
TikZ Library for Structural Analysis

Projekt

eingereicht am

Institut für Baustatik
der
Technischen Universität Graz
im
Jänner 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
3.2	Die Elemente	8
3.2.1	Punkte	8
3.2.2	Balken und Stäbe	8
3.2.3	Lager	9
3.2.4	Gelenke	10
3.2.5	Einzellast	11
3.2.6	Linienlast	12
3.2.7	Temperatur	13
3.2.8	Schnittkraftverlauf	13
3.2.9	Abmessungen	14
3.2.10	Bereich der Einflusslinie	15
3.2.11	Bezeichnungen	15
3.2.12	Zusätzliche Symbole	16
3.3	Nützliche TikZ Befehle	17
3.3.1	Orientierung von Textelementen	17
3.3.2	Gruppierung	18
3.3.3	scaling	18
3.3.4	Hilfslinien	19
4	Tutorial	21
4.1	Dachkonstruktion	21
4.1.1	Start der Konstruktion	21
4.1.2	Erste Schritte	22
4.1.3	Dachdecken	22
4.1.4	Lager und Gelenke	23
4.1.5	Schnee am Dach	23
4.1.6	Bereich der Einflusslinie und Dachabmessung	23
4.1.7	Das fertige Dach	24
4.1.8	Dachkonstruktion samt Quellcode	25

1 Befehlsübersicht

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

Skalieren (siehe 3.3.3)

```
\scaling{scaling_value};
```

Punkte (siehe 3.2.1)

```
\point{name}{x-coordiante}{y-coordiante};
```

Balken (siehe 3.2.2)

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

{1} Biegebalken mit Kennfaser

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

{2} Fachwerkstab

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

{3} Unsichtbarer Stab

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

{4} Biegebalken ohne Kennfaser

```
\beam{4}{initial point}{end point}[rounded initial point][rounded end point];
```

Lager (siehe 3.2.3)

```
\support{type}{insertion point}[rotation];
```

{1} Festlager

```
\support{1}{insertion point}[rotation];
```

{2} Loslager

```
\support{2}{insertion point}[rotation];
```

{3} Einspannung

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

{4} Lose Einspannung

```
\support{4}{insertion point}[rotation];
```

{5} Wegfeder

```
\support{5}{insertion point}[rotation];
```

{6} Drehfeder

```
\support{6}{insertion point}[rotation];
```

Gelenke (siehe 3.2.4)

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

{1} Vollgelenk

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

{2} Halbgelenk

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

{3} Querkraftgelenk

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

{4} Normalkraftgelenk

```
\hinge{4}{insertion point}[rotation];
```

{5} Aussteifung der Ecken

```
\hinge{5}{insertion point}[initial point][end point];
```

Einzellast (siehe 3.2.5)

```
\load{type}{insertion point}[rotation][length or included angle][loaddistance];  
  
{1} Einzelkraft  
  \load{1}{insertion point}[rotation][length][loaddistance];  
  
{2} Moment im Uhrzeigersinn  
  \load{2}{insertion point}[rotation][included angle][moment distance];  
  
{3} Moment gegen den Uhrzeigersinn  
  \load{3}{insertion point}[rotation][included angle][moment distance];
```

Linienlast (siehe 3.2.6)

```
\lineload{type}{initial point}{end point}[optional][optional][optional][optional];  
  
{1} Linienlast normal zur Stabachse  
  \lineload{1}{initial point}{end point}[initial force value][end force value]  
    [force interval];  
  
{2} Linienlast normal zur x-Achse  
  \lineload{2}{initial point}{end point}[initial force value][end force value]  
    [force interval];  
  
{3} Linienlast projiziert auf den Stab  
  \lineload{3}{initial point}{end point}[initial force value][end force value]  
    [lineload_distance from initial point][force interval];  
  
{4} Linienlast entlang der Stabachse  
  \lineload{4}{initial point}{end point}[force interval][force length];
```

Temperatur (siehe 3.2.7)

```
\temperature{initial point}{end point}{temperature_below}{temperature_above}  
  [temperature_position][temperature_value_below][temperature_value_above]  
  [text_orientation_below][text_orientation_above];
```

Schnittkraftverlauf (siehe 3.2.8)

```
\internalforces{initial point}{end point}{initial value}{end value}  
  [parabola height][color][bend position];
```

Bemaßungen (siehe 3.2.9)

```
\dimensioning{type}{initial point}{end point}{distance from point of origin}[measure];  
  
{1} Bemaßung horizontal  
  \dimensioning{1}{initial point}{end point}{distance from point of origin}[measure];  
  
{2} Bemaßung vertikal  
  \dimensioning{2}{initial point}{end point}{distance from point of origin}[measure];  
  
{3} Bemaßung einer Verschiebung  
  \dimensioning{3}{initial point}{end point}{distance from initial point}[measure];
```

Bereich der Einflusslinie (siehe 3.2.10)

```
\influenceline{initial point}{end point}{distance from initial point}[arrow position];
```

Bezeichnungen (siehe 3.2.11)

```
\notation{type}{insertion point}{}[][][][];  
  
{1} Bezeichnung  
  \notation{1}{insertion point}{labelling}[orientation];  
  
{2} Bezeichnung mit Strich am Punkt  
  \notation{2}{insertion point}{labelling}[orientation];  
  
{3} Bezeichnung mit Strich auf der Linie  
  \notation{3}{initial point}{end point}[labelling][position][orientation];  
  
{4} Bezeichnung mit Rechteck auf der Linie  
  \notation{4}{initial point}{end point}[labelling][position][orientation][text  
    orientation];  
  
{5} Bezeichnung auf der Linie
```

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

{6} Bezeichnung in einem Kreis

```
\notation{6}{insertion point}{labelling};
```

Zusätze (siehe 3.2.12)

```
\addon{type}{insertion point}{}{}[];
```

{1} Symbol für parallele Stäbe

```
\addon{1}{insertion point}{end point}{position};
```

{2} Symbol für Stäbe die normal aufeinander stehen

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

{3} Winkelsymbol

```
\addon{3}{insertion point}{initial point}{end point}[orientation];
```


2 Einleitung

Die folgende Arbeit stellt ein Manual für die im Bachelor Projekt erstellte Bibliothek von baustatischen Symbolen dar. Diese Bibliothek wurde mit dem System PGF/TikZ erstellt und enthält dementsprechende Befehle aus den betreffenden Packages. Jedoch ist eine umfassende Kenntnis von TikZ nicht notwendig um die Bibliothek bedienen zu können. Falls die hier erwähnte Befehle nicht ausreichen, wird dem interessierten Leser das TikZ Manual von Till Tantau nahe gelegt.

2.1 Wie lese ich dieses Manual?

Dieses Manual beschreibt die Anwendung der Elementbibliothek für 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.

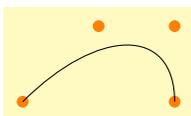
2.1.1 Noch ein paar Erklärungen

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.

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{structuralanalysis}` installiert werden muss.

Befindet sich das Stylefile im Ordner der Hauptdatei, so kann die Bibliothek mittels `\usepackage{structuralanalysis}` 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{structuralanalysis}
```

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.

3 Elemente

3.1 Allgemeines zu den Elementen

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 `\point`
2. Balken oder Stäbe `\beam`
3. Lager `\support`
4. Gelenke `\hinge`
5. Kräfte und Temperaturen `\load` bzw. `\lineload` und `\temperature`
6. Schnittkraftverlauf `\internalforces`
7. Bemaßung `\dimensioning`
8. Bereich der Einflusslinie `\influenceline`
9. Beschriftung `\notation`
10. Zusätzliches `\addon`

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

```
\load{type}{insertion point}[rotation][length or included angle][loaddistance];
```

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.

3.2 Die Elemente

3.2.1 Punkte

```
\point{Bezeichnung}{x-Koordinate}{y-Koordinate};
```

Um Elemente platzieren zu können, müssen zuvor Punkte definiert werden. Für die Bezeichnung sollte ein 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 und anschließend der der y- Koordinate.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\point{b}{2}{1};
\point{c}{4}{.5};
\end{tikzpicture}
```

3.2.2 Balken und Stäbe

```
\beam{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, das entsprechende Stabende wird nicht abgerundet, [1] das Ende wird hingegen abgerundet. Diese Option ist vor allem dann vonnöten, wenn mehrere Stäbe in unterschiedlichen Winkeln aufeinander treffen.

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

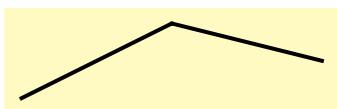
Beim Typ 1 handelt es sich um einen Biegebalken mit Kennfaser. Wobei sich Kennfaser immer unterhalb des Balkens befindet, wenn man die Eingabe wie oben erwähnt ausführt (Startpunkt - Endpunkt).



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\point{b}{2}{1};
\point{c}{4}{.5};
\beam{1}{a}{b}[0][1];
\beam{1}{b}{c}[1];
\end{tikzpicture}
```

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

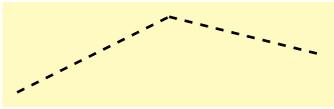
Bei diesem Typ 2 handelt es sich um einen Fachwerkstab, dementsprechend kommt keine Kennfaser vor. Dies bedeutet wiederum, dass nicht auf die Eingabe Startpunkt - Endpunkt geachtet werden muss.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\point{b}{2}{1};
\point{c}{4}{.5};
\beam{2}{a}{b}[0][1];
\beam{2}{b}{c}[1];
\end{tikzpicture}
```

```
\beam{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}
\point{a}{0}{0};
\point{b}{2}{1};
\point{c}{4}{.5};
\beam{3}{a}{b};
\beam{3}{b}{c};
\end{tikzpicture}
```

```
\beam{4}{initial point}{end point}[rounded initial point][rounded end point];
```

Typ 4 besitzt das gleiche Aussehen und die gleichen Eigenschaften wie Typ 1, jedoch keine Kennfaser. Dies entspricht somit einem Biegebalken ohne Kennfaser.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\point{b}{2}{1};
\point{c}{4}{.5};
\beam{4}{a}{b};
\beam{4}{b}{c};
\end{tikzpicture}
```

3.2.3 Lager

```
\support{type}{insertion point}[rotation];
```

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 Einfügepunkt vonnöten um ein Lager bzw. eine Feder zu initialisieren. Als optionaler Parameter steht die Rotation zur Verfügung, wobei von der x-Achse der Winkel gezählt wird.

```
\support{1}{insertion point}[rotation];
```

Bei Typ 1 handelt es sich um eine Festlager, das horizontale und vertikale Kräfte aufnehmen kann, jedoch keine Momente.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\support{1}{a}[30];
\end{tikzpicture}
```

```
\support{2}{insertion point}[rotation];
```

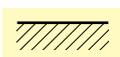
Bei Typ 2 handelt es sich um ein Loslager, das nur in eine Richtung Kräfte aufnehmen kann und keine Momente.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\support{2}{a};
\end{tikzpicture}
```

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

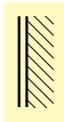
Typ 3 ist eine Einspannung, welche sämtliche Kräfte und Momente aufnehmen kann.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\support{3}{a};
\end{tikzpicture}
```

```
\support{4}{insertion point}[rotation];
```

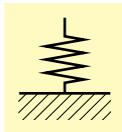
Typ 4 ist ebenso eine Einspannung. Diese kann jedoch nur in eine Richtung eine Kraft aufnehmen.



```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0};
  \support{4}{a}[90];
\end{tikzpicture}
```

`\support{5}{insertion point}[rotation];`

Typ 5 beschreibt eine Wegfeder.



```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0};
  \support{5}{a};
\end{tikzpicture}
```

`\support{6}{insertion point}[rotation];`

Typ 6 beschreibt eine Drehfeder.



```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0};
  \support{6}{a}[-45];
\end{tikzpicture}
```

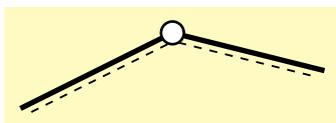
3.2.4 Gelenke

`\hinge{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 Einfügpunkt. Jedoch sind die optionalen Eigenschaften hauptsächlich vom Typ des Gelenkes abhängig.

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

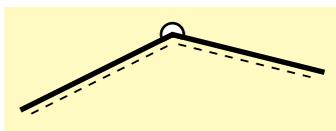
Die einfachste Ausführung eines Gelenkes ist der Typ 1, hier handelt es sich um ein Vollgelenk, dieses nur einen Einfügpunkt benötigt.



```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{1}; \point{c}{4}{.5};
  \beam{1}{a}{b}[0][1]; \beam{1}{b}{c}[1];
  \hinge{1}{b};
\end{tikzpicture}
```

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

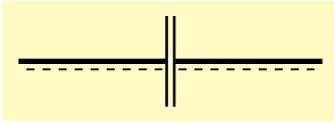
Zusätzlich zum Einfügpunkt benötigt der Typ 2, das Halbgelenk noch die Angabe des Start- und des Endpunktes zwecks der Orientierung. Diese Angaben sind zwar als optional durch `[]` gekennzeichnet, müssen jedoch zur Gänze ausgefüllt werden um ein solches Halbgelenk zu generieren. Das Gelenk wird dann am Einfügpunkt 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 unteren Seite, d.h. auf der Seite mit der Kennfaser ausgeführt wird. Eine `[1]` hingegen bedeutet genau das Gegenteil.



```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{1}; \point{c}{4}{.5};
  \beam{1}{a}{b}[0][1]; \beam{1}{b}{c}[1];
  \hinge{2}{b}[a][c][1];
\end{tikzpicture}
```

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

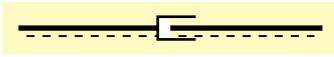
Typ 3 bildet ein Halbgelenk ab. Hier gibt es als zusätzliche Option die Rotation, wobei diese wie die Rotation der Lager zu verstehen sind.



```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{0}; \point{c}{4}{0};
  \beam{1}{a}{b}; \beam{1}{b}{c};
  \hinge{3}{b};
\end{tikzpicture}
```

```
\hinge{4}{insertion point}[rotation];
```

Für Typ 4, das Normalkraftgelenk, gilt dasselbe wie für das Querkraftgelenk.



```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{0}; \point{c}{4}{0};
  \beam{1}{a}{b}; \beam{1}{b}{c};
  \hinge{4}{b};
\end{tikzpicture}
```

```
\hinge{5}{insertion point}[initial point][end point];
```

Um eine Aussteifung einer Ecke zu erreichen, wird der Typ 5 angewandt. Zusätzlich zum Einfügepunkt benötigt der Typ 5, sowie das Halbgelenk, noch die Angabe des Start- und des Endpunktes. Diese Angaben sind zwar als optional, durch `[]` gekennzeichnet, müssen jedoch zur Gänze ausgefüllt werden um eine solche Aussteifung zu generieren.



```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{1}; \point{c}{4}{.5};
  \beam{1}{a}{b}[0][1]; \beam{1}{b}{c}[1];
  \hinge{5}{b}[a][c];
\end{tikzpicture}
```

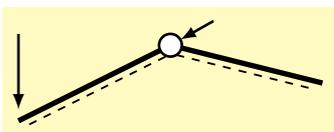
3.2.5 Einzellast

```
\load{type}{insertion point}[rotation][length or included angle][loaddistance];
```

Der Befehl Einzellast, beinhaltet sowohl Einzelkräfte als auch Momente. Um solche Lasten zu platzieren ist ein Bezugspunkt notwendig. Bei den Momenten wird weiters noch in ein im Uhrzeigersinn gerichtetes und ein entgegen diesen unterschieden. Als optionaler Parameter steht die Rotation zur Verfügung, wobei wie auch beim Support, von der x-Achse der Winkel gezählt wird.

```
\load{1}{insertion point}[rotation][length][loaddistance];
```

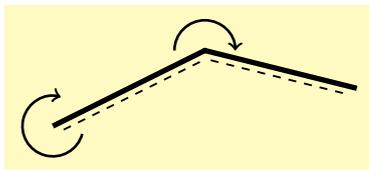
Der erste Typ beschreibt eine Einzelkraft. Neben dem optionalen Parameter der Rotation, gibt es noch einen Parameter um die Länge der Kraft zu verändern, sowie einen optionalen Parameter der den Abstand zur Stabachse regelt. Der Abstand zur Stabachse ist im Normalfall der Radius eines Gelenks.



```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{1}; \point{c}{4}{.5};
  \beam{1}{a}{b}[0][1]; \beam{1}{b}{c}[1];
  \hinge{1}{b};
  \load{1}{b}[29.5][.5];
  \load{1}{a};
\end{tikzpicture}
```

```
\load{2}{insertion point}[rotation][included angle][loaddistance];
```

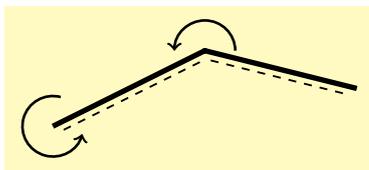
Der Typ 2, beschreibt ein Moment das im Uhrzeigersinn ausgerichtet ist. Neben dem optionalen Parameter Rotation gibt es hier weiters den eingeschlossenen Winkel und den Radius des Momentes.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{1}; \point{c}{4}{.5};
\beam{1}{a}{b}[0][1]; \beam{1}{b}{c}[1];
\load{2}{b}[0][180];
\load{2}{a}[75];
\end{tikzpicture}
```

`\load{3}{insertion point}[rotation][included angle][loaddistance];`

Der Typ 3, beschreibt entgegen dem Typ 2 ein Moment das gegen den Uhrzeigersinn ausgerichtet ist. Ansonsten gelten die gleichen Bedingungen.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{1}; \point{c}{4}{.5};
\beam{1}{a}{b}[0][1]; \beam{1}{b}{c}[1];
\load{3}{b}[0][180];
\load{3}{a}[75];
\end{tikzpicture}
```

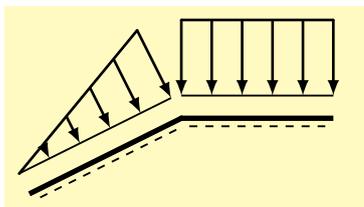
3.2.6 Linienlast

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

In der Bibliothek sind vier 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.

`\lineload{1}{initial point}{end point}[initial force value][end force value][force interval];`

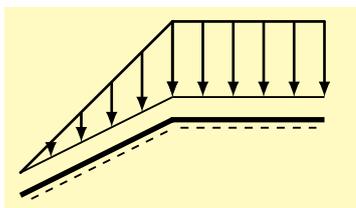
Bei Typ 1 handelt es sich um eine Linienlast, die normal zur Stabachse steht. Optional können die Größen der Anfangskraft und der Endkraft eingestellt werden. Wird hierbei einer der Parameter auf [0] gesetzt, so entsteht eine Dreiecksbelastung. Mit dem letzten Parameter kann der Abstand zwischen den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



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\point{b}{2}{1};
\point{c}{4}{1};
\beam{1}{a}{b}[0][1];
\beam{1}{b}{c}[1];
\lineload{1}{a}{b}[0];
\lineload{1}{b}{c};
\end{tikzpicture}
```

`\lineload{2}{initial point}{end point}[initial force value][end force value][force interval];`

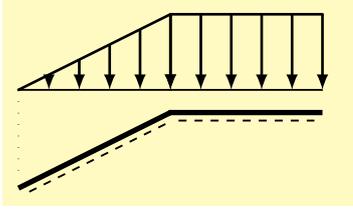
Bei Typ 2 verlaufen die Kräfte parallel zur y-Achse. Die optionalen Größen sind gleich wie bei dem Typ 1.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\point{b}{2}{1};
\point{c}{4}{1};
\beam{1}{a}{b}[0][1];
\beam{1}{b}{c}[1];
\lineload{2}{a}{b}[0];
\lineload{2}{b}{c};
\end{tikzpicture}
```

`\lineload{3}{initial point}{end point}[initial force value][end force value][force interval];`

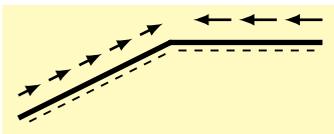
Der Typ 3 stellt eine Projektion der Kräfte auf den Stab dar. Neben den Anfangs- und Endkraftgrößen, kann hier auch optional der vertikale Abstand zum Anfangspunkt eingegeben werden.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\point{b}{2}{1};
\point{c}{4}{1};
\beam{1}{a}{b}{0}[1];
\beam{1}{b}{c}[1];
\lineload{3}{a}{b}[0][1][1];
\lineload{3}{b}{c};
\end{tikzpicture}
```

```
\lineload{4}{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. Diese Linienlast befindet sich immer oberhalb des Stabes. Um die Laufrichtung zu ändern, müssen Anfangs- und Endpunkt getauscht werden.

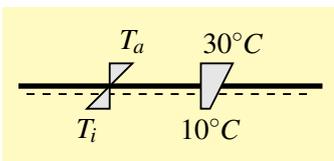


```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{1}; \point{c}{4}{1};
\beam{1}{a}{b}[0][1];
\beam{1}{b}{c}[1];
\lineload{4}{a}{b};
\lineload{4}{c}{b} [.3] [.25];
\end{tikzpicture}
```

3.2.7 Temperatur

```
\temperature{initial point}{end point}{temperature_below}{temperature_above}
[temperature_position][temperature_value_below][temperature_value_above]
[text_orientation_below][text_orientation_above];
```

Der Lastfall Temperatur wird in einem eigenen Befehl abgebildet, da wie oben ersichtlich ist, einige optionale Einstellungen getroffen werden können. Ebenso wie bei den Linienlasten muss hier der Anfangspunkt bzw. der Endpunkt des Stabes eingegeben werden wo der Temperaturlastfall wirken soll. Danach folgt die zwingende Eingabe der Temperaturgrößen, wobei mit der Temperatur an der Stabunterseite begonnen wird. Optional kann die Position der Temperatur verändert werden. In der Grundeinstellung wird die Temperatur in der Mitte des Stabes positioniert. Weiters steht bei der Temperatur auch die Möglichkeit der Beschriftung zur Verfügung. Die Eingaben des Textes sind gleich einer \LaTeX -Eingabe. Als weitere optionale Eingabe, kann die Ausrichtung des Textes geändert werden. Hier müssen jedoch TikZ Befehle angegeben werden, diese werden in Abschnitt 3.3.1 näher beschrieben.



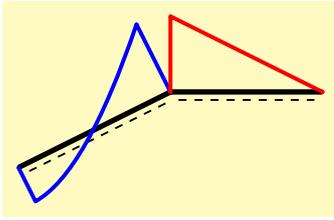
```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\point{b}{4}{0};
\beam{1}{a}{b};
\temperature{a}{b}{-.5}{.5} [.3] [T_i] [T_a];
\temperature{a}{b}{.2}{.7} [.6] [10°C] [30°C];
\end{tikzpicture}
```

3.2.8 Schnittkraftverlauf

```
\internalforces{initial point}{end point}{initial value}{end value}[parabola height][color][bend position];
```

Wie auch bei der Temperatur gibt es hier keine Typenunterscheidung. Mit dieser Funktion lassen sich lineare als auch quadratische Schnittkräfteverläufe darstellen. Dabei erfolgt die Eingabe wie mehrmals oben dargestellt. Zuerst müssen die Anfangs- und Endpunkte bestimmt werden. Danach müssen die jeweiligen Start- bzw. Endwerte eingegeben werden. Anschließend 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}
\point{a}{0}{0};
\point{b}{2}{1};
\point{c}{4}{1};
\beam{1}{a}{b}[0][1];
\beam{1}{b}{c}[1];
\internalforces{a}{b}{.5}{-1}[-.4][blue];
\internalforces{b}{c}{-1}{0};
\end{tikzpicture}
```

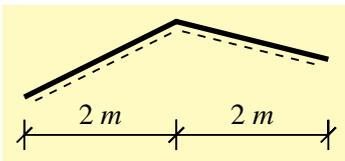
3.2.9 Abmessungen

```
\dimensioning{type}{initial point}{end point}{distance from point of origin}[measure];
```

Grundsätzlich werden im Programm drei Arten von Bemaßungen unterschieden, die horizontale und vertikale Bemaßung sowie eine Bemaßung für eine Verschiebung. 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. Optional kann zu jeder Maßlinie eine Beschriftung mit eingefügt werden.

```
\dimensioning{1}{initial point}{end point}{distance from point of origin}[measure];
```

Der erste Typ beschreibt die horizontale Bemaßung.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{1}; \point{c}{4}{.5};
\beam{1}{a}{b}[0][1]; \beam{1}{b}{c}[1];
\dimensioning{1}{a}{b}{-.5}[$2\sim m$];
\dimensioning{1}{b}{c}{-.5}[$2\sim m$];
\end{tikzpicture}
```

```
\dimensioning{2}{initial point}{end point}{distance from point of origin}[measure];
```

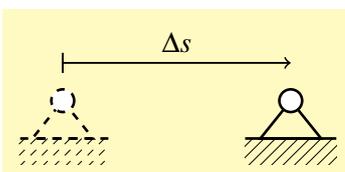
Der Typ 2 beschreibt die horizontale Bemaßung.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\point{b}{2}{1};
\beam{1}{a}{b};
\dimensioning{2}{a}{b}{-.5}[$1\sim m$];
\end{tikzpicture}
```

```
\dimensioning{3}{initial point}{end point}{distance from initial point}[measure];
```

Mit dem Typ 3, wird eine Verschiebung gekennzeichnet. Anders als bei Typ 1 und 2 wird hier der Abstand nicht vom Koordinatenursprung angegeben, sondern vom Anfangspunkt aus.

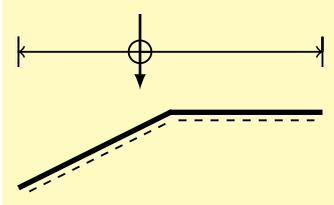


```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{1};
\begin{scope}[dashed]
\support{1}{a};
\hinge{1}{a};
\end{scope}
\support{1}{b}; \hinge{1}{b};
\dimensioning{3}{a}{b}{.5}[$\Delta s$];
\end{tikzpicture}
```

3.2.10 Bereich der Einflusslinie

```
\influenceline{initial point}{end point}{distance from initial point}[arrow position];
```

Ein Spezialfall der Bemaßung ist der Bereich der Einflusslinie. Neben dem Start- bzw. Endpunkt muss hier hingegen der vertikale Abstand vom Startpunkt angegeben werden. Optional lässt sich noch die Position des Pfeilsymbols verschieben.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\point{b}{2}{1};
\point{c}{4}{1};
\beam{1}{a}{b}[0][1];
\beam{1}{b}{c}[1];
\influenceline{a}{c}{1.5}[.4];
\end{tikzpicture}
```

3.2.11 Bezeichnungen

```
\notation{type}{insertion point}{}[]{}[];
```

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

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

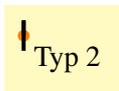
Typ 1 gibt eine normale Bezeichnung wieder. Dabei muss nur der Einfügepunkt und der entsprechende Text angegeben werden. Durch den optionalen Parameter kann die Orientierung geändert werden, als Grundeinstellung ist `above right` also rechts oben gewählt.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\notation{1}{a}{Typ 1};
\end{tikzpicture}
```

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

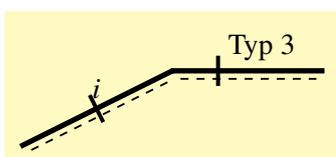
Typ 2 besitzt neben der Bezeichnung noch einen Strich, um die entsprechende Stelle zu kennzeichnen. Dieser Strich ist immer parallel zur y-Achse.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0};
\notation{2}{a}{Typ 2}[below right];
\end{tikzpicture}
```

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

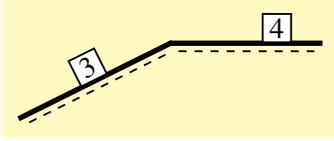
Typ 3 ist die Erweiterung von Typ 2. Wie bei den anderen Linienelementen muss hier der Anfangspunkt bzw. Endpunkt angegeben werden. Der Strich befindet sich in der Ausgangssituation in der Mitte der zwei Punkte. Durch einen optionalen Parameter kann jedoch die Position verändert werden.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{1}; \point{c}{4}{1};
\beam{1}{a}{b}[0][1];
\beam{1}{b}{c}[1];
\notation{3}{a}{b}[$i$];
\notation{3}{b}{c}[Typ 3][.3][above right];
\end{tikzpicture}
```

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

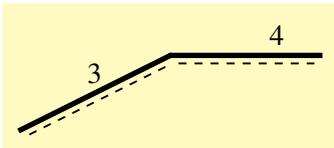
Typ 4 wird wie Typ 3 auf einer Linie platziert. Anstatt des Striches wird der Text mit einem Quadrat umrahmt. Es gelten die gleichen Anforderungen wie bei Type 3. Zusätzlich kann mit dem letzten Parameter, setzt man ihn auf [1], die Textausrichtung parallel zur x-Achse gestellt werden.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{1}; \point{c}{4}{1};
\beam{1}{a}{b}[0][1];
\beam{1}{b}{c}[1];
\notation{4}{a}{b}[$3$];
\notation{4}{b}{c}[$4$][.7];
\end{tikzpicture}
```

```
\notation{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}
\point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{1}; \point{c}{4}{1};
\beam{1}{a}{b}[0][1];
\beam{1}{b}{c}[1];
\notation{5}{a}{b}[$3$][.5][above][1];
\notation{5}{b}{c}[$4$][.7];
\end{tikzpicture}
```

```
\notation{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}
\point{a}{0}{0};
\notation{6}{a}{+};
\end{tikzpicture}
```

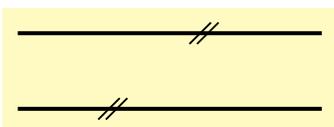
3.2.12 Zusätzliche Symbole

```
\addon{type}{insertion point}{}{}[];
```

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.

```
\addon{1}{insertion point}{end point}{position};
```

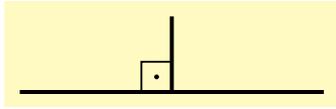
Typ 1 stellt das Symbol für parallele Stäbe dar. Hier muss zuerst der Start- und Endpunkt des Stabes angegeben werden und danach muss die Positionierung des Symbols festgelegt werden.



```
\begin{tikzpicture}
\point{a}{0}{0}; \point{b}{4}{0};
\point{c}{0}{1}; \point{d}{4}{1};
\beam{2}{a}{b}; \beam{2}{c}{d};
\addon{1}{a}{b}{.3};
\addon{1}{c}{d}{.6};
\end{tikzpicture}
```

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

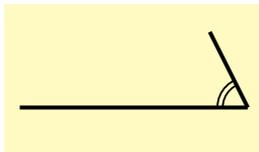
Typ 2 gibt das Symbol für zwei rechtwinklig aufeinander stehende Stäbe wieder. Dabei muss neben dem Start- und Endpunkt auch der Einfügekpunkt angegeben werden. Mit dem optionalen Parameter kann die Ausrichtung des Symbols verändert werden. Dabei muss der Wert auf $[-1]$ geändert werden.



```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{0}; \point{c}{4}{0};
  \point{d}{2}{1};
  \beam{2}{a}{c};
  \beam{2}{b}{d};
  \addon{2}{b}{a}{d}[-1];
\end{tikzpicture}
```

`\addon{3}{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}
  \point{a}{0}{0}; \point{b}{3}{0}; \point{c}{2.5}{1};
  \beam{2}{a}{b};
  \beam{2}{b}{c};
  \addon{3}{b}{a}{c}[-1];
\end{tikzpicture}
```

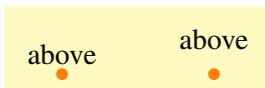
3.3 Nützliche TikZ Befehle

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}
  \point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{0};
  \notation{1}{a}{above}[above];
  \notation{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 dem entsprechenden Punkt angeordnet wird. Ebenso kann die Abstandsentfernung wieder optional angegeben werden. Ist kein `<offset>` angegeben, so werden die Systemstandardwerte verwendet.

above left

```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0};
  \notation{1}{a}{above left}[above left];
\end{tikzpicture}
```

`/tikz/above right=<offset>`

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

above right

```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0};
  \notation{1}{a}{above right}[above right];
\end{tikzpicture}
```

`/tikz/below left=<offset>`

Es erfolgt eine Anordnung unten links.

`/tikz/below right=<offset>`

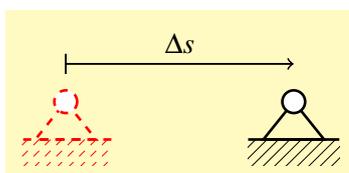
Es erfolgt eine Anordnung unten rechts.

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.



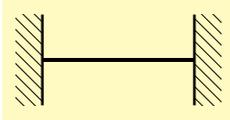
```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0}; \point{b}{2}{1};
  \begin{scope}[dashed,color=red]
    \support{1}{a};
    \hinge{1}{a};
  \end{scope}
  \support{1}{b}; \hinge{1}{b};
  \dimensioning{3}{a}{b}{.5}[$\Delta s$];
\end{tikzpicture}
```

3.3.3 scaling

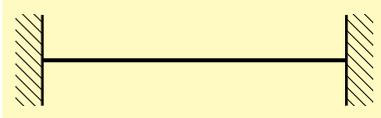
Bei diesem Befehl handelt es sich nicht um einen TikZ Befehl, sondern er wurde für die Bibliothek geschrieben um die Längen entsprechend zu skalieren.

`/tikz/structuralanalysis/scaling{scalingParameter};`

Mit diesem Befehl 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}
  \scaling{.5};
  \point{a}{0}{0}; \point{b}{4}{0};
  \beam{2}{a}{b};
  \support{3}{a}[-90]; \support{3}{b}[90];
\end{tikzpicture}
```

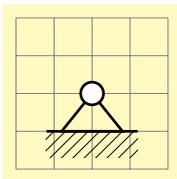


```
\begin{tikzpicture}
  \point{a}{0}{0}; \point{b}{4}{0};
  \beam{2}{a}{b};
  \support{3}{a}[-90]; \support{3}{b}[90];
\end{tikzpicture}
```

3.3.4 Hilfslinien

`\draw[help lines,<options>] (<coordinates>)grid (<coordinates>);`

Um das Konstruieren zu vereinfachen, ist es oft sinnvoll geeignete Hilfslinien einzufügen. Bei den Optionen können mittels `step=<offset>` die Abstände der Gitterlinien verändert werden.



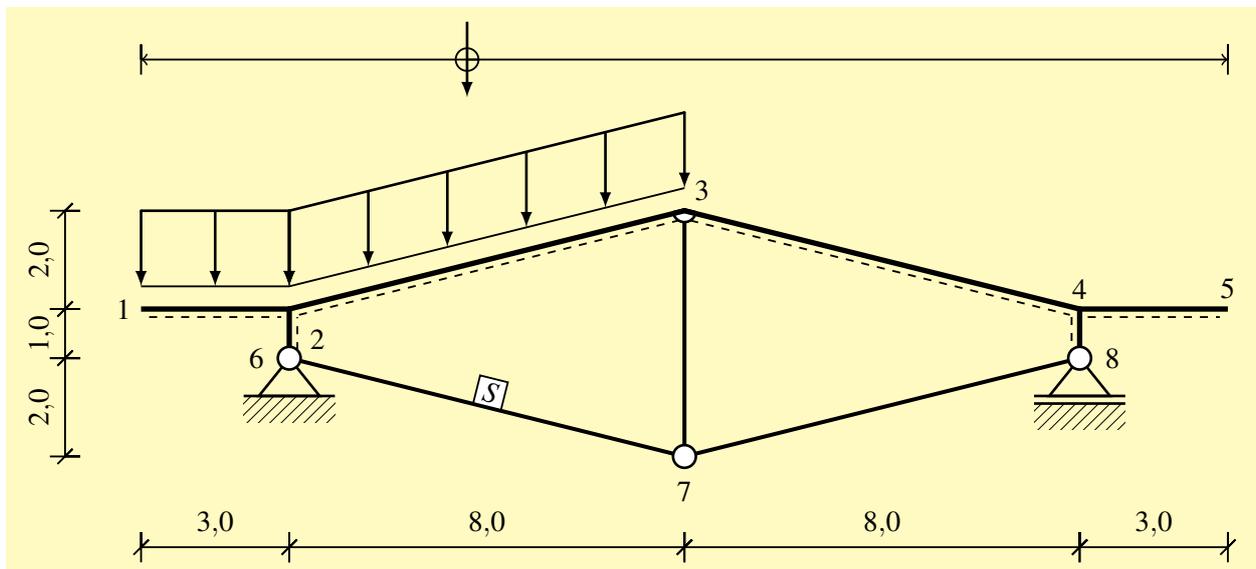
```
\begin{tikzpicture}
  \draw[help lines,step=.5] (-1,-1) grid (1,1);
  \point{a}{0}{0};
  \support{1}{a};
  \hinge{1}{a};
\end{tikzpicture}
```


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 Dachkonstruktion

In diesem Tutorial werden die grundlegenden Prinzipien beim Konstruieren mit `TikZ` bzw. mit der `structuralanalysis` behandelt. Schritt für Schritt soll hierbei eine Dachkonstruktion entstehen, die schlussendlich wie folgt aussieht:



4.1.1 Start der Konstruktion

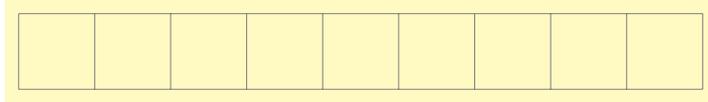
Um die gewünschte Dachkonstruktion zu erstellen muss zunächst ein File erstellt werden. In diesem Beispiel handelt es sich um ein `LATEX` File, jedoch kann die Bibliothek auch mit `TEX` und `ConTEX` verwendet werden.

```
\documentclass{scrreprt} % say
\usepackage{structuralanalysis}

\begin{document}
  \begin{tikzpicture}
    % hier wird konstruiert
  \end{tikzpicture}
\end{document}
```

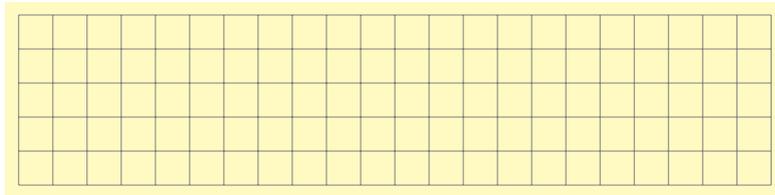
4.1.2 Erste Schritte

Als Erstes müssen nun entsprechende Punkte mit dem Befehl `\point`, festgelegt werden. Anhand von diesen Punkten orientieren sich die restlichen Bibliothekselemente. Da die Punkte grundsätzlich nicht dargestellt werden, empfiehlt es sich ein Hilfsnetz zu erzeugen um die Abstände und Größen einschätzen zu können. Die Grundgröße von einem Netz beträgt 1 cm auf 1 cm .



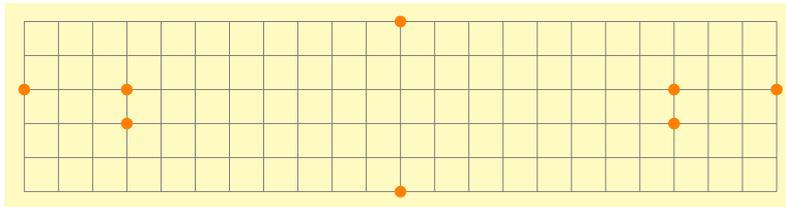
```
\begin{tikzpicture}
\draw[help lines]
(0,0) grid (9,1);
\end{tikzpicture}
```

Somit ist hier leicht ersichtlich, dass sich der Dachstuhl mit einer Breite von 22 cm auf dieser Breite nicht ausgeht. Um nicht die Abmessungen umzuändern, bzw. mühevoll die Abmessungen herunter zu skalieren, gibt es den Befehl `\scaling`. Damit werden die Abstände je nach gewünschtem Faktor skaliert, jedoch bleiben die Symbole als auch die Eingaben gleich. Achtung, da das Hilfsnetz eine Funktion von TikZ ist, gilt das Gesagte für die Hilfslinien nicht. Rechnet man das entsprechend um, so stellt sich die Situation wie folgt dar:



```
\begin{tikzpicture}
\scaling{.45};
\draw[help lines,step=.45]
(0,-.9) grid (9.9,1.35);
\end{tikzpicture}
```

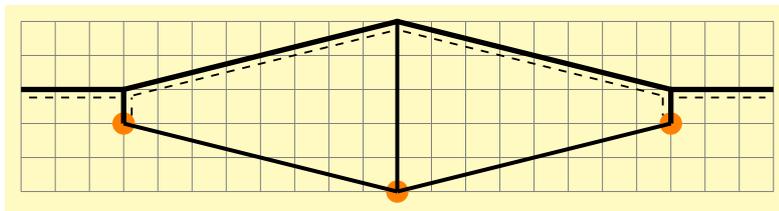
Nun können die Punkte des Systems leicht eingetragen werden. Da die Punkte, wie bereits oben erwähnt, nicht sichtbar sind, werden sie zur Veranschaulichung als Orange Punkte gekennzeichnet.



```
\point{a}{0}{1};
\point{b}{3}{1};
\point{c}{11}{3};
\point{d}{19}{1};
\point{e}{22}{1};
\point{f}{3}{0};
\point{g}{11}{-2};
\point{h}{19}{0};
```

4.1.3 Dachdecken

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

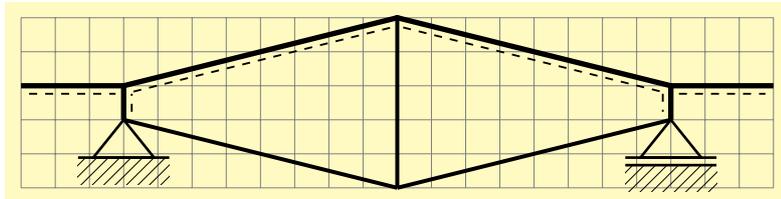


```
\beam{1}{a}{b}[0][1];
\beam{1}{b}{c}[1][1];
\beam{1}{c}{d}[1][1];
\beam{1}{d}{e}[1][0];
\beam{1}{f}{b};
\beam{1}{d}{h};
\beam{2}{f}{g};
\beam{2}{g}{h};
\beam{2}{g}{c};
```

Werden die Kanten nicht entsprechend abgerundet, wie es bei den Oberen geschehen ist, entsteht kein glatter Übergang der Stäbe (siehe orange Punkte). Bei diesen Punkten ist es jedoch egal, da in späterer Folge Gelenke darüber gelegt werden.

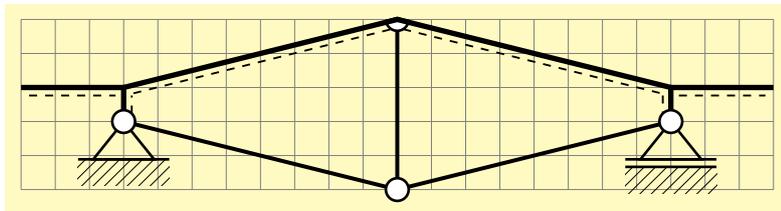
4.1.4 Lager und Gelenke

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 `\support` gebildet werden, beinhalten die Befestigung. Das entsprechende Gelenk muss jedoch eigenständig mit dem Befehl `\hinge` 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.



```
\support{1}{f};
\support{2}{h};
```

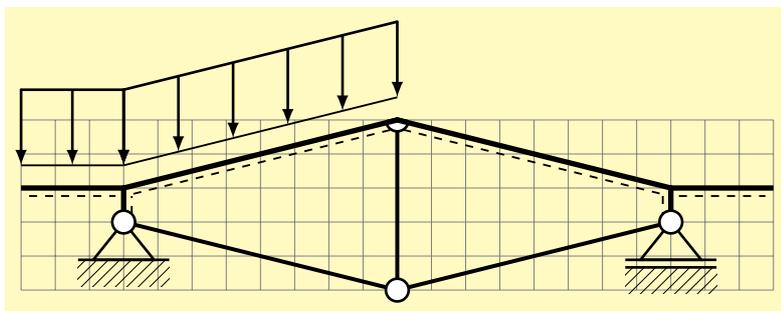
Sind also die Lager gezeichnet, so kann mit den Gelenken begonnen werden. So wie bei den meisten Elementen stehen auch hier unterschiedliche Gelenke zur Verfügung. Für den Punkt *c* wird hier zum Beispiel ein Halbgelenk verlangt.



```
\hinge{1}{f};
\hinge{1}{h};
\hinge{1}{g};
\hinge{2}{c}[b][d];
```

4.1.5 Schnee am Dach

Mit dem Einfügen der Gelenke ist die Konstruktion fertig und kann nun belastet werden. Neben Einzellasten `\load` stehen noch Linienlasten `\lineload` und Temperaturlasten `\temperature` zur Verfügung.



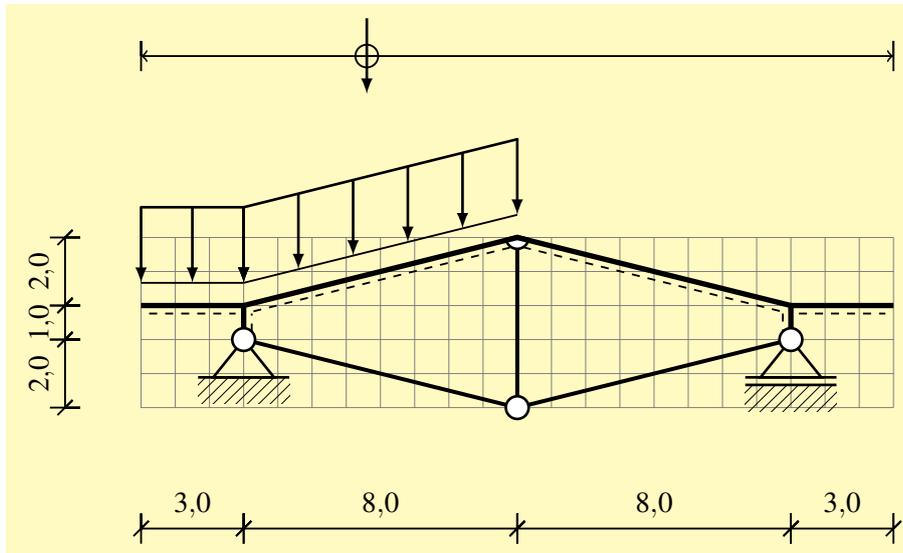
```
\lineload{2}{a}{b}[1][1][.5];
\lineload{2}{b}{c};
```

4.1.6 Bereich der Einflusslinie und Dachabmessung

Eigentlich ist ja das Dach bereits fertig und einsatzbereit, zur Übersicht werden jedoch noch die entsprechenden Maße mittels `\dimensioning` angegeben. Ebenso wird noch der Bereich der Einflusslinie definiert.

```
\dimensioning{1}{a}{b}{-2.5}[$3,0$];
\dimensioning{1}{b}{c}{-2.5}[$8,0$];
\dimensioning{1}{c}{d}{-2.5}[$8,0$];
\dimensioning{1}{d}{e}{-2.5}[$3,0$];
\dimensioning{2}{f}{a}{-1}[$1,0$];
\dimensioning{2}{g}{f}{-1}[$2,0$];
\dimensioning{2}{a}{c}{-1}[$2,0$];
```

```
\influenceline{a}{e}{3} [.3];
```



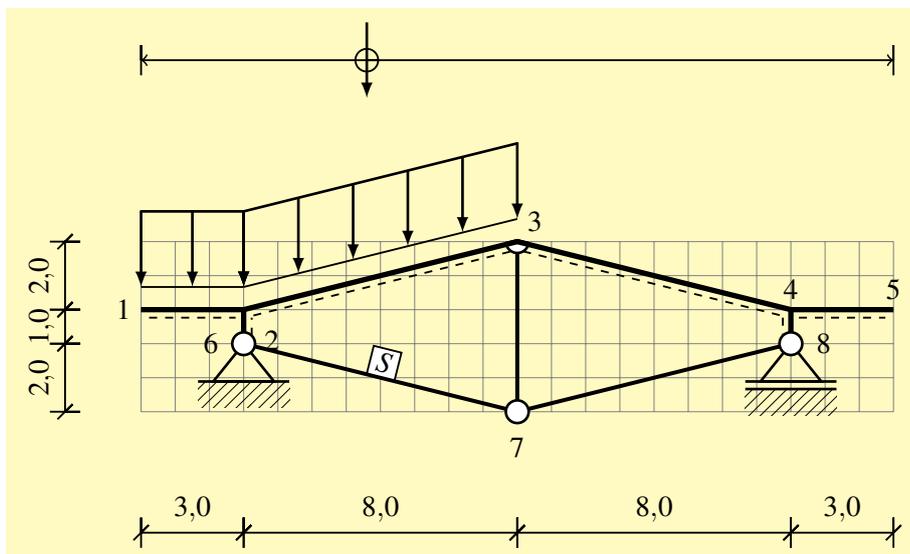
4.1.7 Das fertige Dach

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 (`\notation`) mit einem optionalen Parameter, entsprechend verschoben werden.

```

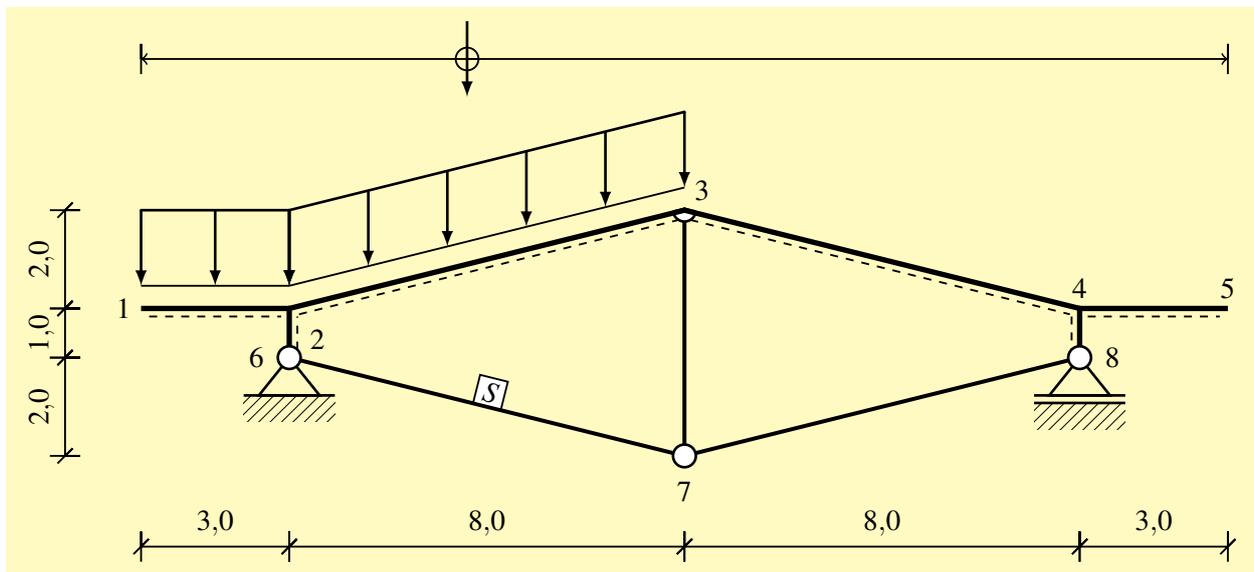
\notation{1}{a}{1$}[left];
\notation{1}{b}{2$}[below right=2mm];
\notation{1}{c}{3$};
\notation{1}{d}{4$}[above];
\notation{1}{e}{5$}[above];
\notation{1}{f}{6$}[left=2mm];
\notation{1}{g}{7$}[below=2mm];
\notation{1}{h}{8$}[right=2mm];
\notation{4}{f}{g}[$S$];

```



Nun können die Hilfslinien gelöscht werden und der Skalierungsfaktor so gewählt werden, dass die gesamte Seite ausgefüllt ist.

4.1.8 Dachkonstruktion samt Quellcode



```

\begin{tikzpicture}
  \scaling{.65};

  \point{a}{0}{1};
  \point{b}{3}{1};
  \point{c}{11}{3};
  \point{d}{19}{1};
  \point{e}{22}{1};
  \point{f}{3}{0};
  \point{g}{11}{-2};
  \point{h}{19}{0};

  \beam{1}{a}{b}[0][1];
  \beam{1}{b}{c}[1][1];
  \beam{1}{c}{d}[1][1];
  \beam{1}{d}{e}[1][0];
  \beam{1}{f}{b};
  \beam{1}{d}{h};
  \beam{2}{f}{g};
  \beam{2}{g}{h};
  \beam{2}{g}{c};

  \support{1}{f};
  \support{2}{h};

  \hinge{1}{f};
  \hinge{1}{h};

```

```

\hinge{1}{g};
\hinge{2}{c}[b][d];

\lineload{2}{a}{b}[1][1][.5];
\lineload{2}{b}{c};

\dimensioning{1}{a}{b}{-2.5}[$3,0$];
\dimensioning{1}{b}{c}{-2.5}[$8,0$];
\dimensioning{1}{c}{d}{-2.5}[$8,0$];
\dimensioning{1}{d}{e}{-2.5}[$3,0$];
\dimensioning{2}{f}{a}{-1}[$1,0$];
\dimensioning{2}{g}{f}{-1}[$2,0$];
\dimensioning{2}{a}{c}{-1}[$2,0$];

\influence{a}{e}{3} [.3];

\notation{1}{a}{{$1$}}[left];
\notation{1}{b}{{$2$}}[below right=2mm];
\notation{1}{c}{{$3$}};
\notation{1}{d}{{$4$}}[above];
\notation{1}{e}{{$5$}}[above];
\notation{1}{f}{{$6$}}[left=2mm];
\notation{1}{g}{{$7$}}[below=2mm];
\notation{1}{h}{{$8$}}[right=2mm];
\notation{4}{f}{g}[$S$];

\end{tikzpicture}

```