
TikZ Library for 3D Structural Analysis

Projekt

eingereicht am

Institut für Baustatik
der
Technischen Universität Graz
im
Oktober 2011

Verfasser: Jürgen Hackl
Betreuer: Dipl.-Ing. Bernhard Lindner

Inhaltsverzeichnis

1	Befehlsübersicht	1
2	Einleitung	5
2.1	Wie lese ich dieses Manual?	5
2.1.1	Noch ein paar Erklärungen	5
2.1.2	Weitere Hilfe	6
2.2	Installation	6
2.3	Weitere notwendige Packages	6
3	Elemente	7
3.1	Allgemeines zu den Elementen	7
3.1.1	Reihenfolge	7
3.1.2	Eingabe	7
3.1.3	Ebene und Räumliche Elemente	8
3.1.4	TikZ Umgebung	8
3.2	Die 3d Elemente	8
3.2.1	Punkte	8
3.2.2	Balken und Stäbe	9
3.2.3	Achsen	10
3.2.4	Lager	11
3.2.5	Gelenke	12
3.2.6	Einzellast	13
3.2.7	Linienlast	14
3.2.8	Schnittkraftverlauf	15
3.2.9	Abmessungen	16
3.2.10	Bezeichnungen	16
3.2.11	Zusätzliche Symbole	18
3.3	Nützliche TikZ Befehle	19
3.3.1	Orientierung von Textelementen	19
3.3.2	Gruppierung	20
3.3.3	setcoords	20
3.3.4	setaxis	20
3.3.5	showpoint	21
3.3.6	dscaling	21
4	Tutorial	23
4.1	Tragwerkskonstruktion	23
4.1.1	Start der Konstruktion	23
4.1.2	Vorbereitung	24
4.1.3	Punkte setzen	24
4.1.4	Die Konstruktion	25
4.1.5	Achsen für die Übersicht	25
4.1.6	Lager und Gelenke	26

4.1.7	Schnee auf der Konstruktion	26
4.1.8	Abmessung	27
4.1.9	Die fertige Konstruktion	27
4.1.10	Tragwerkskonstruktion samt Quellcode	28

1 Befehlsübersicht

```
\macroname{obligatory}{obligatory}{obligatory}[optional][optional];
```

Koordinaten definieren (siehe 3.3.3)

```
\setcoords{x-angle}{y-angle}[x-direction][y-direction][z-direction][z-angle]
```

Achsen definieren (siehe 3.3.4)

```
\setaxis{type}[optional][optional][optional][optional][optional][optional]
```

{1} Globale Achsen mit x, y, z und lokale Achsen mit x', y', z'
`\setaxis{1}`

{2} Globale Achsen mit X, Y, Z und lokale Achsen mit x, y, z
`\setaxis{2}`

{3} Globale und lokale Achsen selbst definieren
`\setaxis{3}[X-labelling][Y-labelling][Z-labelling][x-labelling][y-labelling][z-labelling]`

{4} Zeichenorientierung der lokalen Achse im Raum ändern
`\setaxis{4}[x-orientation][y-orientation][z-orientation];`

Punktinformationen anzeigen (siehe 3.3.5)

```
\showpoint
```

Skalieren (siehe 3.3.6)

```
\dscaling{type}{scaling_value};
```

{1} Skalieren der Punktabstände
`\dscaling{1}{scaling_value};`

{2} Skalieren der Lager und Gelenke
`\dscaling{2}{scaling_value};`

{3} Skalieren der Achsen
`\dscaling{3}{scaling_value};`

{4} Skalieren der Einzellasten und Linienlasten
`\dscaling{4}{scaling_value};`

{5} Skalieren der Bemaßung
`\dscaling{5}{scaling_value};`

{6} Skalieren der Addons
`\dscaling{6}{scaling_value};`

Punkte (siehe 3.2.1)

```
\dpoint{name}{x-coordiante}{y-coordiante}{z-coordinate};
```

Balken (siehe 3.2.2)

```
\dbeam{type}{initial point}{end point}[rounded initial point][rounded end point];
```

{1} Biegebalken
`\dbeam{1}{initial point}{end point}[rounded initial point][rounded end point];`

{2} Fachwerkstab
`\dbeam{2}{initial point}{end point}[rounded initial point][rounded end point];`

{3} Unsichtbarer Stab
`\dbeam{3}{initial point}{end point};`

Achsen (siehe 3.2.3)

```
\daxis{type}{obligatory}[optional][optional][optional][optional][optional][optional][optional];  
  
{1} Globale Achsen  
  \daxis{1}{insertion point}[X-orientation][Y-orientation][Z-orientation];  
  
{2} Lokale Achsen in einer Ebene  
  \daxis{2}{plane}[insertion point][end point][position][x-orientation][y-orientation]  
    [z-orientation][change y with z];  
  
{3} Lokale Achsen im Raum  
  \daxis{3}{rotation A}[insertion point][end point][position][rotation 1][rotation 2]  
    [rotation 3][rotation B];
```

Lager (siehe 3.2.4)

```
\dsupport{type}{insertion point}[optional][optional][optional][optional];  
  
{1} Festlager  
  \dsupport{1}{insertion point}[x-direction][y-direction][z-direction];  
  
{2} Einspannung  
  \dsupport{2}{insertion point}[plane];  
  
{3} Festlager für eine Gabellagerung  
  \dsupport{3}{insertion point}[x-direction][y-direction][z-direction];  
  
{4} Festlager mit Wegfedern  
  \dsupport{4}{insertion point}[x-direction][y-direction][z-direction];  
  
{5} Festlager für eine Gabellagerung mit Wegfedern  
  \dsupport{5}{insertion point}[x-direction][y-direction][z-direction];
```

Gelenke (siehe 3.2.5)

```
\dHINGE{type}{insertion point}[optional][optional][optional];  
  
{1} Vollgelenk  
  \dHINGE{1}{insertion point};  
  
{2} Halbgelenk  
  \dHINGE{2}{insertion point}[initial point][end point][orientation];  
  
{3} Gabellagerung  
  \dHINGE{3}{insertion point}[rotation];  
  
{4} Aussteifung der Ecken  
  \dHINGE{4}{insertion point}[initial point][end point];
```

Einzellast (siehe 3.2.6)

```
\dload{type}{insertion point}[rotation A][rotation B][load length][load distance];  
  
{1} Einzelkraft zum Einfügestpunkt  
  \dload{1}{insertion point}[rotation A][rotation B][load length][load distance];  
  
{2} Einzelkraft weg vom Einfügestpunkt  
  \dload{2}{insertion point}[rotation A][rotation B][load length][load distance];  
  
{3} Moment zum Einfügestpunkt  
  \dload{3}{insertion point}[rotation A][rotation B][load length][load distance];  
  
{4} Moment weg vom Einfügestpunkt  
  \dload{4}{insertion point}[rotation A][rotation B][load length][load distance];
```

Linienlast (siehe 3.2.7)

```
\dlineload{type}{obligatory}[optional]{initial point}{end point}[optional][optional][optional]  
  [optional];  
  
{1} Linienlast normal zur Stabachse  
  \dlineload{1}{plane}[plane distance]{initial point}{end point}[initial force value]  
    [end force value][force interval];  
  
{2} Linienlast normal zur Achse
```

```

\dlineload{2}{plane}[plane distance]{initial point}{end point}[initial force value]
[end force value][force interval];

{3} Linienlast projiziert auf den Stab
\dlineload{3}{plane}[plane distance]{initial point}{end point}[initial force value]
[end force value][lineload distance from initial point][force interval];

{4} Linienlast entlang der Stabachse
\dlineload{4}{plane}[plane distance]{initial point}{end point}[force interval]
[force length];

{5} Linienlast normal zur Stabachse im Raum
\dlineload{5}{rotation A}[rotation B]{initial point}{end point}[initial force value]
[end force value][force interval];

{6} Linienlast entlang der Stabachse im Raum
\dlineload{6}{rotation A}[rotation B]{initial point}{end point}[force interval]
[force length];

```

Schnittkraftverlauf (siehe 3.2.8)

```

\dinternalforces{plane}[plane distance]{initial point}{end point}{initial value}{end value}
[parabola height][color][bend position];

```

Bemaßungen (siehe 3.2.9)

```

\ddimensioning{plane}[plane distance]{initial point}{end point}{distance from point of origin}
[measure][help line length];

```

Bezeichnungen (siehe 3.2.10)

```

\dnotation{type}{insertion point}{obligatory}[optional][optional][optional][optional];

{1} Bezeichnung
\dnotation{1}{insertion point}{labelling}[orientation];

{2} Bezeichnung mit Strich am Punkt
\dnotation{2}{insertion point}{labelling}[orientation];

{3} Bezeichnung mit Strich auf der Linie
\dnotation{3}{initial point}{end point}[labelling][position][orientation];

{4} Bezeichnung mit Rechteck auf der Linie
\dnotation{4}{initial point}{end point}[labelling][position][orientation]
[text orientation];

{5} Bezeichnung auf der Linie
\dnotation{5}{initial point}{end point}[labelling][position][orientation]
[text orientation];

{6} Bezeichnung in einem Kreis
\dnotation{6}{insertion point}{labelling};

```

Zusätze (siehe 3.2.11)

```

\daddon{type}{plane}[plane distance]{obligatory}{obligatory}{obligatory}[optional];

{1} Symbol für parallele Stäbe
\daddon{1}{plane}[plane distance]{insertion point}{end point}{position};

{2} Symbol für Stäbe die normal aufeinander stehen
\daddon{2}{plane}[plane distance]{insertion point}{initial point}{end point}
[orientation];

{3} Winkelsymbol
\daddon{3}{plane}[plane distance]{insertion point}{initial point}{end point}
[orientation];

```


2 Einleitung

Die folgende Arbeit stellt ein Manual für die im Master Projekt erstellte Bibliothek von 3-dimensionalen baustatischen Symbolen dar. Diese Bibliothek wurde mit dem System PGF/TikZ erstellt und enthält dementsprechende Befehle aus den betreffenden Packages. Ebenso stellt diese Bibliothek eine Erweiterung der „TikZ Library for Structural Analysis“ dar. Jedoch sind umfassende Kenntnisse von TikZ so wie „TikZ Library for Structural Analysis“ nicht notwendig um die Bibliothek bedienen zu können. Falls die hier erwähnten Befehle nicht ausreichen, wird dem interessierten Leser das TikZ Manual von Till Tantau so wie das Manual der „TikZ Library for Structural Analysis“ nahe gelegt.

2.1 Wie lese ich dieses Manual?

Dieses Manual beschreibt die Anwendung der Elementbibliothek für 3-dimensionale baustatische Symbole. Um den Umgang mit diesen Elementen so einfach wie möglich zu gestalten und die Übersichtlichkeit beizubehalten wird analog wie bei dem „TikZ and PGF Manual“ mit dem Wesentlichsten begonnen (Befehlsliste, Elemente) und anschließend das „Drumherum“ erklärt. Am Schluss wird alles noch einmal kurz in einem Tutorial abgehandelt.

Wenn die entsprechenden Packages noch nicht installiert sind, sollte man vor Beginn sich das Kapitel Installation durchlesen.

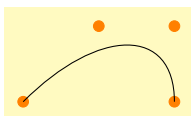
2.1.1 Noch ein paar Erklärungen

Sämtliche Bilder in diesem Manual wurden mit TikZ bzw. der Elementbibliothek erstellt. Der dafür verwendete Code wird zu jedem Bild angegeben.



```
\begin{tikzpicture}
\filldraw (-.2,.2) circle (2pt)
          (.2,.2) circle (2pt);
\draw (0,0) circle (5mm)
      (-.3,-.1) .. controls (0,-.3) .. (.3,-.1);
\end{tikzpicture}
```

Spezielle Ergänzungen die nur im Manual vorkommen und zum besseren Verständnis dienen, werden orange dargestellt, sind jedoch nicht im Beispielcode vorhanden.



```
\begin{tikzpicture}
\draw (0,0) .. controls (1,1) and (2,1) .. (2,0);
\end{tikzpicture}
```

2.1.2 Weitere Hilfe

Ist das Manual nicht ausreichend, treten Unklarheiten auf oder sind einige TikZ Befehle unklar so wird in erster Linie auf das „TikZ and PGF Manual“ von Till Tantau verwiesen. Ebenso empfiehlt sich das Manual für (2-dimensionale) baustatische Symbole.

Bleiben noch weitere Unklarheiten offen, so stehe ich gerne für weitere Auskünfte zur Verfügung.

2.2 Installation

Eigentlich kann man kaum von einer Installation sprechen, da nur das notwendige Package

`\usepackage{3dstructuralanalysis}` installiert werden muss.

Befindet sich das Stylefile im Ordner der Hauptdatei so kann die Bibliothek mittels

`\usepackage{3dstructuralanalysis}` importiert werden, wie ein nachfolgendes Beispiel zeigt:

```
%-----  
% header  
%  
\documentclass[  
  a4paper,           % defines the paper size: a4paper (default), a5paper  
  BCOR20mm,         % Bindekorrektur  
  twoside,          % changes to a two-page-layout (alternatively: oneside)  
  halfparskip,      % insert an empty line between two paragraphs (alternatively: parskip, ...)  
  openright,        % Kapitel auf rechter Seite beginnen  
]{scrreprt}  
  
%-----  
% packages  
%  
\usepackage{3dstructuralanalysis}
```

2.3 Weitere notwendige Packages

Um alle Befehle und Optionen von TikZ verwenden zu können, müssen eventuell einige Packages nachgeladen werden. Diese fehlende Dateien bzw. dessen Bezeichnungen werden beim Konvertieren als Fehler angezeigt. Für die Benutzung der Bibliothek und den TikZ Standardbefehlen ist jedoch das oben beschriebene Package ausreichend.

Werden weiters 2-dimensionale Konstruktionen angedacht so ist das entsprechende Package

`\usepackage{structuralanalysis}` zu implementieren.

3 Elemente

3.1 Allgemeines zu den Elementen

3.1.1 Reihenfolge

Die Bibliothek stellt einige Standardelemente dem Benutzer zur Verfügung. So z. B. Lager, Gelenke, Kräfte, usw. Da *TikZ* jene Elemente ganz unten darstellt die als Erster eingegeben wurde, ist es wichtig bei der Elementeingabe auf die richtige Reihenfolge zu achten. Dabei ist folgende Eingabe empfehlenswert:

1. Punkte `\dpoint`
2. Balken oder Stäbe `\dbeam`
3. Achsen `\daxis`
4. Lager `\dsupport`
5. Gelenke `\dhinge`
6. Kräfte und Momente `\dload` bzw. `\dlineoad`
7. Schnittkraftverlauf `\dinternalforces`
8. Bemaßung `\ddimensioning`
9. Beschriftung `\dnotation`
10. Zusätzliches `\daddon`

3.1.2 Eingabe

Neben der richtigen Reihenfolge ist auch die richtige Eingabe für die Elemente notwendig.

Grundsätzlich kann zwischen der obligatorischen Eingabe `{ }` und der optionalen Eingabe `[]` unterschieden werden. Dabei müssen die ersten Werte zwingend eingegeben werden. Hingegen muss bei der optionalen Eingabe nichts eingegeben werden. Bei der Eingabe von optionalen Parametern können zusätzliche Funktionen (z. B. Rotation) aktiviert werden.

Noch einmal zur Verdeutlichung am Beispiel einer Einzelkraft

```
\dload{type}{insertion point}[rotation A][rotation B][load length][load distance];
```

Bei der Eingabe von Weggrößen ist die Basiseinheit immer in `[cm]` vordefiniert bei `%` Angaben wird immer der Dezimalwert angegeben, so entspricht etwa `100%` = 1.0 und `10%` entsprechend 0.1.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist, dass jeder *TikZ* Befehl mit einem „;“ beendet wird. Wird dieses Semikolon nicht gesetzt kann der Befehl nicht ausgeführt werden, dies führt in weiterer Folge zu einer Fehlermeldung.

3.1.3 Ebene und Räumliche Elemente

Bei der „TikZ Library for 3D Structural Analysis“ wird unterschieden in Elemente in einer Ebene und räumliche Elemente. Dabei sind erstere Elemente parallel zu einer der Koordinatenebenen, sprich somit parallele Ebenen zur xy -Ebene, xz -Ebene oder yz -Ebene. Neben diesen drei Ebenen kennt TikZ noch die Ebenen yx , zx und zy . Der Unterschied hierbei ist, dass sich die Ausrichtung der entsprechenden Objekte ändert.

Als räumliche Elemente werden all jene Elemente bezeichnet, die keine parallelen zu den oben genannten Ebenen aufweisen. Die Ausrichtung solcher Elemente findet mit Hilfe von Kugelkoordinaten oder entsprechenden Rotationen statt. Bei den Kugelkoordinaten wird zuerst immer der Winkel vom Zenit zum Äquator angegeben und danach jener Winkel um den Äquator.

3.1.4 TikZ Umgebung

Um eine entsprechende Ansicht bei der Erstellung der Konstruktion zu ermöglichen, muss beim Öffnen einer TikZ Umgebung ein entsprechendes Koordinatensystem geladen werden. dies geschieht mit der Option `[coords]`. und sieht wie folgt aus:

```
\begin{tikzpicture}[coords]
...
\end{tikzpicture}
```

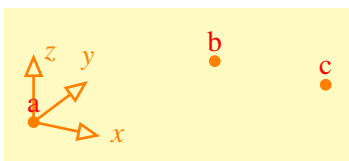
Mit dem Befehl `\setcoords` (siehe 3.3.3) kann die Ausrichtung der Koordinaten entsprechend modifiziert werden.

3.2 Die 3d Elemente

3.2.1 Punkte

```
\dpoint{name}{x-coordiante}{y-coordiante}{z-coordinate};
```

Um Elemente platzieren zu können, müssen zuvor Punkte definiert werden. Für die Bezeichnung sollte eine kurzer präziser Name gewählt werden, da im späteren Verlauf weitere Elemente auf diese Punkte zurück referenzieren. Da TikZ mit kartesischen Koordinaten arbeitet, müssen diese entsprechend dem Koordinatensystem eingegeben werden. Dies bedeutet, dass zuerst die Eingabe der x-Koordinate erfolgt, danach der y-Koordinate und anschließend der z-Koordinate. Da die Punkte nicht angezeigt werden, besteht mit dem Befehl `\showpoint` (siehe 3.3.5) die Möglichkeit die Bezeichnungen der Punkte einzublenden.



```
\showpoint
\begin{tikzpicture}[coords]
\dpoint{a}{0}{0}{0};
\dpoint{b}{0}{3}{-1};
\dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
\end{tikzpicture}
```

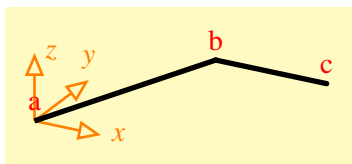
3.2.2 Balken und Stäbe

```
\dbeam{type}{initial point}{end point}[rounded initial point][rounded end point];
```

Dem Programm stehen mehrere Arten von Stäben und Balken zur Verfügung. Diese werden durch den Typ bestimmt. Um solch einen Balken oder Stab zu konstruieren, müssen zuvor zwei Punkte definiert werden, der Startpunkt und der Endpunkt. Des Weiteren steht eine optionale Auswahl zur Verfügung um die Enden der Stäbe abzurunden, [0] bzw. keine Eingabe bedeutet, dass das entsprechende Stabende nicht abgerundet wird, [1] das Ende wird hingegen abgerundet. Diese Option ist vor allem dann vonnöten, wenn mehrere Stäbe in unterschiedlichen Winkeln aufeinander treffen.

```
\dbeam{1}{initial point}{end point}[rounded initial point][rounded end point];
```

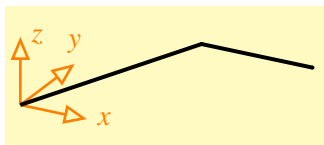
Beim Typ 1 handelt es sich um einen Biegebalken. Wobei im 3-dimensionalen Raum auf eine Kennfaser verzichtet wird.



```
\showpoint
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b}[0][1];
  \dbeam{1}{b}{c};
\end{tikzpicture}
```

```
\dbeam{2}{initial point}{end point}[rounded initial point][rounded end point];
```

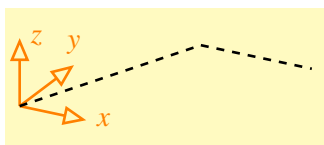
Bei diesem Typ 2 handelt es sich um einen Fachwerkstab, dementsprechend kommt keine Kennfaser vor.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{2}{a}{b}[0][1];
  \dbeam{2}{b}{c};
\end{tikzpicture}
```

```
\dbeam{3}{initial point}{end point};
```

Hier (Typ 3) handelt es sich um einen unsichtbaren Stab oder Balken. Da dieser strichliert ausgeführt wird, gibt es hier keine Option die Enden abzurunden.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{3}{a}{b};
  \dbeam{3}{b}{c};
\end{tikzpicture}
```

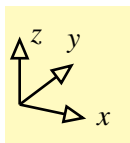
3.2.3 Achsen

```
\daxis{type}{obligatory}[optional][optional][optional][optional][optional]
      [optional][optional];
```

Grundsätzlich stehen globale und lokale Achsen zur Verfügung. Bei den lokalen Systemen wird desweiteren unterschieden, Achsen in einer Ebene und räumliche Achsen. Sowohl bei den globalen als auch bei den lokalen Achsensystemen besteht die Möglichkeit durch optionale Parameter die Positionen der Achsbeschriftungen zu verändern. Um die Achsbezeichnungen selbst zu ändern muss auf den Befehl `\setaxis` zurück gegriffen werden. (siehe 3.3.4). Mit Hilfe des Befehls `\dscaling{3}{scaling value}` ist es möglich die Achsen zu skalieren (siehe 3.3.6)

```
\daxis{1}{insertion point}[X-orientation][Y-orientation][Z-orientation];
```

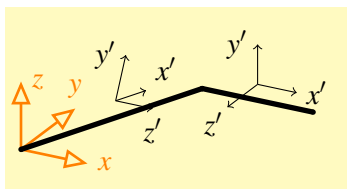
Beim Typ 1 handelt es sich um ein globales Achsenkreuz. Wobei der Einfügepunkt den Ursprung des Systems angibt. Mit den optionalen Parametern ist die Ausrichtung der Achsbezeichnungen möglich.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dscaling{3}{.6};
  \daxis{1}{0,0,0}[right][above][right];
\end{tikzpicture}
```

```
\daxis{2}{plane}[insertion point][end point][position][x-orientation][y-orientation]
      [z-orientation][change y with z];
```

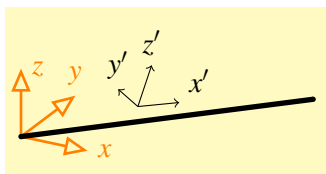
Bei diesem Typ 2 handelt es sich um ein lokales Achssystem in einer Ebene (siehe 3.1.3). Entgegen den globalen Achsen, muss hier ein Start- und Endpunkt gewählt werden. Des weiteren kann die Position der Achse verändert werden. Ebenso ist die Ausrichtung der Achsbezeichnungen veränderbar. Als letzter optionaler Parameter lässt sich die y mit der z-Achse vertauschen.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0}; \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b};
  \dbeam{1}{b}{c};
  \daxis{2}{yz}[a][b][.5][above right][left][below];
  \daxis{2}{xz}[b][c][.5][right][left][below left=-1mm];
\end{tikzpicture}
```

```
\daxis{3}{rotation A}[insertion point][end point][position][rotation 1][rotation 2]
      [rotation 3][rotation B];
```

Typ 3 beschreibt eine lokale Achse im Raum. Entgegen Typ 2 wird hier nicht die Ebene sondern die Rotationen angegeben. Mit Rotation *A* und *B* wird die Lage des lokalen Achsensystems angegeben, wobei beide Winkel die Kugelkoordinaten mit Ursprung der Einfügeposition beschreiben. Mit den Rotationswinkeln 1, 2 und 3 wird das lokale Koordinatensystem gedreht. Mit Winkel 1 wird um die z-Achse gedreht, mit Winkel 2 wird um die noch nicht gedrehte y-Achse rotiert und mit Winkel 3 um die noch nicht gedrehte z-Achse. Da die Befehle mit 9 Variablen begrenzt sind, müssen die Positionen mit Hilfe des Befehls `\setaxis{4}` (siehe 3.3.4) verändert werden.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{c};
  \setaxis{4}[above right][above][above];
  \daxis{3}{0}[a][c][.4][63.43][18.43];
\end{tikzpicture}
```

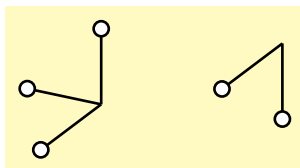
3.2.4 Lager

```
\dsupport{type}{insertion point}[optional][optional][optional][optional];
```

In der Bibliothek sind die gängigsten Arten von Lager und Federn abgelegt. Wie bei den restlichen Elementen kann mittels der Typvariable die Art geändert werden. Ebenso ist ein Einfügekpunkt vonnöten, um ein Lager bzw. eine Feder zu initialisieren. Als optionaler Parameter steht die Ausrichtung der Pendelstäbe zur Verfügung.

```
\dsupport{1}{insertion point}[x-direction][y-direction][z-direction];
```

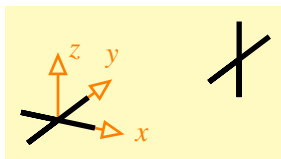
Bei Typ 1 handelt es sich um ein Festlager, das in alle Richtungen Kräfte aufnehmen kann. Diese Pendelstäbe können mit dem Parameter [0] ausgestellt werden, bzw. kann mit einem negativen Wert die Richtung geändert werden.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dsupport{1}{a}[1][1][-1];
  \dsupport{1}{b}[0];
\end{tikzpicture}
```

```
\dsupport{2}{insertion point}[plane];
```

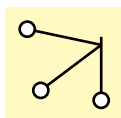
Bei Typ 2 handelt es sich um eine feste Einspannung, welche sämtliche Kräfte und Momente aufnehmen kann. Dieses Lager muss parallel zu einer Ebene angeordnet werden.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dsupport{2}{a}[xy];
  \dsupport{2}{b}[yz];
\end{tikzpicture}
```

```
\dsupport{3}{insertion point}[x-direction][y-direction][z-direction];
```

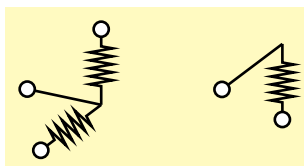
Typ 3 ist wie Typ 1 ein Festlager jedoch dient es als Grundgerüst für eine Gabellagerung (siehe 3.2.5).



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dsupport{3}{a};
\end{tikzpicture}
```

```
\dsupport{4}{insertion point}[x-direction][y-direction][z-direction];
```

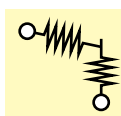
Typ 4 ist ebenso ein Festlager wie Typ 1, die Pendelstäbe bestehen jedoch aus Wegfedern.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dsupport{4}{a}[0][1][-1];
  \dsupport{4}{b}[0][0];
  \dsupport{1}{a}[1][0][0];
  \dsupport{1}{b}[0][1][0];
\end{tikzpicture}
```

```
\dsupport{5}{insertion point}[x-direction][y-direction][z-direction];
```

Ein Festlager für eine Gabellagerung mit Wegfedern beschreibt Typ 5.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dsupport{5}{a}[1][0];
\end{tikzpicture}
```

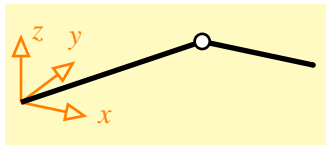
3.2.5 Gelenke

```
\dHINGE{type}{insertion point}[optional][optional][optional];
```

Die zuvor erwähnten Lager können mit Hilfe der folgenden Gelenke kombiniert werden. Auch bei den Gelenke gibt es wieder eine Typenunterscheidung sowie einen Einfügekpunkt. Jedoch sind die optionalen Eigenschaften hauptsächlich vom Typ des Gelenkes abhängig.

```
\dHINGE{1}{insertion point};
```

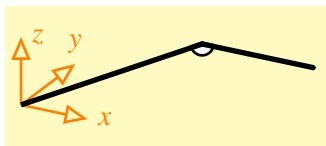
Die einfachste Ausführung eines Gelenkes ist der Typ 1, hier handelt es sich um ein Vollgelenk, dieses nur einen Einfügekpunkt benötigt.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};      \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b}[0][1];   \dbeam{1}{b}{c};
  \dHINGE{1}{b};
\end{tikzpicture}
```

```
\dHINGE{2}{insertion point}[initial point][end point][orientation];
```

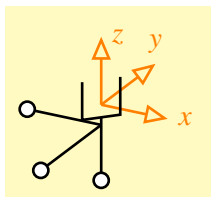
Zusätzlich zum Einfügekpunkt benötigt der Typ 2, das Halbgelenk, noch die Angabe des Start- und des Endpunktes zwecks der Orientierung. Diese Angaben sind zwar optional durch [] gekennzeichnet, müssen jedoch zur Gänze ausgefüllt werden um ein solches Halbgelenk zu generieren. Das Gelenk wird dann am Einfügekpunkt eingefügt und spannt sich zwischen dem Start- und dem Endpunkt auf. Die Eingabe [0] bzw. keine Eingabe bei der Orientierung bedeutet, dass das Halbgelenk auf der inneren Seite ausgeführt wird. Eine [1] hingegen bedeutet genau das Gegenteil.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};      \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b}[0][1];   \dbeam{1}{b}{c};
  \dHINGE{2}{b}[a][c];
\end{tikzpicture}
```

```
\dHINGE{3}{insertion point}[rotation];
```

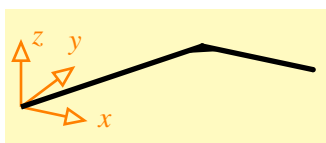
Typ 3 bildet eine Gabellagerung und ist in Kombination mit `\dsupport{3}` oder `\dsupport{5}` zu verwenden. Hier gibt es als zusätzliche Option die Rotation der Gabel.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dsupport{3}{a};
  \dHINGE{3}{a}[35];
\end{tikzpicture}
```

```
\dHINGE{4}{insertion point}[initial point][end point];
```

Um eine Aussteifung einer Ecke zu erreichen, wird der Typ 4 angewandt. Zusätzlich zum Einfügekpunkt benötigt der Typ 4, sowie das Halbgelenk, noch die Angabe des Start- und des Endpunktes. Diese Angaben sind zwar optional durch [] gekennzeichnet, müssen jedoch zur Gänze ausgefüllt werden um eine solche Aussteifung zu generieren.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};      \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b}[0][1];   \dbeam{1}{b}{c};
  \dHINGE{4}{b}[a][c];
\end{tikzpicture}
```

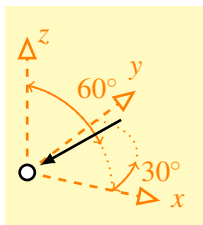

3.2.6 Einzellast

```
\dload{type}{insertion point}[rotation A][rotation B][load length][load distance];
```

Der Befehl Einzellast, beinhaltet sowohl Einzelkräfte als auch Momente. Um solche Lasten zu platzieren ist ein Bezugspunkt notwendig. Die Ausrichtung der Kraft bzw. des Moments, wird mittels Kugelkoordinaten durchgeführt. Optional lässt sich noch die Länge des Vektors verändern, ebenso wird der Abstand zur Stabachse mit einem optionalen Parameter geregelt. Der Abstand zur Stabachse ist im Normalfall der Radius eines Gelenks.

```
\dload{1}{insertion point}[rotation A][rotation B][load length][load distance];
```

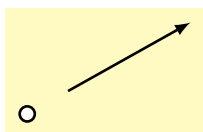
Der erste Typ beschreibt eine Einzelkraft in Richtung des Einfügestpunktes. Mit Hilfe der optionalen Parameter lässt sich die Ausrichtung festlegen. Dabei beschreibt die Rotation *A* einen Winkel vom Zenit zum Äquator und die Rotation *B* einen Winkel am Äquator.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dhinge{1}{a};
  \dload{1}{a}[60][30];
\end{tikzpicture}
```

```
\dload{2}{insertion point}[rotation A][rotation B][load length][load distance];
```

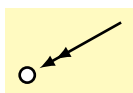
Der Typ 2, beschreibt eine Kraft die entgegen den Einfügestpunkt wirkt.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dhinge{1}{a};
  \dload{2}{a}[60][30][1.5][.5];
\end{tikzpicture}
```

```
\dload{3}{insertion point}[rotation A][rotation B][load length][load distance];
```

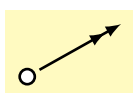
Der Typ 3, beschreibt wie Typ 1 ein Moment das zum Einfügestpunkt gerichtet ist. Somit gelten die gleichen Bedingungen wie oben.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dhinge{1}{a};
  \dload{3}{a}[60][30];
\end{tikzpicture}
```

```
\dload{4}{insertion point}[rotation A][rotation B][load length][load distance];
```

Der Typ 4, beschreibt wie Typ 2 ein Moment das weg vom Einfügestpunkt gerichtet ist. Somit gelten die gleichen Bedingungen wie oben.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dhinge{1}{a};
  \dload{4}{a}[60][30];
\end{tikzpicture}
```

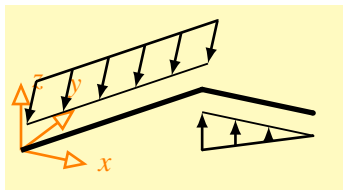
3.2.7 Linienlast

```
\dlinewidth{type}{obligatory}{optional}{initial point}{end point}[optional][optional][optional]
[optional];
```

In der Bibliothek sind sechs Arten von Linienlasten abgelegt. Diese werden durch den Typ bestimmt. Wie bei den Balken und Stäben müssen auch hier zuvor zwei Punkte definiert werden, der Startpunkt und der Endpunkt. Die optionalen Eigenschaften sind hauptsächlich vom Typ der Linienlast abhängig. Die ersten vier Linienlasten sind Elemente einer Ebene und die letzten beiden sind Elemente im Raum (siehe 3.1.3).

```
\dlinewidth{1}{plane}[plane distance]{initial point}{end point}[initial force value]
[end force value][force interval];
```

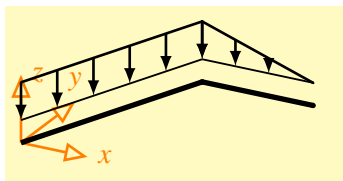
Bei Typ 1 handelt es sich um eine Linienlast, die normal zur Stabachse steht. Neben dem Start- und Endpunkt muss auch die entsprechende Ebene angegeben werden. Optional können die Größen der Anfangskraft und der Endkraft eingestellt werden. Wird hierbei einer der Parameter auf [0] gesetzt, so entsteht eine Dreiecksbelastung. Mit dem letzten Parameter kann der Abstand zwischen den einzelnen Kräften geregelt werden.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
\dpoint{a}{0}{0}{0}; \dpoint{b}{0}{3}{-1};
\dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
\dbeam{1}{a}{b}[0][1]; \dbeam{1}{b}{c};
\dlinewidth{1}{yz}{a}{b}[.5][.5];
\dlinewidth{1}{zx}{b}{c}[.5][0][.3];
\end{tikzpicture}
```

```
\dlinewidth{2}{plane}[plane distance]{initial point}{end point}[initial force value]
[end force value][force interval];
```

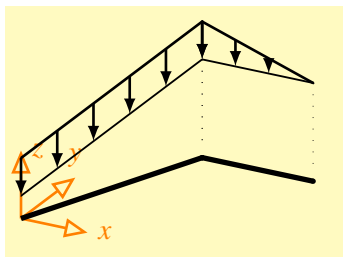
Bei Typ 2 verlaufen die Kräfte parallel zur entsprechenden globalen Achse. Die optionalen Größen sind gleich wie bei dem Typ 1.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
\dpoint{a}{0}{0}{0}; \dpoint{b}{0}{3}{-1};
\dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
\dbeam{1}{a}{b}[0][1]; \dbeam{1}{b}{c};
\dlinewidth{2}{yz}{a}{b}[.5][.5];
\dlinewidth{2}{xz}{b}{c}[.5][0][.3];
\end{tikzpicture}
```

```
\dlinewidth{3}{plane}[plane distance]{initial point}{end point}[initial force value]
[end force value][lineload distance from initial point][force interval];
```

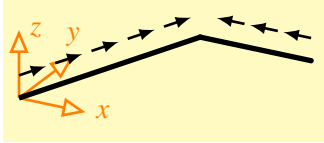
Der Typ 3 stellt eine Projektion der Kräfte auf den Stab dar. Neben den Anfangs- und Endkraftgrößen, kann hier auch optional der vertikale Abstand zum Anfangspunkt eingegeben werden.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
\dpoint{a}{0}{0}{0};
\dpoint{b}{0}{3}{-1};
\dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
\dbeam{1}{a}{b}[0][1];
\dbeam{1}{b}{c};
\dlinewidth{3}{yz}{a}{b}[.5][.5];
\dlinewidth{3}{xz}{b}{c}[.5][0][1][.3];
\end{tikzpicture}
```

```
\dlinewidth{4}{plane}[plane distance]{initial point}{end point}[force interval][force length];
```

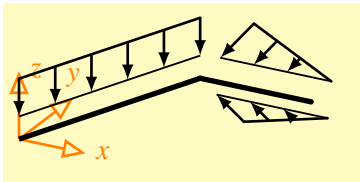
Eine Linienlast entlang der Stabachse beschreibt der Typ 4. Neben dem Anfangs- und Endpunkt, kann die Anzahl der Kräfte sowie dessen Länge optional verändert werden. Die Ausrichtung ist abhängig von der gewählten Ebene. Um die Laufrichtung zu ändern müssen Anfangs- und Endpunkt getauscht werden.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};          \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b}{0}{1};       \dbeam{1}{b}{c};
  \dlineLoad{4}{yz}{a}{b};
  \dlineLoad{4}{xz}{c}{b} [.3] [.25];
\end{tikzpicture}
```

```
\dlineLoad{5}{rotation A}[rotation B]{initial point}{end point}[initial force value]
  [end force value][force interval];
```

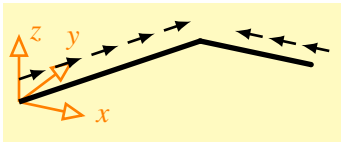
Der Typ 5 ist entgegen den oben genannten Linienlasten, eine räumliche Last und somit unabhängig von den einzelnen Ebenen. Typ 5 beschreibt sowie Typ 1 und 2 eine Kraft die auf den Stab gerichtet ist. Durch die optionale Angabe der Rotationswinkel, kann wie bei der Einzellast die Ausrichtung der Linienlast verändert werden. Ansonsten gelten die gleichen Parameter wie oben.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};          \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b}{0}{1};       \dbeam{1}{b}{c};
  \dlineLoad{5}{0}{a}{b} [.5] [.5];
  \dlineLoad{5}{45}{45}{b}{c} [.5] [0] [.3];
  \dlineLoad{5}{145}{35}{b}{c} [.5] [0] [.3];
\end{tikzpicture}
```

```
\dlineLoad{6}{rotation A}[rotation B]{initial point}{end point}[force interval][force length];
```

Der Typ 6 beschreibt wie Typ 4, eine Linienlast entlang der Stabachse. Jedoch muss nicht eine Ebene, sondern der entsprechenden Rotationswinkeln (siehe oben) für die Ausrichtung der Linienlast angegeben werden. Ansonsten sind die Parameter gleich wie bei Typ 4.

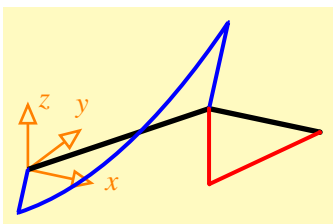


```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};          \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b}{0}{1};       \dbeam{1}{b}{c};
  \dlineLoad{6}{0}{a}{b};
  \dlineLoad{6}{90}{90}{c}{b} [.3] [.25];
\end{tikzpicture}
```

3.2.8 Schnittkraftverlauf

```
\dinternalforces(plane)[plane distance]{initial point}{end point}{initial value}{end value}
  [parabola height][color][bend position];
```

Mit dieser Funktion lassen sich lineare als auch quadratische Schnittkräfteverläufe darstellen. Dabei erfolgt die Eingabe wie mehrmals oben dargestellt. Zuerst muss die entsprechende Ebene festgelegt werden, danach müssen die Anfangs- und Endpunkte bestimmt werden. Anschließend müssen die jeweiligen Start- bzw. Endwerte eingegeben werden. Danach kann optional der Parabelstich eingegeben werden. Erfolgt hier keine Eingabe bzw. die Eingabe [0] so handelt es sich um eine lineare Funktion. Ebenso optional kann die Farbe bestimmt werden. Hier sind die gängigsten Farben hinterlegt, deren Eingabe erfolgt mit der jeweiligen englischen Farbbezeichnung. Mit dem letzten optionalen Parameter lässt sich der Parabelstich bearbeiten und ggf. an eine andere Funktion anpassen.

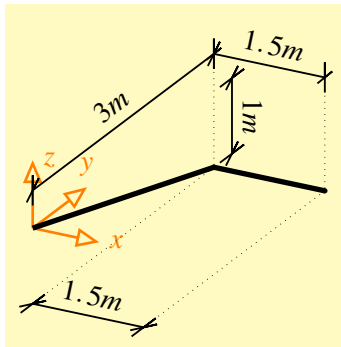


```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};          \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b}{0}{1};       \dbeam{1}{b}{c};
  \dinternalforces{yz}{a}{b} {.5}{-1} [-.4] [blue];
  \dinternalforces{xz}{b}{c} {1}{0};
\end{tikzpicture}
```

3.2.9 Abmessungen

```
\ddimensioning{plane}[plane distance]{initial point}{end point}{distance from point of origin}
[measure][help line length];
```

Grundsätzlich kann durch die geeignete Wahl der Ebenen sämtliche Bemaßungen ausgeführt werden. Wie bei den Linienlasten, wird auch hier die Eingabe des Start- bzw. Endpunktes gefordert. Jedoch wird der Abstand von der Maßlinie zu den entsprechenden Punkten nicht direkt eingegeben, sondern die Maßlinie bezieht sich auf den Koordinatenursprung. Dadurch ist es nötig, dass bei jenen Maßlinien, wo die Ebene aus dem Ursprung verschoben wird, diese Verschiebung als optionaler Parameter anzugeben. Optional kann zu jeder Maßlinie eine Beschriftung mit eingefügt werden. Weiters besteht die Möglichkeit eine Maßhilfslinie anzeigen zu lassen.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b}{0}{1};
  \dbeam{1}{b}{c};
  \ddimensioning{yz}{a}{b}{.5}[$3m$];
  \ddimensioning{zy}{a}{b}{3.3}[$1m$];
  \ddimensioning{xz}{3}{b}{c}{.5}[$1.5m$][1.5];
  \ddimensioning{xy}{-1}{b}{c}{0}[$1.5m$][3];
\end{tikzpicture}
```

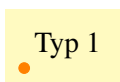
3.2.10 Bezeichnungen

```
\dnotation{type}{insertion point}{obligatory}[optional][optional][optional][optional];
```

Mit dem Element `\dnotation` lassen sich diverse Arten von Bezeichnungen einfügen. Da diese durchaus unterschiedliche Eingabeparameter verlangen, werden diese bei den einzelnen Typen näher erläutert. Des Weiteren kommen bei allen Typen der optionale Parameter `[orientation]` hinzu. Hier müssen jedoch TikZ Befehle angegeben werden, diese werden in Abschnitt 3.3.1 näher beschrieben.

```
\dnotation{1}{insertion point}{labelling}[orientation];
```

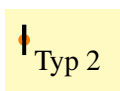
Typ 1 gibt eine normale Bezeichnung wieder. Dabei muss nur der Einfügapunkt und der entsprechende Text angegeben werden. Durch den optionalen Parameter kann die Orientierung geändert werden, als Grundeinstellung ist `above right` also rechts oben gewählt.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dnotation{1}{a}{Typ 1};
\end{tikzpicture}
```

```
\dnotation{2}{insertion point}{labelling}[orientation];
```

Typ 2 besitzt neben der Bezeichnung noch eine Strich, um die entsprechende Stelle zu kennzeichnen.

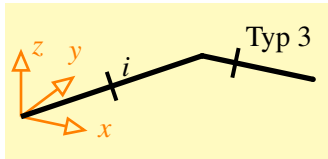


```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dnotation{2}{a}{Typ 2}[below right];
\end{tikzpicture}
```

```
\dnotation{3}{initial point}{end point}[labelling][position][orientation];
```

Typ 3 ist die Erweiterung von Typ 2. Wie bei den anderen Linienelementen muss hier der Anfangspunkt bzw. Endpunkt angegeben werden. Der Strich befindet sich in der Ausgangssituation, in der

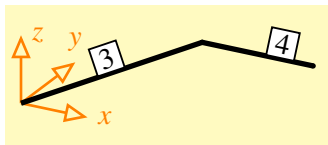
Mitte der zwei Punkte. Durch einen optionalen Parameter kann jedoch die Position verändert werden.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};          \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b}[0][1];       \dbeam{1}{b}{c};
  \dnotation{3}{a}{b}[$i$][.5][above right];
  \dnotation{3}{b}{c}[Typ 3][.3][above right];
\end{tikzpicture}
```

```
\dnotation{4}{initial point}{end point}[labelling][position][orientation][text orientation];
```

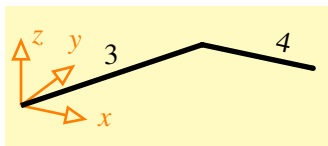
Typ 4 wird wie Typ 3 auf einer Linie platziert. Anstatt des Striches wird der Text mit einem Quadrat umrahmt. Es gelten die gleichen Anforderungen wie bei Type 3. Zusätzlich kann mit dem letzten Parameter, setzt man ihn auf [1], die Textausrichtung parallel zur z-Achse gestellt werden.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};          \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b}[0][1];       \dbeam{1}{b}{c};
  \dnotation{4}{a}{b}[$3$];
  \dnotation{4}{b}{c}[$4$][.7];
\end{tikzpicture}
```

```
\dnotation{5}{initial point}{end point}[labelling][position][orientation][text orientation];
```

Typ 5 entspricht den Typen 3 und 4, jedoch wird hier nur der Text angezeigt und keine zusätzlichen Symbole. Somit gelten die gleichen Anforderungen wie bei dem vorherigen Typ.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};          \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b}[0][1];       \dbeam{1}{b}{c};
  \dnotation{5}{a}{b}[$3$][.5][above][1];
  \dnotation{5}{b}{c}[$4$][.7];
\end{tikzpicture}
```

```
\dnotation{6}{insertion point}[labelling];
```

Der letzte Typ 6, entspricht in etwa dem Typ 1. Nur in diesem Fall, wird der Text mit einem Kreis eingrahmt. Des Weiteren kann hier keine Orientierung des Textes vorgenommen werden.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dnotation{6}{a}{+};
\end{tikzpicture}
```

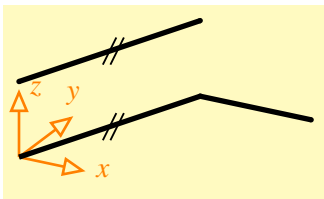
3.2.11 Zusätzliche Symbole

```
\daddon{type}{plane}[plane distance]{obligatory}{obligatory}{obligatory}[optional];
```

Unter diese Elemente fallen sämtliche Symbole die man nicht den obigen Elementen zuordnen kann. Da diese Elementtypen unterschiedliche Eingabeparameter verlangen, werden diese bei den einzelnen Typen näher erläutert. Alle Elemente haben jedoch gemeinsam, dass die entsprechende Arbeitsebene angegeben werden muss (siehe 3.1.3).

```
\daddon{1}{plane}[plane distance]{insertion point}{end point}{position};
```

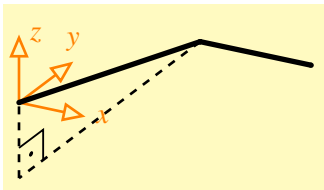
Typ 1 stellt das Symbol für parallele Stäbe dar. Hier muss zuerst der Start- und Endpunkt des Stabes angegeben werden und danach muss die Positionierung des Symbols festgelegt werden.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};          \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dpoint{d}{0}{0}{1};          \dpoint{e}{0}{3}{0};
  \dbeam{1}{a}{b}[0][1];       \dbeam{1}{b}{c};
  \dbeam{1}{d}{e};
  \daddon{1}{xy}{a}{b}{.5};
  \daddon{1}{xy}{d}{e}{.5};
\end{tikzpicture}
```

```
\daddon{2}{plane}[plane distance]{insertion point}{initial point}{end point}[orientation];
```

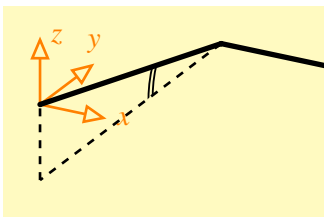
Typ 2 gibt das Symbol für zwei rechtwinklig aufeinanderstehende Stäbe wieder. Dabei muss neben dem Start- und Endpunkt auch der Einfügekpunkt angegeben werden. Mit dem optionalen Parameter kann die Ausrichtung des Symbols verändert werden. Dabei muss der Wert auf $[-1]$ geändert werden.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};          \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b};              \dbeam{1}{b}{c};
  \dbeam{3}{b}{d};              \dbeam{3}{d}{a};
  \daddon{2}{yz}{d}{a}{b}[-1];
\end{tikzpicture}
```

```
\daddon{3}{plane}[plane distance]{insertion point}{initial point}{end point}[orientation];
```

Typ 3 stellt das Symbol für beliebige Winkel dar. Sonst gelten die gleichen Ansätze wie für Typ 2. Mit dem optionalen Parameter kann zwischen dem spitzen Winkel und dem stumpfen Winkel unterschieden werden. Je nach Fall muss dabei der Wert auf $[-1]$ geändert werden.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};          \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b};              \dbeam{1}{b}{c};
  \dbeam{3}{b}{d};              \dbeam{3}{d}{a};
  \dscaling{6}{3};
  \daddon{3}{yz}{b}{a}{d}[-1];
\end{tikzpicture}
```

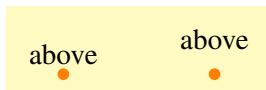
3.3 Nützliche TikZ Befehle

3.3.1 Orientierung von Textelementen

TikZ stellt einige nützliche Befehle um Beschriftungen rund um einen „node“ zu platzieren. Diese Befehle können in gleicher Art und Weise bei einigen Bibliothekselementen, vor allem bei den Beschriftungen, eingesetzt werden.

`/tikz/above=<offset>`

Mit `above` wird der Text über dem entsprechenden Punkt gestellt. Dabei kann die Abstandsentfernung optional angegeben werden. Ist kein `<offset>` angegeben, so werden die Systemstandardwerte verwendet.



```
\begin{tikzpicture}
  \dpoint{a}{0}{0}{0};          \dpoint{b}{2}{0}{0};
  \dnotation{1}{a}{above}[above];
  \dnotation{1}{b}{above}[above=2mm];
\end{tikzpicture}
```

`/tikz/below=<offset>`

`below` stellt den Text unter den ausgewählten Punkt, sonst gleich wie `above`.

`/tikz/left=<offset>`

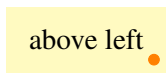
`left` stellt den Text links neben den ausgewählten Punkt, sonst gleich wie `above`.

`/tikz/right=<offset>`

`right` stellt den Text rechts neben den ausgewählten Punkt, sonst gleich wie `above`.

`/tikz/above left=<offset>`

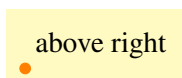
Eine Kombination aus `above` und `left` bewirkt, dass der Text oben links, über den entsprechenden Punkt angeordnet wird. Ebenso kann die Abstandsentfernung wieder optional angegeben werden. Ist kein `<offset>` angegeben so werden die Systemstandardwerte verwendet.



```
\begin{tikzpicture}
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dnotation{1}{a}{above left}[above left];
\end{tikzpicture}
```

`/tikz/above right=<offset>`

Das selbe wie `above left` nur in die rechte Richtung.



```
\begin{tikzpicture}
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dnotation{1}{a}{above right}[above right];
\end{tikzpicture}
```

`/tikz/below left=<offset>`

Es erfolgt eine Anordnung unten links.

`/tikz/below right=<offset>`

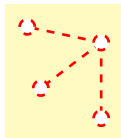
Es erfolgt eine Anordnung unten rechts.

3.3.2 Gruppierung

Um Objekte zu gruppieren und ihnen Eigenschaften zuzuweisen, gibt es die Umgebung `scope`.

```
\begin{scope} [<options>]
  <environment contents>
\end{scope}
```

Alle `<options>` sind lokal begrenzt auf jene Elemente die sich innerhalb der Umgebung befinden.



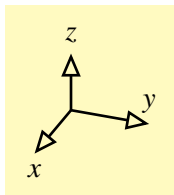
```
\begin{tikzpicture} [coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \begin{scope} [dashed,color=red]
    \dsupport{1}{a};
    \dhinge{1}{a};
  \end{scope}
\end{tikzpicture}
```

Bei den nachfolgenden Befehl handelt es sich nicht um TikZ Befehle, sondern diese wurden für die Bibliothek geschrieben um das Arbeiten mit den Elementen zu erleichtern!

3.3.3 setcoords

```
/tikz/setcoords {x-angle} {y-angle} [x-direction] [y-direction] [z-direction] [z-angle]
```

Um die geeignete Ansicht zu wählen kann das Koordinatensystem gedreht und skaliert werden. Dies muss jedoch vor der `tikzpicture` Umgebung ausgeführt werden. Die Winkel werden vom Horizont aus gemessen.



```
\setcoords{-130}{-10} [.5] [.7] [.5]
\begin{tikzpicture} [coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \daxis{1}{a};
\end{tikzpicture}
```

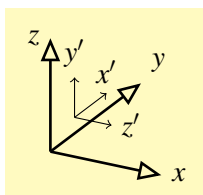
3.3.4 setaxis

```
/tikz/setaxis {type} [optional] [optional] [optional] [optional] [optional] [optional]
```

Mit diesem Befehl lassen sich die Achsbezeichnungen ändern. Dies gilt sowohl für globale als auch lokale Achssysteme.

```
\setaxis{1}
```

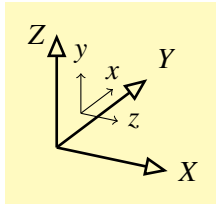
Der Typ 1 gibt die Standardeinstellung wieder. Dabei werden globale Achsen mit x , y und z bezeichnet und lokale Achsen mit x' , y' und z' .



```
\setaxis{1}
\begin{tikzpicture} [framed,coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dpoint{b}{0}{2}{0};
  \daxis{1}{a} [right] [above right] [left];
  \daxis{2}{yz} [a] [b] [.2] [above] [above] [right];
\end{tikzpicture}
```

```
\setaxis{2}
```

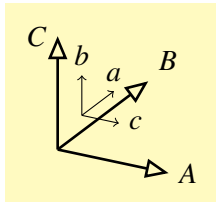
Beim Typ 2 werden globale Achsen mit X , Y und Z und lokale Achsen mit x , y und z bezeichnet.



```
\setaxis{2}
\begin{tikzpicture}[framed,coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dpoint{b}{0}{2}{0};
  \daxis{1}{a}[right][above right][left];
  \daxis{2}{yz}[a][b][.2][above][above][right];
\end{tikzpicture}
```

```
\setaxis{3}[X-labelling][Y-labelling][Z-labelling][x-labelling][y-labelling][z-labelling]
```

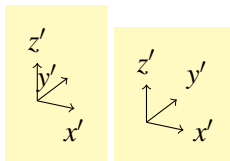
Beim Typ 3 lassen sich die globale Achsen als auch die lokale Achsen eigenständig bezeichnet.



```
\setaxis{3}[$A$][$B$][$C$][$a$][$b$][$c$]
\begin{tikzpicture}[framed,coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dpoint{b}{0}{2}{0};
  \daxis{1}{a}[right][above right][left];
  \daxis{2}{yz}[a][b][.2][above][above][right];
\end{tikzpicture}
```

```
\setaxis{4}[x-orientation][y-orientation][z-orientation];
```

Mit Typ 4 lässt sich Zeichenorientierung der lokalen Achse im Raum ändern.

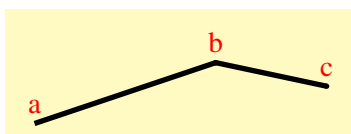


```
\begin{tikzpicture}[framed,coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dpoint{b}{0}{2}{0};
  \setaxis{4}[right][above right][above];
  \daxis{3}{0}[a][b][.2];
\end{tikzpicture}
```

3.3.5 showpoint

```
/tikz/showpoint
```

Mit `/showpoint` lassen sich die Bezeichnungen der jeweiligen Punkte einblenden. Dies ermöglicht eine leichtere Übersicht, vor allem bei komplexeren Systemen.



```
\showpoint
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \dpoint{b}{0}{3}{-1};
  \dpoint{c}{1.5}{3}{-1};
  \dbeam{1}{a}{b}[0][1];
  \dbeam{1}{b}{c};
\end{tikzpicture}
```

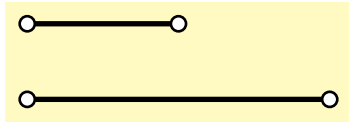
3.3.6 dscaling

```
/tikz/dscaling{type}{scalingParameter};
```

Mit diesem Befehl können die Längen und Objekte entsprechend skaliert werden.

```
/dscaling{1}{scalingParameter};
```

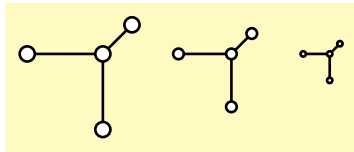
Mit Typ 1 werden ausschließlich die Längen des Systems, sprich die Abstände zwischen den einzelnen Punkten skaliert. Dadurch wird es möglich, größere System so zu skalieren, sodass sie den entsprechenden Platz auf dem Papier einnehmen können, ohne das die Symbole verkleinert werden.



```
\begin{tikzpicture}
  \dpoint{a}{0}{0}{0};      \dpoint{b}{2}{0}{0};
  \dbeam{1}{a}{b};        \dhinge{1}{a};    \dhinge{1}{b};
  \dscaling{1}{2};
  \dpoint{a}{0}{-0.5}{0};  \dpoint{b}{2}{-0.5}{0};
  \dbeam{1}{a}{b};        \dhinge{1}{a};    \dhinge{1}{b};
\end{tikzpicture}
```

```
/dscaling{2}{scalingParameter};
```

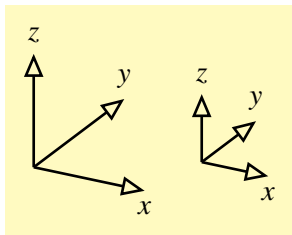
Typ 2 ermöglicht das Skalieren von Lagern und Gelenken.



```
\begin{tikzpicture}
  \dpoint{a}{0}{0}{0};      \dsupport{1}{a};  \dhinge{1}{a};
  \dscaling{2}{.7};
  \dpoint{b}{1.7}{0}{0};   \dsupport{1}{b};  \dhinge{1}{b};
  \dscaling{2}{.5};
  \dpoint{c}{3}{0}{0};     \dsupport{1}{c};  \dhinge{1}{c};
\end{tikzpicture}
```

```
/dscaling{3}{scalingParameter};
```

Mit Typ 3 werden die Achsensysteme skaliert.



```
\begin{tikzpicture}[coords]
  \dpoint{a}{0}{0}{0};
  \daxis{1}{a};
  \dscaling{3}{.6};
  \dpoint{b}{1.7}{.7}{0};
  \daxis{1}{b};
\end{tikzpicture}
```

```
/dscaling{4}{scalingParameter};
```

Typ 4 dient zur Skalierung der Einzellasten und Linienlasten.

```
/dscaling{5}{scalingParameter};
```

Typ 5 dient zur Skalierung der Skalieren der Bemaßung.

```
/dscaling{6}{scalingParameter};
```

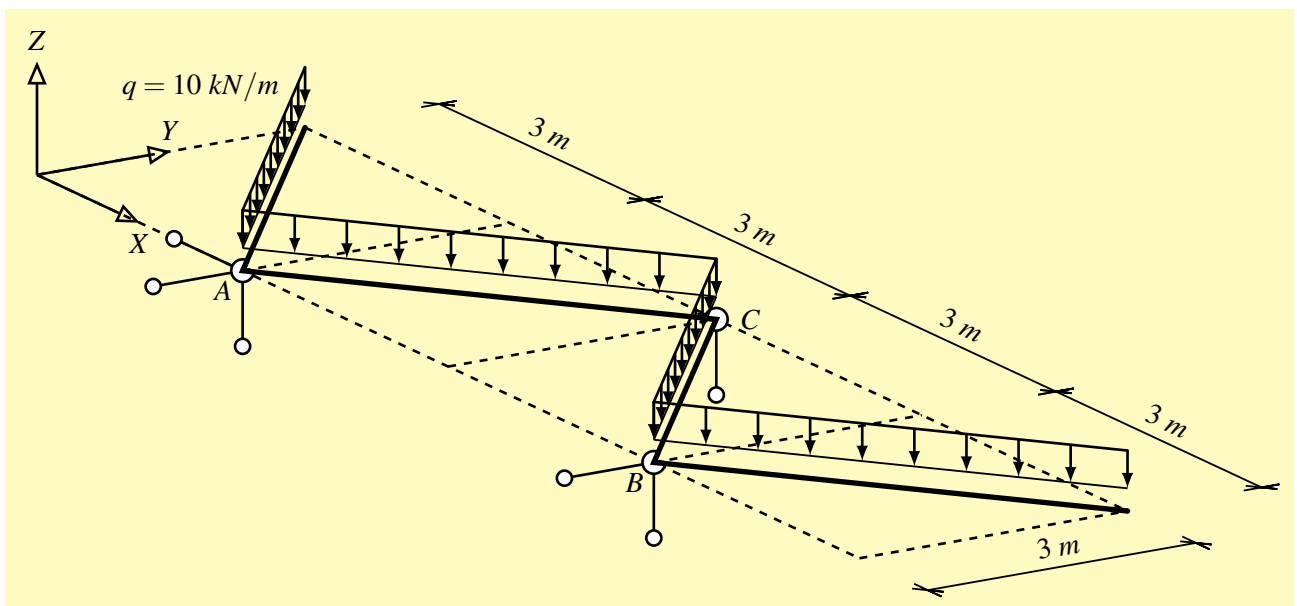
Typ 6 dient zur Skalierung Skalieren der Addons.

4 Tutorial

In dem nachfolgenden Tutorial, wird der Programmcode, aus Platzgründen, nur für den gerade behandelten Aspekt dargestellt. Am Ende jedoch findet sich der Code vollständig abgebildet.

4.1 Tragwerkskonstruktion

In diesem Tutorial werden die grundlegenden Prinzipien beim Konstruieren mit TikZ bzw. mit der „3dstructuralanalysis“ behandelt. Schritt für Schritt soll hierbei eine Tragwerkskonstruktion entstehen, die schlussendlich wie folgt aussieht:



4.1.1 Start der Konstruktion

Um die gewünschte Konstruktion zu erstellen muss zunächst ein File erstellt werden. In diesem Beispiel handelt es sich um ein \LaTeX File, jedoch kann die Bibliothek auch mit \TeX und ConTeX verwendet werden.

```
\documentclass{scrreprt}
\usepackage{3dstructuralanalysis}
\begin{document}
  \begin{tikzpicture}[corrds]
    % hier wird konstruiert
  \end{tikzpicture}
\end{document}
```

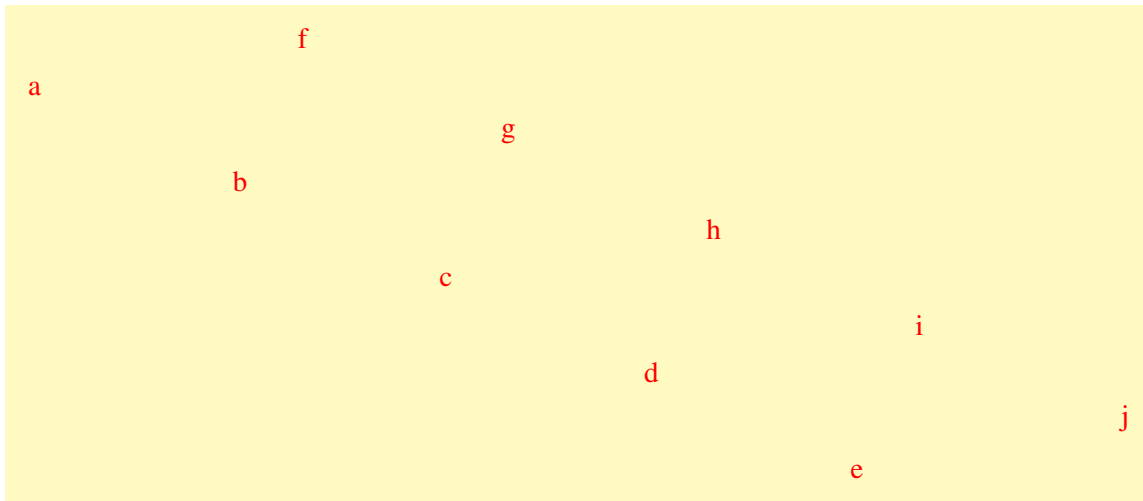
4.1.2 Vorbereitung

Bevor mit der Konstruktion begonnen wird, können schon vorab entsprechende Einstellungen getroffen werden. Unter anderem kann ein neues Koordinatensystem mit `\setcoords` eingeführt werden. Ebenso kann die Achsbezeichnung der globalen und lokalen Achsen geändert werden.

```
\setcoords{-25}{10}[1][1.2]
\setaxis{2}
\begin{tikzpicture}[corrds]
  % hier wird konstruiert
\end{tikzpicture}
```

4.1.3 Punkte setzen

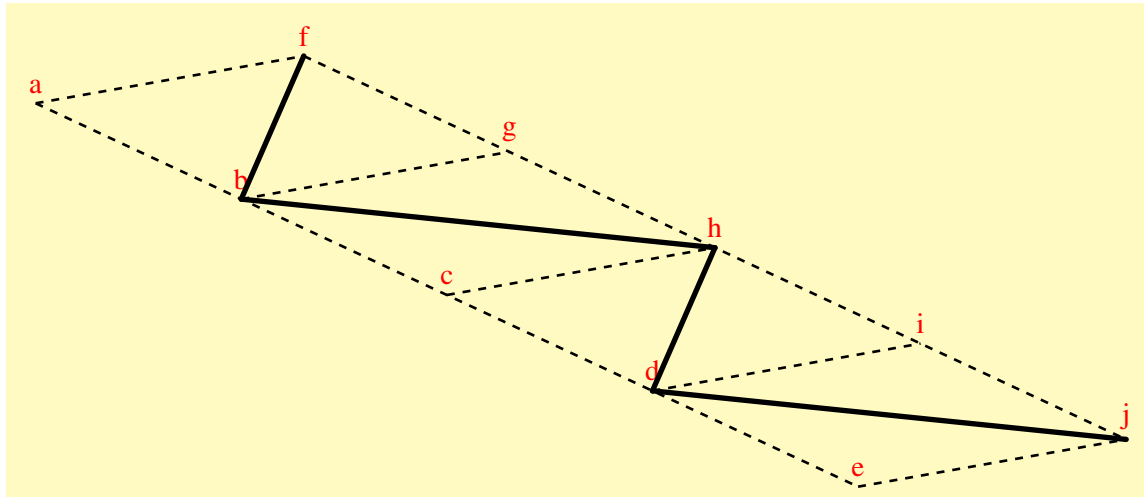
Als Erstes müssen nun Punkte mit dem Befehl `\dpoint`, festgelegt werden. Anhand von diesen Punkten orientieren sich die restlichen Bibliothekselemente. Da die Punkte grundsätzlich nicht angezeigt werden, empfiehlt es sich mit `\showpoint` die Punktbezeichnung darzustellen, um die Abstände und Größen einschätzen zu können.



```
\setcoords{-25}{10}[1][1.2]
\setaxis{2}
\showpoint
\begin{tikzpicture}[coords]
% Punkte
  \dpoint{a}{0}{0}{0};   \dpoint{b}{3}{0}{0};   \dpoint{c}{6}{0}{0};   \dpoint{d}{9}{0}{0};
  \dpoint{e}{12}{0}{0};  \dpoint{f}{0}{3}{0};   \dpoint{g}{3}{3}{0};   \dpoint{h}{6}{3}{0};
  \dpoint{i}{9}{3}{0};   \dpoint{j}{12}{3}{0};
```

4.1.4 Die Konstruktion

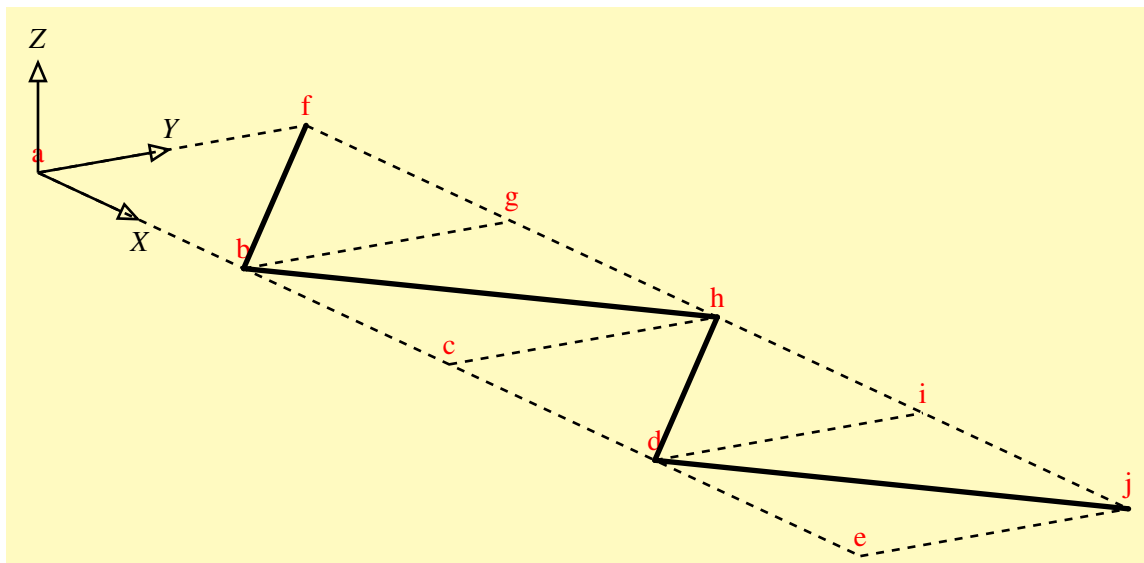
Nachdem der Grundstein durch die Punkte gelegt wurde, kann begonnen werden dies mit Balken und Stäben zu verbinden. In der Bibliothek sind Balken, Stäbe und unsichtbare Stäbe, abgelegt. Mit dem Befehl `\dbeam` lassen sie sich „zu Papier“ bringen.



```
% Balken
\dbeam{1}{f}{b};      \dbeam{1}{b}{h};      \dbeam{1}{h}{d};      \dbeam{1}{d}{j};
\dbeam{3}{a}{e};      \dbeam{3}{f}{j};      \dbeam{3}{a}{f};      \dbeam{3}{b}{g};
\dbeam{3}{c}{h};      \dbeam{3}{d}{i};      \dbeam{3}{e}{j};
```

4.1.5 Achsen für die Übersicht

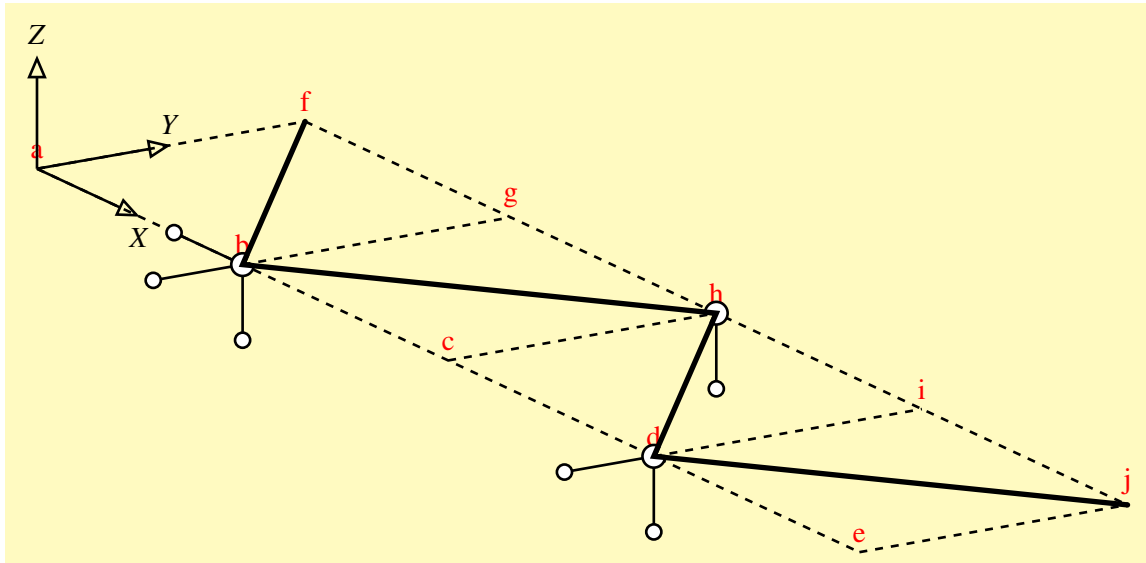
Um nicht die Übersicht im Raum zu verlieren, empfiehlt es sich bereits am Anfang ein globales Achssystem einzublenden. Die lokalen Achsen können auch später hinzugefügt werden.



```
% Globales Koordinatensystem
\daxis{1}{a};
```

4.1.6 Lager und Gelenke

Um mehr Flexibilität zu gewährleisten, und die Anzahl der Makros so gering wie möglich zu halten, stehen für die Lager und die Gelenke eigene Programme zur Verfügung. Lager die mittels `\dsupport` gebildet werden, beinhalten die Befestigung. Das entsprechende Gelenk muss jedoch eigenständig mit dem Befehl `\dhinge` aufgerufen werden. So lassen sich unterschiedliche Lager mit unterschiedlichen Gelenken kombinieren. Wichtig dabei ist immer, dass die Lager zuerst erstellt werden und erst anschließend die Gelenke. Dies ist notwendig da TikZ das zuletzt gezeichnete an die oberste Stelle legt.

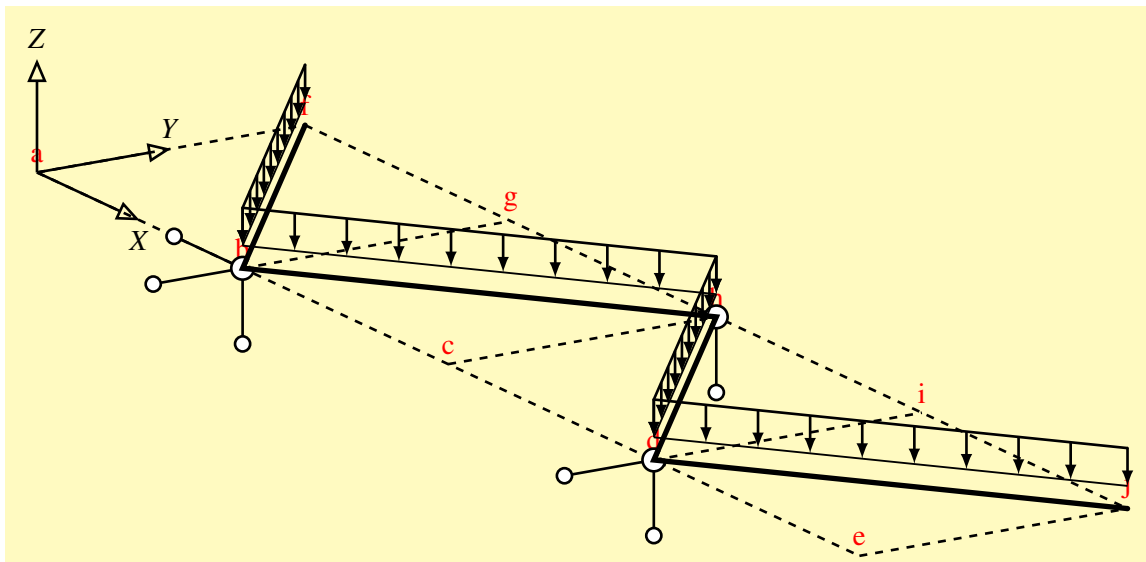


```
% Lager
\dsupport{1}{b};           \dsupport{1}{h}[0][0];   \dsupport{1}{d}[0];

% Gelenke
\dhinge{2}{b}{f}{h}[1];   \dhinge{2}{h}{b}{d}[1];   \dhinge{2}{d}{h}{j}[1];
```

4.1.7 Schnee auf der Konstruktion

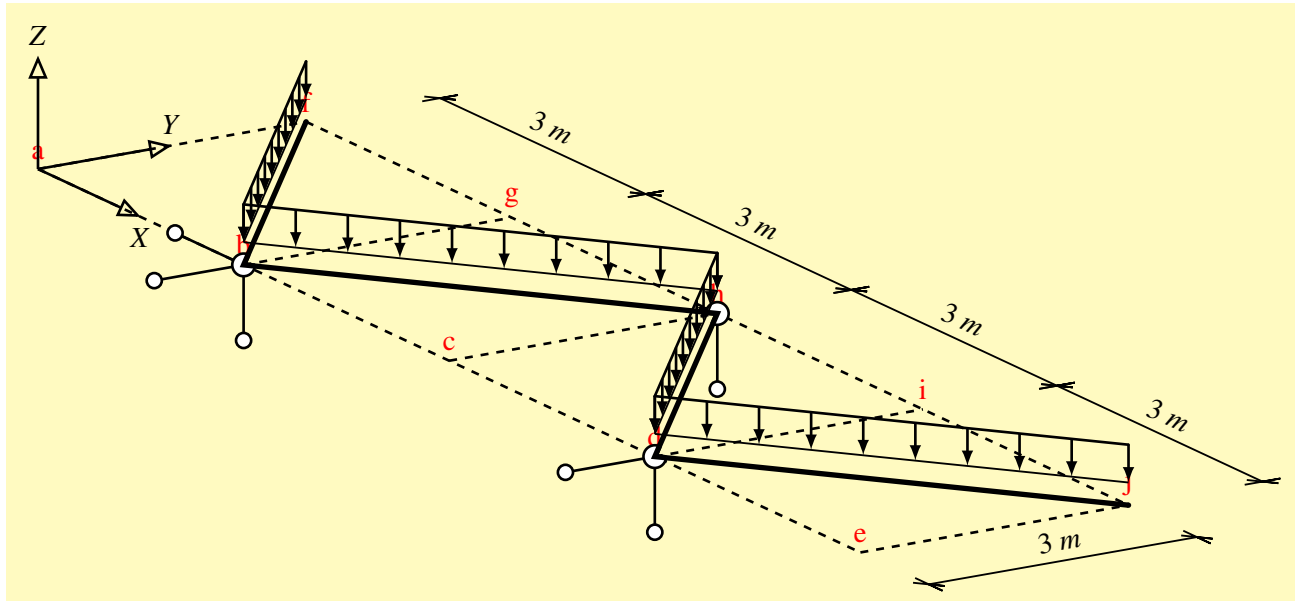
Mit dem Einfügen der Gelenke ist die Konstruktion fertig und kann nun belastet werden. Neben Einzellasten `\dload` stehen noch Linienlasten `\dlineload` zur Verfügung. Da die Lasten nicht parallel zu einer Hauptebene sind, muss auf eine Linienlast im Raum zurück gegriffen werden.



```
% Belastungen
\dlineload{5}{0}{f}{b}[.5][.5][.11];           \dlineload{5}{0}{b}{h}[.5][.5][.11];
\dlineload{5}{0}{h}{d}[.5][.5][.11];           \dlineload{5}{0}{d}{j}[.5][.5][.11];
```

4.1.8 Abmessung

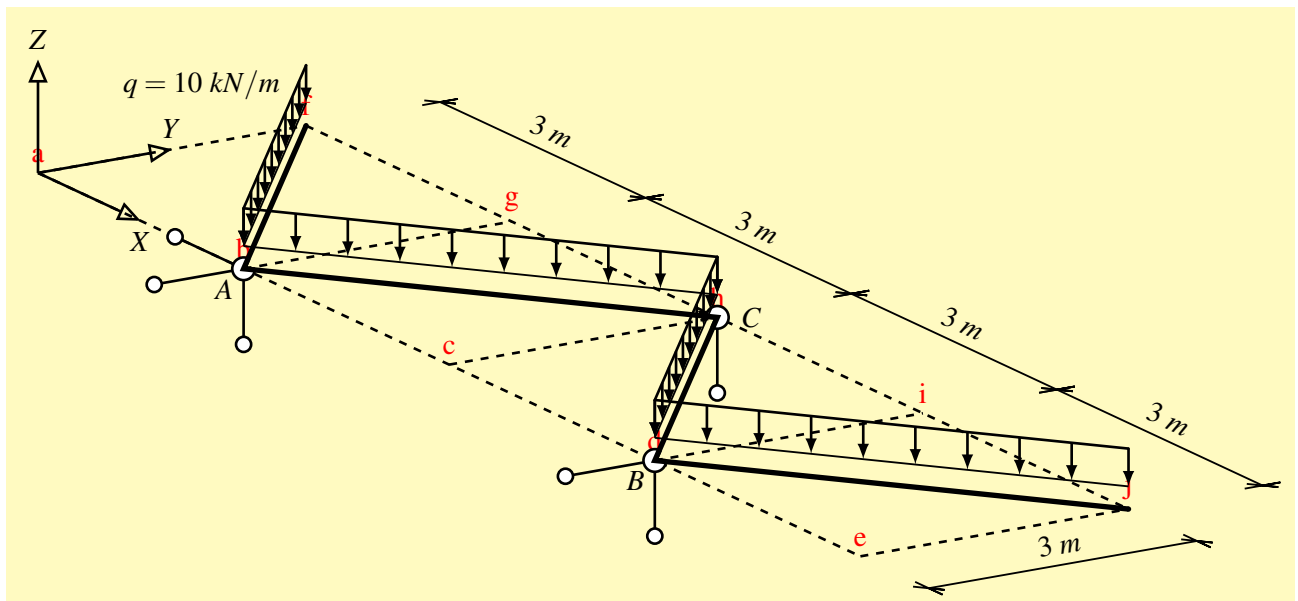
Eigentlich ist die Konstruktion bereits fertig und einsatzbereit, zur Übersicht werden jedoch noch die entsprechenden Maße mittels `\ddimensioning` angegeben.



```
% Bemaßung
\ddimensioning{xy}{f}{g}{4.5}[3~m$];          \ddimensioning{xy}{g}{h}{4.5}[3~m$];
\ddimensioning{xy}{h}{i}{4.5}[3~m$];        \ddimensioning{xy}{i}{j}{4.5}[3~m$];
\ddimensioning{yx}{e}{j}{13}[3~m$];
```

4.1.9 Die fertige Konstruktion

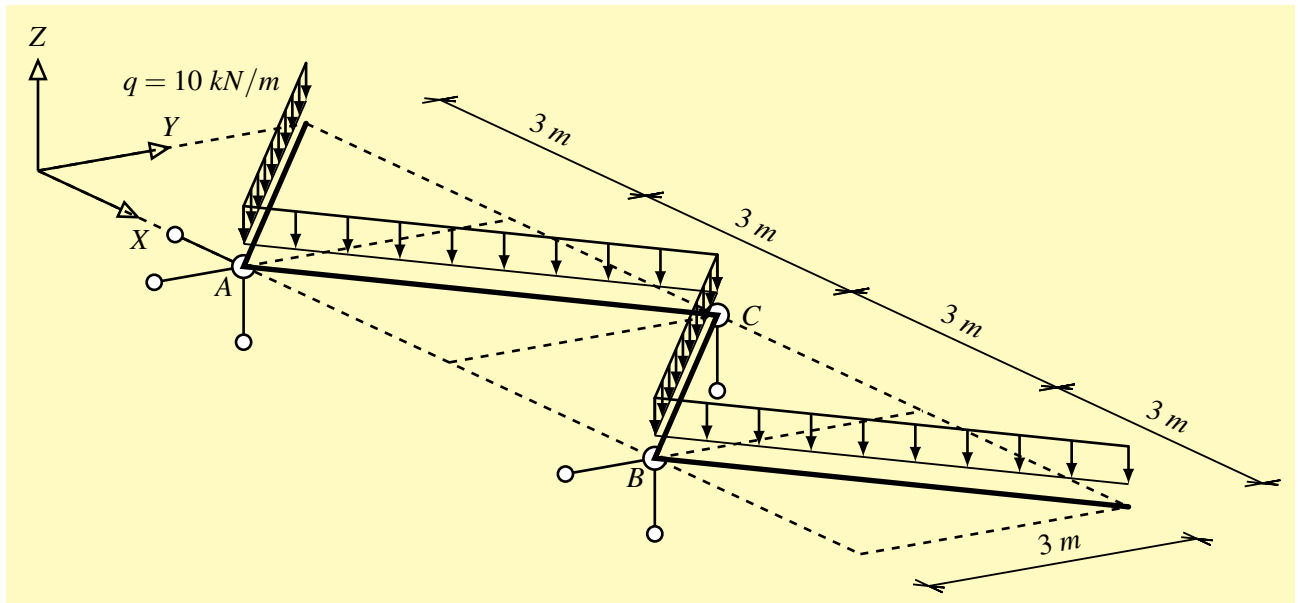
Nun fehlt nur noch die Bezeichnungen der Knoten und der Stäbe, dann ist die Dachkonstruktion fertig. Um ein möglichst gutes Erscheinungsbild zu erreichen, können die Beschriftungen (`\dnotation`) mit einem optionalen Parameter, entsprechend verschoben werden.



```
% Bezeichnung
\dnotation{1}{f}{q=10~kN/m$}[above left=3mm];  \dnotation{1}{b}{A$}[below left];
\dnotation{1}{h}{C$}[right=2mm];              \dnotation{1}{d}{B$}[below left];
```

Nun können die Hilfsbezeichnungen der Punkte ausgeschaltet werden und fertig ist die Konstruktion.

4.1.10 Tragwerkskonstruktion samt Quellcode



```
\setcoords{-25}{10}{1}[1.2]
\setaxis{2}
%\showpoint
\begin{tikzpicture}[coords]
```

```
% Punkte
```

```
\dpoint{a}{0}{0}{0};
\dpoint{b}{3}{0}{0};
\dpoint{c}{6}{0}{0};
\dpoint{d}{9}{0}{0};
\dpoint{e}{12}{0}{0};
\dpoint{f}{0}{3}{0};
\dpoint{g}{3}{3}{0};
\dpoint{h}{6}{3}{0};
\dpoint{i}{9}{3}{0};
\dpoint{j}{12}{3}{0};
```

```
% Globales Koordinatensystem
```

```
\daxis{1}{a};
```

```
% Balken
```

```
\dbeam{1}{f}{b};
\dbeam{1}{b}{h};
\dbeam{1}{h}{d};
\dbeam{1}{d}{j};
\dbeam{3}{a}{e};
\dbeam{3}{f}{j};
\dbeam{3}{a}{f};
\dbeam{3}{b}{g};
\dbeam{3}{c}{h};
\dbeam{3}{d}{i};
\dbeam{3}{e}{j};
```

```
% Lager
```

```
\dsupport{1}{b};
\dsupport{1}{h}[0][0];
\dsupport{1}{d}[0];
```

```
% Gelenke
```

```
\dhinge{2}{b}{f}[h][1];
\dhinge{2}{h}{b}[d][1];
\dhinge{2}{d}{h}[j][1];
```

```
% Belastungen
```

```
\dlineload{5}{0}{f}{b}[.5][.5][.11];
\dlineload{5}{0}{b}{h}[.5][.5][.11];
\dlineload{5}{0}{h}{d}[.5][.5][.11];
\dlineload{5}{0}{d}{j}[.5][.5][.11];
```

```
% Bemaßung
```

```
\ddimensioning{xy}{f}{g}{4.5}[3~m$];
\ddimensioning{xy}{g}{h}{4.5}[3~m$];
\ddimensioning{xy}{h}{i}{4.5}[3~m$];
\ddimensioning{yx}{e}{j}{13}[3~m$];
```

```
% Bezeichnung
```

```
\dnotation{1}{f}{q=10~kN/m$}[above left=3
mm];
\dnotation{1}{b}{A$}[below left];
\dnotation{1}{h}{C$}[right=2mm];
\dnotation{1}{d}{B$}[below left];
```

```
\end{tikzpicture}
```