

Statik-Set Erweiterung

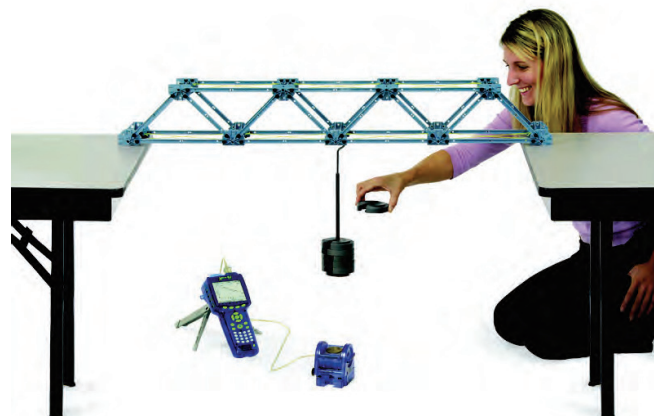
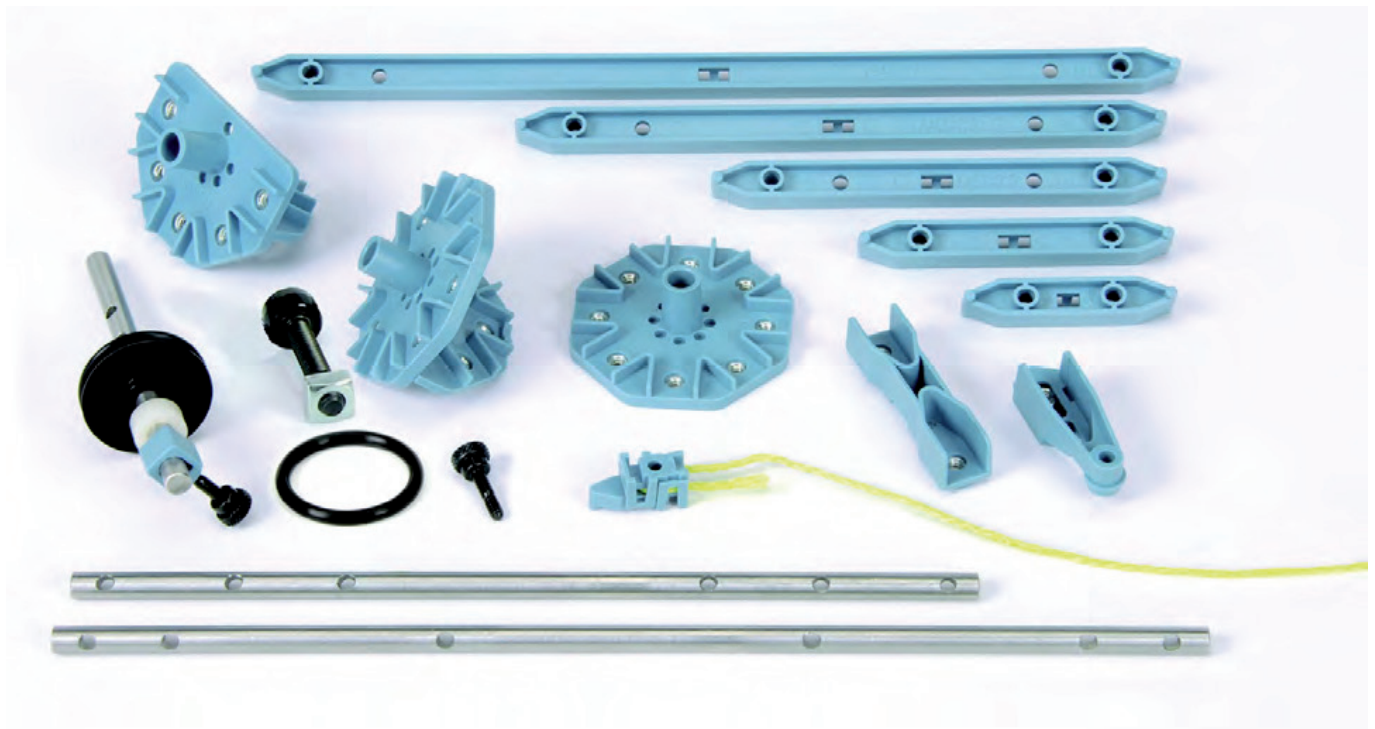
Best.-Nr. 109.1123

Dieser Erweiterungssatz ist eine Ergänzung zu folgenden Statik-Sätzen, ist jedoch auch für einfache Modelle ohne weitere Sätze einsetzbar:

Statik-Set Brückenbau
Statik-Set Grundausstattung

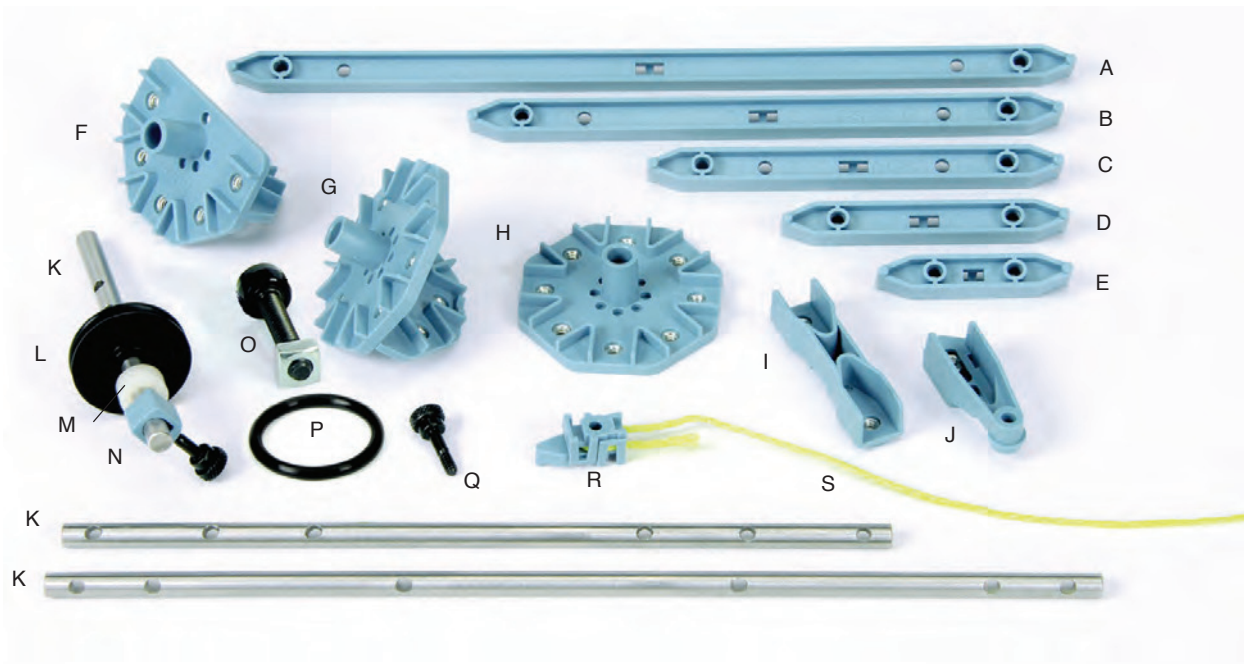
Best.-Nr.: 109.1122

Best.-Nr.: 109.1121



Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Lieferumfang | 3 |
| Empfohlenes Zubehör | 4 |
| Einführung..... | 4 |
| Konstruktionselemente | 4 |
| Einbau und Kalibrierung von Wägezellen | 5 |
| Eigenschaften der Doppel-T-Träger | 7 |
| Einfache Dreieckskonstruktionen..... | 7 |
| Fachwerk | 7 |
| Brückenkonstruktionen | 8 |
| Unterschiedliche Maßstäbe | 9 |
| Durchbiegung einer Brücke unter Last..... | 10 |
| Messung von statischen und dynamischen Belastungen | 11 |
| Kräfteverhältnisse an einem menschlichen Bein..... | 13 |
| Weitere technische Modelle | 14 |
| Weitere biomechanische Modelle..... | 16 |



| Abb. | Bezeichnung | Anzahl | Abb. | Bezeichnung | Anzahl |
|------|------------------------------|--------|------|---------------------------------|--------|
| (A) | #5-Träger 24 cm | 24 | (K) | Achsen (in 3 Längen, je 2 Stk.) | 6 |
| (B) | #4-Träger 17 cm | 54 | (L) | Rolle | 12 |
| (C) | #3-Träger 11.5 cm | 54 | (M) | Distanzhülse | 12 |
| (D) | #2-Träger 8 cm | 24 | (N) | Klemmhülse | 24 |
| (E) | #1-Träger 5,5 cm | 24 | (O) | Klemmmutter mit Schraube | 6 |
| (F) | 3D-Winkelverbinder, halbrund | 42 | (P) | O-Ring | 12 |
| (G) | 3D-Winkelverbinder, rund | 6 | (Q) | Rändelschrauben | 300 |
| (H) | 2D-Winkelverbinder, rund | 6 | (R) | Seil-Spannclip | 32 |
| (I) | gerader Verbinder für Träger | 24 | (S) | Rolle Schnur | 1 |
| (J) | Winkelverbinder für Träger | 24 | | Aufbewarungsbox (ohne Abb.) | 1 |

Empfohlenes Zubehör

| | |
|-------------------------------------|----------|
| Wägezellen mit Verstärker | 109.1050 |
| Wägezellenzelle, einzeln | 109.1120 |
| Statik-Set Grundausrüstung | 109.1121 |
| Statik-Set Brückenbau | 109.1122 |
| XPLORER -GLX oder | 104.1001 |
| Power-Link | 104.1003 |
| Data-Studio-Software (Einzellizenz) | 104.1007 |

| | |
|---------------------------------|----------|
| Hochlast-Scheibengewichtssatz | 109.1031 |
| Präzisions-Scheibengewichtssatz | 108.6487 |
| Ersatzachsen mit Zubehör | 109.1127 |
| Kraftplattform | 104.1016 |
| Kraftplattform (2-Achsen) | 104.2404 |

Einführung

Das „Statik-Set Erweiterung“ dient als Ergänzung für die beiden Basis-Sets Best.-Nr. 109.1121 (Grundausrüstung) und 109.1122 (Brückenbau). Es kann auch ohne die vorgenannten Basis-Zusammenstellungen für einfache Modelle eingesetzt werden.

Mit der **Grundausrüstung** können kleinere einfache Fachwerke gebaut werden. Das Set **Brückenbau** erlaubt die Konstruktion größerer Brückenmodelle (Hängebrücken, Fachwerkkonstruktionen) mit Fahrbahnmodellierungen.

Mit **Wägezellen** (Kraftmesszellen) können statische und dynamische Kräfte auch in komplexen Strukturen erfasst und ausgewertet werden. Die Verwendung erfordert einen Verstärker, an den sich max. 6 Messzellen anschließen lassen. Es können mehrere Verstärker parallel betrieben werden. Mit einem XPLORER-GLX können somit die Signale von max. 24 Wägezellen gleichzeitig ausgewertet werden.

Konstruktionselemente

Montage der Träger

Die Träger besitzen Passbohrungen und werden mit Rändelschrauben fixiert. Die Montage erfolgt ohne Schraubendreher oder anderen speziellen Werkzeugen einfach von Hand.

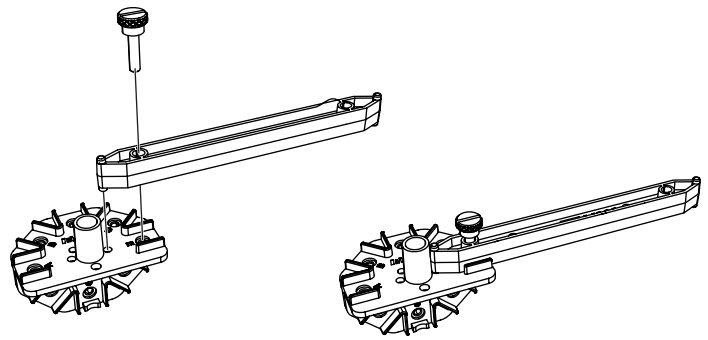


Abb. 1 Montage eines Trägers an einem Winkelverbinder

Montage von Seilen

Für die Montage von Seilen für Abspannungen oder die Montage von Hängebrücken werden Seil-Spannclips verwendet. Sie dienen zur Befestigung und dem Spannen von Seilen.

Sinnvollerweise sollten die Seile und Spanner vor einer Verbauung im Fachwerk vormontiert werden. Ein Seil-Spannclip besteht aus 2 Teilen (oben / unten). Fädeln Sie das Seil durch eine Seite in den Clip, wie in Abb. 2 gezeigt. Fädeln Sie anschließend das Seil durch die andere Seite so zurück (Abb. 3), dass es um die Bohrung für die Halteschraube herum läuft (Abb. 4). Nun kann der Clip mit dem vormontierten Seil verbaut werden. Die Fixierung des Seiles erfolgt durch Anziehen der Rändelmutter.



Abb. 2 Einfädeln des Seiles



Abb. 3 Rückfädeln des Seils



Abb. 4



Abb. 5 fertig konfigurierter Halter

Verbinder

3D-Winkelverbinder, halbrund

Der halbrunde Verbinder hat 8 Montageslots, bezeichnet mit (A) bis (H) zur Aufnahme von Doppel-T-Trägern.

3D-Winkelverbinder, rund

Der runde Verbinder hat 11 Montageslots, bezeichnet mit (A) bis (H), (X), (Y) und (Z) zur Aufnahme von Doppel-T-Trägern.

2D-Winkelverbinder, rund

Dieser runde Verbinder hat 11 Montageslots, bezeichnet mit (A) bis (E), (X), (Y) und (Z) zur Aufnahme von Doppel-T-Trägern.

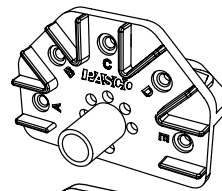
Gerader Verbinder für Träger

Mit den geraden Verbindern lassen sich lange Träger herstellen.

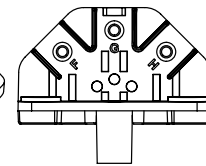
Winkelverbinder für Träger

Mit dem Winkelverbinder lassen sich von 45° und 90° abweichende Winkel konstruieren.

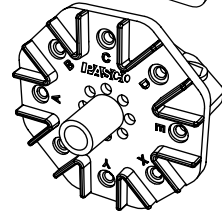
3D-Winkelverbinder
halbrund



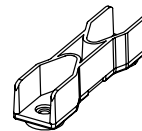
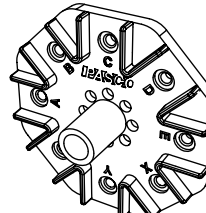
3D-Winkelverbinder
halbrund (Sicht von oben)



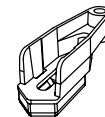
3D-Winkelverbinder
rund



2D-Winkelverbinder
rund



Gerader Verbinder
für Träger



Winkelverbinder für
Träger

Abb. 6 Verbinder

Achsen, Schnurrollen, Distanzhülsen und Klemmhülsen mit Schraube

Hinweis:

Die metrischen Angaben sind etwas „merkwürdig“, da die Komponenten nach US-Norm in inch gefertigt sind.

Achsen

im Lieferumfang sind je 2 Stk. Achsen in 3 Längen enthalten (10,4 cm, 21,3 cm und 26,6 cm) der Durchmesser der Achsen beträgt 6,35 mm (dies entspricht 0.250 inch).

Rollen

12 Rollen sind im Lieferumfang enthalten (Durchmesser 3,175 cm, Breite 5,58 mm). Nach Montage eines O-Ringes lassen sich die Rollen als Laufräder einsetzen.

Distanzhülsen

12 Distanzhülsen (Abmessung 6,35 x 12,5 x 6,35 mm).

Klemmhülsen

Die Klemmhülsen lassen sich mit Rändelmuttern auf den Achsen montieren. Sie dienen als axiale Fixierung der Rollen und Distanzhülsen.

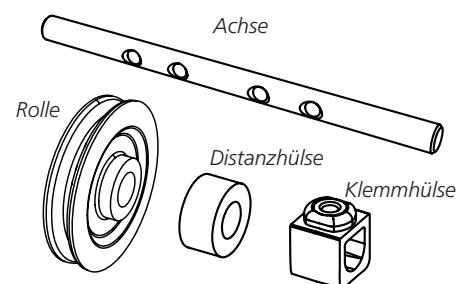


Abb. 7 Achsen mit Zubehör

Einbau von Wägezellen

Um Druck- und Zugkräfte in Strukturen zu messen, werden bestehende Doppel-T-Träger wie folgt durch die Wägezelle und zwei kürzere Träger ersetzt:

- #5-Träger = Wägezelle + 2 Stk. #3-Träger
- #4-Träger = Wägezelle + 2 Stk. #2-Träger
- #3-Träger = Wägezelle + 2 Stk. #1-Träger

Die Verbindung der Träger mit den Wägezellen erfolgt mithilfe der Rändelschrauben. (Abb. 8)

bei Verwendung der Wägezellen sollten die Verschraubungen nicht fest angezogen werden, damit die Kräfte momentenfrei gemessen werden können.

Bitte beachten Sie die Bedienungsanleitung der Wägezellen und des dazugehörigen Verstärkers beim Anschluss an das PASPORT-Datenerfassungsgerät.

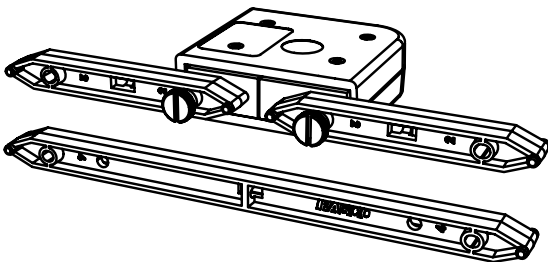


Abb. 8 Wägezelle mit einem #2-Trägern hat dieselbe Länge wie ein #4-Träger

Die Kalibrierung von Wägezellen

Die Wägezellen sind ab Werk kalibriert, eine Nachkalibrierung ist jederzeit möglich. Montieren sie hierzu eine Wägezelle gemäß nebenstehenden Aufbau und hängen ein Referenzgewicht an. Der Aufbau sollte mit einer Tischklemme gegen Herunterfallen gesichert werden. Beachten Sie, dass die Zelle auf Zug belastet ist, also mit einem negativen Vorzeichen behaftet ist.

Beispiel:

Hängen Sie ein Gewicht von 1,0 kg an, so ist die Wägezelle auf -9.8 N zu kalibrieren.

Beispiel: Brücke mit Kraftmesszellen

Die Brückenkonstruktion in Abb. 9 umfasst 6 Wägezellen. Als Last wurde ein Gewicht angehängt.

Gemessen werden Zug- und Druckkräfte. Die Masse wird so positioniert, dass die Druckkraft in einem der Füße 1N ist. Positive Werte sind Druckkräfte, negative Werte repräsentieren Zugkräfte. Wenn die Schrauben lose sind, so dass alle Kräfte momentenfrei wirken können, lassen sich theoretischen Betrachtungen messtechnisch verifizieren (Annahme, dass die resultierende Kraft in jedem Knoten gleich Null ist). Betrachtet man die am weitesten links liegenden Wägezellen, errechnet sich die Kraft der linken Diagonalstrebe (bei 45°):

$$\sqrt{(1,0\text{N})^2 + (1,0\text{N})^2} = 1,4\text{N}$$

Die Messung bestätigt somit die Theorie.

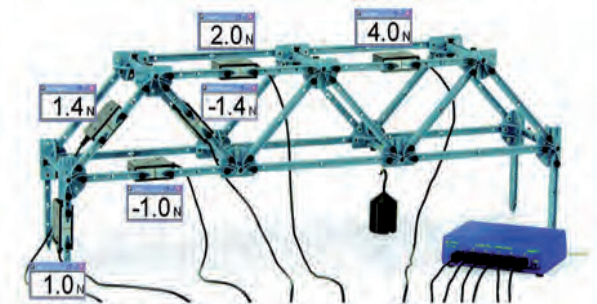


Abb. 9 Brückenkonstruktion mit Wägezellen

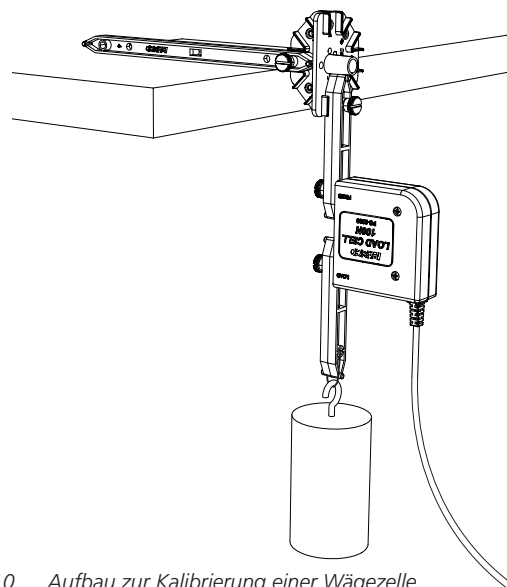


Abb. 10 Aufbau zur Kalibrierung einer Wägezelle

Eigenschaften eines Doppel-T-Träger

Abb. 11 zeigt die unterschiedliche Steifigkeit von Doppel-T-Trägern in X- und Y- Richtung.

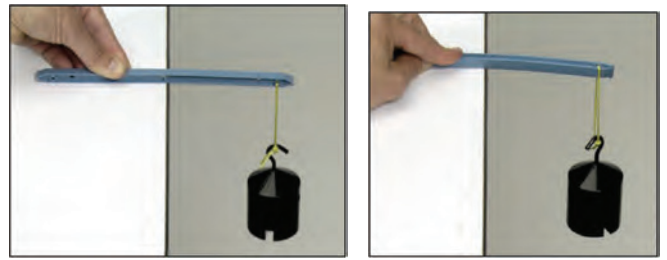


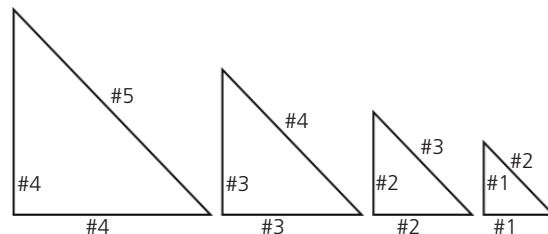
Abb. 11 Belastungen an einem Doppel-T-Träger

Einfache Dreieckskonstruktionen

Die meisten Fachwerk-Konstruktionen setzen sich aus gleichschenkligen Dreiecken zusammen. (Vgl. Abb. 12)



Abb. 12 mögliche Dreieckskonstruktionen (Foto: Dreieck aus #5 und zwei #4-Trägern). Es sind Gleichschenklige Dreiecke in 4 Größen konstruierbar.



Fachwerk-Konstruktionen

Giebelbalken-Fachwerk

Abb. 13 zeigt ein einfaches Giebelbalken-Fachwerk, aus #4- und #5-Trägern konstruiert, das mit einem Hängengewicht belastet wird.

Stellt bzw. legt man das Fachwerk auf den Tisch so lässt sich die unterschiedliche Steifigkeit in Abhängigkeit von der Belastungsrichtung der Trägerprofile untersuchen.

3D-Strukturen lassen sich durch Einfügen von #4-Träger konstruieren (vgl. Abb. 14), wobei Diagonalstreben die Gesamtsteifigkeit der Konstruktion erhöhen.

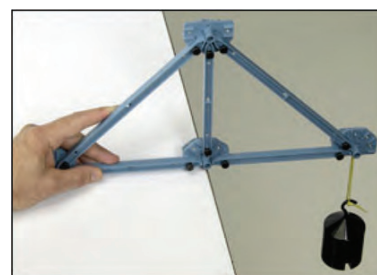
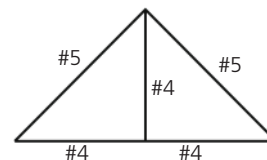


Abb. 13 einfaches Giebelbalken-Fachwerk

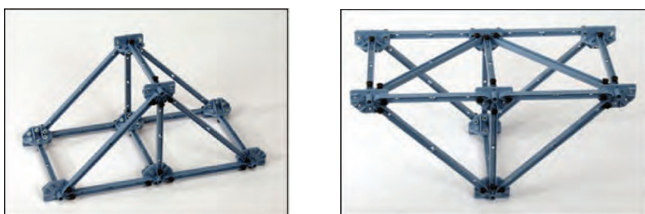


Abb. 14 Dreidimensionales Giebelbalken-Fachwerk (rechtes Modell mit Diagonalstreben).

Hängewerk

Abb. 15 zeigt ein typisches Hängewerk (engl. „Queen post truss“). Es ist ein Giebfachwerk mit einem kubischen Zwischenstück. Es lässt sich mit wahlweise auch mit Stützen versehen.

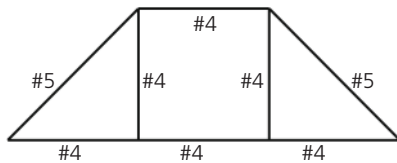
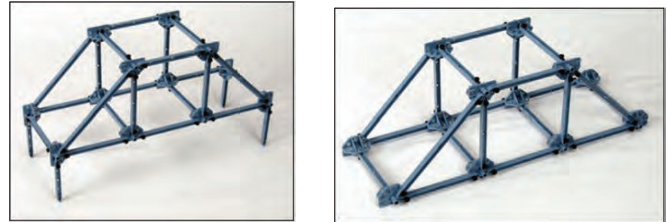


Abb. 15 Aufbau eines Hängewerkes



montierte Struktur mit und ohne Stützen

Dachtragwerk (Abb. 16)

Aus #4- und #5-Trägern lässt sich ein einfaches Dachtragwerk konstruieren (mit und ohne zusätzliche Stützen).

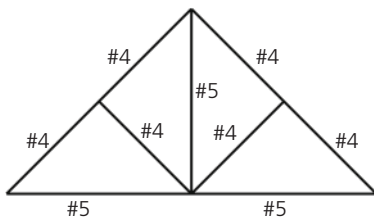
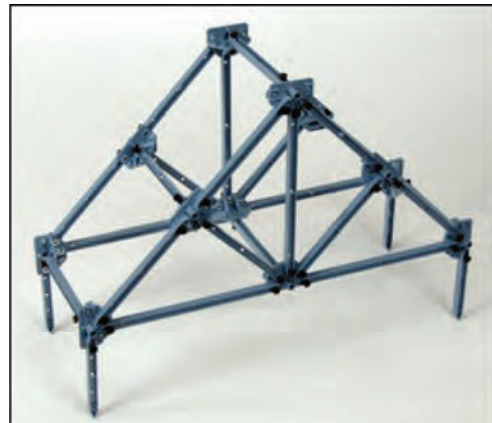


Abb. 16 Aufbau eines einfachen Dachtragwerkes



Brückenkonstruktionen

Abb. 17 zeigt 3 Versionen von Strebenfachwerken, wie sie im Brückenbau eingesetzt werden. Ein einfacher Strebenfachwerk-Typ ist zum Tragen einer Fahrbahn ungeeignet, deshalb werden zur Abstützung der Fahrbahn zusätzliche senkrechte Streben eingebracht. Weitere zusätzliche Streben erlauben eine weitere Fahrbahn auf einer (zweiten) oberen Trasse.



Abb. 17 Brückenkonstruktionen mit unterschiedlichem Strebenfachwerk



bei der Konstruktion freitragender Brückenkonstruktionen (Abb. 18) werden sinnvollerweise jeweils beide Seitenteile getrennt montiert. Anschließend verbinden sie diese mit den Querstreben (zuerst unten, dann oben). bei bedarf ergänzen Sie die Brücke mit senkrechten Füßen, um die Brücke frei aufzustellen.

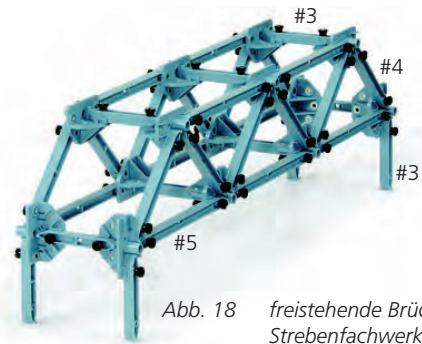


Abb. 18 freistehende Brücke als Strebenfachwerk

Unterschiedliche Maßstäbe

Mit den Bauteilen besteht die Möglichkeit Modelle in zwei Maßstäben zu konstruieren (Abb. 19).

Vergleichen Sie Brückenkonstruktionen, die sich aus kleinen Segmenten zusammensetzen mit solchen, die aus größeren Segmenten bestehen. Vergleichsmessungen mit Wägezellen führen zu folgender Erkenntnis: Wenn kleine und große Brücken aus derselben Anzahl von im mathematischen Sinne ähnlichen Fachwerken bestehen, wirken bei gleicher Belastung auf die Segmente der kleineren Brücke dieselben Kräfte wie bei der größeren Brücke. Um dieselbe Weite mit kleineren Segmenten zu überspannen, erhöht sich die Anzahl der Segmente. Jedes zusätzliche Segment ist höheren Kräften ausgesetzt.

Abb. 20 und 21 zeigen unterschiedliche Brücken. Untersuchen sie, wie sich die Kraftverteilung von einer einfachen Strebenfachwerkbrücke unterscheidet!

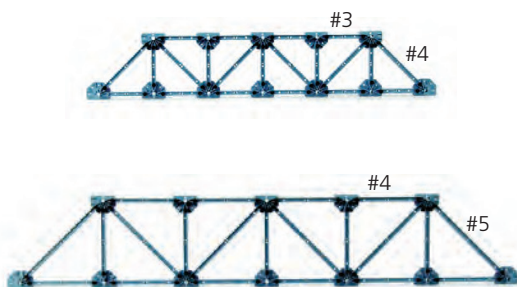


Abb. 19 Strebenfachwerk in zwei Maßstäben mit senkrechten Stützen

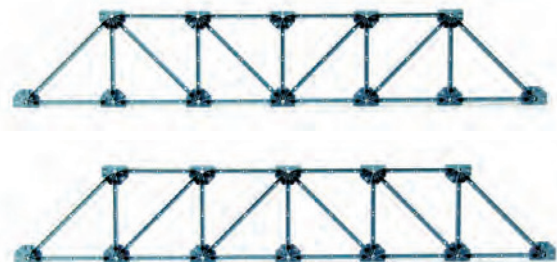


Abb. 20 Pratt'sches Fachwerk (oben) und Howe'sches Fachwerk (unten).

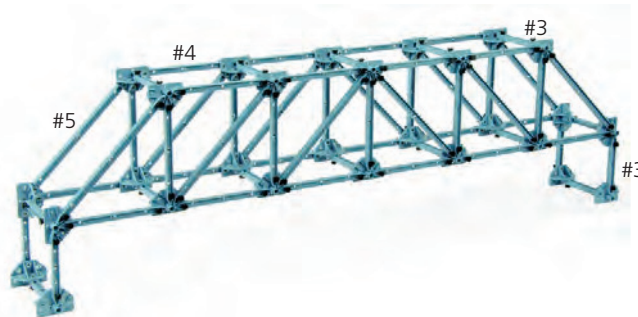


Abb. 21 Freistehende Howe'sche Brücke.

Durchbiegung einer Brücke unter Last

Da die Konstruktionselemente aus Kunststoff sind, genügen geringe Massen, um Last-Effekte zu veranschaulichen. Achten sie unbedingt darauf, dass Belastungen unter der Bruchgrenze des Kunststoffs liegen.

Messung der Durchbiegung mit einem Ultraschall-Bewegungssensor.

Abb. 22b zeigt den Aufbau. eine Brückenkonstruktion. Sie wird zwischen zwei Tischen gelagert und mit einem Hochlastscheibengewichtssatz sukzessive belastet. Der Abstand zwischen Boden und der Unterseite des Scheibengewichtsträger wird gemessen. Nach jedem Auflegen einer weiteren Gewichtsscheibe senkt sich die Konstruktion aufgrund der Durchbiegung. Mit der Datastudio-Software oder dem XPLOER GLX kann der lineare Zusammenhang zwischen Durchbiegung und Last nachgewiesen werden (Abb. 22a)

Erforderliches Zubehör:

- USB-Link (Best.-Nr. 104.1002) mit Datastudio (Best.-Nr. 104.1007) oder XPLOER GLX (Best.-Nr. 104.1001)
- 1 Ultraschall-Bewegungssensor (Best.-Nr. 104.1014)
- 1 Hochlast-scheibengewichtssatz - 5000g (Best.-Nr. 109.1031)

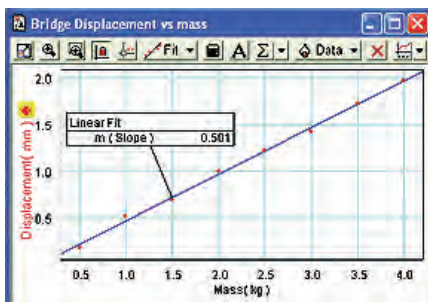


Abb. 22a Zusammenhang zwischen Durchbiegung und Last



Abb. 22b Messen der Brückenbelastung mit einem Bewegungssensor

Messung der Durchbiegung mit einem Ultraschall-Bewegungssensor.

Abb. 23b zeigt zwei Brückenkonstruktionen gleichen Typs, jedoch unterschiedlichen Maßstabs. Mit den Wägezellen werden die Kräfte in den unteren und oberen Längsstreben gemessen. Trotz gleicher Massen ergeben sich unterschiedliche Durchbiegungen.

Erforderliches Zubehör:

- XPLOER GLX (Best.-Nr. 104.1001)
- 4 Wägezellen mit Verstärker (Best.-Nr. 109.1050)
- 1 Ultraschall-Bewegungssensor (Best.-Nr. 104.1014)
- 1 Hochlast-scheibengewichtssatz - 5000g (Best.-Nr. 109.1031)

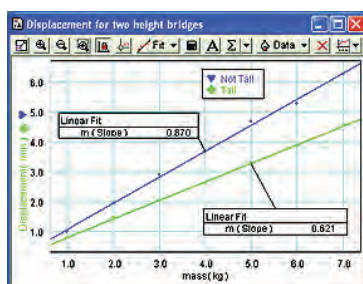


Abb. 22a Zusammenhang zwischen Durchbiegung und Last bei beiden Konstruktionen

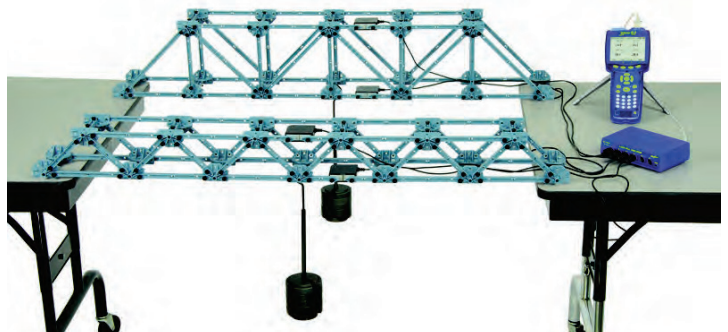


Abb. 23b Erfassen von Kräften bei unterschiedlich maßstäblichen Fachwerken

Messungen von statischen und dynamischen Belastungen

Untersuchung statischer Kräfte

Um statische Belastungen zuverlässig messen zu können, ist es notwendig, alle Schrauben in den Eckverbindern zu lösen. Das Fachwerk wird nur durch die Passungen gehalten. So ist gewährleistet, dass das Fachwerk momentenfrei ist und die Messwerte nicht durch Spannungskräfte verfälscht werden. Es lassen sich die gemessenen Werte mit den Berechnungen vergleichen. Abb. 24 zeigt exemplarisch ein Fachwerk mit 6 integrierten Wägezellen, die eine Analyse aller relevanten Druck- und Zugkräfte im Fachwerk erlaubt.

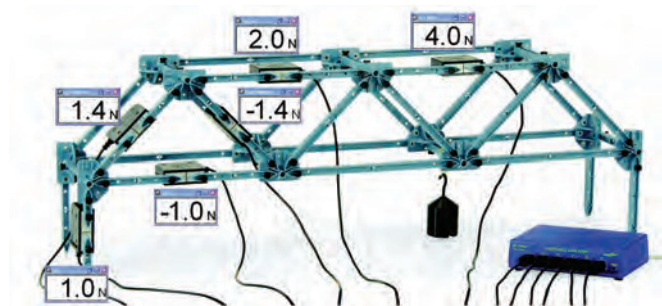


Abb. 24 Instrumentierte Brücke zur Analyse von Zug- und Druckkräften bei statischen Belastungen.

Untersuchung dynamische Kräfte

Kombiniert man eine instrumentierte Brückenkonstruktion mit einer Fahrbahn (z.B. Fahrbahn „Economy“-Best.-Nr. 108.6486) und bewegt einen mit Zusatzmasse beladener Fahrbahnwagen (z.B. PAScar - Best.-Nr. 104.1497), so lassen sich eindrucksvoll Simulationen von Brückenbelastungen durchführen (Abb. 25).

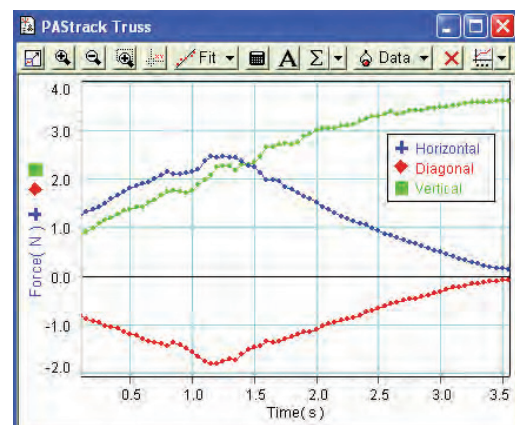
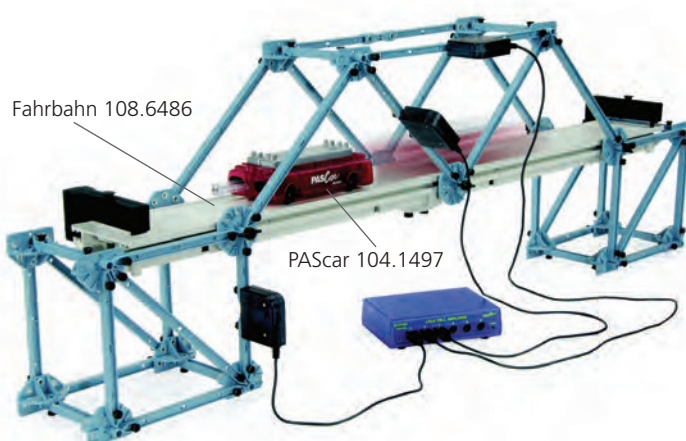


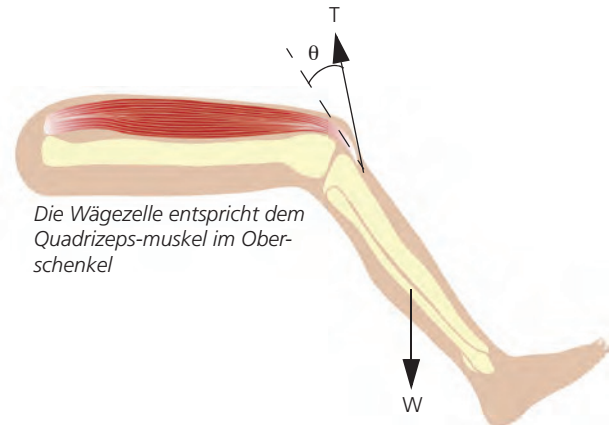
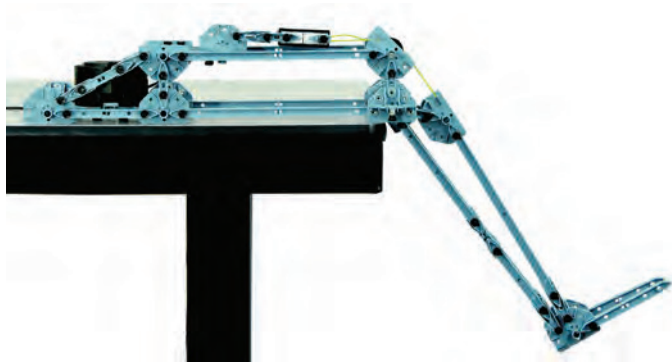
Abb. 25 Aufzeichnen von Kräften in Fachwerksegmenten, die beim Überqueren eines Fahrzeuges auftreten mit dem dazugehörigen Kraft-Zeit-Diagramm.

Kräfteverhältnisse bei einem menschlichen Bein

Das folgende Beispiel verdeutlicht die Kräfteverhältnisse, die an einem menschlichen Bein in unterschiedlichen Situationen auftreten.

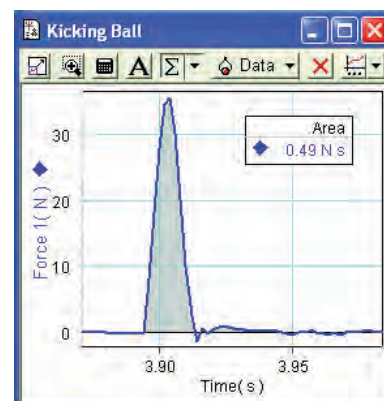
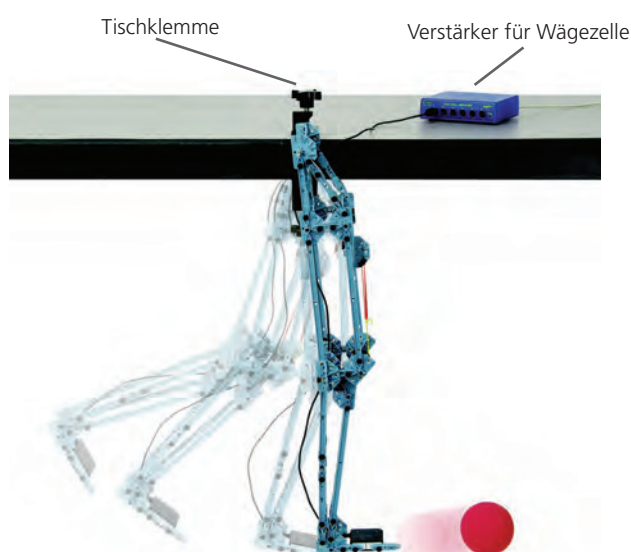
Kniebelastung

Es lassen sich direkt Kräfte messen, die bei unterschiedlichen Winkeln des Unterschenkels auftreten.



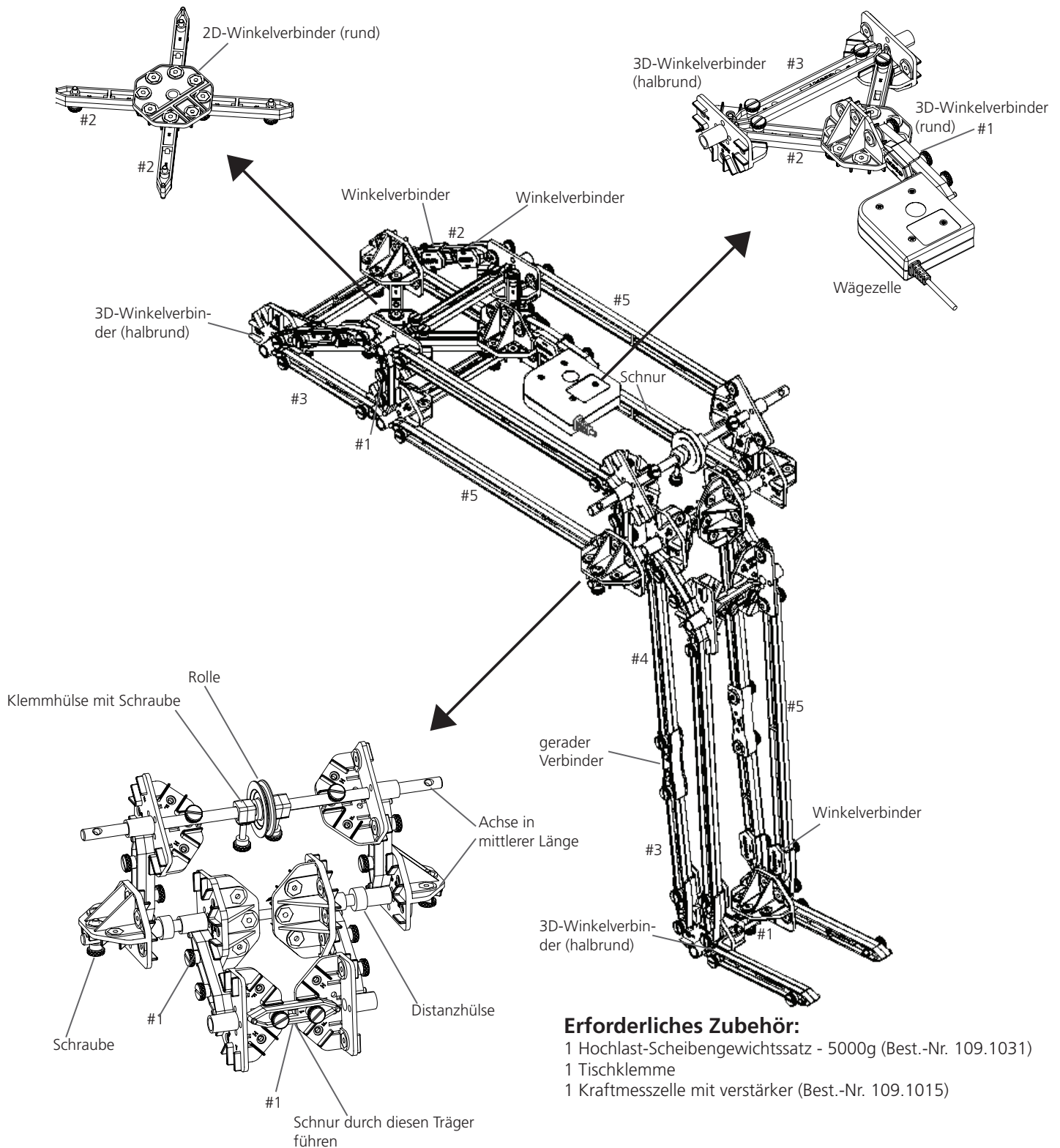
Abschießen eines Balles

befestigen Sie das Beinmodell mit einer Klemme am Tisch. Wird der Quadrizeps durch ein Gummiband modelliert, der an eine Wägezelle angreift, lässt sich der Kräfteverlauf aufzeichnen, der beim Abschießen eines Balles entsteht. Die Fläche unter der Zeit- / Kraftkurve entspricht exakt dem Impuls, der beim Abschuss auf den Ball wirkt.



Beinmodell

Die untenstehende Abbildung zeigt ein statisches Modell eines menschlichen Beines



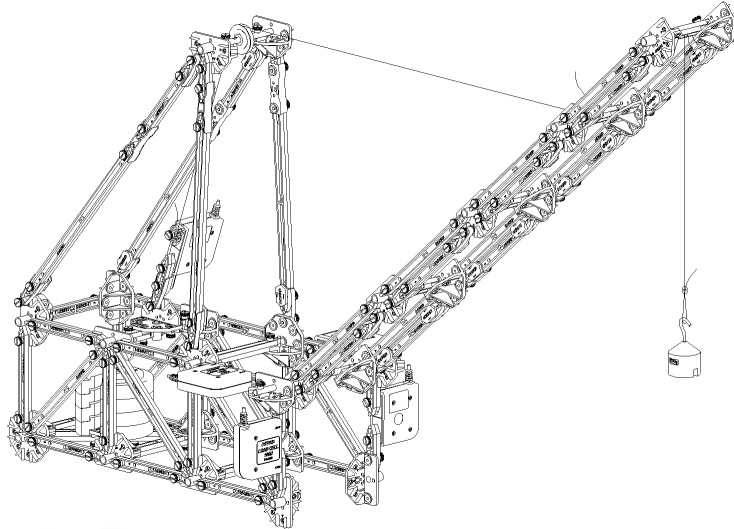
Erforderliches Zubehör:

- 1 Hochlast-Scheibengewichtssatz - 5000g (Best.-Nr. 109.1031)
- 1 Tischklemme
- 1 Kraftmesszelle mit verstärker (Best.-Nr. 109.1015)

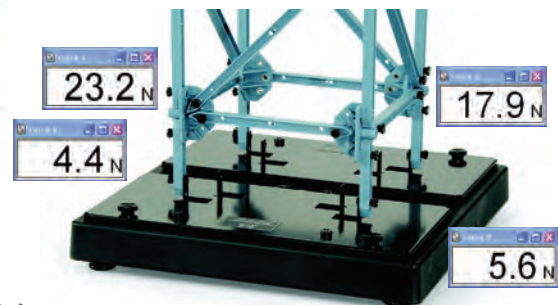
Weitere technische Modelle

Für weitere Modelle können Sie bei Conatex Aufbauanleitungen in engl. Sprache kostenlos bekommen:

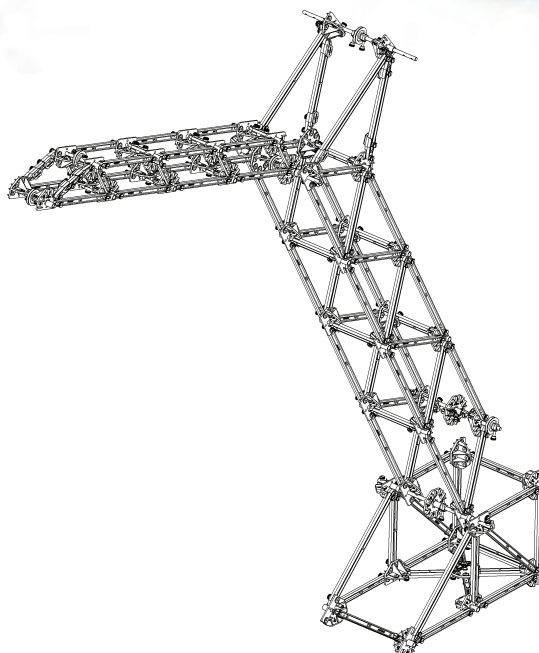
Auslegerkran (Derrickkran)



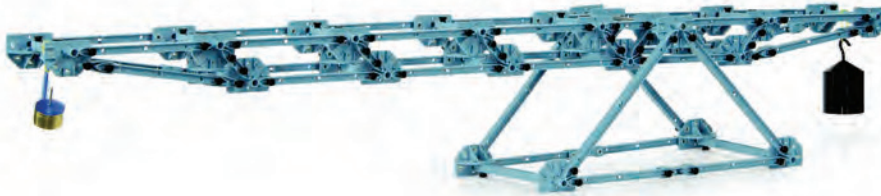
Turmkrane



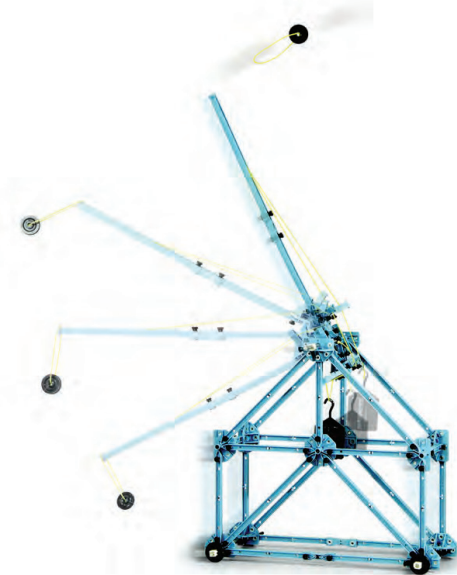
Kran mit Ellipsenlenker



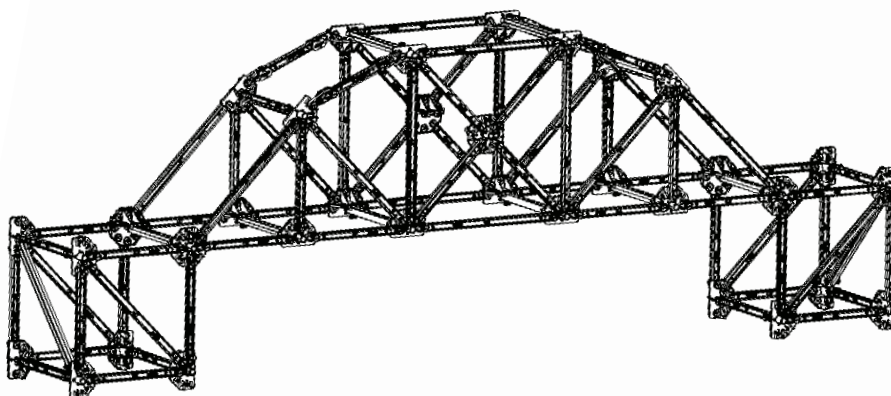
Wippe



Katapult



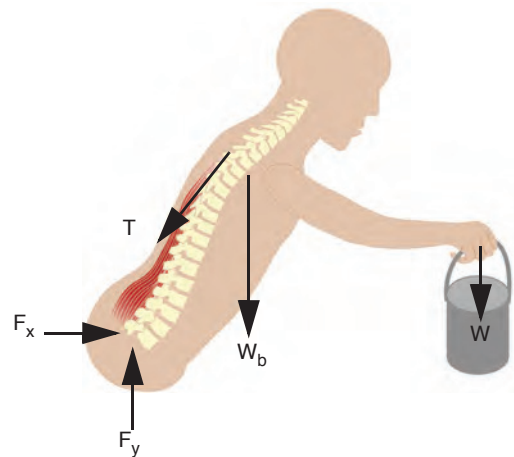
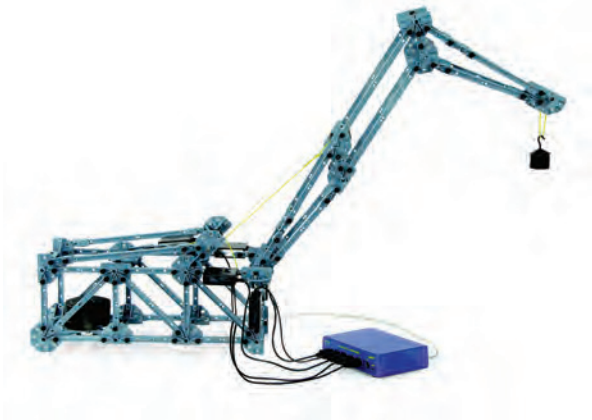
Bogenbrücke („Camelback Truss Bridge“)



Weitere biomechanische Modelle

Zu folgenden biomechanischen Modellen existieren ebenfalls Statische Konstruktionen, für die Sie Aufbauanleitungen bei Conatex kostenlos erhalten können:

Kräfteverhältnisse bei der menschlichen Wirbelsäule



Kräfteverhältnisse bei einem menschlichen Arm

