Gemeinsam ist ihnen wiederum die Prüfung der Festigkeiten, unterteilt in konstruktive Festigkeit und Standfestigkeit. Die konstruktive Festigkeit beschreibt die Beanspruchbarkeit von Tor- und Bodenrahmen bei mechanischen Belastungen, bevor es zu einer bleibenden Verformung kommt und wird durch eine vertikale Belastung auf die Querlatte gemessen. Die Standfestigkeit, die durch eine horizontale Belastung auf die Querlatte gemessen wird, definiert die Kippsicherheit des Tores.

Die Prüfungen dienen den Torherstellern als Möglichkeit, ihre Tore zertifiziert auf den Markt zu bringen; laut Norm ist aber nicht festgelegt, in welchen zeitlichen Abständen ein Tor in seinem Lebenszyklus zu prüfen ist. Um eine regelmäßige Kontrolle zu etablieren, findet seit 2012 die Ausbildung von Prüfern zur Untersuchung der Verkehrssicherheit von Sportfreianlagen an der Hochschule Osnabrück statt. Zu den Ausbildungsinhalten gehört die Prüfung von Ballspieltoren nach den geltenden Normen, welche im Rahmen eines Sicherheitsmanagements von Sportfreianlagen in Anlehnung an die Sportplatzpflegerichtlinien der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau alle drei Jahre stattfinden soll (FLL, 2014).

3.1 Fußballtore in der Normung

Die auf europäischer Ebene gültigen, für das Forschungsprojekt relevanten Normen zu Fußballtoren sind DIN EN 748:2018-04 für Fußballtore mit einem Gewicht über 42 kg und DIN EN 16579:2020-01 für Tore bis 42 kg. Auf nationaler Ebene wird DIN EN 748 von DIN 7900 mit Konstruktionsmaßen ergänzt. Im Rahmen des Projekts entstand eine Mitarbeit im europäischen Arbeitsgremium CEN/TC 136/WG 22 „Gymnastic and playing field equipment“ über das nationale Spiegelgremium NA112-01-02 AA Turngeräte, Matten und Spielfeldgeräte. Auf diese Weise konnten aktuelle Arbeitsergebnisse vorgestellt und diskutiert und eine weitere Bearbeitung dementsprechend angepasst werden.

Die Normung von Ballspieltoren hat ihren Anfang Mitte der 1970er Jahre auf nationaler Ebene. In Deutschland wird ihre Notwendigkeit mit Anregungen seitens der Hersteller sowie Abnehmer und einem tödlichen Unfall durch ein kippendes Tor begründet (DIN 7897:1977-11). Als Grundlage der ersten DIN 7897 wird ein französischer Normentwurf herangezogen. DIN 7897 galt für Tore der Größe 3 x 2 m, beinhaltete aber dennoch Regelungen und Anforderungen, die bis heute Anwendung finden oder ausformuliert wurden, darunter Anforderungen an die Festigkeit der Konstruktion – bei der es sich um die heutige Prüfung der Standfestigkeit handelt – oder das Vermeiden von scharfen Ecken und Kanten.

DIN 7897 wird als frühere Ausgabe der DIN EN 749 gelistet, die sich auf Handballtore mit der Größe 3 x 2 m bezieht, und existiert heute nicht mehr. 1982 entstand der Entwurf für DIN 7900, die 1984 veröffentlicht wurde. Im Gegensatz zu DIN 7897, zu der in DIN 7900 kein Bezug hergestellt wird, erfasst DIN 7900 nur Tore für Freisportanlagen, nicht für Hallen. Teilweise bis heute gültig, wird sie als frühere Ausgabe der DIN EN 748 zitiert.

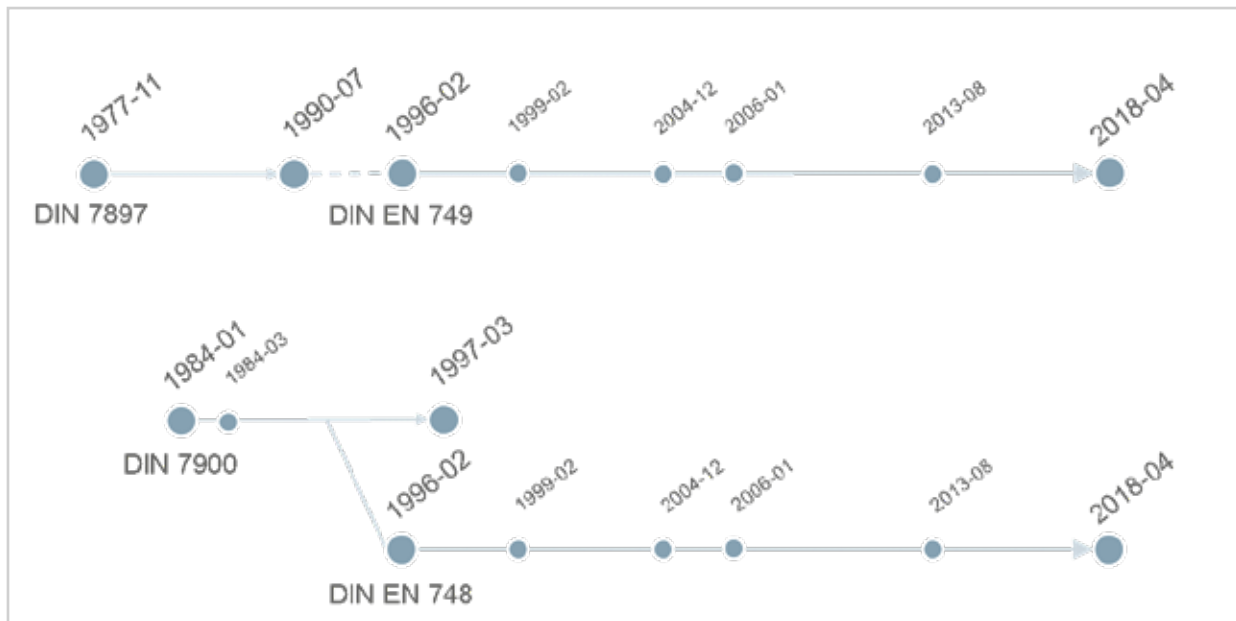


Abb. 1: Entwicklung der Tornormen

Abb. 1 stellt die Entwicklungen der ursprünglichen Tornormen dar. Größere Punkte stehen dabei für jeweils erste und aktuell gültige Ausgabe der Norm; kleinere Punkte für die Versionen, die als Ersatz der jeweils vorherigen galten. DIN EN 748, DIN EN 749 und DIN EN 750 sind als Normenreihe für Spielfeldgeräte bisher zeitgleich überarbeitet worden.

DIN 7897 wird heute nicht mehr angewandt, DIN 7900 in der Version von 1997-03 gilt bis heute. 2013 kam DIN EN 16579 hinzu, deren aktuelle Version seit Anfang 2020 gilt.

Anfangs noch als „Geräte für Freisportanlagen und Hallen“ bezeichnet, gelten Ballspieltore heute als Spielfeldgeräte und werden auf nationaler Ebene vom Ausschuss NA 112-01-02 AA Turngeräte, Matten und Spielfeldgeräte bearbeitet (DIN, 2019). Auf europäischer Ebene ist das Technische Komitee CEN/TC 136 „Sport-, Spielplatz- und andere Freizeitanlagen und -geräte“ zuständig.

Klassifizierung der Tore

DIN EN 748 klassifiziert Tore mit einem Gewicht über 42 kg und den Größen 7,32 x 2,44 m und 5,00 x 2,00 m in die Typen 1 bis 4. Typ 1 und 2 stellen Tore mit Bodenhülsen dar, mit zwei unterschiedlichen Typen von Netzspannungen. Sie werden im Rahmen des Forschungsprojekts nicht weiter betrachtet. Typ 3 und 4 beschreiben

die freistehenden Tore mit unterschiedlichen Methoden zur Kippsicherung; Typ 3 mit Bodenbefestigungen wie Erdankern oder -spiralen, Typ 4 mit einem Gegengewicht.

DIN EN 16579 nimmt ebenfalls Klassifizierungen vor, diese sind allerdings differenzierter, da es keine festgelegten Maße gibt, sondern alle Spielfeldtore unterschiedlicher Höhe und Breite klassifiziert werden, solange sie zwischen 10 und 42 kg wiegen. Stand 2020 gibt es in DIN EN 16579 vier Kategorien von Fußballtoren mit insgesamt 14 Typen, zehn davon ortsveränderlich. Weitere Kategorien beinhalten Tore der Sportarten Gaelic Football und Rugby, bei denen die Pfosten in ihrer Höhe über die Querlatte hinausragen. Der Begriff „freistehend“ wird synonym zu „mobil“ und „ortsveränderlich“ genutzt, um alle Tore zu beschreiben, die nicht mit Bodenhülsen fundamentiert werden, sondern einen Bodenrahmen mit variablen Auslagen besitzen.

Die vier Typen wurden in der ersten Version der DIN 7900 von 1984 noch in drei Formen unterschieden. Typ 4 mit einem Gegengewicht als Teil des Bodenrahmens kam in DIN EN 748:2006-01 dazu. Alle Typen bestehen aus zwei Pfosten und einer Querlatte, die den Torrahmen bilden. Freistehende Tore besitzen zusätzlich einen starren Bodenrahmen, welcher aus den seitlichen Auslagen und dem hinteren Teil besteht.

Die Maße von 7,32 x 2,44 m haben ihren Ursprung in den Tormaßen nach dem angloamerikanischen Maßsystem. 1863 legte die English Football Association (FA) als Abstand zwischen den Torpfosten 8 yards fest, die 7,3152 m entsprechen. Erst über zehn Jahre später wurde 1875 die Querlatte mit einer konkreten Höhe von 8 feet (= 2,4384 m) eingeführt (Carosi, 2019). Um die Unterscheidung der Torgrößen zu vereinfachen, werden Tore der Größe 7,32 x 2,44 m im Folgenden als Trainingstore bezeichnet, Tore der Größen 5,00 x 2,00 m als Jugendtore. Tore mit den Maßen 3,00 x 2,00 m werden häufig als Kleinspielfeldtore bezeichnet, da diese Größe als Tor mit Bodenhülsen auf Kleinspielfeldern oder Bolzplätzen zu finden ist. Alle kleineren Tore werden als Minitore bezeichnet und fallen zum Großteil unter DIN EN 16664.

Die Netzspannung freistehender Tore findet meist über Netzbügel statt, während eingebaute Tore Netzkonsolen zur Netzspannung verwenden. Netzbügel bestehen aus einem gebogenen Rohr, welches seinen Anfangspunkt in der Eckverbindung zwischen Querlatte und Torpfosten hat und hinab auf den seitlichen Bodenrahmen geführt wird (s. Abb. 2).

3.1.1 Aktuelle Anforderungen an freistehende Tore

An freistehende Tore nach DIN EN 748 bestehen grundsätzlich dieselben Anforderungen wie an Tore mit Bodenhülsen. Wie auch der Torrahmen hat der Bodenrahmen aus Stahl, Leichtmetall oder Kunststoff zu bestehen und darf nicht seitlich über den Querschnitt des Torpfostens hinausragen. Diese Anforderung lässt beispielsweise die Tragegriffe an den Seiten des Bodenrahmens, wie sie teilweise an Toren vorzufinden ist, nicht zu. Dementsprechend hat der Querschnitt des Bodenrahmens nicht breiter als 100 mm zu sein, wie es DIN 7900 als Konstruktionsmaße für den Torrahmen vorgibt.

Die Auslage freistehender Tore ist aktuell auf eine Mindestlänge von 1200 mm verringert, nachdem sie bis 2006 noch mindestens 2000 mm betrug und auch in den Empfehlungen der SMK von einer Mindestlänge von 2 m gesprochen wird. In Deutschland sind je nach Torgröße Auslagen in Abständen von 0,5 m zwischen 1,00 und 2,00 m zu finden, sodass eine Auslage von 1,20 m, wie die Mindestlänge definiert ist, in den seltensten Fällen anzutreffen ist. DIN EN 16579 macht keine Vorgaben zur Länge der Auslage.

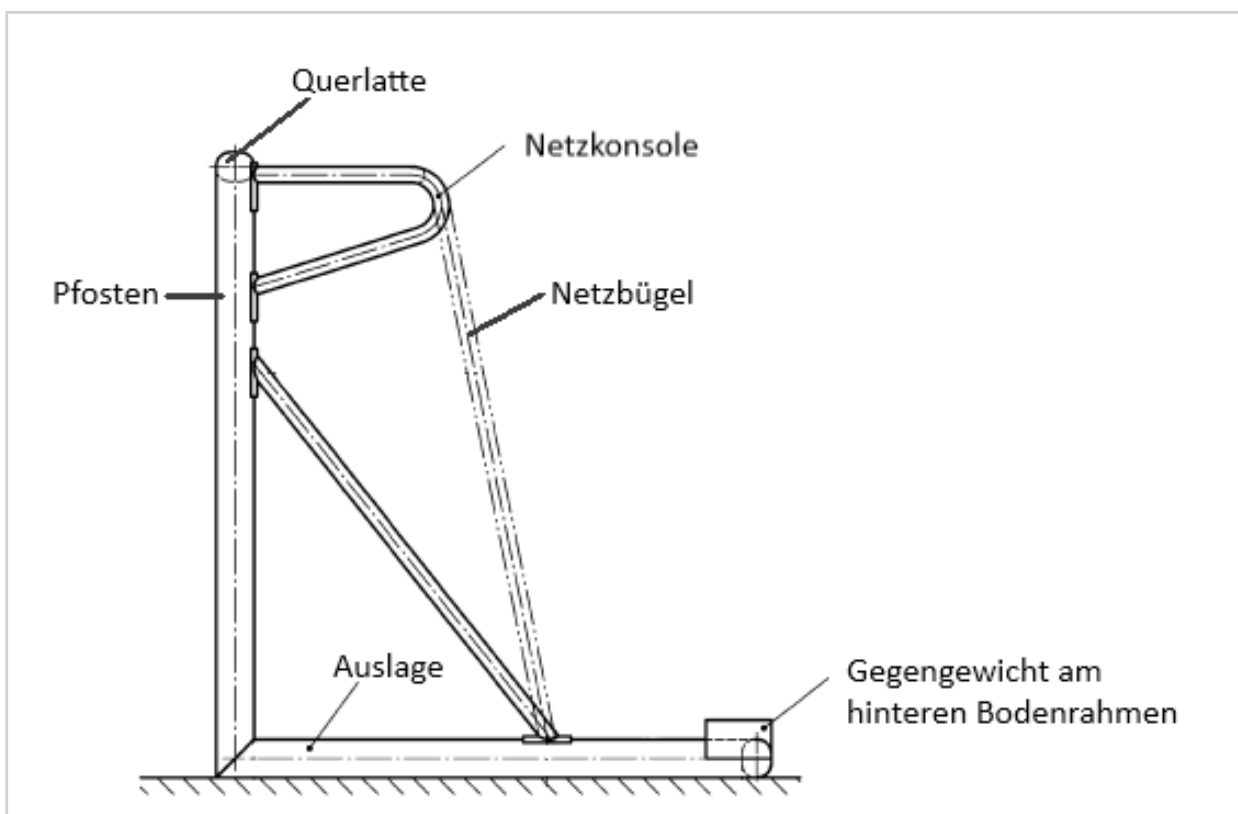


Abb. 2: Schemazeichnung eines freistehenden Tors (nach DIN EN 748)

Wie am restlichen Torrahmen dürfen auch am gesamten Bodenrahmen keine Fangstellen oder Verletzungsgefahren durch scharfe Kanten oder Öffnungen wie Netzhaken vorhanden sein.

Die Definition von Typ 4 erlaubt den Herstellern verschiedene Ausführungen bei der Art der Integration eines Gegengewichts. Als Teil des Bodenrahmens kann das Gewicht entweder an diesen montiert oder darin integriert sein. Was die Formulierung der Norm nicht erlaubt, aber dennoch häufig stattfindet, ist die Ausführung mit abnehmbarem, mobilem Gewicht. Hier besteht das Risiko, dass das Gewicht nach Entfernen zum Transport für die Zeiten der Lagerung oder nächsten Nutzung nicht wieder aufgelegt wird. Die Tore sind damit nicht gegen Umstürzen gesichert. Die Gestaltung der Gegengewichte selbst mit eventueller Radintegration ist vielfältig (s. Abb. 3 und 4).



Abb. 3: Integration des Gewichts im Bodenrahmen



Abb. 4: Nachträglich montiertes Gewicht

Zu Rädern gibt es bisher keine normativen Anforderungen. Sie werden vor allem für die Tore mit Gegengewichten immer häufiger eingesetzt, um den Transport zu vereinfachen. Je nach Richtung der montierten Räder können die Tore der Breite nach quer (Abb. 3) oder der Länge nach längs (Abb. 4) verfahren werden.

Sowohl DIN EN 748 als auch DIN EN 16579 fordern Anleitungen, Warnschilder und Kennzeichnungen zur sachgerechten Anwendung und Vermeidung von Unfällen. DIN EN 16579 enthält zusätzlich Hinweise zur Sicherheit bei Transport und Lagerung.

Die Werkstoffe sollen laut DIN EN 16579 so ausgewählt und in der Anwendung geschützt werden, dass sie potentielle Gefahren vermeiden. Mittlerweile hat sich die Konstruktion mit Aluminium durchgesetzt.

3.1.2 Entwicklung der Prüfwerte für konstruktive Festigkeit und Standfestigkeit

Erste Angaben zu sicherheitstechnischen Prüfungen werden bereits in DIN 7897:1977-11 gemacht, für die eine Methode zur Prüfung der Standsicherheit aus dem französischen Normentwurf überarbeitet wurde. Damals wurde nur die Standfestigkeit der Tore geprüft, ein Wert zur Prüfung der konstruktiven Festigkeit war nicht definiert. Die zu prüfende Kraft wurde durch vorherige Kippversuche nach dem damaligen Prüfverfahren an verschiedenen Toren der Größe 3 x 2 m auf 950 N festgelegt.

1984 legte DIN 7900 Werte für heutige Standardgrößen von Fußballtoren fest. Die Festigkeit der Konstruktion wurde mit 800 N geprüft, die Standfestigkeit mit 1.000 N. Die darauffolgende DIN EN 748:1996-02 erhöht den Wert für die Festigkeitsprüfung um mehr als Doppelte auf 1.800 N, welcher zusammen mit dem um 100 N erhöhten Wert von 1.100 N für die Standfestigkeit bis heute Anwendung findet (s. Tab. 1).

Wie diese Werte zustande kamen, lässt sich weder in der Norm selbst noch durch Recherchen im Normenausschuss nachvollziehen.

Tab. 1: Entwicklung der Prüfwerte von 1977 bis 2018

Normausgabe	Festigkeit	Standfestigkeit
DIN 7897:1977-11	-	950 N
DIN 7900:1984-03	800 N	1.000 N
DIN EN 748:1996-02	1.800 N	1.100 N
DIN EN 16579:2018-06	zwischen 300 und 2.000 N *	zwischen 300 und 1.250 N *

*abhängig von Torart, -größe und -gewicht

2013 kamen mit der DIN EN 16579 weitere Prüfwerte hinzu, die auf Tore ausgelegt sind, die ein Gewicht zwischen 10 und 42 kg aufweisen. Die Festigkeit und Stabilität wird abhängig von Tor-kategorie und Typ mit sehr variierenden Werten zwischen 300 und 2000 N geprüft, wobei Toleranzen von 15 bis 50 N in beide Richtungen angenommen werden (DIN EN 16579:2020-01).

Um die Prüfwerte begründen oder widerlegen zu können, sind im Rahmen des Forschungsprojekts Berechnungen angestellt worden, die den aktuell gültigen Werten gegenübergestellt werden (s. Abschnitt 6.2.1).

3.2 Empfehlungen von Bund und Ländern

Häufig geben Bund und Länder ergänzend zu Normen und weiteren Regelwerken Empfehlungen, welche von eigens gebildeten Ausschüssen oder Organisationen erarbeitet werden. Der Einsatz von Prüfzeichen ist eine Möglichkeit, von unabhängigen Prüf- und Zertifizierungsstellen wie der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) die Produkteigenschaften von Fußballtoren bestätigen zu lassen. Die CE-Kennzeichnung als Eigenzertifizierung ist obligatorisch und erklärt, dass das Produkt den EU-Rechtsvorschriften entspricht. Das GS-Zeichen ist freiwillig und wird durch eine vom Hersteller unabhängige Stelle („GS-Stelle“) vergeben. Es bescheinigt dem Produkt das Einhalten der Vorschriften für Sicherheit und Gesundheit (DGUV, 2016).

3.2.1 Empfehlungen auf Bundesebene

Seitens des Deutschen Fußballbunds (DFB) und der DGUV wird in verschiedenen Dokumenten auf den sicheren Umgang mit freistehenden Toren hingewiesen, um Unfälle durch Umstürzen zu vermeiden. Teilweise stammen die Inhalte aus den geltenden Normen und werden weiter ausgeführt. Auch Minitore, also Leichtgewichtttore nach DIN EN 16664, werden genannt, im Folgenden aber nicht weiter betrachtet.

Zu einem sicheren Umgang gehören unter anderem die Verankerung tragbarer Tore, die Anforderung an ein GS-Prüfzeichen oder die ausschließliche Nutzung fest montierter Gewichte ohne variable Verfüllung.

Vor allem die DFB-Broschüre zum Schwerpunkt mobile Tore geht detaillierter auf die Verkehrsicherungspflicht im Sinne der Haftungsfrage, der Organisation des Sicherheitsmanagements und der Inspektionsarten, -intervalle und -umfang ein (DFB, 2020). Vor jeder Benutzung sind die Tore durch Übungsleiter auf ihre sichere Nutzung zu prüfen. Hier ist vor allem auf verschraubte Verbindungsstellen, Risse in verschweißten Verbindungen und vorgenommene Veränderungen, die nicht erlaubt sind, zu achten. Ist ein Beheben der Mängel vor Nutzung nicht möglich, ist das Gerät zu sperren.

Typ 3 nach DIN EN 748 wird mittlerweile vom DFB als kritische Variante betrachtet (DFB, 2020). 2002 wurde in den Empfehlungen der SMK noch auf eine flächenbündige Verschraubung der Bodenanker und ein Abdecken der Flügelmuttern hingewiesen. Trotzdem werden die Anker häufig ohne Abdeckungen vorgefunden und sind teilweise nicht vollständig in den Boden eingeführt.

Neben der hohen Verletzungsgefahr durch überstehende Anker mangelt es häufig an ausreichender Kippsicherheit, da sich die Spiral- oder Erdanker bei Prüfung der Standfestigkeit nach DIN EN 748 aus dem Boden lösen. Das mag der Grund sein, weshalb dieser Typ auf deutschen Fußballplätzen immer seltener anzutreffen ist. Auf Tennen- und Kunststoffrasenflächen ist die Anwendung verankerter Tore nicht möglich.

Gegengewichte

Der DFB gibt auf Grundlage eines TÜV-Prüfberichts Empfehlungen, wie viel Gewicht je nach Torgröße im Bodenrahmen anzubringen ist, um Kippsicherheit zu gewährleisten (s. Tab.2). Da bei 5 x 2 m Toren eine Empfehlung für eine Auslage von 1 m ausgesprochen wird, findet sich hier ein Widerspruch zu DIN EN 748, die eine Mindestauslage von 1,20 m fordert. Kleinere Tore mit einer Auslage von 1 m fallen aktuell noch unter DIN EN 16579, weshalb dies keinen Widerspruch darstellt.

**Tab. 2: Werte nach DFB, 2020
(zitiert aus: TÜV, 2007)**

Torgröße l x h	Auslage	notwendiges Belastungsgewicht
7,32 x 2,44 m	1,5 m	170 kg
	2 m	100 kg
5,00 x 2,00 m	1 m	200 kg
	1,5 m	125 kg
	2 m	100 kg
3,00 x 2,00 m	1 m	200 kg
	1,50 m	125 kg

Bei der Nachrüstung vor allem älterer freistehender Tore des Typ 4, die bisher kein Gegengewicht im Bodenrahmen aufwiesen, rät der DFB dazu, die Hersteller hinzuzuziehen, um ein geeignetes Gewicht auszuwählen. Sandsäcke, wie sie 2002 noch von der SMK empfohlen wurden, sind grundsätzlich nicht geeignet, um mobile Tore gegen Umkippen zu sichern.

Transport

Weitere Hinweise gibt es vor allem zum Transport der Tore, der auf normativer Ebene wenig ausformuliert wird. Verantwortlich für den sicheren Transport von mobilen Toren sind die Betreibenden, vertreten durch die Übungsleitung. Der Transport kann durch Fachpersonal oder auch Kinder ab einem bestimmten Alter sowie Jugendliche erfolgen (SMK, 2002). Es wird ein Transport durch mehrere Personen empfohlen, wobei sich alle Personen außerhalb des Tores zu befinden haben. Lediglich freistehende Tore mit Gegengewicht und Räder können durch mindestens zwei Personen gerollt werden. Generell ist das Heben der Tore über die Barriere unzulässig, da die Gefahr von Verletzungen und Beschädigungen besteht (DFB, 2020). Auch der Transport durch Zug am Netz ist unzulässig (SMK, 2002). Sind Auslastore vorhanden, sind diese zu nutzen, unabhängig davon, wo sich das Tor auf dem Spielfeld befunden hat und wie weit der Weg zum Auslass ist. Die verantwortliche Übungsleitung stellt einen sicheren Transport sowie ein kippssicheres Aufstellen, Abstellen oder Unterbringen sicher (SMK, 2002).

Lagerung

Auch für eine kippssichere Lagerung sind die Betreibenden bzw. die Übungsleitung verantwortlich (SMK, 2002). Die Tore sind während der Lagerung jederzeit gegen Umkippen und vor Benutzung durch Unbefugte zu sichern. Zu Unbefugten gehören in diesem Sinne jegliche Personen, die das Tor nicht im Rahmen einer Trainingseinheit oder eines Spiels verwenden. Zur Lagerung empfehlen der DFB und die SMK die Tore außerhalb des Spielfelds und der Sicherheitszone stirnseitig paarweise aneinanderzustellen und mit Ketten unverrückbar miteinander zu verbinden. Zudem dürfen Tore nicht am Ballfangzaun aufgehängt werden, da die konstruktive Festigkeit des Ballfangzaun beeinträchtigt wird, das Auf- und Abhängen die Verletzungsgefahr erhöht und die Tore je nach Abstand des Ballfangzauns zum Spielfeld im hindernisfreien Raum hängen können (DFB, 2020).

2002 wird noch von einer Lagerung in Geräteräumen gesprochen, dies hat sich jedoch in den seltensten Fällen in der Praxis durchgesetzt.

3.2.2 Empfehlungen auf Länderebene

Einige der Landessportbünde haben ebenfalls Broschüren und Empfehlungen zum Umgang mit freistehenden Toren herausgebracht oder weisen in allgemeinen Sicherheitshinweisen auf den Umgang hin. Darunter befinden sich der Sächsische Fußball-Verband e. V. (SVF e. V.) und die Sportjugend Hessen.

Gegengewichte

Grundsätzlich sind Sandsäcke als Gewicht unzulässig, da diese zweckentfremdet werden oder durch den Transport beschädigt werden können. Zu bevorzugen sind integrierte Gewichte oder mit dem Bodenrahmen verbundene Gewichte, da separate trag- oder fahrbare Gewichte meist von den Nutzenden aus Bequemlichkeit nicht genutzt werden. Eine Gefahr besteht bei mit Sand zu füllenden Gewichten, da nicht ausreichend Sand durch die Löcher am Bodenrahmen gefüllt werden kann und so eine Kippsicherheit nicht zu gewährleisten ist (SFV e. V., 2017).

Weiter dürfen sich keine Teile von Gewichten im Torraum befinden, da dies eine Verletzungsgefahr für den Torwart und ins Tor laufende Spieler bzw. Spielerinnen darstellt.

Lagerung

Ergänzt wird zur Lagerung, dass diese entweder in Aussparungen der Barriere oder über Auslastore außerhalb der Barriere in stehender Form stattfinden soll (SFV e. V., 2017). Begründet wird dies mit dem Gegengewicht im Bodenrahmen, welches ein Hinlegen und Aufstellen erschwert. Werden Tore nicht paarweise aneinandergestellt, soll die Sicherung an der Barriere über eine Kette mit Schloss oder ein Fahrradschloss stattfinden, idealerweise mit einem Zahlenschloss, um den Verlust eines Schlüssels zu vermeiden. Nicht empfohlen wird die Lagerung der Tore an Ballfangzäune gehängt oder auf Barrieren gelehnt. Beides birgt ein erhebliches Verletzungsrisiko und beeinträchtigt die konstruktive Festigkeit des Sportgeräts selbst und der Bauteile der Sportanlage.

Konstruktive Festigkeit

Auf Landesebene werden weitere Hinweise zu Maßnahmen im Sinne der konstruktiven Festigkeit gegeben. Tore Typ 3 sollen durch spezi-

elle Muttern oder Schrauben, für die Werkzeug erforderlich ist, nicht zu leicht aus der Verankerung zu lösen sein (Sportjugend Hessen, 2017). Bei freistehenden Toren wird keine Verschraubung empfohlen, da diese durch den regelmäßigen Transport weniger dauerhaft belastbar sind. Zusätzlich besteht bei Schraubverbindungen die Gefahr, dass sie nicht ausreichend angezogen sind und keine konstruktive Festigkeit gewährleisten können (SFV e. V., 2017). Kommt es bei Schweißnähten zu Rissen oder gar Materialbruch, sind diese durch eine Fachfirma zu beheben.

Weiterhin wird darauf hingewiesen, Tore aus Stahl mit einem Alter von über 30 Jahren in den Größen 5 x 2 m und 3 x 2 m aus dem Verkehr zu nehmen, da diese eine erhöhte Unfallgefahr darstellen.

Generell wird empfohlen, neben der Übungsleitung auch Kindern und Jugendlichen Anweisungen zum Auf-, Abbau und Transport zu geben (SFV e. V., 2017; Sportjugend Hessen, 2017). Die Warnhinweise, die als weitere Maßnahme an den Toren angebracht werden sollen, sind bei einigen Herstellenden kostenlos zu erhalten.

3.2.3 Sicherheitsmanagement von Sportfreianlagen

Sowohl auf Bundes- als auch Länderebene wird auf die Durchführung von Inspektionen verschiedener Art und Weise hingewiesen. Eine Möglichkeit, die Mängel an freistehenden Toren zu reduzieren, ist die Einführung eines Sicherheitsmanagements von Sportfreianlagen, welches sich bereits in einigen Städten etabliert hat. Neben wöchentlichen und monatlichen Sicht- und Funktionsprüfungen wird eine jährliche Hauptuntersuchung und auch die dreijährliche Sportgeräteprüfung empfohlen (FLL, 2014).

Für Sportstätten und Sportgeräte wird eine Überprüfung vor der ersten Inbetriebnahme, nach Zustandsänderung und in regelmäßig wiederkehrenden Zeiträumen gefordert (DGUV, 2019). Je nach Art der Prüfung ist die Beauftragung verschiedener Personen möglich. Befähigte Personen haben hierbei über die notwendige Fachkenntnis zu verfügen, welche sich an Berufsausbildung und -tätigkeit orientiert (s. Tab. 3).

Tab. 3: Übersicht der Prüfverantwortlichkeiten (nach DGUV, 2019)

Art der Inspektion	Unterrwiesene Person		Befähigte Person/ Sachkundige/r
	Platzwart/ Platzwärtin	Übungsleitung	
Sichtprüfung Äußerlich erkennbare Mängel	X	X	X
Funktionsprüfung Sichere Funktionsfähigkeit		X	X
Jahreshauptprüfung Umfassend und detailliert mit Gefährdungsbeurteilung			X

Die festgestellten Mängel bei einer Jahreshauptuntersuchung sind in einem Prüfbericht festzuhalten, den die Betreibenden zur Behebung der Mängel erhalten. Die Bundesfachgruppe Wartung Sicherheit für Sport- und Spielgeräte e. V. (BFGW) weist auf die Verpflichtung der Übungsleitung hin, vor jeder Benutzung die Sportgeräte mittels einer Sicht- und Funktionsprüfung auf ihren verkehrssicheren Zustand zu prüfen (BFGW, 2015).

Neben der Erhaltung eines verkehrssicheren Zustands von Sportanlage und Sportgeräten tragen die Inspektionen zusätzlich zum Wert- und Funktionserhalt dieser bei.

3.3 Internationale Normung zu freistehenden Ballspieltoren

Der Schweizerische Fußballverband erlaubt im Gegensatz zur DIN 7900 Pfosten und Querlatte mit einem Durchmesser zwischen 10 und 12 cm, sodass auch runde Querschnitte möglich sind. Der Bodenrahmen bei transportablen Toren ist hingegen beschränkt auf maximal 4 cm Höhe, und etwaige Räder zum Transport müs-

sen entfernt werden können. Querstreben, die zwischen Tor- und Bodenrahmen zur konstruktiven Festigkeit angebracht werden, sind nicht zulässig. Die Auslage hat mindestens 2 m tief zu sein (2017).

Die britische Norm BS 8462 definiert die Länge des seitlichen Bodenrahmens abhängig von der Höhe des Torrahmens. Die Mindestlänge bei allen Torgrößen nach DIN EN 16579 und DIN EN 748 beträgt 1 m. So kann allein durch diese Bedingungen eine gewisse Kippsicherheit gewährleistet werden (s. Tab. 4).

In den Vereinigten Staaten werden Fußballtore unter anderem durch Vorgaben der American Society for Testing and Materials (ASTM) genormt. Die ASTM F2950-14 beschäftigt sich mit den sicherheitstechnischen und funktionalen Anforderungen an feste sowie freistehende Fußballtore mit einem Gewicht von über 40 Pfund (entspricht ca. 18 kg) und wird von der ASTM F1938-98 ergänzt, die als Richtlinie für den Umgang mit freistehenden Toren gelten soll.

Auffällig ist in der amerikanischen Normung, dass Tore mit einem Gewicht von unter 40 Pfund nicht genormt werden.

Tab. 4: Anforderungen an Auslagen in der britischen Normung (nach BS 8462, 2009)

Tor Typ	Mindestlänge Auslage
Jugendtor	≥ Höhe Tor
Kleinfeldfußballtor	≥ 80 % der Torhöhe oder 1000 mm (was länger ist)
Futsal – mit Bodenhülsen	1000 mm oder länger*
Futsal – freistehend	> 2000 mm
Minitore	≥ 80 % der Torhöhe

*da viele Sporthallen nicht ausreichend Fläche für 2000 mm Auslage haben, ist eine Mindestlänge von 1000 mm festgelegt. Bei unter 2000 mm Auslage, sollten die Tore immer in Bodenhülsen oder am Boden befestigt eingebaut werden.

Die Begründung dafür lautet, dass Tore mit einem geringeren Gewicht nicht als Risiko für tödliche Unfälle angesehen wurden (M. Lynyak, Persönliche Mitteilung, 11. Oktober 2019).

Neben den Tests zur Stand- und konstruktiven Festigkeit, ähnlich zu den in DIN EN 748 beschriebenen, beinhaltet ASTM F2950-14 zwei weitere Tests, die an freistehenden Toren ohne Gegengewicht oder Verankerung durchzuführen sind. Der *Swing Stability Test* prüft die Standfestigkeit durch ein Pendel, welches mit einer Masse von etwa 100 kg im Abstand von 60 cm mittig an die Querlatte gehängt wird und in einem Winkel von 30 ° nach hinten losgelassen wird. Kippt das Tor beim Schwingen des Pendels nicht nach vorne um und steht bei Stillstand des Pendels in seiner aufrechten Position, ist der Test bestanden. Die Masse entspricht einer Kraft von 979 N und begründet sich vermutlich in der Körpermasse einer hängenden erwachsenen Person.

Der *Balanced Goal Test* prüft den Widerstand gegen das Umkippen in beide Richtungen, wobei von einem Zurückkippen in den aufrechten Zustand oder einem Hinabfallen auf die Stirnseite des Tores gesprochen wird. Der Test gilt als bestanden, wenn das Tor bei einem Winkel von 30 ° zwischen Torrahmen und Boden nach vorn umkippt und bei einem Winkel von 60 ° zurück in die aufrechte Position kippt.

Weitere Hinweise und Richtlinien zum sicheren Umgang mit freistehenden Toren werden von Torherstellern selbst oder Organisationen wie der Consumer Product Safety Commission (CPSC) zur Verfügung gestellt (CPSC, 2014).

4 Umgang mit freistehenden Toren

Um die aktuelle Situation im Umgang mit freistehenden Toren verbessern zu können, ist es notwendig, die Praxis auf dem Spielfeld zu untersuchen. Da weder zu Beginn des Forschungsprojekts noch im Verlauf der Bearbeitungsdauer Daten oder Statistiken zu einem Status-Quo der Verwendung mit freistehenden Toren in Deutschland vorlagen, wurden Beobachtungen auf Fußballspielfeldern im Bundesgebiet durchgeführt und Inspektionsberichte von Jahreshauptuntersuchungen der letzten 5 Jahre ausgewertet.

4.1 Beobachtungen

Die Beobachtungen fanden von November 2019 bis Januar 2020 in Teilen Nord- und Süddeutschlands statt, um im gegebenen Rahmen eine möglichst repräsentative Fläche des Bundesgebiets abdecken zu können. Ziel der Beobachtungen war, eine Tendenz festzustellen, welche Art von freistehenden Toren in welcher Weise von den unterschiedlichen Jugenden genutzt werden.

Dabei sollten besonders die jüngeren Mannschaften beobachtet werden, da vor allem im Training der jüngeren Spielerinnen und Spieler freistehende Tore zum Einsatz kamen. Die Städte wurden angefragt und über eine Durchführung der Beobachtungen informiert, die vor Ort tätigen Personen wussten jedoch nicht davon, um ein unvoreingenommenes realistisches Bild zu erhalten.

Zur Durchführung wurde ein Beobachtungsbogen erstellt, der nach allgemeinen Angaben zu Ort und Art der Mannschaft (Herren, Damen, A- bis G-Jugend) elf Fragen zur Beschreibung der Tore und dem Umgang bei Transport, Lagerung und Nutzung enthielt (s. Anhang).

Es wurden 25 Mannschaften beobachtet, davon 15 Jugendmannschaften (bis A-Jugend), neun Herrenmannschaften und eine Damenmannschaft. Insgesamt wurde mit 107 freistehenden Toren trainiert, die bei den Beobachtungen aufgenommen und analysiert wurden. Die Angaben in der folgenden Tabelle beziehen sich jeweils auf die Anzahl an Mannschaften.

Tab. 5: Ergebnisse der Beobachtungen zum Umgang mit freistehenden Toren

Mannschaften			Gewichte		Bereifung			
Jugendliche	Erwachsene	Gesamt	Ja	Nein	Ja	Nein		
15	10	25	18 (72 %)	7 (28 %)	5 (20 %)	20 (80 %)		
Lagerung								
Lage			Entfernung					
Spielfeldrand	Lagerfläche	Buchten	sehr nah (1-5m)	nah (5-10m)	weit (ab 10m)			
17 (68 %)	7 (28 %)	1 (4 %)	13 (52 %)	10 (40 %)	2 (8 %)			
Transport								
Wer? (Anzahl)				Wie?		Hindernisse?		
Jugendliche		Erwachsene		Tragen	Fahren	Schieben auf Bodenrahmen	Ja	Nein
< 6	≥ 6	< 6	≥ 6					
7 (28 %)	7 (28 %)	10 (40 %)	1 (4 %)	16 (64 %)	5 (20 %)	4 (16 %)	13	12
Nutzung auf dem Spielfeld								
Torraum		Strafraum		Mittellinie		Außenlinie		
2 (8 %)		11 (44 %)		10 (40 %)		2 (8 %)		

Über 2/3 der Mannschaften nutzen freistehende Tore mit Gewichten, wobei nur 1/5 aller Tore Räder montiert hat. Das bedeutet, dass auch Tore mit Gegengewichten häufig getragen werden müssen. Teilweise wurde auch ein Schieben der Tore beobachtet, welches möglicherweise eine geringere Unfallgefahr darstellt, für den Belag des Spielfelds und angrenzender Flächen sowie für das Tor selbst aber Schäden als Konsequenz haben kann. Über die Hälfte der Transporte wurden von Jugendlichen durchgeführt, dabei 50 % von weniger als sechs Personen.

In 2/3 der Fälle wurden die Tore am Spielfeldrand gelagert, auch wenn anderweitige Lagerflächen vorhanden waren. Meist geschieht diese nicht ordnungsgemäße Lagerung in den Sicherheitszonen, die von Hindernissen wie ungenutzten Sportgeräten freizuhalten sind. Da vor allem auf älteren Anlagen direkt angrenzend an die Sicherheitszonen Barrieren stehen, gibt es ohne Auslässe oder Buchten keine Möglichkeit, die Tore anderweitig zu lagern. Bei über der Hälfte der Beobachtungen bestanden Hindernisse auf dem Weg zur Lagerfläche.

Bei der Nutzung durch jünger Spielerinnen oder Spieler kommt es ebenfalls vor, dass die Tore auf den Torrahmen gelegt genutzt werden, um den niedrigeren Bodenrahmen als Tor zu nutzen. Sind dann Gegengewichte integriert, besteht eine hohe Gefahr des Kippens der Tore nach vorn, vor allem da der Bodenrahmen als Querlatte durch seine geringere Höhe für Kinder einfacher zu erreichen ist.

Über eine Skizze auf dem Beobachtungsbogen konnte festgehalten werden, wo die Tore auf dem Spielfeld verwendet werden. Da freistehende Tore häufiger für das Training der Jugendlichen eingesetzt werden, bei dem Spielfelder zur Hälfte bespielt werden, war eine Nutzung im Torraum eher selten der Fall. Zum Großteil wurden die Tore beim Training im Strafraum und auf der Mittellinie des Großspielfeldes aufgestellt, sodass die Entfernungen zu möglichen Lagerflächen variierten.

4.2 Auswertung von Inspektionsberichten zur Jahreshauptuntersuchung

Da an der Hochschule über die letzten Jahre regelmäßig Jahreshauptuntersuchungen auf Sportfreianlagen bundesweit durchgeführt wurden, bestand die Möglichkeit, die Inspektionsberichte auf die Mängel an freistehenden Toren hin zu analysieren und auszuwerten. Der Zeitraum der Auswertung beschränkt sich auf Jahreshauptuntersuchungen von 2016 bis 2020. Insgesamt wurden neun Städte mit 230 Sportfreianlagen analysiert. Aus 33 Inspektionsberichten wurden neun Arten von Mängeln für freistehende Tore herausgestellt (s. Tab. 6, S. 33).

Insgesamt wurden 3.219 Mängel an 1.527 freistehenden Toren festgestellt (Tab. 7, S. 33).

Der häufigste Mangel ist – wie bereits in den Beobachtungen festgestellt – eine nicht ordnungsgemäße Lagerung. Die Hälfte aller vorgefundenen Tore befand sich nicht an dafür vorgesehenen Lagerorten oder konnte nicht ordnungsgemäß gelagert werden, da es keine ausreichenden Flächen in Spielfeldnähe dafür gab. Weitere Gründe sind eine hohe Entfernung zwischen Nutzungs- und Lagerort oder eine eingeschränkte Mobilität durch fehlende Räder.

Der zweithäufigste Mangel ist die geminderte konstruktive Festigkeit, welche sich auf einen nicht sachgerechten Umgang mit freistehenden Toren zurückführen lässt. Die häufig vorkommende Nachrüstung älterer Modelle mit mobilen Gewichten, welche auch der mangelnden Kippsicherheit als dritthäufigsten Mangel entgegenwirken soll, ist grundsätzlich sinnvoll und trägt zu mehr Sicherheit in der Nutzung bei. Allerdings sind diese Torrahmen selten für ein so hohes, zusätzliches Gewicht ausgelegt. Doch auch Tore mit bereits integrierten Gegengewichten weisen nach einigen Jahren Nutzung und Transport Haarrisse im Bereich der Schweißnähte auf.

Tab. 6: Kriterien für die Mängelbewertung

Mangel	Kriterien
Keine ordnungsgemäße Lagerung/Sicherung	<ul style="list-style-type: none"> • Lagerung auf dem Spielfeld statt in dafür vorgesehenen Lagerstätten • keine Sicherung durch z.B. Kette mit Schloss • öffentliche Zugänglichkeit (bei nicht verschlossener Anlage) • Zugänglichkeit im Trainings-/und Spielbetrieb (bei verschlossener Anlage)
Konstruktive Festigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • geminderte konstruktive Festigkeit durch (Haar-) Risse • offene / defekte Schweißnähte • defekte Verbindungsstellen
Nicht ausreichende Kippsicherheit	<ul style="list-style-type: none"> • keine integrierten Gegengewichte • mobile Gewichte, die woanders gelagert werden oder nicht ausreichen
Netz	<ul style="list-style-type: none"> • zerschlissene Netze • nicht eingehängte Netze
Fingerfangstellen	<ul style="list-style-type: none"> • Öffnungen > 8 mm und ≤ 25 mm gelten als Fingerfangstellen • Häufig durch offene Netzhaken oder nicht eingehängte Netze
Beschädigung	<ul style="list-style-type: none"> • Beschädigungen im Tor- oder Bodenrahmen
Fehlende Abdeckungen, Teile	<ul style="list-style-type: none"> • Fehlende Abdeckungen und Teile • Beispiele sind Schrauben oder Netzspannvorrichtungen
Kopffangstellen	<ul style="list-style-type: none"> • Zugängliche Öffnungen > 120 mm und ≤ 230 mm ab einer Höhe von 600 mm • Netzkonsole mit einem Winkel < 60 ° nach oben zum Pfosten
Selbstbau	<ul style="list-style-type: none"> • Bau eines Tores durch Privatpersonen (Herstellerhaftung) • normative Anforderungen selten bis nicht eingehalten

Tab. 7: Ausgewertete Mängel nach Häufigkeit

Freistehende Tore		
Art des Mangels	Stck.	Häufigkeit
Lagerung	763	50,0 %
Konstruktive Festigkeit	659	43,2 %
Kippsicherheit	512	33,5 %
Netz	476	31,2 %
Fingerfangstellen	434	28,4 %
Beschädigungen	167	10,9 %
Fehlende Abdeckungen, Teile	134	8,8 %
Kopffangstellen	39	2,6 %
Selbstbau	35	2,3 %
Gesamtzahl Mängel an Toren	3.219	
Gesamtzahl geprüfter Tore	1.527	

Etwa einem Drittel der geprüften Tore mangelte es an ausreichender Kippsicherung durch die genannten Gegengewichte. Die Gewichte waren entweder nicht ausreichend für die geforderte Standfestigkeit, lagen als mobile Gewichte anderorts als auf dem Bodenrahmen oder waren gar nicht erst vorhanden.

Die drei häufigsten Mängel stehen jedoch nicht für sich, sondern können in einen Zusammenhang gebracht werden (s. Abb. 5). Die Verortung der Lagerstätten beeinflusst den Transport der Tore. Gibt es beispielsweise keine Einlässe in der das Spielfeld umgrenzenden Barriere, werden die Tore über die Barriere gehoben und nicht selten aufgrund ihres hohen Gewichts auf die andere Seite fallen gelassen.

Eine mangelnde Kippsicherheit, die durch ein nachträgliches Gewicht behoben werden soll, wirkt sich ebenfalls auf Probleme im Transport aus. Insgesamt beeinträchtigt dies die konstruktive Festigkeit, führt zu Haarrissen und nach längerer Zeit zu tiefen Rissen in den Schweißnähten und Beschädigungen des gesamten Torres, wodurch sich die Nutzungsdauer von Toren erheblich verringert.

Als Lösungsansätze für die zwei ursächlichen Punkte des Zusammenhangs können zum einen die Berücksichtigung von Lagerflächen in der Planung und zum anderen die Berücksichtigung der Kippsicherheit in der Produktion und im Einkauf der freistehenden Tore genannt werden.

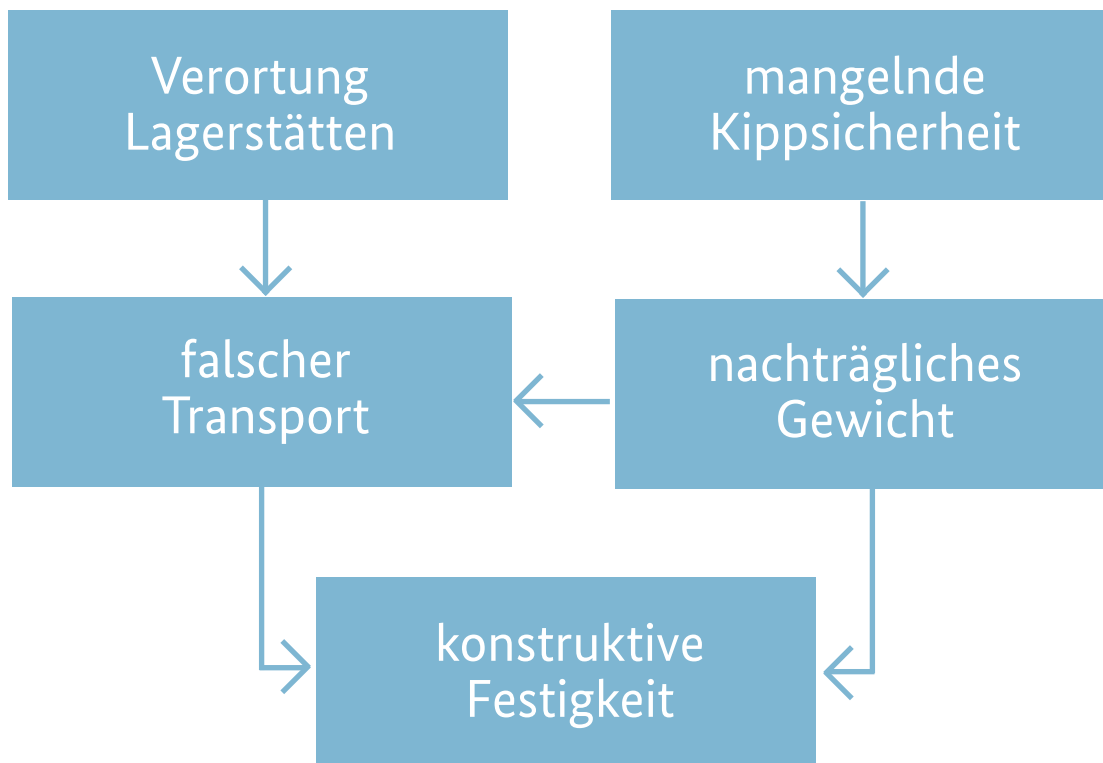


Abb. 5: Zusammenhang von Lagerung, Kippsicherheit und konstruktiver Festigkeit

5 Tests an aktuellen Toren

Die im Folgenden beschriebenen Tests wurden an freistehenden Toren des Typs 4 durchgeführt. Die Standardgrößen 7,32 x 2,44 m, 5,00 x 2,00 m und 3,00 x 2,00 m wurden gewählt, da sie zu den üblichen, auf Sportanlagen verwendeten Größen gehören, die unter DIN EN 748 und DIN EN 16579 fallen.

Die jeweiligen Auslagen wurden ebenfalls danach gewählt, welche am häufigsten vorkommend für die entsprechende Torgröße waren. So ist beispielsweise bei dem Tor von 3,00 x 2,00 m nur die Auslage von 1,00 m geprüft worden. Alle Tests fanden auf dem Betriebsgelände und mit Unterstützung der Firma Schäper Sportgerätebau GmbH statt.

5.1 Prüfung nach DIN EN 748

Die grundlegenden Gegebenheiten der Prüfverfahren aus DIN EN 748 wurden für die Tests übernommen. Es sollte jedoch nicht geprüft werden, ob die Tore den Anforderungen entsprechen, sondern wie viel Gewicht tatsächlich für eine Standfestigkeit notwendig ist, wenn mit der entsprechenden Zugkraft gezogen wird. Die empfohlenen Gegengewichte wurden bei den entsprechenden Torgrößen auf den hinteren Bodenrahmen aufgebracht und mit einer Kraft von 1.100 N an der Querlatte gezogen. Nach und nach wurde das Gewicht reduziert, bis kurz vor den Kippmoment des Tores. Das bereits entfernte Gewicht wurde gewogen und die Differenz berechnet.

Die Ergebnisse der Tests zeigen, dass die empfohlenen Gegengewichte überwiegend höher angesetzt sind, als für die normativ geforderte Standfestigkeit benötigt (s. Tab. 8). Vor allem das große Trainingstor mit einer Auslage von 1,50 m benötigte über 30 kg weniger Gewicht zum Einhalten der Standfestigkeit.

Tab. 8: Belastungsmasse auf hinterem Bodenrahmen kurz vor Kippen des Tores

Formaße/Auslage	2,00 m	1,50 m	1,00 m
7,32 x 2,44 m	98 (100)	139 (170)	-
5,00 x 2,00 m	86 (100)	112 (125)	174 (200)
3,00 x 2,00 m	-	-	174 (200)

Als weiterer Test wurde geprüft, wie viel Zugkraft das Eigengewicht der Tore aushält, wenn kein Gegengewicht zur Kippsicherung vorhanden ist. Dafür wurde mittig an der Querlatte gezogen und über eine Messwaage gemessen, ab wie viel Newton Zugkraft sich der Bodenrahmen anhebt. Für diesen Test wurde die Kraft sowohl nach vorne als auch nach hinten ziehend aufgebracht, um einen eventuellen Kippmoment nach hinten überprüfen zu können. Die notwendige Zugkraft bis zum Kippmoment nach hinten wird sich auch bei einem vorhandenen Gegengewicht im hinteren Bodenrahmen nicht ändern, da der hintere Bodenrahmen selbst die Drehachse darstellt (s. Tab. 9, S. 38).

Die Ergebnisse zeigen, dass bereits bei einer Kraft zwischen 81 und 232 N, also einer Masse von etwa 8 bis 23,5 kg, die Tore zum Kippen nach vorn gebracht werden können. Ungesicherte Tore, die keine ausreichende Kippsicherung haben, stellen bereits bei geringem Kraftaufwand eine erhöhte Unfallquelle dar.

Die benötigte Zugkraft nach hinten beträgt umgerechnet zwischen 14,5 und 42 kg, wobei hinzukommt, dass der Torrahmen einen Hebelarm nach vorn darstellt, während bei einem Kippen nach hinten kein weiterer Hebelarm in diese Richtung vorhanden ist. Das Kippen nach hinten wird deshalb nicht als Unfallpotential gesehen und nicht weiter betrachtet.

Tab. 9: Maximale Zugkraft bis Kippen der Tore ohne Gegengewicht

Tormaße/ Auslage	2,00 m	1,50 m	1,00 m	Richtung
7,32 x 2,44 m	232	167	-	nach vorne
5,00 x 2,00 m	203	156	113	
3,00 x 2,00 m	-	-	81	
7,32 x 2,44 m	414	412	-	nach hinten
5,00 x 2,00 m	365	277	175	
3,00 x 2,00 m	-	-	143	

5.2 Prüfung nach ASTM F2950-14

5.2.1 Swing Stability Test

Die Tore wurden ebenfalls einem Test entsprechend der amerikanischen Vorgaben unterzogen (s. Abb. 6). Dies sollte einerseits mehr Aufschluss über das Kippverhalten der Tore geben und andererseits wurde vor allem ein *pendulum test* (Pendeltest) bereits im europäischen Normenausschuss diskutiert und eine leicht abgeänderte Durchführung seitens der Hersteller gewünscht.

Das Gewicht des Pendels blieb bei rund 100 kg und der Abstand sollte je mit 50 cm und 1 m gemessen werden. Der maximale Schwungradradius sollte 60 ° betragen, was dem 30 ° Anfangswinkel entspricht, da das Pendel bei einem Anfangswinkel von 30 ° nicht weiter als 30 ° nach vorne schwingen wird.

Es wurden Tore mit den Maßen 7,32 x 2,44 m mit einer Auslage von 2,00 m und 5,00 x 2,00 m mit einer Auslage von 1,50 m getestet, da diese Größen am meisten verkauft wurden und somit aus der Produktpalette am meisten auf dem Spielfeld zum Einsatz kommen. Die gewählten Tore wurden ohne Gegengewicht getestet, wie es die amerikanische Normung verlangt, und zum Vergleich jeweils mit vom DFB empfohlenen integrierten Gegengewichten. Nacheinander wurden sie auf der Versuchsfläche so positioniert, dass genug Platz bestand, das Tor unbeeinflusst nach vorne kippen zu lassen. Die Tore wurden – wie im Prüfverfahren der DIN EN 748 beschrieben – mit einer Begrenzung von mindestens 20 mm Höhe in Form einer Leiste im Boden vor dem Torrahmen davon abgehalten nach vorne zu rutschen. Ein Rutschen nach hinten wurde durch Gewichte auf rutschfesten Platten verhindert, welche hinter dem hinteren Bodenrahmen platziert wurden.

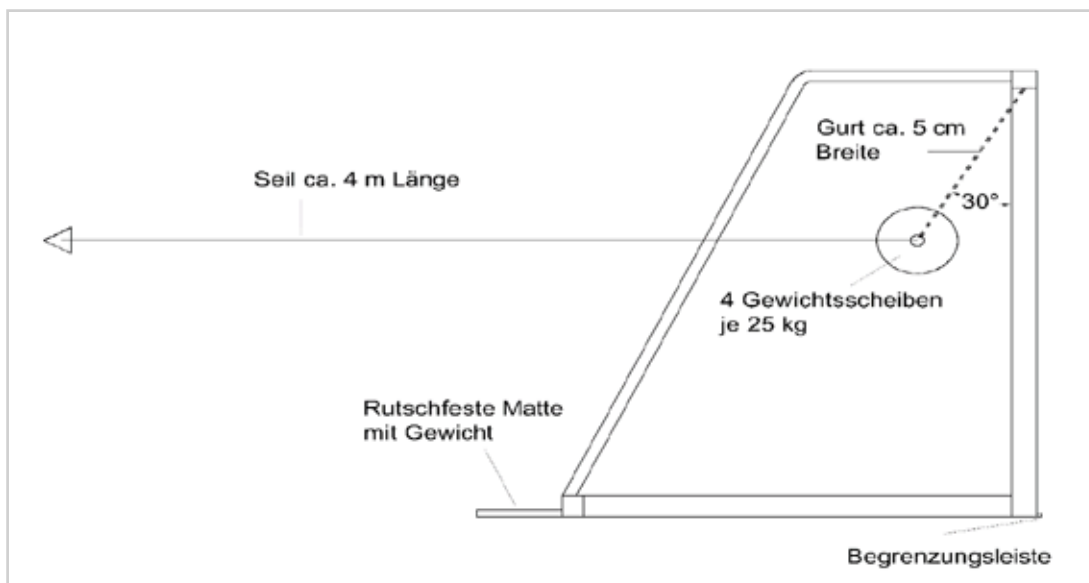


Abb. 6: Versuchsaufbau orientiert an der amerikanischen Norm ASTM F2950-14

Die Masse von 100 kg wurde in Form von vier Gewichtsscheiben je 25 kg dargestellt. Die Gewichtsscheiben wurden auf einen ca. 5 cm breiten Gurt aufgefädelt und mittels einer Schlaufe und Karabinerhaken mittig an der Querlatte der freistehenden Ballspieltore befestigt. Die Länge der Gurte wurde so gewählt, dass der Massenmittelpunkt auf die geforderten 50 und 100 cm Abstand senkrecht unter der Querlatte gebracht werden konnte. Ein Seil wurde durch die Mitte der Gewichtsscheiben geführt, um am Massenmittelpunkt die Masse nach hinten ziehen zu können. Die Differenz wurde berechnet, wie weit der Massenmittelpunkt nach hinten gezogen werden musste, um zum Lot unterhalb der Querlatte einen Winkel von 30° zu erreichen. Das Seil wurde die berechnete Strecke nach hinten gezogen und losgelassen bzw. durchgeschnitten, um die Masse nach vorne schwingen zu lassen und damit zum Pendeln zu bringen. Die Reaktion des freistehenden Ballspieltors wurde per Kamera und Smartphone festgehalten und notiert (s. Abb. 7).



Abb. 7: Aufbau des Pendeltests auf dem Gelände von Schäper Sportgeräte Bau GmbH

Vorab wurde die generelle Reaktion eines freistehenden Tores getestet, indem das 5,00 x 2,00 m Tor ohne Gegengewicht per Hand am Pfosten etwa 10° nach vorne geneigt und losgelassen wurde. Es fiel direkt nach vorne um. Da die maximal aufzubringenden Kräfte bis Kippen der Tore ohne Gegengewichte zwischen 81 und 232 N liegen und eine Masse von 100 kg bei 30° Schwungradradius einer horizontalen Krafteinwirkung von 490,5 N entspricht, ist zu erwarten, dass die getesteten Tore ohne Gegengewichte umkippen.

Sicherheitstor

Ergebnisse

Die Tore mit Gegengewicht zeigten bereits bei 100 cm Abstand der Masse zur Querlatte keine Reaktion. Deshalb wurde der kürzere Abstand, der weniger Schwungkraft bedeutet, nicht getestet, da keine anderen Ergebnisse erwartet wurden. Der Pendeltest mit 50 cm Abstand am Tor 5,00 x 2,00 m ohne Gegengewicht wurde wiederholt, da die Reaktion des Tores nicht eindeutig war. Insgesamt wurden somit sieben Pendeltests durchgeführt (s. Tab. 10, S. 40).

Die Tore ohne Gegengewichte zeigten unterschiedliche Reaktionen, fielen letztendlich aber überwiegend um. Der Bodenrahmen des großen Trainingstors mit einer Auslage von 2 m hob sich sowohl bei 50 als auch 100 cm Massenabstand beim ersten Vorschwingen des Pendels an, der Rückschwung bewirkte einen kurzen Stillstand in der Luft, bis der zweite Schwung nach vorne das Tor zum Umfallen brachte.

Lediglich das Jugendtor mit der Auslage von 1,50 m kam durch den Rückschwung des Pendels bei 50 cm Massenabstand wieder in seine aufrechte Position zurück und fiel nicht um.

Interpretation der Ergebnisse

Die Tore mit den Maßen 7,32 x 2,44 m verhalten sich ohne Gegengewicht bei 50 und 100 cm Abstand der Masse ähnlich. Der Fall, dass eine kleine Person – der der Massenmittelpunkt von 50 cm Abstand entspricht – bei diesem Tor zum Hängen an die 2,44 m hohe Querlatte springt, ist unwahrscheinlich. Trotzdem sorgen 100 kg, die einer erwachsenen Person entsprechen, dafür, dass das Tor nach vorne umkippt und zu einem Unfall führen kann. Da es in Deutschland aktuell keine Tore mit einer Auslage größer als 2,00 m gibt, ist hier besonders auf eine ordnungsgemäße Kippsicherung durch Gegengewichte zu achten.

Die Tore 5,00 x 2,00 m mit 1,50 m Auslage verhalten sich hingegen unterschiedlich, abhängig vom Abstand der Masse. Bei 100 cm Abstand, bei dem die Masse eine größere Schwungkraft erhält, fällt das Tor um. Wird die Masse um die Hälfte des Abstands verringert, sorgt der Rückschwung dafür, dass das Tor nach kurzem Anheben des Bodenrahmens wieder in seine Ursprungsposition zurückfällt.

Tab. 10: Reaktionen der gewählten Tore Typ 4

Tormaße	Auslage	Gewicht	Reaktion
100 cm Abstand Masse – Querlatte			
7,32 x 2,44 m	2,00 m	0 kg	Umfallen bei zweitem Vorschwung (kurzes Innehalten bei Rückschwung)
7,32 x 2,44 m	2,00 m	100 kg	Kein Umfallen
5,00 x 2,00 m	1,50 m	0 kg	Umfallen
5,00 x 2,00 m	1,50 m	125 kg	Kein Umfallen
50 cm Abstand Masse – Querlatte			
7,32 x 2,44 m	2,00 m	0 kg	Umfallen bei zweitem Vorschwung (kurzes Innehalten bei Rückschwung)
7,32 x 2,44 m	2,00 m	100 kg	Nicht getestet, da bei 100 cm kein Umfallen
5,00 x 2,00 m	1,50 m	0 kg	Kein Umfallen durch Rückschwung (2-mal getestet)
5,00 x 2,00 m	1,50 m	125 kg	Nicht getestet, da bei 100 cm kein Umfallen

Hier sollte geprüft werden, ob ein Bodenrahmen von 2,00 m anstatt 1,50 m ein Umfallen des Tores bei größerem Abstand der Masse verhindert.

Da die freistehenden Tore mit integrierten Gegengewichten der Belastung durch Schwingen an der Querlatte ohne bemerkenswerte Reaktion standhalten, sorgt eine ausreichende Kippsicherung für genug Sicherheit gegen Schwingen an der Querlatte.

5.2.2 Balanced Goal Test

Zur Vollständigkeit wurde der *Balanced Goal Test* ebenfalls an den geprüften Toren durchgeführt (s. Abb. 8). Er wurde leicht abgeändert durchgeführt, um den Sicherheitspunkt der Tore ohne Gegengewicht herauszufinden. Die Tore wurden in dem Winkel nach vorne geneigt, ab dem sie gerade noch auf den Bodenrahmen zurückfielen anstatt auf die Stirnseite umzufallen.

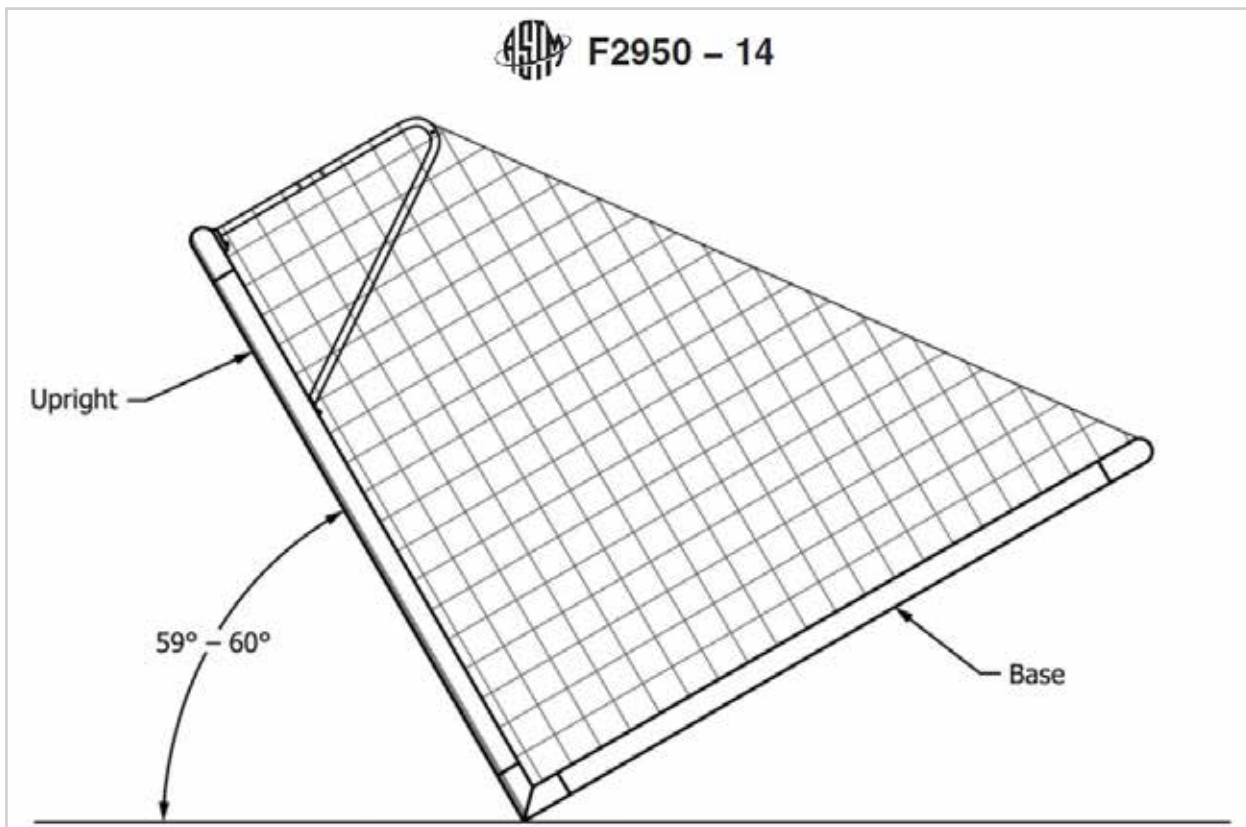


Abb. 8: Prüfverfahren nach dem amerikanischen *Balanced Goal Test* (ASTM, 2014)

An diesem Punkt wurde die Höhe der Querlatte senkrecht über dem Boden gemessen, um den Winkel zu bestimmen, ab dem die Tore wieder in eine aufrechte Position zurückgelangen. Lag dieser Winkel über 60 °, galt der Test für das Tor als nicht bestanden, da nach ASTM bei 60 ° ein Zurückfallen auf den Bodenrahmen verlangt wird.

Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass Tore ohne Gegengewicht im hinteren Bodenrahmen nur bei einer Auslage von 2 m den Test bestehen. Ist die Auslage geringer, reicht das Eigengewicht bzw. der Standmoment der Tore nicht aus, um bei 60 ° Neigung zurück auf den Bodenrahmen zu fallen (s. Tab. 11). Dies bestätigt erneut die These, dass eine höhere Auslage zu einer größeren Kippsicherheit führt.

Tab. 11: Höhe des Sicherheitspunkts und Winkel der Neigung des Torrahmens

Tormaße/ Auslage	2,00 m	1,50 m	1,00 m
7,32 x 2,44 m	2,12 (50°)	2,21 (65°)	-
5,00 x 2,00 m	1,66 (56°)	1,8 (64°)	1,86 (64°)
3,00 x 2,00 m	-	-	1,87 (69°)

6 Empfehlungen für die Normung

Bei Empfehlungen für die aktuelle Normung zu Toren ist zu berücksichtigen, dass seit einigen Jahren im europäischen Arbeitsgremium die Überlegung stattfindet, alle Fußballtore aus DIN EN 748 und DIN EN 16579 in einer Norm für Fußballtore zusammenzufassen. Dies soll DIN EN 748 übernehmen, während DIN EN 16579 nur noch für die weiteren in ihr aufgeführten Tore für Rugby und Gaelic Football stehen soll. Aus diesem Grund werden im Folgenden nur Empfehlungen für DIN EN 748 gegeben, die teilweise für Inhalte der DIN EN 16579 gelten, welche in DIN EN 748 übernommen werden sollen. Leichtgewichttore werden weiterhin separat in DIN EN 16664 definiert.

6.1 Redaktionelle Empfehlungen zur DIN EN 748

Typen an Toren

Von den vier Tortypen, die die DIN EN 748 beschreibt, sind die Typen 1 und 2 mit Bodenhülsen relativ ausgewogen auf Sportplätzen in Deutschland zu finden. Bei den freistehenden Toren überwiegt in Deutschland Typ 4, da er auf jedem Belag genutzt werden kann. Typ 3 kann durch die Verankerung mit Spiral- oder Erdankern weder in Tennenbelag noch auf Kunststoffrasenspielfeldern kippsicher genutzt werden.

Da der DFB Tore nach Typ 3 nur für Rasenspielfelder empfiehlt (DFB, 2020), stellt sich die Frage, ob dieser Tortyp noch ausreichend Anwendung findet, um weiterhin als sicher zu nutzendes Tor in der Normung gelistet zu werden. Vorgeschlagen wird das Streichen dieses Typs, um eine nicht standort- und sachgerechte Nutzung zu vermeiden, die zu Unfällen führen kann.

Begriff Netzkonsole

Ein weiterer Punkt, der im Laufe der Normenhistorie verloren ging, ist die Unterscheidung zwischen einer Netzkonsole und einem Netzbügel. Während eine Netzkonsole mit beiden Verbindungselementen am Torpfosten befestigt wird, ist ein Netzbügel einerseits am Torpfosten und andererseits auf dem Bodenrahmen verschweißt. Ein Netzbügel ist somit nur bei frei stehenden Toren möglich, wird jedoch seitens mancher Hersteller falsch bezeichnet. In DIN 7900:1984-03 noch klar unterschieden, wird mittlerweile die Netzkonsole nicht eindeutig vom Netzbügel getrennt. Bild 4 aus DIN EN 748:2018-04 stellt unter Ziffer 1 liniert eine Netzkonsole dar und gestrichelt einen Netzbügel. Die Legende unterscheidet hier nicht und fasst beides unter dem Begriff Netzkonsole zusammen. Zur klaren Definition und Anwendung beider Begriffe sollte dies wieder unterschieden werden wie es 1984 in DIN 7900 der Fall war (s. Abb. 9).

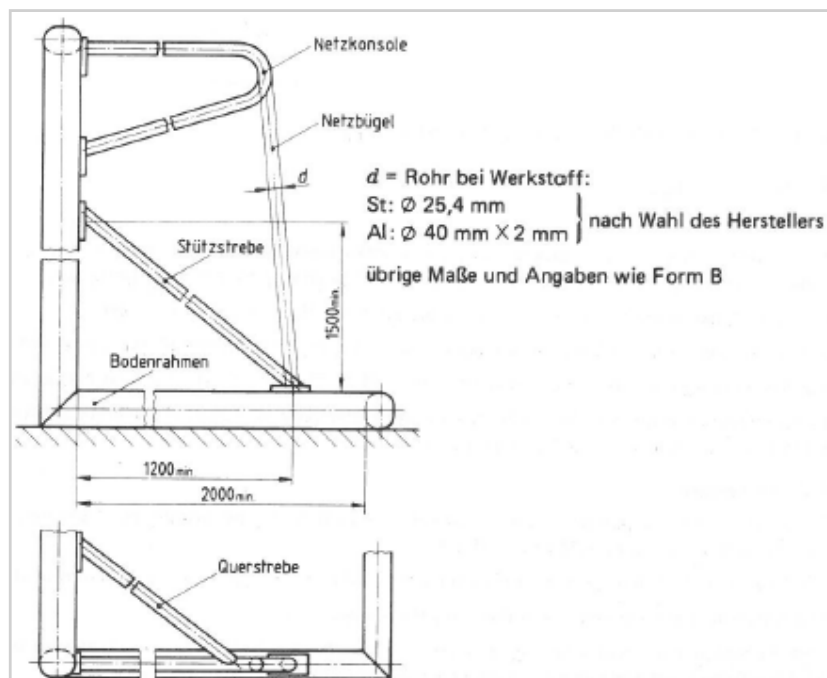


Abb. 9: Unterscheidung von Netzkonsole und -bügel in DIN 7900:1984-03

Definition Gesamtgewicht

Wird Tab. 1 zur Kategorisierung und Typisierung der Tore aus DIN EN 16579 übernommen, ist auf eine geeignete Formulierung zur Definition des Gesamtgewichts zu achten. Aktuell besteht das Gesamtgewicht aus dem Torrahmen einschließlich Netz, Netzbefestigung und fest angebrachtem Verankerungs- oder Stabilisierungssystem. Die freistehenden Tore werden unterteilt in die Gewichtsklassen $10 < m \leq 18$ kg, $18 < m \leq 42$ kg und $42 < m$. Wird ein integriertes Gegengewicht als fest angebrachtes Stabilisierungssystem in das Gesamtgewicht eingerechnet, müssten alle Tore des Typs 4 unter die letzte Gewichtsklasse fallen, unabhängig von ihrem Eigengewicht. Die ersten beiden Gewichtsklassen gäbe es bei freistehenden Toren Typ 4 somit nicht. Deshalb ist bei dieser Formulierung darauf zu achten, dass ein im Bodenrahmen integriertes Gegengewicht nicht zum Gesamtgewicht dazugezählt wird.

6.2 Technische Empfehlungen zur DIN EN 748

Da es sich bei DIN EN 748 um eine europäische Norm handelt, ist zu bedenken, dass einige Analysen, Beobachtungen oder Annahmen auf nationalen Gegebenheiten beruhen. Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle hier zugrundeliegenden Annahmen auf alle europäischen Länder zu übertragen sind. Deshalb sind bei folgenden Empfehlungen die Stellungnahmen der europäischen Spiegelgremien zu berücksichtigen. Vor allem, wenn es auf nationaler Ebene weitere oder geänderte Anforderungen an die Konstruktion von Ballspieltoren gibt.

6.2.1 Anpassung der Prüfwerte

Für eine Anpassung der Prüfwerte nach aktuellen Gegebenheiten und nahe der Realität ist festzulegen, was die Kraft zur Prüfung der Stand- und konstruktiven Festigkeit in der Praxis repräsentieren soll. Bei der Prüfung der konstruktiven Festigkeit wird eine Situation simuliert, in der eine Masse an der Querlatte hängt und damit eine vertikale Belastung auf den Torrahmen ausübt. Die Prüfung der Standfestigkeit simuliert eine horizontale Belastung, ähnlich einem Schwung nach vorne oder Druck am Torrahmen von hinten.

Die Schwierigkeit hier ist, dass der aktuelle Test von einer statischen Kraft ausgeht und ein Schwingen ein dynamischer Vorgang ist. Deshalb kam es im europäischen Arbeitsgremium zu der Überlegung, den *Swing Stability Test* aus der amerikanischen Normung zu übernehmen.

Um begründete Empfehlungen für die Prüfwerte zu Stand- und konstruktiver Festigkeit aussprechen zu können, wurden Berechnungen basierend auf einer Durchschnittskörpermasse für eine an der Querlatte hängende Person, auf trigonometrischen Grundsätzen und Teilsicherheitsbeiwerten durchgeführt. Die Bedingung des 30° -Schwungwinkels wurde aus dem Pendeltest als Referenz für das Schwingen der Person an der Querlatte hinzugezogen.

Durchschnittsmasse einer an der Querlatte hängenden Person

Durch eine generelle Zunahme an Übergewicht in den letzten Jahrzehnten (DIN CEN ISO/TR 7250-2:2013-08) ist der Annahmewert für eine durchschnittliche Körpermasse so aktuell wie möglich zu wählen. Normenwerte zu Körpermassen stammen auf nationaler Ebene aus Untersuchungen der Jahre 1999 bis 2002 (DIN 33402-2:2005-12) und auf europäischer Ebene aus Untersuchungen zwischen 1990 und 2002 (DIN CEN ISO/TR 7250-2:2013-08). Sie liegen im Mittel bei 79 kg bezogen auf das 50. Perzentil aus DIN 33402 und dem Mittelwert der europäischen Länder Deutschland, Niederlande und Italien aus DIN CEN ISO/TR 7250-2. Italiens Werte sind hierbei niedriger als die Deutschlands, und die Werte der Niederlande liegen höher. Es wurde sich gegen den Wert des 95. Perzentils entschieden, da beim Hängen von zwei Personen ausgegangen wird und es nicht als notwendig erachtet wird, für die Berechnung zweimal das 95. Perzentil heranzuziehen. Zusätzlich wird ein Sicherheitsfaktor in den Prüfwert eingerechnet. Ebenfalls wird nicht angenommen, dass der Durchschnitt an Personen, die sich an die Querlatte hängen, zu den schwersten 95 % aller Personen gehören, da eine gewisse Fitness vorausgesetzt wird, um sich aus dem Sprung an die Querlatte zu hängen und eventuell zu schwingen.

Wird von einer Zunahme der durchschnittlichen Körpermasse ausgegangen, sind fast 20 Jahre alte Werte nicht als Grundlage für Berechnungen geeignet.

Aktuellere Werte sind für Deutschland im Mikrozensus 2017 zu finden, bei dem der Durchschnittswert für Männer über 18 Jahre bei 85 kg liegt. Da die Durchschnittswerte für Frauen in jeder Altersgruppe vergleichsweise niedriger liegen ist damit die Kraft, die eine weibliche Person an der Querlatte hängend ausübt, von der Kraft einer männlichen Person abgedeckt.

Ableitung der Prüfwerte über Trigonometrie

Da dieselbe Durchschnittsmasse sowohl für die vertikale Belastung der Querlatte als auch für die horizontale Belastung gewählt wird, soll ein Zusammenhang zwischen den wirkenden Kräften hergestellt werden (s. Abb. 10). Damit ist der Prüfwert zur Standfestigkeit abhängig vom Prüfwert für die konstruktive Festigkeit und lässt sich aus diesem ableiten. Es wird angenommen, dass die Gewichtskraft, die durch zwei hängende Personen vertikal auf die Querlatte ausgeübt wird, in eine weitere Gewichtskraft umrechnen lässt, die diese Personen maximal horizontal auf die Querlatte beim Schwingen an derselben ausüben. Dazu wird der Maximalwert von 30° in der Schwingung angenommen, welcher aus dem Swing Stability Test übernommen wird. Ausgehend von diesem Winkel kann ein Schwung nach vorne den entsprechenden Gegen-Winkel von 30° nicht überschreiten. Hierbei ist zu bedenken, dass von einem statischen Zustand des Tores ausgegangen wird. Sollte sich das Tor beim Schwung nach vorne anheben, ist ein Winkel $> 30^\circ$ ausgehend von der Vertikalen unter der Querlatte möglich.

Der Prüfwert der Standfestigkeit leitet sich dementsprechend vom Prüfwert der konstruktiven Festigkeit ab, ausgehend von einem Schwung der zugrunde liegenden Gewichtskraft in einem Winkel von 30° nach vorne. Die dabei entstehende Kraft wird umgerechnet auf die horizontale Kraft, die auf die Querlatte im maximalen Moment des Schwungs ausgeübt wird. Abschließend wird der Sicherheitsfaktor dazu gerechnet, um zu erhalten.

Der Sicherheitsfaktor, auch Teilsicherheitsbeiwert, ist Eurocode 9 Bemessung und Konstruktion von Aluminiumtragwerken entnommen, da es sich beim Material der Torrahmen zum Großteil um Aluminium handelt.

Der Teilsicherheitsbeiwert für die Beanspruchbarkeit von Querschnitten liegt bei $= 1,1$. Er wird einerseits in den Prüfwert für die konstruktive Festigkeit eingerechnet und andererseits ein weiteres Mal in den daraus abgeleiteten Prüfwert für die Standfestigkeit.

Die berechneten Werte für die Festigkeitsprüfungen lauten 1834 N als vertikale Prüfkraft für die konstruktive Festigkeit und 1009 N für die horizontale Prüfkraft der Standfestigkeit.

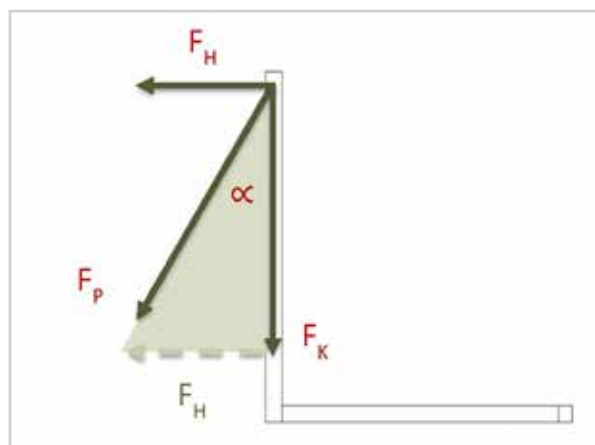


Abb. 10: Trigonometrische Abhängigkeiten der wirkenden Kräfte

$$F_K = 2 * m_{\text{Durchschnitt}} * g * \gamma \quad (1)$$

$$F_K = F_P \quad (2)$$

$$F_H = \sin \alpha * F_P \quad (3)$$

$$F_H = \frac{1}{2} * F_K \quad (4)$$

$$F_S = F_H * \gamma \quad (5)$$

Tab. 12: Vergleich und Ableitungen zwischen neu errechneten und bisherigen Prüfwerten

$m_{\text{Durchschnitt}}$ in kg	F_K in N	F_S in N
85,0	1834	1009
83,4 *	1800	990 *
92,7 *	2000 *	1100

* errechnet aus bisherigen Prüfwerten nach DIN EN 748

Tab. 12 zeigt den Vergleich der berechneten Werte zu den bisherigen Werten der DIN EN 748. Es lässt sich bei den bisherigen 1800 und 1100 N kein Zusammenhang auf Grundlage der trigonometrischen Abhängigkeiten feststellen.

Deshalb wurden die entsprechenden abgeleiteten Werte und die den Werten theoretisch zugrunde liegende Durchschnittskörpermasse mit den obigen Formeln errechnet. Bei 1800 N als Ausgangswert liegt die Gewichtsmasse leicht unter der angenommenen Masse von 85 kg, bei 1100 N variiert die Masse stärker.

Bei Diskussion der Empfehlungen im europäischen Arbeitsgremium ist die Anmerkung gemacht worden, die Prüfwerte nach DIN EN 913 zu berechnen, die im Anhang B eine Formel zur Festlegung der Prüflast und der zu verwendenden Werte für Körpermasse und einen zusätzlich einzurechnenden dynamischen Faktor von 2,5 enthält.

Bei einer Körpermasse von 191 kg für zwei Personen ergäbe die Rechnung Prüfwerte von 5.621,13 N für die konstruktive Festigkeit und

mittels Formel 4 und 5 einen Wert von 3.373 N für die Standfestigkeit. Damit wären die Prüfwerte um mehr als das 3-fache angehoben, was nicht den Bedingungen aus der Praxis entspricht und deshalb nicht weiterverfolgt wird.

Bezüglich der Regelmäßigkeit der Tests ist nach dem Produkttest bei den Herstellenden selbst der dreijährige Turnus von Sportgeräteinspektionen im Rahmen eines Sicherheitsmanagements für Sportfreianlagen zu empfehlen.

6.2.2 Berechnungen zum Schwerpunkt

Um mit den berechneten Prüfwerten weitere Berechnungen zur Kippsicherheit der Tore durchzuführen, ist der Schwerpunkt als Massenzentrum eines Tores zu bestimmen. Mittels technischer Zeichnungen wurde je nach Größe und Auslage des Tor- und Bodenrahmens der entsprechende Schwerpunkt bestimmt. Die folgenden Darstellungen beziehen sich auf ein 7,32 x 2,44 m Tor mit Netzbügel und einer Auslage von 1,50 m.

Die Auslage wurde in 0,1 m Schritten auf je 1,00 und 3,00 m reduziert bzw. verlängert. Minimum und Maximum wurden auf 1,00 und 3,00 m festgelegt, um eine ausreichende Aussagekraft in beide Richtungen zu haben, auch wenn diese Extremwerte bisher bei dieser Torgröße in der Praxis nicht vorzufinden sind. Je länger die Auslage des Tores ist, umso weiter nach hinten im Torraum verlagert sich der Schwerpunkt zugunsten der Standfestigkeit (s. Abb. 11).

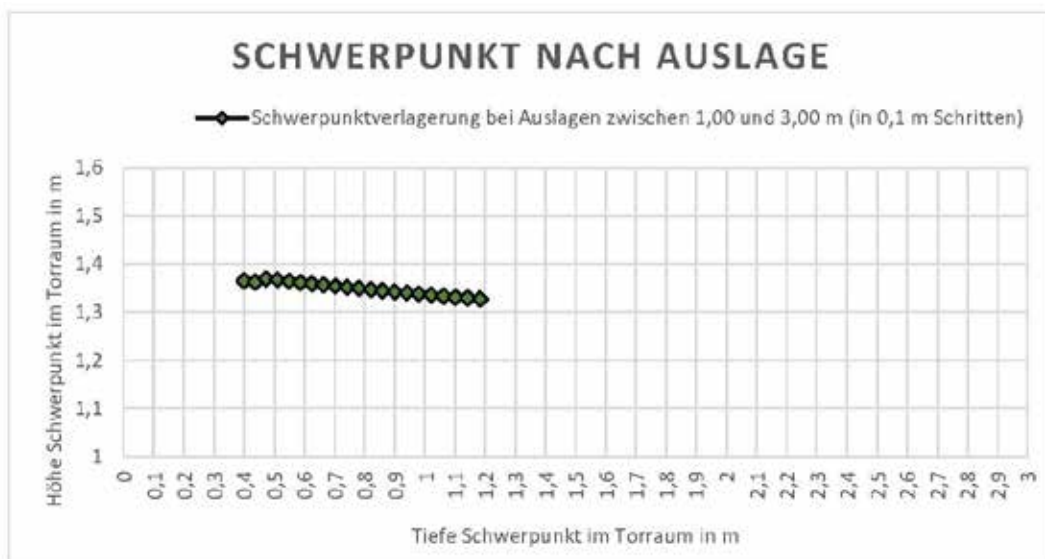


Abb. 11: Schwerpunkt eines 7,32 x 2,44 m Tors mit variierender Auslage

Die Schwerpunkttiefe verschiebt sich von ca. 0,4 m bei 1,00 m Auslage auf ca. 1,2 m bei 3,00 m Auslage. Die Höhe verringert sich von ca. 1,37 auf 1,33 m.

Die Unregelmäßigkeit bei einer Auslage von 1,10 zu 1,20 m (Punkt 2 zu Punkt 3) ist durch eine sich ändernde Konstruktion des Torrahmens zu erklären, da ab einer Auslage von 1,20 m eine Querstrebe zwischen Querlatte und Netzbügel hinzukommt, die bei kürzeren Auslagen nicht notwendig bzw. konstruktionstechnisch nicht darstellbar ist.

Da eine Veränderung der Auslage sich nur geringfügig auf die Höhe des Schwerpunkts auswirkt, wird diese bei folgenden Betrachtungen

außen vor gelassen und nur die Schwerpunkttiefe in Beziehung gesetzt (s. Abb. 12).

Wird die Veränderung der Schwerpunkttiefe in ein Verhältnis zur entsprechenden Auslage gesetzt (s. Abb. 13), ist festzustellen, dass die Verlängerung der Auslage von 1,00 auf 1,90 m ein schlechter werdendes Verhältnis bewirkt. Die Schwerpunkttiefe verringert sich von knapp 40 % der Auslagenlänge auf etwa 39 %. Erst ab 2,00 m Auslage steigt das Verhältnis wieder an, erreicht aber nur noch ein Verhältnis von knapp 39,5 %. Die Ungleichmäßigkeit der Kurve bei einer Auslage von 1,20 m begründet sich erneut durch die hinzukommende Querstrebe zwischen Querlatte und Netzbügel.



Abb. 12: Veränderung der Schwerpunkttiefe je nach Auslage eines 7,32 x 2,44 m Tors

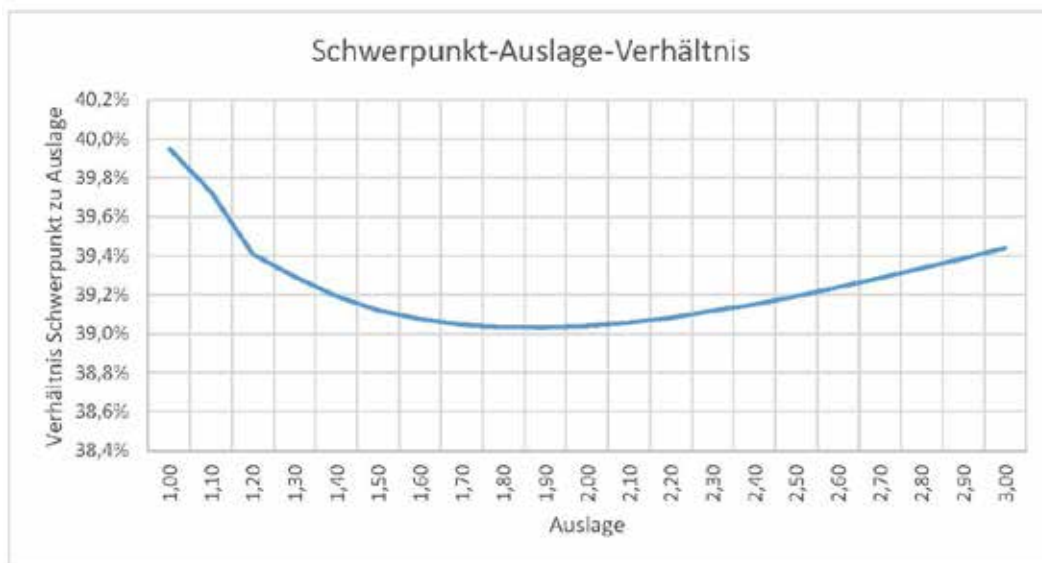


Abb. 13: Verhältnis der Schwerpunkttiefe zur Auslage bei 7,32 x 2,44 m Toren

Da es sich bei den Schwankungen im Verhältnis um lediglich 1 % handelt, wird nicht weiter darauf eingegangen.

6.2.3 Berechnungen zum notwendigen Gegengewicht

Die Standfestigkeit eines freistehenden Tores ist gewährleistet, wenn das Standmoment des gesamten Tores größer ist als das Kippmoment. Das Standmoment besteht dabei aus der Gewichtskraft und der Tiefe des Schwerpunkts, also dem Punkt, an dem die Gewichtskraft ansetzt. Für das freistehende Tor Typ 4 werden das Standmoment des Tores selbst und das Standmoment des Gegengewichts addiert.

$$Standmoment(Tor) + Standmoment(Gewicht) > Kippmoment$$

Das Kippmoment auf Grundlage der neu berechneten Prüfwerte entsteht durch die Zugkraft an der Querlatte in der entsprechenden Höhe dieser. Dies bedeutet, dass Tore der Größen 5,00 x 2,00 m aufgrund ihrer geringeren Höhe differenziert zu betrachten sind. Die Kippachse der freistehenden Tore befindet sich stets an der Vorderkante des Pfostens direkt am Boden. Die angreifende Last bei der Prüfung der Standfestigkeit erzeugt ein Kippmoment, das über die Kippkante hinausragt und so für ein Umkippen des Tores sorgen kann, wenn das Standmoment nicht ausreicht.

$$F_g(Tor) * x_s(Tor) + F_g(Gewicht) * x_s(Gewicht) > F_S * h \quad (6)$$

Da sich die Gewichtskraft und die Schwerpunkttiefe des Tores sowie die Schwerpunkttiefe des Gegengewichts im hinteren Bodenrahmen bestimmen lassen, ist die Gewichtskraft des Gegengewichts der zu ermittelnde Faktor, um daraus einen Mindestwert für die notwendige Standfestigkeit festzulegen. Um die Formel nach der Masse des Gewichts umzustellen, wird die Gewichtskraft des Gewichts durch die Faktoren Masse des Gewichts und Ortsfaktor ersetzt.

$$m(Gewicht) > \frac{F_S * h - m(Tor) * g * x_s(Tor)}{x_s(Gewicht) * g} \quad (7)$$

So lassen sich für die unterschiedlichen Torgrößen und Auslagen die notwendigen Gewichtskräfte des Gegengewichts berechnen, die bei einem Prüfwert von 1.009 N eine Standfestigkeit gewährleisten (s. Tab. 13).

1,20 m sind ebenfalls berechnet worden, da dies der Mindestwert nach DIN EN 748 für die Auslage des Bodenrahmens ist. In der Praxis kommt diese Auslagenlänge aber sehr selten vor.

Verglichen mit bisherigen Empfehlungen durch den TÜV ist durchgehend weniger Gewicht notwendig, um die Standfestigkeit zu erreichen. Ausgehend von einem durchschnittlichen Gewicht von 50-80 kg für das Tor selbst (s. Abb. 14) kommen Tore mit einer Auslage von 1,20 m oder geringer – unabhängig der Größe des Torrahmens – auf eine Gesamtmasse von über 200 kg.

Tab. 13: Gegenüberstellung der geforderten Gegengewichte nach DFB 2020 und neu berechnete Werte

Maße		Werte TÜV 2007	Errechnete Werte
Torgröße (l x h)	Auslage	notwendige Belastungsmasse	
7,32 x 2,44 m	1,2 m ¹⁾	-	170 kg
	1,5 m	170 kg	135 kg
	2 m	100 kg	95 kg
5 x 2 m	1 m ¹⁾	200 kg	170 kg
	1,2 m ¹⁾	-	140 kg
	1,5 m	125 kg	110 kg
	2 m	100 kg	80 kg

¹⁾ Torauslagen ≤ 1,2 m werden nicht empfohlen, da das Gesamtgewicht der Tore zu groß ist

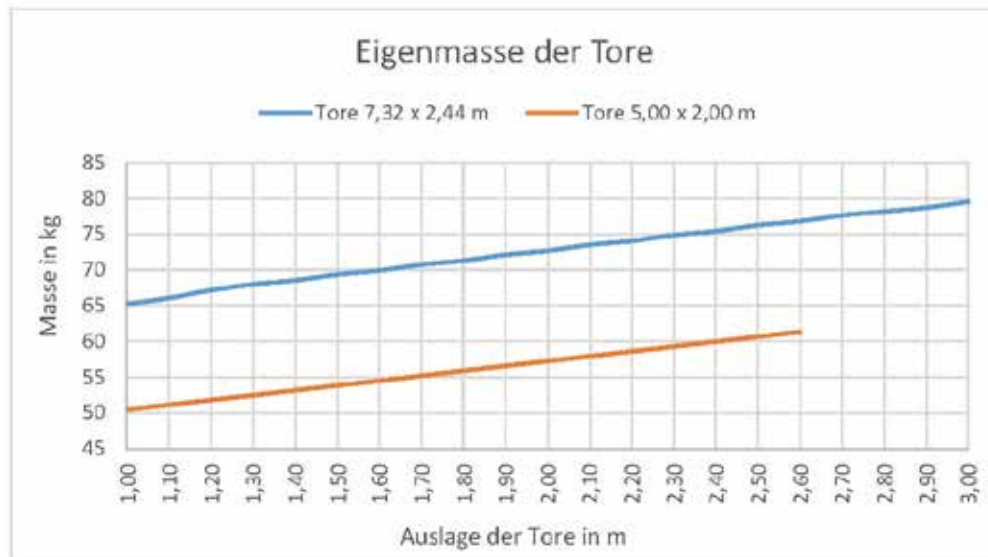


Abb. 14: Masse verschiedener Tore je nach Auslage

Auch das Trainingstor mit einer Auslage von 1,50 m überschreitet 200 kg Gesamtmasse, weshalb bei den großen Toren besonders auf eine ausreichend lange Auslage zu achten ist.

6.2.4 Verlängerung der Auslage des Bodenrahmens

Aufgrund der neu berechneten notwendigen Belastungsgewichte wird für DIN EN 748 eine Verlängerung der Mindest-Auslage von 1.200 auf 1.500 mm empfohlen. Diese Mindestlänge gewährleistet durch die Verschiebung des Schwerpunkts eine generelle höhere Standfestigkeit und ermöglicht durch ein geringeres Gewicht eine höhere Mobilität der Tore. Es kommt dadurch nicht mehr zu Toren, die einschließlich Gegengewicht eine Gesamtmasse von 200 kg erreichen oder überschreiten. Damit kann die Unfallgefahr beim Transport verringert werden, ohne die Standfestigkeit zu beeinträchtigen. Der Gebrauch von Trainings- und Jugendtoren mit einer Auslage von 1,20 m oder kleiner, ist zu vermeiden.

Angelehnt an die britische Norm BS 8462 kann auch eine prozentuale Maßangabe abhängig von der Höhe des Torrahmens gemacht werden. So wären mindestens 75 % eine Möglichkeit, bei der Trainingstore eine Auslage von rund mindestens 1,80 m benötigen und Jugend- und Kleinspielfeldtore eine Auslage von mindestens 1,50 m.

Bezogen auf die in der Praxis in Deutschland bisher verwendeten Tore hieße dies, dass ausschließlich Trainingstore mit Auslagen von 2,00 m und Jugendtore mit Auslagen von 1,50 oder sogar 2,00 m zu verwenden sind.

Entwicklung eines Pendeltests

Da die bisherigen Prüfverfahren zur Festigkeit der Tore sich auf statische Krafteinwirkungen beschränken, soll als dritter Test ein Pendeltest aufgenommen werden. Bei den durchgeführten Tests entsprechend des *Swing Stability Tests* fiel auf, dass der Versuchsaufbau nicht reproduzierbar ist. Vor allem durch das zweifache Pendel durch das Anheben des Bodenrahmens spielen zufällige Faktoren eine zu große Rolle. Bei der Entwicklung eines dynamischen Tests sind Faktoren wie das Doppelpendel oder die Elastizität der Querlatte zu berücksichtigen. Ebenfalls ist auf die Konformität des Pendelgewichts mit der zugrundeliegenden Durchschnittskörpermasse der anderen zwei Prüfverfahren zu achten.

Einfluss anderer Normen

Es gibt neben den für Ballspieltore bestimmten Normen weitere Normen und Entwicklungen, die indirekten Einfluss auf die Vorgaben und Anforderungen an ein Sicherheitstor nehmen. Dazu gehört einerseits die DIN EN 913, da sie Vorgaben für Fangstellen und Prüfgeräte macht.

Andererseits wird zukünftig der neu gegründete Arbeitsausschuss relevant für die Verkehrssicherheit auf Sportfreianlagen sein. Er beschäftigt sich als nationales Spiegelgremium zum internationalen Arbeitsgremium mit der Analyse von Risiken, die sich aus der Gestaltung und Nutzung von Sport- und Freizeiteinrichtungen und Sportstätten ergeben (DIN Arbeitsausschuss NA 112-08-05 AA, 2021).

7 Konstruktionstechnische Entwicklung

7.1 Internationale Entwicklungen zur Radintegration

International gibt es bereits einige Ansätze, freistehende Tore funktionaler und sicherer zu machen. Im Nachfolgenden werden beispielhaft Konstruktionen aus Deutschland, Großbritannien, Frankreich, Polen und Amerika erläutert und begründet, warum diese mit der aktuellen europäischen Normung nicht konform sind bzw. bisher zu Unfällen geführt haben.

In Deutschland ist die normengerechte Konstruktion eines stahlbefüllten Gewichts, welche am hinteren Bodenrahmen der Tore verschraubt wird, verbreitet. Am Gewicht ist an den beiden äußeren Ecken eine Zwillingbereifung in Querrichtung aus ausgeschäumten Lufträdern angebracht, die eine den Sportboden schonende Druckverteilung des Gewichtes garantiert. Der Transport erfolgt durch Kippen des Tores auf die Räder und birgt dadurch eine Unfallgefahr durch Fallen des Tores auf die Stirnseite oder zurück auf den Bodenrahmen.

Ebenfalls vereinzelt in Deutschland vorgefunden wurde ein Hebelmechanismus (s. Abb. 15), der durch einen Griff auf der Rückseite des Pfostens das Ausklappen eines Rads ermöglicht.



Abb. 15: Hebelkonstruktion zum Transport
(Quelle: Matthias Eiles)

Der Griff selbst entspricht der Normung, solange durch ihn keine Fingerfangstellen oder scharfen Kanten entstehen. Problematisch wird es jedoch bei den seitlich am Bodenrahmen angebrachten Rädern, die nicht der Anforderung der DIN EN 748 entsprechen, dass keine Seitenteile des Bodenrahmens über den Querschnitt des Pfostens herausstehen dürfen. Somit kommt diese Konstruktion nicht infrage.

Zwei Konstruktionen, die von deutschen Herstellern produziert, aber überwiegend ins Ausland wie die Schweiz geliefert werden, sind schwenkbare Konstruktionen mit einem Auslegerarm, bei denen ein Gewicht mit Bereifung am hinteren Bodenrahmen angebracht wird.

Dieses ist nicht – wie die direkt am Bodenrahmen angebrachten Gewichte – starr, sondern kann durch Kippen des Tores nach vorne unter dem Bodenrahmen entlang geschwenkt werden und ermöglicht somit einen Transport durch Schieben. Entweder muss das Tor dabei trotzdem noch an den Pfosten angehoben werden (s. Abb. 16) oder die Rollen sind so verteilt, dass lediglich ein Schieben nötig ist (s. Abb. 17).



Abb. 16: Schwenkbares Gewicht



Abb. 17: In der Schweiz verwendete Konstruktion

Bei der zweiten Variante wird bei der Nutzung allerdings zusätzlich zur Auslage viel Platz hinter dem Tor benötigt, da die Konstruktion sehr tief ist. Auch muss das Tor zum Umschwenken weiter nach vorne gekippt werden, um den hinteren Bodenrahmen hoch genug anzuheben, so dass hier eine zusätzliche Unfallgefahr besteht.

Da in der Schweiz ein Bodenrahmen mit einer maximalen Höhe von 30 mm erlaubt ist, ist dies eine Variante, die die schwächere Konstruktion des Bodenrahmens bei Anbringung des Gewichts berücksichtigt. Ein direkt am Bodenrahmen angebrachtes Gewicht von bis 200 kg wäre eine extreme Belastung für einen dünneren Bodenrahmen.

In Großbritannien werden am seitlichen Bodenrahmen Räder mit einem Hebel angebracht, die den Bodenrahmen durch Umklappen anheben und transportfähig machen (s. Abb. 18). Dies ermöglicht eine 360 ° Drehung des Tores und damit ein Verfahren in alle Richtungen.

Die neueste Entwicklung aus Großbritannien integriert drehbare Räder in den Verlauf des seitlichen Bodenrahmens, sodass dieser die Kontur der Räder aufnimmt. Dabei wird entweder der Verlauf des Bodenrahmens an die Höhe der Räder angepasst (s. Abb. 19) oder es befindet sich ein kreisrunder Deckel über den Rädern im seitlichen Bodenrahmen.



Abb. 18: Hebelmechanismus aus GB



Abb. 19: Räder im Verlauf des Bodenrahmens (Breuing, 2020)

Bei der zweiten Variante steht der Querschnitt des Bodenrahmens dann über den des Pfostens hinaus. Dies kann auch bei der ersten Variante passieren, wenn die Räder nicht in Richtung des Bodenrahmens gestellt werden zur Nutzung. Hier gibt es die Möglichkeit flexibler Abdeckungen, die, während des Spielbetriebs angebracht, Verletzungen verringern können. Bei beiden Varianten können die Räder in ihrer Höhe nicht verstellt werden, sodass sie permanent im ausgefahrenen Zustand am Tor montiert sind. Im Spielbetrieb sind also Bremsen notwendig, die ein Wegrollen des Tores verhindern.

In Frankreich wird eine Aluminiumrolle als hinterer Bodenrahmen verwendet, sodass der Rahmen selbst zum Rad wird und jederzeit im Transportzustand ist. Dies hat zum Vorteil, dass es keine überstehenden Teile oder Fangstellen gibt.

Der bekannteste Mechanismus in den Vereinigten Staaten ist ein simpler Klappmechanismus, der – ähnlich der britischen Konstruktion – seitliche Räder zum Ausklappen nutzt (s. Abb. 20). Der Unterschied ist hier, dass es keinen Hebel zum Ausklappen gibt, sondern das Tor einmal nach vorne und einmal nach hinten gekippt werden muss, um die in den vier Ecken befindlichen Räder für den Transport umzulegen.



Abb. 20: Klappmechanismus aus den USA

Abschließend wird eine neue Entwicklung aus Spanien genannt, die mittlerweile auch in Deutschland Einzug findet. Es geht um die eingebauten Handballtore zur Hallennutzung, die durch ihre feste Verbauung ebenfalls zu Unfällen geführt haben. Hier ist ein System entwickelt worden, welches durch Beschwerung des hinteren Bodenrahmens ein freistehendes Tor

für Handballspiele vorsieht, welches statt einer Bodenhülle eine kleine Rolle unter den Pfosten besitzt (s. Abb. 21). Einerseits können durch die Mobilität des Tores Unfälle durch Stoßen gegen den Pfosten vermieden werden, andererseits wird die Standfestigkeit durch die Beschwerung gewährleistet.



Abb. 21: Konstruktion „Tutigool“ aus Spanien

7.2 Entwicklung eines Prototypen

In Kooperation mit dem Fachbereich Maschinenbau der Hochschule Osnabrück entstanden in zwei studentischen Projekten Konzeptionen und anschließende technische Zeichnungen für eine normenkonforme Radintegration im Bodenrahmen. Diese konnte in Zusammenarbeit mit Schäper Sportgerätebau GmbH als Prototyp umgesetzt werden.

Konzeption

Als Voraussetzungen für die Konzeption eines Prototyps wurde neben der Einhaltung der normativen Vorgaben ein anwenderfreundlicher Mechanismus, der auch ohne externes Werkzeug von einer Person bedient werden kann, und die Mindesthöhe von 50 mm gewählt, um die der Bodenrahmen für den Transport angehoben werden soll. Diese Höhe soll das Überwinden von Hindernissen wie Einfassungen

oder Abdeckungen von Entwässerungsrinnen ermöglichen. Ab einer Höhe von 50 mm gelten diese als Stolpergefahr und sind deshalb auf Sportfreianlagen zu vermeiden. Die Standfestigkeit des Tores soll auch im Transport gegeben bleiben.

Da der Bodenrahmen normativ nicht in seiner Höhe begrenzt ist, wird eine maximale Höhe von 460 mm, wie sie bei Hockeytores festgelegt ist, als Richtwert genommen. Die Auslage soll aufgrund der größeren Standfestigkeit bei 2000 mm liegen.

Radintegration im Bodenrahmen

Die Anforderungen an das Rad, welches in den Bodenrahmen integriert zur Torkonstruktion gehört, sind die Tragfähigkeit, die Übertragung des Gewichts auf den Belag der Sportfläche und ein geringes Wartungsintervall durch geeignetes Material für den Außenbereich. Um beim Transport das Verfahren in verschiedene Richtungen zu ermöglichen, sollen neben den bisher üblichen starren Rädern auch Lenkrollen integriert werden. Da diese bei Drehung mehr Platz benötigen, sind sie ihren Maßen entsprechend so gewählt worden, dass sie den Querschnitt des Pfostens nicht überschreiten und trotzdem so groß wie möglich sind, um die punktuelle Belastung des Belags so gering wie möglich zu halten. Die bisher häufig genutzten PU 3.00-4-Vollgummiräder, die auch für Schub- oder Sackkarren genutzt werden, eignen sich aufgrund ihrer Größe für eine Integration im Bodenrahmen nicht.

Die Anzahl der Räder und ihre Positionierung entlang des Bodenrahmens sind weitere zu bestimmende Aspekte. Der häufigste Fall aktuell sind zwei Räder, die quer am hinteren Bodenrahmen angebracht sind und zum Transport ein Kippen des Tores über den hinteren Teil des Bodenrahmens erfordern. Das Tor muss in permanent gekippter Position geschoben oder gezogen werden, sodass konstant von beiden Seiten Kraft aufgebracht werden muss, die das Tor einer-

seits vom Fallen in seinen stehenden Zustand und andererseits vom Fallen „auf den Rücken“ hindert. Es sind mindestens zwei Personen notwendig, die für die Dauer des Transports genau diese Kraft aufbringen können. Zwei Räder sind zukünftig keine Option für ein standsicheres Tor auch im Transport.

Auch drei Räder sind kritisch zu betrachten, da ein Kippen im ausgefahrenen Zustand der Räder wahrscheinlich ist. Die sicherste Methode bieten vier Räder, die im Idealfall über die vier Ecken eines stehenden Tores verteilt sind. So kann das Tor in stehendem Zustand transportiert werden und die Kippgefahr ist sehr gering.

Da die Kraft für den Transport an den Pfosten eingeleitet wird, werden die vorderen Räder nahe der Pfosten im Bodenrahmen eingebaut. Als Lenkrollen bieten sie mehr Möglichkeiten beim Transport des Tores, sind aber kleiner zu wählen, um genügend Platz zum Ausfahren und Drehen zu bieten.

Die starren Räder können etwas größer gewählt werden, da sie die Breite und Höhe des Bodenrahmens voll ausnutzen können. Dadurch haben sie mehr Tragfähigkeit und werden in den hinteren Ecken des Bodenrahmens eingebaut, wo durch das Gegengewicht im hinteren Bodenrahmen eine höhere Belastung stattfindet.

Mechanismus

Für eine anwenderfreundliche, ergonomische Benutzung ist beim Mechanismus zum Ausfahren oder Anheben der Räder ein Konsens zwischen dem aufzubringenden Kraft- und Zeitaufwand zu finden. Dafür wird ein Kurbelmechanismus integriert, der die Räder an Scherensystemen über eine Gewindestange ausfährt (s. Abb. 22).

Zur Fertigung in der Produktion kann der Mechanismus von hinten in den seitlichen Bodenrahmen geschoben und über verschraubbare Klappen im Bodenrahmens montiert werden (s. Abb. 23).



Abb. 22: Scherensystem der beiden Räder im seitlichen Bodenrahmen (Boberg, Kötting, 2019)



Abb. 23: Klappen zur Montage des Mechanismus im seitlichen Bodenrahmen (Brosius et al., 2020)

Die Kurbel soll an der hinteren Ecke des seitlichen Bodenrahmens angebracht werden und als integriertes Werkzeug im hinteren Bodenrahmen einklappbar sein. Sie ist wie eine handelsübliche Markisenkurbel zu bedienen und hat eine Bedienhöhe von 1.400 bis 1.600 mm, sodass sie in stehender Position genutzt werden kann.

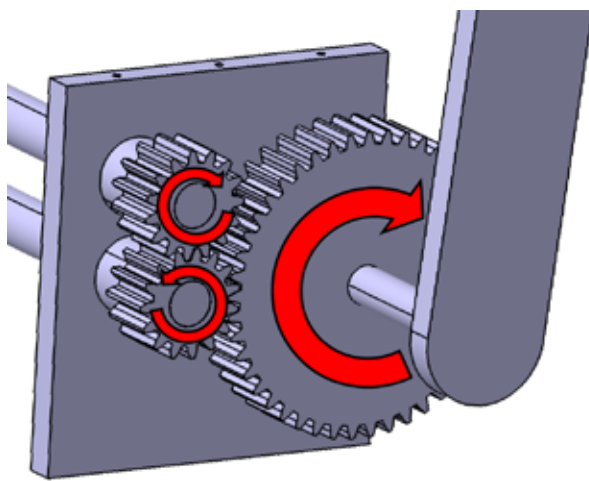


Abb. 24: Zahnradgetriebe des Kurbelmechanismus (Boberg & Kötting, 2019) (Quelle: Brosius et al., 2020)

Für die Bedienung wurden entsprechende Kraftaufwände, die normativ für Markisen vorgegeben sind, berücksichtigt. Durch die Übersetzung der Zahnräder wird das Ausfahren der Räder mit 20 Umdrehungen der Kurbel möglich (s. Abb. 24 und 25, S. 60).

Standfestigkeit der Konstruktion

Da das Tor neben der Standfestigkeit in der Nutzung auch im Transport eine Standfestigkeit gewährleisten soll, werden separate Berechnungen für beide Szenarien durchgeführt. Durch die aufwendigere Konstruktion des seitlichen Bodenrahmens ist weniger Gegengewicht im hinteren Bodenrahmen notwendig; dadurch verschiebt sich jedoch der Schwerpunkt im Vergleich zum ursprünglichen Gegengewicht.

Der Transport findet durch ein Ziehen oder Schieben am Pfosten statt, je nach Richtung des Verfahrens. Bei Ziehen des Tores am Pfosten ist die Standfestigkeit rechnerisch gegeben, ein Schieben garantiert jedoch insofern keine Standfestigkeit, dass der Drehpunkt am Hinterrad näher am Gegengewicht im hinteren Bodenrahmen liegt und ein Kippen auf diesen möglich

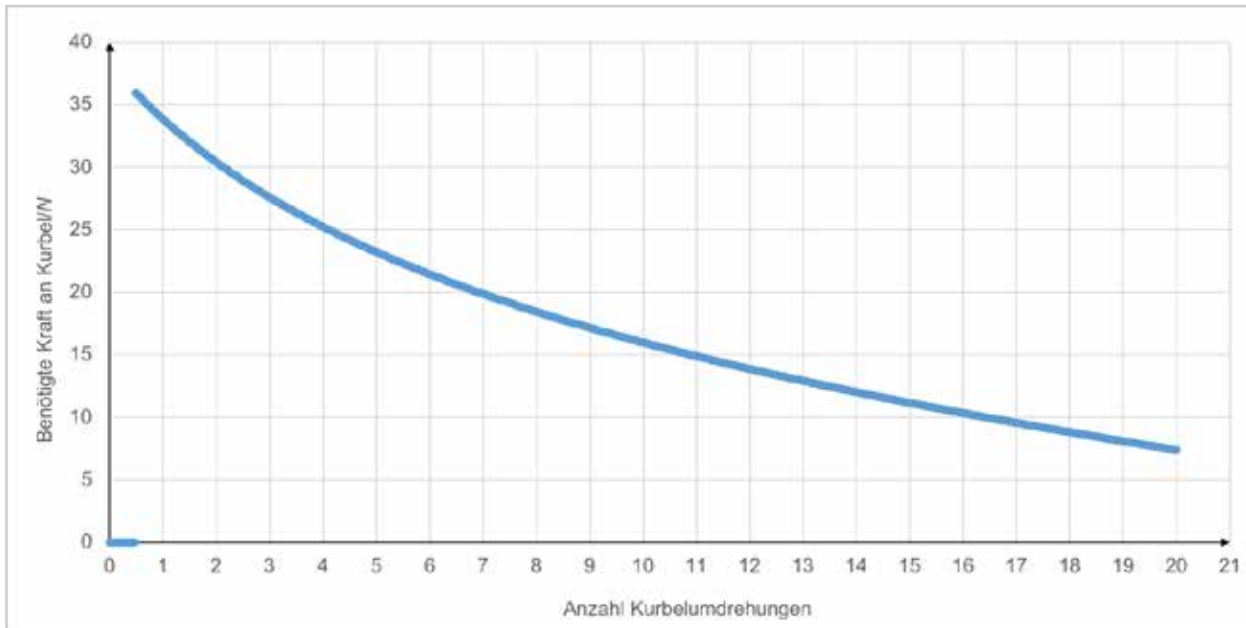


Abb. 25: Kraftaufwand pro Kurbelumdrehung (Boberg, Kötting, 2019)

wäre. Diesem Fall werden allerdings blockierte Hinterräder vorausgesetzt, die bei starren Räder ohne Bremsvorrichtung nicht auftreten sollten (Brosius et al., 2020).

Umsetzung Prototyp

Auf Grundlage der Konzeption und der weiterführenden technischen Zeichnungen wurde in Zusammenarbeit mit Schäper Sportgerätebau GmbH ein Prototyp gebaut (s. Abb. 26).

Dieser ist nicht als serienreifes Produkt anzusehen, hat sich jedoch bei Test auf dem Gelände der Hochschule Osnabrück in seiner Funktionalität bewiesen. Besonders die Möglichkeit, das Tor 360° auf der Stelle drehen zu können, erwies sich als sehr praktisch.



Abb. 26: Prototyp auf dem Campus Haste, Hochschule Osnabrück

8 Fazit

Die Sicherheit im Umgang mit freistehenden Fußballtoren ist in Deutschland immer noch ein gegenwärtiges Thema. Trotz weiterer Hinweise und Broschüren seitens Bundes- und Landessportbünden sind seit der ersten Empfehlung der SMK in den letzten 20 Jahren immer wieder Unfälle mit freistehenden Toren geschehen. Überwiegender Grund waren die nicht ausreichende Kippsicherheit und eine nicht ordnungsgemäße Lagerung und Sicherung der Tore auf der Sportfreianlage, die zu einer bestimmungsfremden Nutzung führten.

Das Problem der nicht ordnungsgemäßen Lagerung ist vor allem in Sicherheitszonen um das Spielfeld ein Sicherheitsmangel, aber kommt dann eine nicht ausreichende Standfestigkeit dazu, entsteht ein schwerwiegender Sicherheitsmangel, der umgehend zu beseitigen ist, bevor die Anlage genutzt werden kann.

Im Verlauf der Projektbearbeitung stellte sich heraus, dass nicht allein durch die Entwicklung einer Konstruktion eines sicheren freistehenden Ballspieltors der Umgang in Nutzung und Transport sicherer gestaltet werden kann. Die Sicherheit von freistehenden Toren wird durch eine Vielfalt von Faktoren beeinflusst. Insbesondere die Handhabung und der praktische Umgang mit den Toren selbst ist bei einer ganzheitlichen Betrachtung der Sicherheit im Fußballsport einzubeziehen.

Verantwortung in der Planung

Schon in der Planungsphase ist für die Lagerung freistehender Tore nicht nur ausreichend Fläche zu berücksichtigen, um die Tore sicher zu lagern und zwischen Nutzungsort und Lagerort sicher transportieren zu können. Es sind auch genügend Auslasstore oder Ausbuchtungen in der Barriere vorzusehen, die es den Übungsleitern bzw. -leiterinnen ermöglichen, die Tore nach jedem Training und Spiel an ihren ordnungsgemäßen Lagerort zurückzubringen.

Wichtig ist auch, dass nicht mehr mobile Trainingstore angeschafft werden, als es sichere Abstellplätze auf der Sportanlage gibt. Daraus ergibt sich, dass schon sehr frühzeitig in der Planung die maximale Zahl von freistehenden Trainingstoren festgelegt werden muss.

Um zukünftig Auslasstore und Ausbuchtungen in Barrieren oder anderweitige Lagerorte zur Verfügung stellen zu können, sind diese in DIN 18035-1 unter Planungsgrundsätzen aufzunehmen. Es wird zwar erwähnt, dass für die Lagerung von Sportgeräten in Anzahl und Größe ausreichende Lagerräume eingeplant werden müssen, hier ist aber konkreter zu formulieren, in welcher Anzahl und in welcher Entfernung zum Einsatzort diese ausgestaltet werden können.

Konstruktive Anpassungen

Die neu errechneten Werte zur Prüfung der Standfestigkeit und konstruktiven Festigkeit liegen relativ nah an den bisherigen Prüfwerten. Trotzdem ist eine wissenschaftliche Begründung der zu verwendenden Kräfte für die Festigkeitsprüfungen für die europäische Normung angemessen anstelle eines Schätzwerts, der sich im Laufe der Normenentwicklung durchgesetzt hat, aber nicht nachvollziehbar ist.

Ebenfalls sind bei Prüfverfahren, in denen Annahmewerte menschlicher Gegebenheiten wie der Körpermasse die Grundlage bilden, die in der Normung genannten Werte stetig dem Wandel demografischer und körperlicher Angaben anzupassen.

Da sich die Tornormung auf europäischer Ebene in einem Umbruch befindet, sind diese Veränderungen in DIN EN 748 und DIN EN 16579 einzupflegen, um eine Erfüllung aller der aktuellen Normung entsprechenden Anforderungen beim Einsatz neuer Tore gewährleisten zu können. Insbesondere ist bei zukünftigen Konstruktionen des Typs 4 ist auf die Gesamtmasse des Tores zu achten, da diese die Mobilität einschränken kann. Konkrete Vorschläge dazu sind in Tab. 14 dargestellt. Die rot dargestellten Zeilen sollten zukünftig nicht mehr auf Spielfeldern anzutreffen sein, da diese eine unnötig große Masse erfordern, was die Mobilität sehr deutlich einschränkt.

Tab. 14: Gesamtmassen bei neu errechneten notwendigen Belastungsmassen

Torgröße (l x h)	Auslage	notwendige Belastungsmasse	Gesamtmasse Tor
7,32 x 2,44 m	1,2 m ¹⁾	170 kg	235 kg
	1,5 m	135 kg	205 kg
	2 m	95 kg	170 kg
5 x 2 m	1 m ¹⁾	170 kg	220 kg
	1,2 m ¹⁾	140 kg	195 kg
	1,5 m	110 kg	165 kg
	2 m	80 kg	140 kg

¹⁾ Torauslagen $\leq 1,2$ m werden nicht empfohlen, da das Gesamtgewicht der Tore zu groß ist

Die Auslage ist deshalb so lang wie möglich zu wählen, vor allem bei den großen Trainingstoren, bei denen auch bei einer Auslage von 1,50 m die 200 kg knapp überschritten werden. Die zusätzliche Fläche, die durch längere Auslagen für das Tor bei der Nutzung und Lagerung benötigt wird (max. 2,0 m tief), ist bei eingehaltenen Sicherheitszonen um das Spielfeld und entsprechenden Lagerflächen gegeben.

Der im Projekt entwickelte Prototyp gilt als eine erste Inspiration, um weitere Innovationen auf den Weg zu bringen. Empfohlen werden weitere Entwicklungsschritte mit weiteren praktischen Einsätzen und anschließenden Nutzerbefragungen, um eine Serienreife der konstruktionstechnischen Entwicklung zu erreichen. Inwieweit die konstruktionstechnischen Lösungsansätze auf andere Ballspieltore übertragen werden können, ist zu prüfen.

Verantwortung im Umgang

Es gibt in Deutschland viele Sportfreianlagen mit alten, selten bis nicht gewarteten Toren, und nicht überall sind finanzielle Mittel vorhanden, die Ausstattung aufzurüsten. Gerade in solchen Fällen haben Betreibende und vor Ort tätige Personen wie die Übungsleitung oder Platzwartung eine besondere hohe Verantwortung und müssen dafür Sorge tragen, dass Gefahrenstellen wie brüchige, nicht kippstabile Tore entfernt werden und durch eine regelmäßige Wartung die Nutzungsdauer vorhandener Tore verlängert werden kann.

Die Einführung von im Trainings- und Spielbetrieb verantwortlichen Personen in einen sicheren Umgang mit Ballspieltoren sowie eine regelmäßige Auffrischung durch kurze Schuleinheiten ist als zusätzliche präventive Maßnahme einzusetzen. Genauso sollten die Jugendlichen und Erwachsenen, welche die Tore im Training nutzen, über einen sicheren, verantwortungsbewussten Umgang aufgeklärt werden. Auch die Einführung eines Sicherheitsmanagements mit wiederkehrenden Inspektionen erhöht die Qualität einer verkehrssicheren Sportfreianlage. Dies kann durch die Einführung einer Art Prüfplakette unterstützt werden, die ähnlich der Hauptuntersuchung bei Fahrzeugen anzeigt, wann geprüft wurde und wann erneut zu prüfen ist.

Der Umgang mit freistehenden Toren wird sicherer gestaltet, wenn einerseits geeignete Lagerflächen zur Verfügung stehen und andererseits die Standfestigkeit gewährleistet ist. Die Berücksichtigung von Lagerflächen liegt grundsätzlich in der Verantwortlichkeit der Planung einer Sportfreianlage. Doch auch wenn geeignete Flächen zur Verfügung stehen, ist die Übungsleitung in der Verantwortung, diese ordnungsgemäß zu nutzen. Vor Nutzung der Anlage für Trainings- oder Spielbetrieb sind freistehende Tore Typ 4 auf ausreichend Standfestigkeit durch angebrachte Gegengewichte zu prüfen. Nach der Nutzung sind der ordnungsgemäße Transport und die Lagerung zu beaufsichtigen und zu prüfen, damit es nicht zu Unfällen außerhalb der Nutzung kommt.

9 Literatur

- Amtshaftung: Anforderung an die Verkehrssicherungspflicht einer Gemeinde für mobile Fußballtore auf öffentlichen Bolzplätzen, 11 U 71/10, SchlHA 137 (OLG Schleswig-Holstein 25. Oktober 2011). <https://www.juris.de/perma?d=KORE230442011>
- American Society for Testing and Materials (ASTM) (2014). *Standard Safety and Performance Specification for Soccer Goals (F2950-14)*. ASTM International.
- BFGW. (Mai 2015). *Aktuelle Urteile zur Haftung von Übungsleitern: Jährliche Sportstätten-Inspektionen vermindern das Haftungsrisiko* [Press release]. Köln. <https://www.bfgw.de/publikationen-downloadcenter/>
- Boberg, D., & Kötting, L. (2019). *Konzept für ein mobiles, standsicheres Fußballtor* [Bericht semesterbegleitendes Projekt]. Hochschule Osnabrück.
- Brosius, L., Czernecki, M. & Möller, M. (2020). *Mobiles Fußballtor* [Bericht semesterbegleitendes Projekt]. Hochschule Osnabrück, Osnabrück.
- British Standards Institution. (06.2009). *Goals for youth football, futsal, mini-soccer and small-sided football - Specification*. BSI.
- Carosi, J. (2019). *History of Goal Posts*. Granville District Football Referees Association. http://gdfra.org.au/history_of_goalposts.htm
- CPSC. (2014). *Guidelines for Movable Soccer Goals*. <https://www.cpsc.gov/safety-education/safety-guides/sports-fitness-and-recreation/guidelines-movable-soccer-goals>
- Deutsches Institut für Normung e. V. (2019). *DIN-Normenausschuss Sport- und Freizeitgerät (NASport): NA 112-01-02 AA Turngeräte, Matten und Spielfeldgeräte*. <https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nasport/nationale-gremien/wdc-grem:din21:54765492>
- DFB (2020). *Verkehrssicherheit auf dem Sportplatz: Schwerpunkt mobile Tore*. https://assets.dfb.de/uploads/000/219/590/original_Verkehrssicherheit_Sportplatz_Mobile_Tore_2020.pdf?1582741156
- DGUV (2016). *Vergleich von CE-Kennzeichnung und Prüfzeichen*. https://www.dguv.de/medien/dguv-test-medien/_pdf_zip_doc_ppt/dguv_test_info/03_dguv_test_info.pdf
- DGUV (2019). *Sportstätten und Sportgeräte: Hinweise zur Sicherheit und Prüfung*. <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/1406>
- DIN Arbeitsausschuss NA 112-08-05 AA (2021). *Normung der „Risikobeurteilung für Sport und andere Freizeitanlagen und -geräte“*. <https://www.spielgeraete-sport.de/de/normung-der-risikobeurteilung-fuer-sport-und-andere-freizeitanlagen-und-geraete--256996>
- DIN CEN ISO/TR 7250-2:2013-08). *Wesentliche Maße des menschlichen Körpers für die technische Gestaltung – Teil 2: Anthropometrische Datenbanken einzelner nationaler Bevölkerungen (ISO/TR 7250-2:2010 + Amd 1:2013): Deutsche Fassung GEN ISO/TR 7250-2:2011 + A1:2013 (DIN CEN ISO/TR 7250-2)*. Beuth Verlag GmbH.
- DIN EN 16579:2020-01. *Spielfeldgeräte – Ortsveränderliche und standortgebundene Tore – Funktionale und sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfverfahren: Deutsche Fassung EN 16579:2018+AC:2019 (DIN EN 16579)*. Beuth Verlag GmbH.
- DIN 33402-2:2020-12. *Ergonomie - Körpermaße des Menschen - Teil 2: Werte (DIN 33402-2)*. Beuth Verlag GmbH.
- FLL (2014). *Sportplatzpflegerichtlinien: Richtlinien für die Pflege und Nutzung von Sportanlagen im Freien; Planungsgrundsätze (2. Ausgabe)*.
- Katthage, J., & Thieme-Hack, M. (2013). *Sportanlagen als Abenteuerspielplatz: Welchen Risiken und Gefahren verbergen sich auf einer Sportanlage im Freien? Stadt+Grün, 9, 49-54*.
- SFV e. V. (2017). *Fußballtore: Tipps zur Aufstellung, Nutzung und Sicherheit*. <https://www.sfv-online.de/fileadmin/content/PDFs/Publikationen/20180220-Tore-28Seiten-web.pdf>
- SMK. (2002). *Tore müssen fallen – nicht umfallen: Empfehlung der Sportministerkonferenz über den sicheren Umgang mit Ballspiel-toren*.

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiPk_3a1ovjAhWBb1AKHXI6ANgQFjAAegQIABAC&url=https%3A%2F%2Fwww.bfgw.de%2Fapp%2Fdownload%2F5784407284%2FSicherer_Umgang_m._Ballspieltoren_Tore_m%25C3%25BCssen_fallennich%2BISO.pdf&usg=AOvVaw0LvvkWJsy_-jzmU-loDQCib

Sportjugend Hessen. (2017). *Aufsichtspflicht/ Verkehrssicherungspflicht: Unfall mit Fußballtor.*

https://www.sportjugend-hessen.de/fileadmin/media/information_service/infothek/A/Aufsichtspflicht-Unfall_mit_Fussballtor.pdf

Verkehrssicherungspflicht des Sportplatzbetreibers: Umstürzen von Kleinfeldtoren, 9 U 211/93, NJW-RR 1995, 984-985 984, SpuRt 1996, 173-174 (1995).

<https://www.juris.de/perma?d=KORE543129500>

Danksagung

Einen herzlichen Dank für die Mitarbeit im wissenschaftlichen Beirat, an die Kooperationspartner und die vielen Anregungen und Impulse auf den Beiratssitzungen.

AG Sportstätten

Arbeitsgemeinschaft Deutscher Sportämter (ADS)

Artec Sportgeräte

Bundesinstitut für Sportwissenschaft

Bundesverband Garten-, Landschafts- und Sportplatzbau (BGL)

Deutscher Fußballbund (DFB)

Deutscher Olympischer Sportbund (DOSB)

Fakultät Ingenieurwissenschaften und Informatik, Hochschule Osnabrück

Hochschule München

Labor Lehmacher | Schneider

Schäper Sportgeräte GmbH

Stiftung Sicherheit im Sport

Ulenberg • Illgas Landschaftsarchitekten

Universidad Católica San Antonio de Murcia

Universität Oldenburg

Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (VBG)

10Anhang

Beobachtungsbogen Seite 1

Ort: _____

Verein: _____

Wer trainiert: _____

Tabelle 1: Ausstattung der mobilen Tore

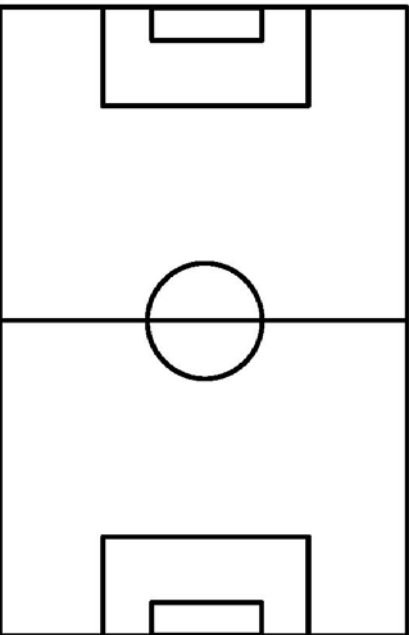
Tormaße	Anzahl in Stk.	Gewichte (in Stk.)				Räder						
		Integriert	Montierbar	Auflegbar	Boden- verankerung	Lufträder	Vollgummiräder	Polyamidräder	Keine			
l x h x a												
7,32 x 2,44 x 2,00												
7,32 x 2,44 x 1,50												
5,00 x 2,00 x 2,00												
5,00 x 2,00 x 1,50												
5,00 x 2,00 x 1,00												
3,00 x 2,00 x 2,00												
3,00 x 2,00 x 1,50												
3,00 x 2,00 x 1,00												

Beobachtungsbogen Seite 2, Tabelle 2: Umgang mit mobilen Toren

Tormasse	Anzahl	Transport					Lagerung					
		in Stk.	Jugendliche (Stk.)	Erwachsene (Stk.)	Getragen	Verfahren	Verschieben	Spielfeldrand	Buchten	Lagerplatz	Entfernung in m	
l x h x a												
7,32 x 2,44 x 2,00												
7,32 x 2,44 x 1,50												
5,00 x 2,00 x 2,00												
5,00 x 2,00 x 1,50												
5,00 x 2,00 x 1,00												
3,00 x 2,00 x 2,00												
3,00 x 2,00 x 1,50												
3,00 x 2,00 x 1,00												

Skizze zur Verortung der Tore in Nutzung und Lagerung:

- a. Aufstellung der mobilen Tore auf dem Spielfeld
- b. Lagerung der mobilen Tore
- c. Lage eventueller Hindernisse
- d. Transportweg l x h x a



Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 01</i>	21
Entwicklung der Prüfwerte von 1977 bis 2018	
<i>Tabelle 02</i>	22
Werte nach DFB 2020 (TÜV, 2007)	
<i>Tabelle 03</i>	24
Übersicht der Prüfverantwortlichkeiten (nach DGUV, 2019)	
<i>Tabelle 04</i>	24
Anforderungen an Auslagen in der britischen Normung (nach BS 8462, 2009)	
<i>Tabelle 05</i>	29
Ergebnisse der Beobachtungen zum Umgang mit freistehenden Toren	
<i>Tabelle 06</i>	31
Kriterien für die Mängelbewertung	
<i>Tabelle 07</i>	31
Ausgewertete Mängel nach Häufigkeit	
<i>Tabelle 08</i>	35
Belastungsmasse auf hinterem Bodenrahmen kurz vor Kippen des Tores	
<i>Tabelle 09</i>	36
Maximale Zugkraft bis Kippen der Tore ohne Gegengewicht	
<i>Tabelle 10</i>	38
Reaktionen der gewählten Tore Typ 4	
<i>Tabelle 11</i>	39
Höhe des Sicherheitspunkts und Winkel der Neigung des Torrahmens	
<i>Tabelle 12</i>	46
Vergleich und Ableitungen zwischen neu errechneten und bisherigen Prüfwerten	
<i>Tabelle 13</i>	48
Gegenüberstellung der geforderten Gegengewichte nach DFB 2020 und neu berechnete Werte	
<i>Tabelle 14</i>	62
Gesamtmassen bei neu errechneten notwendigen Belastungsmassen	

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 01</i>	18
Entwicklung der Tornormen	
<i>Abbildung 02</i>	19
Schemazeichnung eines freistehenden Tors (nach DIN EN 748)	
<i>Abbildung 03</i>	20
Integration des Gewichts im Bodenrahmen	
<i>Abbildung 04</i>	20
Nachträglich montiertes Gewicht	
<i>Abbildung 05</i>	32
Zusammenhang von Lagerung, Kippsicherheit und konstruktiver Festigkeit	
<i>Abbildung 06</i>	36
Versuchsaufbau orientiert an der amerikanischen Norm ASTM F2950-14	
<i>Abbildung 07</i>	37
Aufbau des Pendeltests auf dem Gelände von Schäper Sportgeräte Bau GmbH	
<i>Abbildung 08</i>	38
Prüfverfahren nach dem amerikanischen Balanced Goal Test (ASTM, 2014)	
<i>Abbildung 09</i>	43
Unterscheidung von Netzkonsole und -bügel in DIN 7900:1984-03	
<i>Abbildung 10</i>	45
Trigonometrische Abhängigkeiten der wirkenden Kräfte	
<i>Abbildung 11</i>	46
Schwerpunkt eines 7,32 x 2,44 m Tors mit variierender Auslage	
<i>Abbildung 12</i>	47
Veränderung der Schwerpunkttiefe je nach Auslage eines 7,32 x 2,44 m Tors	
<i>Abbildung 13</i>	47
Verhältnis der Schwerpunkttiefe zur Auslage bei 7,32 x 2,44 m Toren	
<i>Abbildung 14</i>	49
Masse verschiedener Tore je nach Auslage	
<i>Abbildung 15</i>	53
Hebelkonstruktion zum Transport (Eiles, 2019)	
<i>Abbildung 16</i>	53
Schwenkbares Gewicht	
<i>Abbildung 17</i>	54
In der Schweiz verwendete Konstruktion	
<i>Abbildung 18</i>	54
Hebelmechanismus aus GB	
<i>Abbildung 19</i>	54
Räder im Verlauf des Bodenrahmens (Breuing, 2020)	

<i>Abbildung 20</i>	55
Klappmechanismus aus den USA	
<i>Abbildung 21</i>	55
Konstruktion „Tutigool“ aus Spanien	
<i>Abbildung 22</i>	57
Scherensystem der beiden Räder im seitlichen Bodenrahmen (Boberg, Kötting, 2019)	
<i>Abbildung 23</i>	57
Klappen zur Montage des Mechanismus im seitlichen Bodenrahmen (Brosius et al., 2020)	
<i>Abbildung 24</i>	57
Zahnradgetriebe des Kurbelmechanismus (Boberg, Kötting, 2019)	
<i>Abbildung 25</i>	58
Kraftaufwand pro Kurbelumdrehung (Boberg, Kötting, 2019)	
<i>Abbildung 26</i>	58
Prototyp auf dem Campus Haste, Hochschule Osnabrück	

Prof. Martin Thieme-Hack Professor für „Baubetrieb im Landschaftsbau“ an der Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur der Hochschule Osnabrück. Seine Forschungsschwerpunkte betreffen die Themen des Landschaftsbaus, der Sportfreianlagen und der Grünflächen. Prof. Thieme-Hack ist Obmann und Mitglied in diversen Gremien unter anderem beim Deutschen Institut für Normung (DIN), dem Deutschen Vergabe- und Vertragsausschuss für Bauleistungen (DVA) und der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau (FLL).

Laura Hahn Wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur der Hochschule Osnabrück. Ihre Arbeitsschwerpunkte umfassen die Bereiche Sicherheit von Sportfreianlagen und Recycling von Kunststofffrasensystemen.

Thorsten Schmidt Wissenschaftliche Hilfskraft an der Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur der Hochschule Osnabrück zu dem Themenkomplex Sicherheit von Sportfreianlagen.

Die Forschenden zum Projekt „Sicherheitstor (SiTor) – Entwicklung eines standsicheren, leicht zu transportierenden, freistehenden Ballspieltors“ haben sich mit einem sicheren Umgang freistehender Fußballtore in der Praxis befasst und nennen Empfehlungen zur Normung und konstruktionstechnischen Entwicklung freistehender Tore mit Gegengewichten.

Anlass zum Forschungsprojekt sind Beobachtungen in der Praxis zu Unfällen mit freistehenden Toren, zur nicht ordnungsgemäßen Lagerung und zur nicht ausreichenden Standfestigkeit von verwendeten Fußballtoren.

Die Forschenden untersuchen die Standfestigkeit der Konstruktion der Tore und überprüfen die Vorgaben zur Standfestigkeit in der Normung, so dass sie auf Grundlage von eigenen Berechnungen neue Empfehlungen für die Gegengewichte geben können. Um den Transport der Tore mit Gegengewichten zu vereinfachen, wurde ein konstruktionstechnischer Lösungsansatz erarbeitet, der eine Radintegration im seitlichen Bodenrahmen vorsieht und über einen Kurbelmechanismus auszufahren ist. So ist kein Kippen der Tore zum Transport nötig, und durch die Lenkrollen ist ein Verschieben in verschiedene Richtungen möglich.

Bundesinstitut für Sportwissenschaft
Graurheindorfer Straße 198 · 53117 Bonn
Telefon +49 (0) 228 99 640-0000
Fax +49 (0) 228 99 640-9007
info@bisp.de
www.bisp.de

978-3-96523-052-1