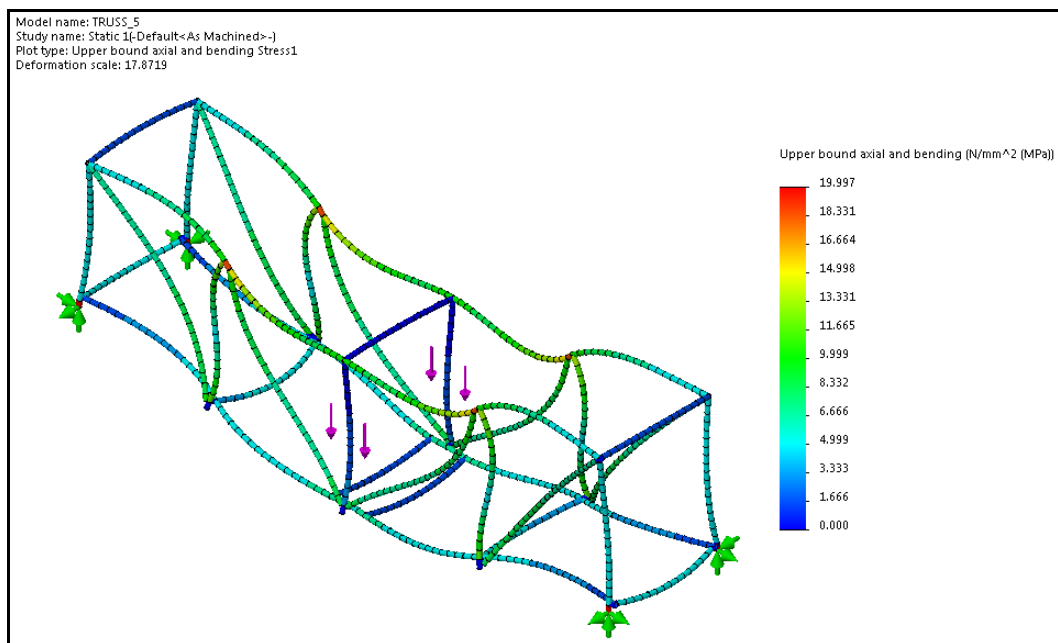


Brückenkonstruktionsprojekt



Unternehmenssitz

Dassault Systèmes SolidWorks Corp.
175 Wyman Street
Waltham, MA 02451 USA
Telefon: +1-781-810-5011
E-Mail: info@solidworks.com

Dassault Systemes Deutschland GmbH

Messe-Campus Riem
Joseph-Wild-Straße 20
81929 München
Telefon: +49 (0)89 960 948 - 400
E-Mail: info@solidworks.de

© 1995-2013, Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, ein Unternehmen von Dassault Systèmes S.A., 175 Wyman Street, Waltham, Mass. 02451 USA. Alle Rechte vorbehalten.

Die Informationen in diesem Dokument sowie die behandelte Software können ohne Ankündigung geändert werden und stellen keine Verpflichtungen seitens der Dassault Systèmes SolidWorks Corporation (DS SolidWorks) dar.

Es ist untersagt, Material ohne ausdrückliche schriftliche Genehmigung von DS SolidWorks in irgendeiner Form oder auf irgendeine Weise, elektronisch oder manuell, für welchen Zweck auch immer, zu vervielfältigen oder zu übertragen.

Die in diesem Dokument behandelte Software wird unter einer Lizenz ausgeliefert und darf nur in Übereinstimmung mit den Lizenzbedingungen verwendet und kopiert werden. Alle Gewährleistungen, die von DS SolidWorks in Bezug auf die Software und Dokumentation übernommen werden, sind im Lizenzvertrag festgelegt, und nichts, was in diesem Dokument aufgeführt oder durch dieses Dokument bzw. dessen Inhalt impliziert ist, darf als Modifizierung oder Änderung irgendwelcher Bedingungen (einschließlich Gewährleistungen) in diesem Lizenzvertrag betrachtet werden.

Patenthinweise

SOLIDWORKS®-3D-CAD-Software für Maschinenbau ist durch die US-amerikanischen Patente 5.815.154, 6.219.049, 6.219.055, 6.611.725, 6.844.877, 6.898.560, 6.906.712, 7.079.990, 7.477.262, 7.558.705, 7.571.079, 7.590.497, 7.643.027, 7.672.822, 7.688.318, 7.694.238, 7.853.940, 8.305.376 sowie durch Patente anderer Länder (z. B. EP 1.116.190 B1 und JP 3.517.643) geschützt.

Die Software eDrawings® ist durch die US-amerikanischen Patente 7.184.044 und 7.502.027 sowie das kanadische Patent 2.318.706 geschützt.

Weitere US-amerikanische Patente und Patente anderer Länder angemeldet.

Markenhinweise und Produktnamen für SOLIDWORKS Produkte und Dienstleistungen

SOLIDWORKS, 3D ContentCentral, 3D PartStream.NET, eDrawings und das eDrawings Logo sind eingetragene Marken, und FeatureManager ist eine eingetragene Gemeinschaftsmarke von DS SolidWorks.

CircuitWorks, FloXpress, PhotoView 360 und TolAnalyst sind eingetragene Marken von DS SolidWorks.

FeatureWorks ist eine eingetragene Marke von Geometric Ltd. SOLIDWORKS 2014, SOLIDWORKS PDM Professional, SOLIDWORKS Workgroup PDM, SOLIDWORKS Simulation, SOLIDWORKS Flow Simulation, eDrawings, eDrawings Professional, SOLIDWORKS Sustainability, SOLIDWORKS Plastics, SOLIDWORKS Electrical und SOLIDWORKS Composer sind Produktnamen von DS SolidWorks. Andere Marken- oder Produktbezeichnungen sind Marken oder eingetragene Marken der jeweiligen Eigentümer.

KOMMERZIELLE COMPUTER-SOFTWARE – EIGENTUMSRECHTE

Die Software ist ein „kommerzieller Gegenstand“, wie dieser Begriff in 48 C.F.R. 2.101 (OKT 1995) definiert ist, bestehend aus „kommerzieller Computersoftware“ und „kommerzieller Computersoftware-Dokumentation“, wie diese Begriffe in 48 C.F.R. 12.212 (SEPT 1995) verwendet werden, und wird der US-Regierung (a) für den Erwerb durch zivile Einrichtungen oder in deren Auftrag in Übereinstimmung mit der Richtlinie in 48 C.F.R. 12.212 oder (b) für den Erwerb durch Einheiten des US-Verteidigungsministeriums oder in deren Auftrag in Übereinstimmung mit den Richtlinien in 48 C.F.R. 227.7202-1 (JUN 1995) und 227.7202-4 (JUN 1995) bereitgestellt.

Falls eine Anfrage einer Behörde der US-Regierung über die Bereitstellung von Software eingeht, deren Umfang über die oben genannten Rechte hinausgeht, muss DS SolidWorks über den Umfang dieser Anfrage informiert werden. DS SolidWorks entscheidet dann innerhalb von fünf (5) Arbeitstagen nach

eigenem Ermessen über die Annahme oder die Ablehnung dieser Anfrage. Lieferant/Hersteller: Dassault Systèmes SolidWorks Corporation, 175 Wyman Street, Waltham, Massachusetts 02451 USA.

Hinweise zu den Urheberrechten für SOLIDWORKS Standard, Premium, Professional und für die Schulungsprodukte

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Siemens Product Lifecycle Management Software Inc., © 1986–2013. Alle Rechte vorbehalten.

In diesem Werk ist die folgende Software von Siemens Industry Software Limited enthalten:

D-Cubed™ 2D DCM © 2013. Siemens Industry Software Limited. Alle Rechte vorbehalten.

D-Cubed™ 3D DCM © 2013. Siemens Industry Software Limited. Alle Rechte vorbehalten.

D-Cubed™ PGM © 2013. Siemens Industry Software Limited. Alle Rechte vorbehalten.

D-Cubed™ CDM © 2013. Siemens Industry Software Limited. Alle Rechte vorbehalten.

D-Cubed™ AEM © 2013. Siemens Industry Software Limited. Alle Rechte vorbehalten.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Geometric Ltd., © 1998–2013.

Teile dieser Software beinhalten PhysX™ und sind urheberrechtlich geschützt durch NVIDIA, © 2006-2010.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Luxology, LLC, © 2001-2013. Alle Rechte vorbehalten. Patente angemeldet.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch DriveWorks Ltd., © 2007–2013.

Urheberrechtlich geschützt durch Adobe Systems Inc. und seinen Lizenzgebern, © 1984 – 2010. Alle Rechte vorbehalten. Geschützt durch die US-amerikanischen Patente 5.929.866, 5.943.063, 6.289.364, 6.563.502, 6.639.593, 6.754.382, Patente angemeldet. Adobe, das Adobe Logo, Acrobat, das Adobe PDF Logo, Distiller und Reader sind eingetragene Marken oder Marken von Adobe Systems Inc. in den USA und/oder anderen Ländern.

Weitere Copyright-Informationen zu DS SolidWorks finden Sie unter Hilfe > SOLIDWORKS Info.

Hinweise zu den Urheberrechten für SOLIDWORKS Simulation-Produkte

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch die Solversoft Corporation, © 2008.

PCGLSS © 1992-2013, Computational Applications and System Integration, Inc. Alle Rechte vorbehalten.

Hinweise zu den Urheberrechten für SOLIDWORKS PDM Professional

Outside In® Viewer Technology ist urheberrechtlich geschützt durch Oracle © 1992-2012, Microsoft Corporation, © 2011. Alle Rechte vorbehalten.

Hinweise zu den Urheberrechten für eDrawings-Produkte
Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Tech Soft 3D, © 2000-2013.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Jean-Loup Gailly und Mark Adler, © 1995 – 1998.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch 3Dconnexion, © 1998 – 2001.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Open Design Alliance, © 1998-2013. Alle Rechte vorbehalten.

Teile dieser Software sind urheberrechtlich geschützt durch Spatial Corporation, © 1995-2012.

eDrawings® für Windows®-Software basiert zum Teil auf der Arbeit der Independent JPEG Group.

Teile von eDrawings® für iPad® sind urheberrechtlich geschützt von Silicon Graphics Systems, Inc., © 1996-1999

Teile von eDrawings® für iPad® sind urheberrechtlich geschützt von Apple Computer Inc., © 2003-2005

Dokumentnummer: PME0524-DEU

Inhalt

Einführung	ix
Ziele dieser Lektion	ix
Zu diesem Handbuch	ix
Die SOLIDWORKS Software	ix
Voraussetzungen	ix
Typographische Konventionen	x
Vorbereitung	x
Analysieren von Konstruktionen mithilfe von SOLIDWORKS und SOLIDWORKS Simulation	xii
Lektion 1: Tragwerkkonstruktion	1
Ziele dieser Lektion	1
Beispiele für Tragwerkkonstruktionen	2
Tragwerkkonstruktionen	2
Fachwerke	3
Balken	4
Festigkeit	4
Querschnittsform	5
Verschiebung	5
Flächenträgheitsmoment	5
Material	7
Fachwerkwände	8
Dreiecke	8

Lektion 2: Verwenden der Trägerberechnung	11
Ziele dieser Lektion	11
Verwenden der Trägerberechnung	11
Größenordnung	12
Starten von SOLIDWORKS und Öffnen eines Teils	12
Hinzufügen von SOLIDWORKS Simulation	12
Die Modellgeometrie	13
Vereinfachen der Analyse	14
Der einfach gestützte Träger	14
Montagevorrichtungen	14
Externe Lasten	14
Theoretisches Modell	15
Warum sind einfach gestützte Träger wichtig?	15
Erforderliche Daten für die Trägerberechnung	16
Zusammentragen der Daten	17
Zuweisen eines Materials	17
Querschnitseigenschaften	19
Verwenden des Befehls „Messen“	21
Trägerberechnung	21
 Lektion 3: Analysieren der Tragwerkkonstruktion	 23
Ziele dieser Lektion	23
Analysieren von Tragwerkkonstruktionen	23
Überblick über SOLIDWORKS Simulation	23
Konstruktionsanalyse	24
Stufen der Konstruktionsanalyse	25
Konstruktionszyklus	26
Änderungen im Modell	26
Erstellen einer Studie	27
FeatureManager-Strukturbaum und Simulations-Studienbaum	28
Die Umgebung	28
Maßeinheiten	30
Vorverarbeitung	31
Material	31
Montagevorrichtungen	31
Externe Kräfte	32
Vernetzen des Modells	35
Analyse	36
Prognosen	36
Begriffsklärung	37
Biegung und Verschiebung	37

Zugspannung und Druckspannung	38
Spannungen	38
Fließgrenze	38
Sicherheitsfaktor	38
Nachbearbeitung	39
Interpretieren der Ergebnisse	40
Erstellen einer neuen Darstellung	40
Iterierende Änderungen	42
Bestimmen der Last	42
Bearbeiten der Simulationsdaten	42
Schlussfolgerung	42
Lektion 4: Durchführen von Konstruktionsänderungen	43
Ziele dieser Lektion	43
Erweitern der Konstruktion	43
Öffnen des Modells	43
Vorhandene Studie	44
Ändern der Last	44
Querverstrebungen	45
Öffnen des Modells	45
Vorhandene Studie	45
Was hat die Querverstrebung bewirkt?	46
Arbeiten mit Darstellungen	46
Verformungsfaktor	46
Modell über verformte Geometrie legen	47
Das schwächste Glied	48
Sondieren von Elementen	49
Anpassen des Zahlenformats	50
Lösung	52
Vervollständigen der Querverstrebungen	52
Vergleichen von Spannungen	52
Querbalken auf der Oberseite	53
Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht	55
Effizienzvergleich	56
Weiterführende Fragen	57
Lesen des Diagramms	58
Lektion 5: Verwenden von Baugruppen	59
Ziele dieser Lektion	59
Testen von Baugruppen	59
Testen mithilfe eines Testkörpers	59
Ändern des Modells	60
Kollisionsprüfung	61
Aktualisieren der Analyse	62

Lektion 6: Erstellen von Zeichnungen der Tragwerkkonstruktion	65
Ziele dieser Lektion	65
Zeichnungen	65
Erstellen von Zeichenansichten	65
Was ist eine Zuschnittslisten-Tabelle?	67
Warum sind zwei gleich lange Elemente vorhanden?	68
Stücklistensymbole	69
Lektion 7: Berichte und SOLIDWORKS eDrawings	71
Ziele dieser Lektion	71
Berichte und SOLIDWORKS eDrawings	71
Erstellen eines Berichts	71
SOLIDWORKS eDrawings zur Freigabe von Informationen	75
Vorteile von eDrawings	75
Anzeigen von eDrawings	75
Erstellen von SOLIDWORKS eDrawings	76
Die Benutzeroberfläche von eDrawings	77
Funktionen von eDrawings	77
Wiedergeben einer Bewegungssimulation in eDrawings	77
Speichern von eDrawings	78
Speichern einer eDrawing	78
Weiterführende Fragen	79
Lektion 8: Erstellen eines physischen Modells und Testen der Konstruktion	81
Ziele dieser Lektion	81
Physische Modellierung einer Konstruktion	81
Zuschneiden auf Länge	81
Testen der Konstruktion	90
Erzeugen der Spannweite	90
Details	90
Anwenden der Last	91
Verwenden gebräuchlicher Objekte mit bekanntem Gewicht	91

Lektion 9: Schweißkonstruktionsprofile und Strukturbauteile	93
Ziele dieser Lektion	93
Erstellen von Schweißkonstruktionsprofilen und Strukturbauteilen	93
Was ist unter einer Schweißkonstruktion zu verstehen?	94
Erstellen eines neuen Schweißkonstruktionsprofils	95
Der Ordner „weldment profiles“	96
Ändern des Einheitensystems	97
Erstellen einer neuen Skizze	98
Skizzieren eines Rechtecks	98
Bemaßen	99
Speichern der Skizze als Bibliotheks-Feature	100
Erstellen eines ähnlichen Schweißkonstruktionsprofils	101
Weitere Informationen zu Schweißkonstruktionsprofilen	102
Erstellen der Schweißkonstruktionsskizze	103
Skizzieren einer Linie	103
Spiegeln von Elementen	106
Hinzufügen der Strukturbauteile	108
Strukturbauteil	108
Mehrere Körper	111
Glossar	113

Einführung

Ziele dieser Lektion

- ❑ Die Beziehungen zwischen Teilen, Baugruppen und Zeichnungen beschreiben
- ❑ Die Hauptkomponenten der Benutzeroberfläche von SOLIDWORKS identifizieren
- ❑ Die benötigten Begleitdateien herunterladen und extrahieren

Zu diesem Handbuch

Das *Brückenkonstruktionsprojekt* vermittelt Ihnen die Prinzipien der Konstruktionsanalyse als integralen Bestandteil eines kreativen und iterativen Konstruktionsprozesses unter Verwendung von SOLIDWORKS und SOLIDWORKS Simulation.

Bei diesem Projekt soll nach dem Grundsatz „Learning by Doing“ anhand einer vollständigen Konstruktionsanalyse vorgegangen werden.

Die SOLIDWORKS Software

SOLIDWORKS ist eine Software zur Automatisierung des Konstruktionsprozesses. In SOLIDWORKS skizzieren Sie Ideen und experimentieren mit unterschiedlichen Entwürfen, um 3D-Modelle unter Verwendung der einfach zu erlernenden grafischen Benutzeroberfläche von Windows® zu erstellen.

SOLIDWORKS wird von Studenten, Konstrukteuren, Ingenieuren und anderen professionellen Anwendern genutzt, um einfache und komplexe Teile, Baugruppen und Zeichnungen zu produzieren.

Voraussetzungen

Bevor Sie mit dem *Brückenkonstruktionsprojekt* beginnen, sollten Sie die folgenden, in die SOLIDWORKS Software integrierten Lehrbücher durcharbeiten:

- ❑ Lektion 1 – Teile
- ❑ Lektion 2 – Baugruppen
- ❑ Lektion 3 – Zeichnungen

Klicken Sie auf **Hilfe, SOLIDWORKS Lehrbücher, Erste Schritte**, um auf die Lehrbücher zuzugreifen. Nach dem Aufruf der Lehrbücher wird das Hauptfenster von SOLIDWORKS entsprechend angepasst und die Übung in einem separaten Fenster angezeigt.

Einführung

Alternativ können Sie auch die folgenden Lektionen aus dem *CAD-Studentenarbeitsbuch* durcharbeiten:

- ❑ Lektion 1: Verwendung der Benutzeroberfläche
- ❑ Lektion 2: Grundlegende Funktionen
- ❑ Lektion 3: 40-Minuten-Schnellstart
- ❑ Lektion 4: Grundlagen von Baugruppen
- ❑ Lektion 6: Grundlagen des Zeichnens

Typographische Konventionen

In diesem Handbuch werden die folgenden typographischen Konventionen verwendet:

Konvention	Bedeutung
Arial Bold	Befehle und Optionen von SOLIDWORKS werden mit dieser Schriftart hervorgehoben. Beispiel: Die Sequenz Einfügen, Aufsatz bedeutet, dass die Option Aufsatz aus dem Menü Einfügen zu wählen ist.
Courier New	Namen von Features und Dateien werden mit dieser Schriftart hervorgehoben. Beispiel: <code>Skizze1</code> .
17 Diesen Schritt ausführen.	Die einzelnen Schritte in den Lektionen werden unter Verwendung der Schriftart Arial Bold nummeriert.


Vorbereitung

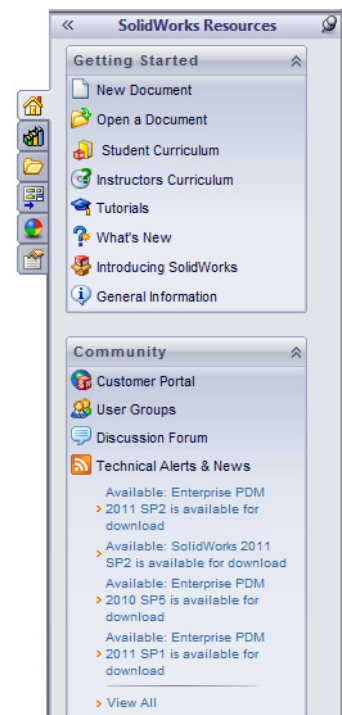
Sofern dies noch nicht geschehen ist, kopieren Sie die Begleitdateien für die Lektionen auf Ihren Computer, bevor Sie mit dem Projekt beginnen.

- 1 Starten Sie SOLIDWORKS.

Starten Sie über das **Start**-Menü die Anwendung **SOLIDWORKS**.

- 2 SOLIDWORKS Ressourcen.

Klicken Sie auf die Registerkarte **SOLIDWORKS Ressourcen**  und dann auf **Student Curriculum** (Studienplan für Studierende).



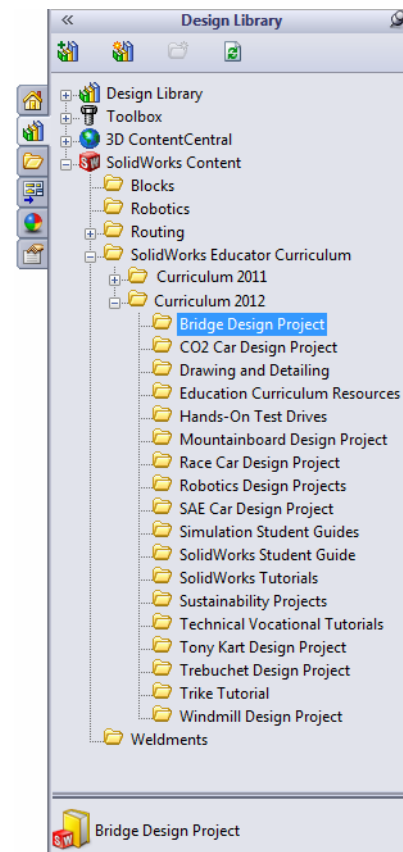
3 SOLIDWORKS Inhalte.

Klappen Sie den Ordner *SOLIDWORKS Educator Curriculum* auf.

Klappen Sie den entsprechenden Ordner *Curriculum <Jahr>* auf.

Klicken Sie auf den Ordner *Bridge Design Project*.

Im unteren Fensterbereich wird ein Symbol für eine ZIP-Datei mit den Begleitdateien für dieses Projekt angezeigt.



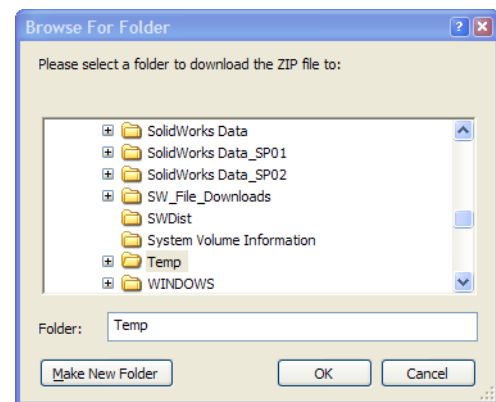
4 ZIP-Datei herunterladen.

Drücken Sie die **Strg**-Taste, und klicken Sie auf das Symbol *Bridge Design Project – English* (Brückenbauprojekt - Englisch).

Sie werden aufgefordert, einen Ordner anzugeben, in dem die ZIP-Datei gespeichert werden soll.

Fragen Sie Ihren Kursleiter, wo Sie die ZIP-Datei speichern sollen. In der Regel ist *C:\Temp* als Speicherort optimal.

Klicken Sie auf **OK**.

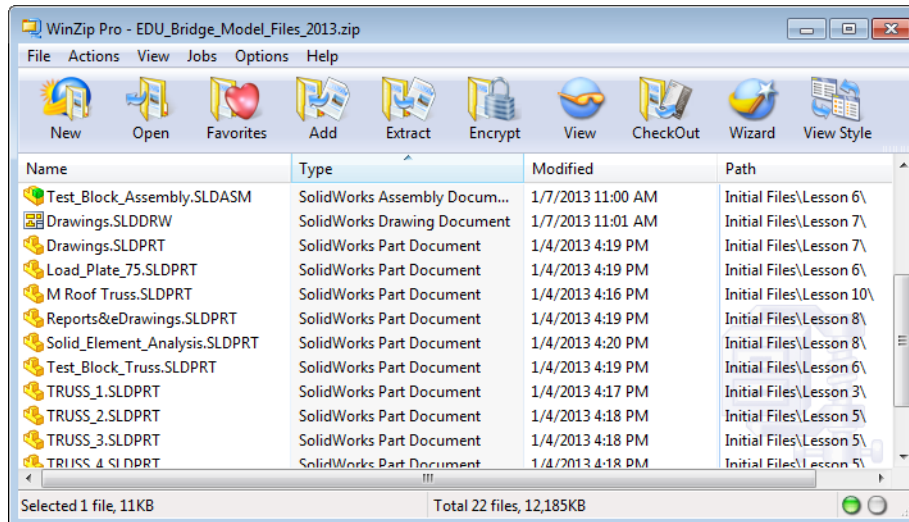


Tipp: Merken Sie sich den Ordner, in dem Sie die Projektdaten gespeichert haben.

5 ZIP-Datei öffnen.

Navigieren Sie zu dem Ordner, in welchem Sie die ZIP-Datei gespeichert haben
Schritt 4.

Doppelklicken Sie auf die Datei *Bridge Design Project.zip*.



6 Auf „Extrahieren“ klicken.



Klicken Sie auf **Extrahieren** und wechseln Sie zu dem Verzeichnis, in dem Sie die Projektdaten speichern möchten. Das System erstellt automatisch einen Ordner mit dem Namen *Bridge_Design_Project_ENG* an dem von Ihnen angegebenen Speicherort. Beispiel: Ein häufig gewählter Speicherort ist der Ordner *Eigene Dateien*. Klären Sie mit Ihrem Kursleiter ab, wo die Dateien gespeichert werden sollen.

Auf Ihrer Festplatte befindet sich jetzt der Ordner *Bridge Design Project*. Die Daten in diesem Ordner werden in den Übungen verwendet.

Tipp: Merken Sie sich den Ordner, in dem Sie die Projektdaten gespeichert haben.

Analysieren von Konstruktionen mithilfe von SOLIDWORKS und SOLIDWORKS Simulation

Während dieser Sitzung lernen Sie, eine Konstruktion mithilfe von SOLIDWORKS und SOLIDWORKS Simulation zu analysieren. Sie können die Konstruktion auch mithilfe von Balsaholz modellieren (siehe Physische Modellierung einer Konstruktion auf Seite 81).

Nachdem Sie Gelegenheit hatten, die einfache Handhabung der SOLIDWORKS Software zur Volumenkörpermodellierung im praktischen Test zu erproben, überprüfen Sie anhand einer Baugruppe, ob die Komponenten zusammenpassen.

Anschließend erstellen Sie eine Zeichnung einschließlich der zugehörigen Zuschnittsliste für eine der Komponenten. Falls ein Drucker zur Verfügung steht, können Sie die Zeichnung drucken.

Lektion 1: Tragwerkkonstruktion

Ziele dieser Lektion

- ☐ Tragwerkkonstruktionen definieren
- ☐ Verschiedene Typen von Fachwerken beschreiben
- ☐ Balken charakterisieren
- ☐ Die Faktoren erläutern, welche die Festigkeit eines Balkens bestimmen
- ☐ Trägheitsmomente berechnen
- ☐ Die Bedeutung der Querversteifung in einer Tragwerkkonstruktion nachvollziehen

Beispiele für Tragwerkkonstruktionen

Tragwerkkonstruktionen sind Baukonstruktionen, die üblicherweise für Eisenbahnbrücken sowie Brücken für den Kfz- und Fußgängerverkehr verwendet werden. Beispiele für derartige Konstruktionen finden sich überall auf der Welt.



Tragwerkkonstruktionen

Tragwerkkonstruktionen sollen einfach und effizient sein. Dies bedeutet, dass sie leicht zu erstellen sein und ihren Zweck mit minimalem Materialaufwand erfüllen müssen. Es gibt eine Vielfalt von Tragwerkkonstruktionen, die sich hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit und der zu überbrückenden Spannweite unterscheiden. Eine Tragwerkkonstruktion kann mehrere Überbrückungen innerhalb ein und derselben Brücke umfassen.

Fachwerke

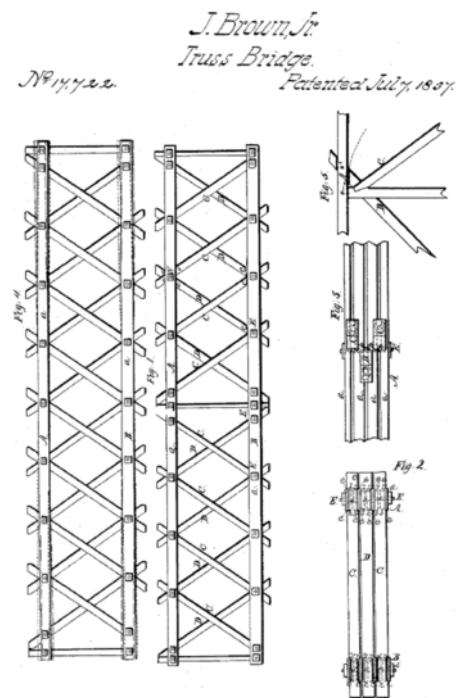
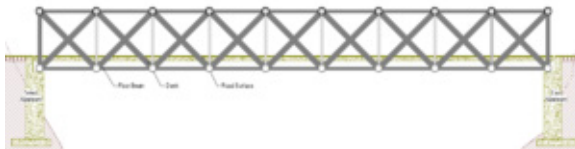
Fachwerke sind spezielle Tragwerkkonstruktionen, die in der Regel für Eisenbahnbrücken verwendet werden. Sie bestehen üblicherweise aus einer Fahrbahn oder Schienenstrecke, zwei Seitenwänden und manchmal einem versteifenden Überbau. Sie werden im Rahmen dieses Projekts eine Fachwerkkonstruktion analysieren.



Suchen Sie unter dem Stichwort **Fachwerk** nach weiteren Informationen.

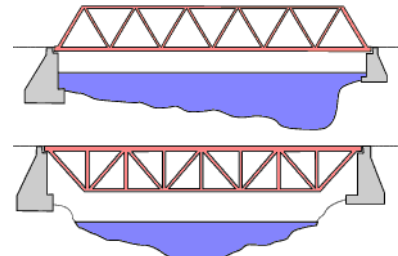
Brown-Träger-Fachwerk

Das **Brown-Träger-Fachwerk** (siehe nebenstehendes Patent) wurde bei der Konstruktion von gedeckten Brücken verwendet. Dieses Kastenfachwerk („Kasten“ verweist auf die kastenartige Form) war so effizient, dass zum Bau lediglich die diagonalen Querverstreibungen als Stützelemente erforderlich waren.



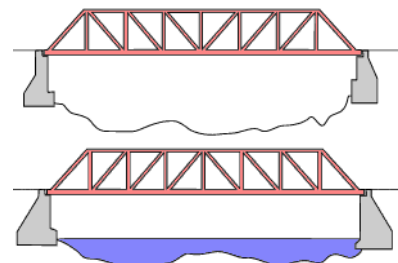
Warren-Träger-Fachwerk

Das **Warren-Träger-Fachwerk** ist ein weiteres Beispiel für eine einfache und wirtschaftliche Konstruktion. Es lässt sich umkehren und je nach erforderlicher Tragfähigkeit mit oder ohne vertikale Versteifung einsetzen.



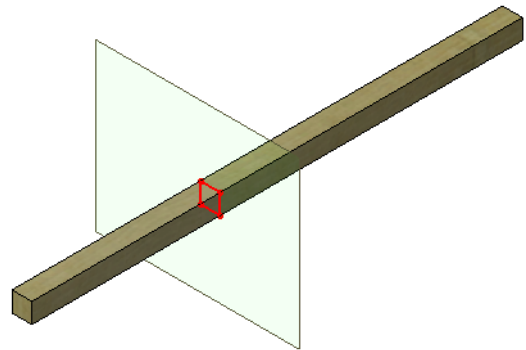
Pratt- und Howe-Träger-Fachwerke

Das Pratt-Träger-Fachwerk und das Howe-Träger-Fachwerk sind einander sehr ähnlich. Beide weisen wie das oben gezeigte invertierte Warren-Fachwerk vertikale und diagonale Verstreibungen auf. Der Unterschied liegt in der Richtung der Querverstreibungen.



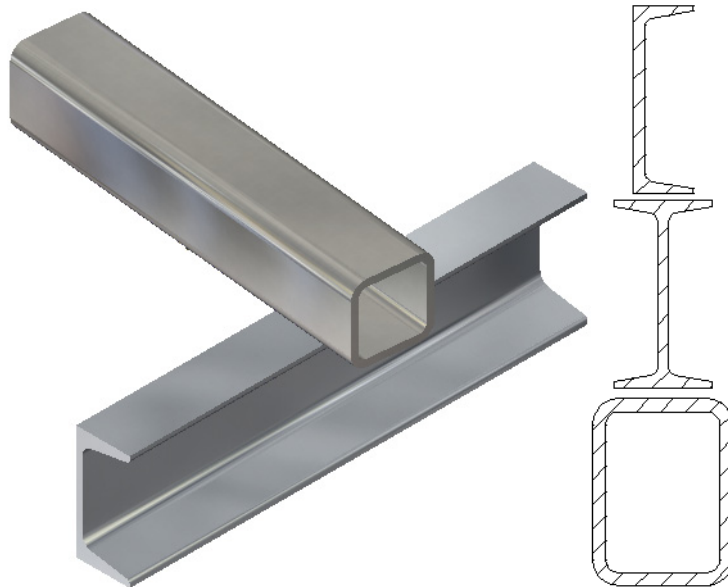
Balken

Ein **Balken** ist ein Objekt, das über die gesamte Länge denselben Querschnitt aufweist. Im abgebildeten Fall ist der Querschnitt quadratisch. Tragwerkkonstruktionen wie Fachwerke bestehen aus Balken.



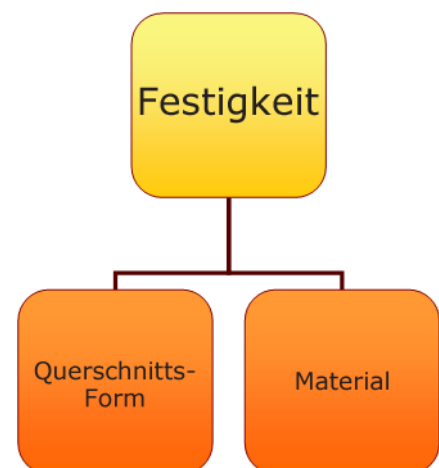
Stahlträger

Stahlträger sind Balken aus Stahl, die in verschiedenen Standardformen, beispielsweise als U- oder I-Profil oder als Rohre, verwendet werden.



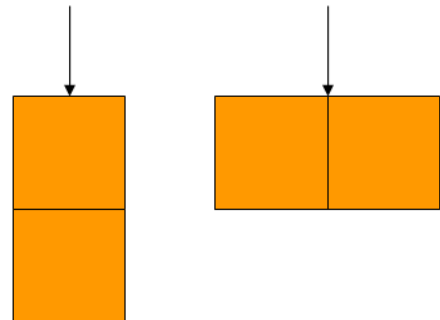
Festigkeit

Die Festigkeit bzw. Steifigkeit eines Balkens hängt von der **Querschnittsform** und dem **Material** ab.



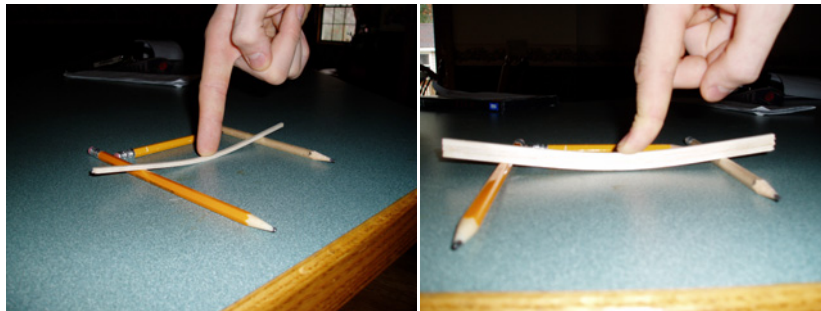
Querschnittsform

Durch Aufeinanderstapeln zweier Balken mit quadratischem Querschnitt entsteht ein „tieferer“ Querschnitt. Je tiefer der Querschnitt (linke Abbildung), desto steifer der Balken. Breitere Querschnitte (rechte Abbildung) sind nur begrenzt hilfreich.



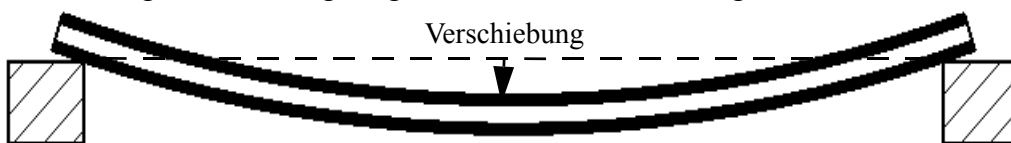
Probieren Sie es aus!

Beachten Sie den unterschiedlichen Widerstand, den ein einzelner Stab aus Balsaholz und ein Stapel aus 3 Balsaholz-Stäben leisten, wenn Sie versuchen, ihn nach unten zu drücken. Verwenden Sie Bleistifte zur Auflagerung und Festlegung der Spannweite.



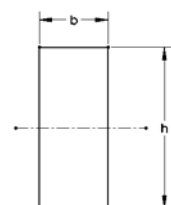
Verschiebung

Eine Aufgabe bei der Konstruktionsanalyse wird die Ermittlung der größten **Verschiebung** sein. Die Verschiebung ist die Strecke, die sich der Balken aus seiner Ausgangsposition bewegt, wenn eine *äußere Kraft* auf ihn angewendet wird. Mithilfe der Verschiebung wird die Tragfähigkeit der Konstruktion festgestellt.



Flächenträgheitsmoment

Der Grund für die größere Steifigkeit von Balken mit tieferem Profil ist das **Flächenträgheitsmoment**. Dieses wird anhand der Breite (b) und der Höhe (h) des Querschnitts berechnet. Dieses Trägheitsmoment dient ausschließlich als Maß für die Festigkeit bzw. Steifigkeit des Balkenquerschnitts und nicht des Materials.



Das Flächenträgheitsmoment wird für Berechnungen des Balkenwiderstands in Bezug auf Verbiegungen verwendet. Je höher der Wert, desto größer der Widerstand gegen Verbiegungen.





Berechnen des Flächenträgheitsmoments

Für Balken mit rechteckigem Querschnitt lässt sich der Wert für verschiedene Anordnungen anhand folgender Formel berechnen.

$$AreaMomentofInertia = \frac{b \times h^3}{12}$$

Übungsbeispiele

Versuchen Sie, mithilfe der oben angegebenen Formel und unter Verwendung der in der Tabelle unten aufgeführten Werte einige Beispielrechnungen durchzuführen. Die Werte basieren auf dem quadratischen Querschnitt eines Balsaholz-Stabes (**3,175 mm** (1/8 Zoll)).

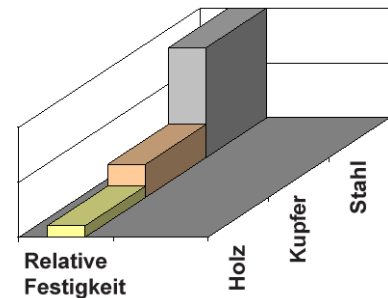
Anzahl der quadratischen Querschnitte	Anordnung der quadratischen Querschnitte	b	h	Flächenträgheitsmoment
1		3,175 mm	3,175 mm	_____
2 (übereinander)		3,175 mm	2 x 3,175 mm	_____
2 (nebeneinander)		2 x 3,175 mm	3,175 mm	_____
3 (übereinander)		3,175 mm	3 x 3,175 mm	_____

Fragen

- 1 Für welche Anordnung ergibt sich der höchste Wert? _____
- 2 Hat die Anordnung „2 (nebeneinander)“ dieselbe Steifigkeit wie die Anordnung „2 (übereinander)“? _____
- 3 Welche Anordnung weist die geringste Steifigkeit auf? _____

Material

Das Material des Balkens ist ein weiterer wichtiger Faktor zur Bestimmung der Steifigkeit. Verwenden Sie z. B. diese Materialien: Holz, Kupfer und Stahl. Die relative Steifigkeit ist jeweils rechts im Diagramm dargestellt. In der Regel ist Stahl steifer als Kupfer und Kupfer steifer als Holz. Beachten Sie, dass sich jeder Materialtyp durch eine Bandbreite von Werten und verschiedene Arten von *Materialeigenschaften* (beispielsweise *Youngsches Modul* und *Poissonsche Zahl*) auszeichnet.



Hinweis: Metalle sind gefertigte Produkte und weisen aufgrund der Art und Weise, in der sie produziert werden, dieselbe Steifigkeit in jeder Richtung auf. Materialien dieser Art werden als *isotrope* Materialien bezeichnet.



Suchen Sie unter dem Stichwort **Materialeigenschaften** nach weiteren Informationen.

Holz als Material

Holz ist ein Material, dessen Eigenschaften besonders schwer vorherzusagen sind, da es Fasern enthält. Die Fasern bewirken, dass die Steifigkeit je nach Richtung unterschiedlich ausfällt. Holz ist daher nicht wirklich ein isotropes Material. Balsaholz ist aufgrund seiner Porosität sehr anfällig gegen Feuchtigkeit. Dieser Umstand kann zu großen Abweichungen bei den Eigenschaftswerten führen.

Die hier verwendeten Werte sind Schätzungen. Wenn Sie eine Tragwerkkonstruktion entwerfen und testen, werden die Ergebnisse zwar variieren, aber durchaus vergleichbar sein.

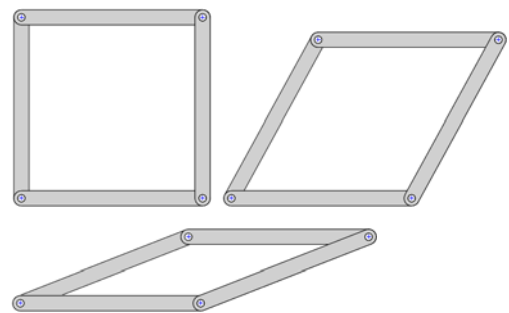
Fachwerkwände

Die Seitenwände eines Fachwerks sind weit mehr als nur eine Einzäunung, die verhindern soll, dass Gegenstände herunterfallen. Diese Wände umfassen in der Regel Verstrebrungen in vertikaler und diagonaler Richtung. Ein Fachwerk mit vertikalen und diagonalen Verstrebrungen erweist sich häufig als stabiler.

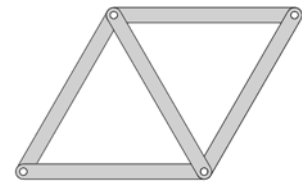
Dreiecke

Viele Tragwerkkonstruktionen, insbesondere Fachwerke, enthalten dreieckige Anordnungen von Stützelementen. Warum sind Dreiecke so wichtig? Einer der Gründe ist die Stabilität. Stabilität wird durch Verwendung von Querverstrebrungen erreicht, die Dreiecke formen. Dreieckige Formen bewirken die Stabilität des Fachwerks.

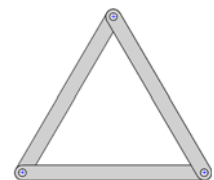
Betrachten Sie beispielsweise eine Reihe von Elementen, die durch Stifte oder Bolzen zu einer quadratischen Form verbunden sind. Fixieren Sie die Unterseite der Form, und drücken Sie auf das obere Element oder eines der seitlichen Elemente. Der Druck kann zur Stabilisierung der quadratischen Form führen, aber ebenso leicht auch eine Deformation zu einem abgeflachten Parallelogramm bewirken.



Die Sache sieht jedoch ganz anders aus, wenn Sie ein fünftes Element in diagonaler Richtung hinzufügen. Die Form ist anschließend in ihrer Position fixiert. Das zusätzliche Element zerlegt das Parallelogramm in zwei Dreiecke.

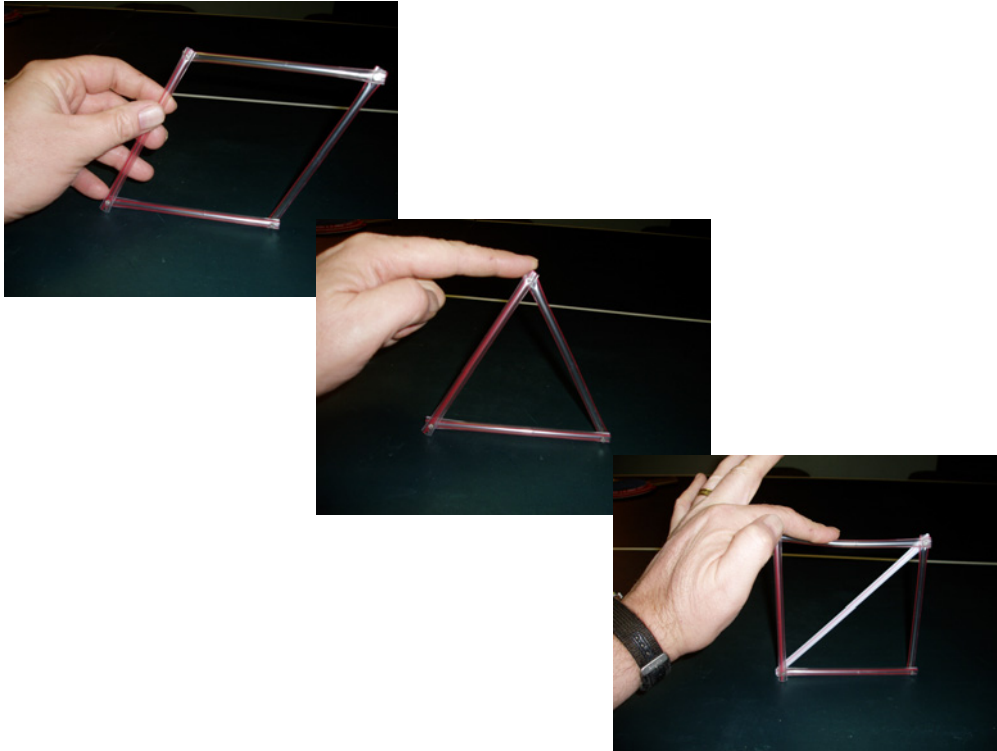


Konstruieren Sie mithilfe derselben Elemente und Verbindungselemente ein Dreieck. Diesmal werden weniger Elemente verwendet, doch die resultierende Form ist stabil.



Probieren Sie es aus!

Sie können den Vorgang unter Verwendung von biegsamen Elementen wie Strohhalmen simulieren. Verbinden Sie die Elemente mithilfe von kleinen Nadeln oder Stiften.



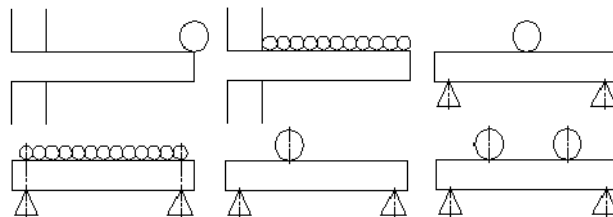
Lektion 2: Verwenden der Trägerberechnung

Ziele dieser Lektion

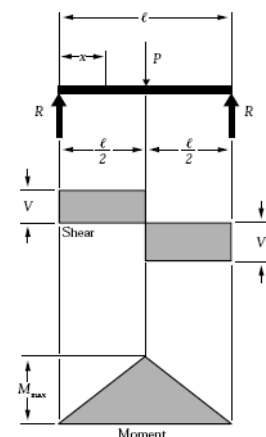
- ☐ SOLIDWORKS starten
- ☐ Die SOLIDWORKS Simulation-Software hinzufügen
- ☐ Vorhandene SOLIDWORKS Teile öffnen
- ☐ Die Bedeutung einfach gestützter Träger nachvollziehen
- ☐ Materialien zuweisen
- ☐ Querschnittseigenschaften berechnen
- ☐ Das Werkzeug „Messen“ verwenden
- ☐ Verschiebungen mittels Trägerberechnung berechnen

Verwenden der Trägerberechnung

Bevor eine Analyse durchgeführt wird, ist es hilfreich zu wissen, welche Ergebnisse zu erwarten sind. Obwohl Sie nicht wissen, welches Gewicht die Konstruktion tragen kann, können Sie eine fundierte Schätzung der zu erwartenden Ergebnisse anstellen. Dazu können Sie einfache Formeln zur Trägerberechnung verwenden. Im Folgenden finden Sie einige Beispiele.



Hinweis: Formeln zur manuellen Trägerberechnung



Größenordnung

Wird die Verschiebung (siehe Verschiebung auf Seite 5) ungefähr 1 mm oder 10 mm betragen? Die Werte unterscheiden sich um den Faktor **10**, und der Wert steigt um eine bestimmte **Größenordnung**. Eine erste Berechnung kann Ihnen einen Anhaltspunkt für die Größenordnung der Ergebnisse geben. Dadurch können Sie ermitteln, ob die Analyse korrekt ausgeführt wurde.

Fragen


- 1 Was ist der nächste Wert nach 1 mm und 10 mm bei Verwendung einer steigenden Größenordnung? _____
- 2 Welche Werte fehlen in dieser Reihe? 5 mm, _____, 500 mm

Starten von SOLIDWORKS und Öffnen eines Teils

1 SOLIDWORKS Anwendung starten.

Klicken Sie im **Start**-Menü auf **Programme, SOLIDWORKS, SOLIDWORKS**.

Hinzufügen von SOLIDWORKS Simulation

Die SOLIDWORKS Simulation Software ist in der **SOLIDWORKS Education Edition** enthalten. Um diese Software zu verwenden, muss sie über **Extras, Zusatzanwendungen** aktiviert werden. Klicken Sie auf **Aktive Zusatzanwendungen** und **Start** für SOLIDWORKS Simulation, die SOLIDWORKS Toolbox-Bibliothek sowie die SOLIDWORKS Toolbox-Dienstprogramme und klicken Sie auf .

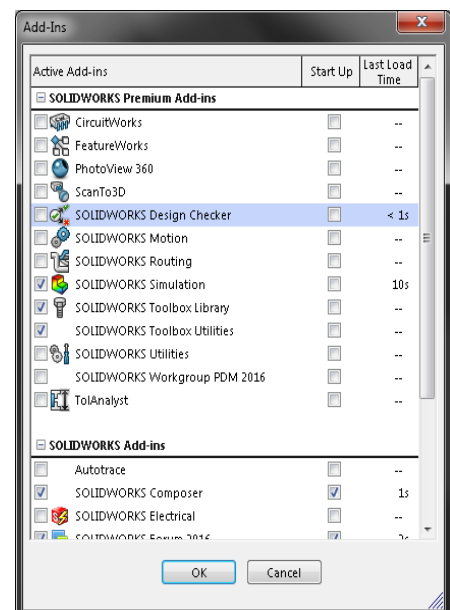
Position

- Menüleiste: **Optionen, Zusatzanwendungen** 
- Menü: **Extras, Zusatzanwendungen**

2 Zusatzanwendungen auswählen.

Klicken Sie auf **Extras, Zusatzanwendungen** und stellen Sie sicher, dass **Aktive Zusatzanwendungen** und **Start** für **SOLIDWORKS Simulation, die SOLIDWORKS Toolbox-Bibliothek** und die **SOLIDWORKS Toolbox-Dienstprogramme** ausgewählt sind.

Klicken Sie auf .




Achtung!

Wenn **SOLIDWORKS Simulation**, die **SOLIDWORKS Toolbox-Bibliothek**, und die **SOLIDWORKS Toolbox-Dienstprogramme** nicht hinzugefügt wurden, kann das Projekt nicht abgeschlossen werden.

Öffnen eines Teils

Vorhandene SOLIDWORKS Dateien können über das Werkzeug **Öffnen** geöffnet werden.

Position

- Menüleiste: **Öffnen** 
- Menü: **Datei, Öffnen**
- Tastenkombination: **STRG + O**

3 Teildatei öffnen.

Klicken Sie auf **Öffnen** .

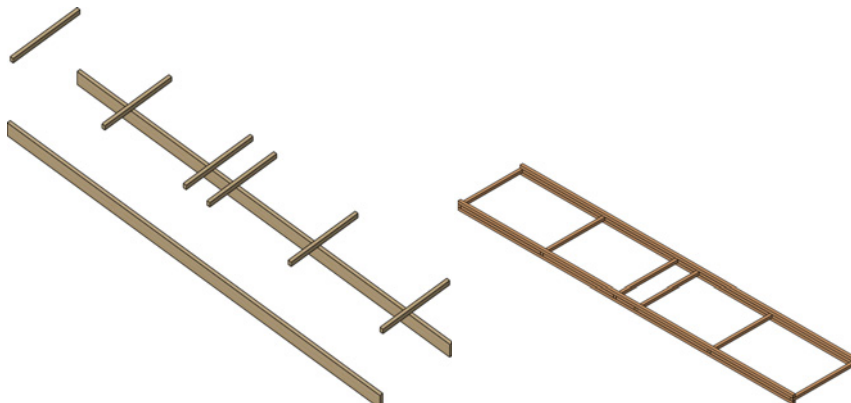
Navigieren Sie im Fenster **Öffnen** zum Ordner *Bridge Design Project\Student\Lesson 2*.

Wählen Sie die Datei *TRUSS_1.sldprt* aus, und klicken Sie auf **Öffnen**.



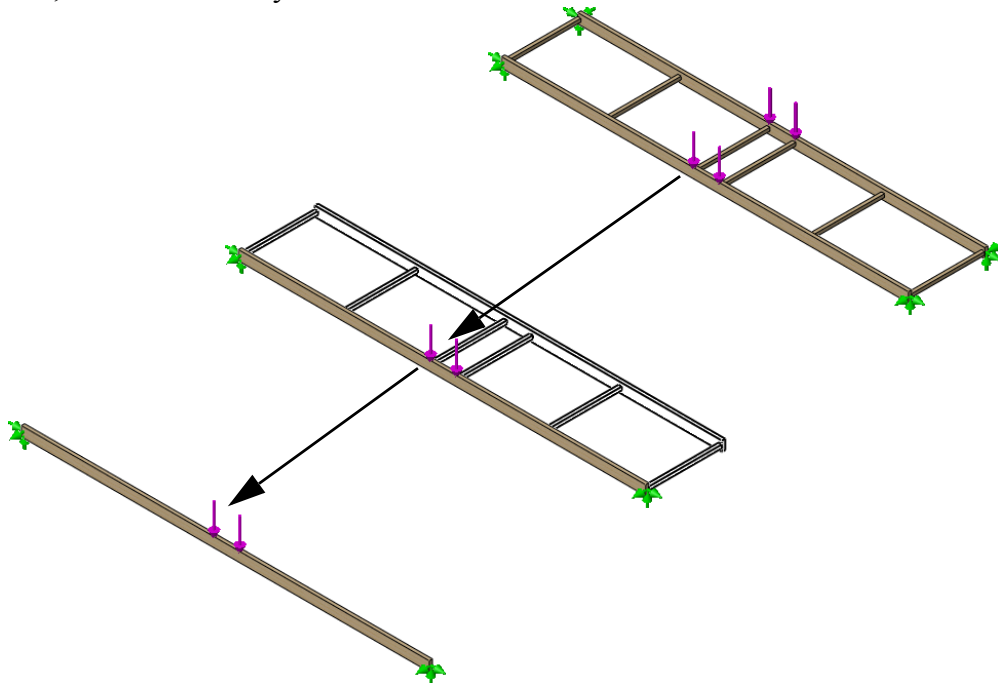
Die Modellgeometrie

Das vorliegende Modell besteht aus einer Reihe von *Stäben*, die zusammengefügt werden. Die Stäbe bestehen aus Balsaholz. Bei diesem Projekt werden die Stäbe durch Kleben miteinander verbunden. Bei einer echten Tragwerkkonstruktion würden Balken verschweißt oder verschraubt werden.



Vereinfachen der Analyse

Das Modell besteht aus zwei parallelen Stäben, die an mehreren Stellen durch kleinere Stäbe verbunden werden. Wenn nur die Hälfte des Modells (ein langer Stab) untersucht wird und die halben Lasten angewendet werden, erhalten Sie einen Anhaltspunkt über die Werte, die bei der Analyse ermittelt werden.



Der einfach gestützte Träger

Diese Art der Trägerberechnung wird oft als „einfach gestützter Träger“ bezeichnet, wobei die Kontaktpunkte nicht vollständig fixiert sind und eine Last aufgebracht wird. Es ist wichtig zu wissen, wie die Begriffe „Montagevorrichtungen“ und „externe Lasten“ definiert sind.

Montagevorrichtungen

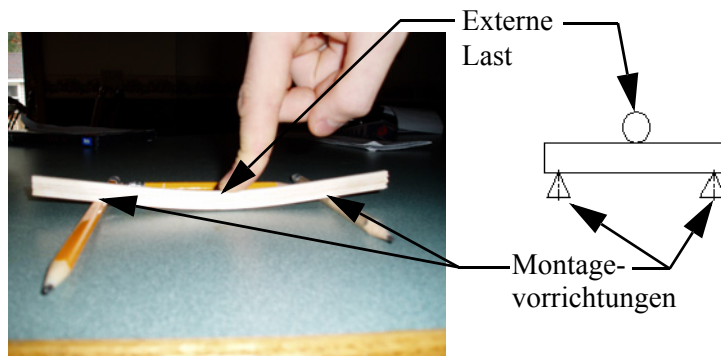
Mithilfe von Montagevorrichtungen wird die Beweglichkeit von bestimmten Punkten im Modell eingeschränkt. Dabei handelt es sich in der Regel um Kontaktpunkte. Sie werden auch als Zwangsbedingungen oder Randbedingungen bezeichnet.

Externe Lasten

Mithilfe von externen Lasten oder Kräften werden einer Konstruktion Lasten des Typs **Kraft** oder **Schwerkraft** hinzugefügt. Zum Hinzufügen einer Kraft sind eine Position auf der Konstruktion, ein Wert (in Newton) und eine Richtung erforderlich.

Theoretisches Modell

Auf der rechten Seite ist das theoretische Modell des Stabs aus der vorherigen Lektion abgebildet, der von Bleistiften getragen wird.

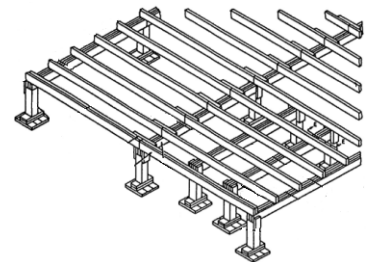


Warum sind einfach gestützte Träger wichtig?

Obwohl das theoretische Modell sehr einfach zu sein scheint, bietet es praktische Anwendungserfahrung für viele echte Tragwerkkonstruktionen. Es gibt viele Beispiele für die Verwendung einfach gestützter Träger.

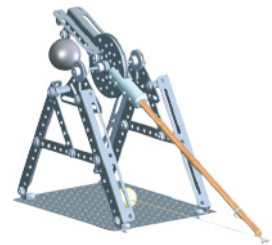
Tragwerkkonstruktionen

Holz- und Stahltragwerke für Gebäude werden unter Verwendung einfach gestützter Träger konstruiert.



Katapult

Der Katapultarm ist drehbar zwischen den Trägern gelagert. Die Welle ist ein einfach gestützter Träger.



Mountainboard

Wenn Sie in der Mitte eines Mountainboards stehen, sind Sie die externe Last, während es sich bei den Rädern um die Montagevorrichtungen handelt. Bei der Konstruktion handelt es sich näherungsweise um einen einfach gestützten Träger.

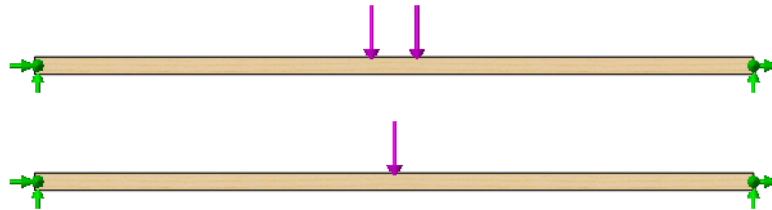


Hinweis: Dies ist ein Beispiel für eine „vereinfachte Analyse“, bei der ein dreidimensionales Problem auf ein zweidimensionales Problem vereinfacht wird. Es ist dennoch eine vollständige Simulation erforderlich.

Konservative Annahmen

Ingenieure arbeiten oft mit konservativen Annahmen, bei denen die Bedingungen für eine Konstruktion schlechter als tatsächlich in der Realität vorherrschend angenommen werden. Hierdurch wird das Maß an Sicherheit erhöht, sodass die Konstruktion stabiler als erforderlich ausgelegt wird. Folgende Annahmen können beispielsweise getroffen werden:

- 1 Die Verwendung der Enden der Konstruktion ist ungünstiger als die Verwendung der tatsächlichen Kontaktpunkte.
- 2 Das Aufbringen einer einzelnen externen Last in der Mitte ist ungünstiger als das Aufbringen von zwei externen Lasten nahe der Mitte.



Erforderliche Daten für die Trägerberechnung

Für die Trägerberechnung sind mehrere Daten erforderlich. Dazu gehören:

Daten	Wo sind sie zu finden?	Was bedeuten sie?
Elastizitätsmodul	Materialeigenschaften	Steifigkeit des Materials
Trägheitsmoment	Querschnittseigenschaften	Biegefestigkeit
Länge	Geometrie	Zu überbrückende Spannweite
Last	(vorgegeben)	Externe Last

Verwendete Einheiten

Folgende SI- und IPS- (Inch, Pounds, Seconds) Einheiten werden in diesem Projekt verwendet:

Daten	SI-Einheiten	IPS-Einheiten
Elastizitätsmodul	Pa, MPa	psi
Trägheitsmoment	mm ⁴ , cm ⁴ , m ⁴	in ⁴
Länge	mm, cm, m	in, ft
Last	N, kN	lb

Hinweis: Bei dieser Analyse wird das Einheitensystem **SI** verwendet. Das Einheitensystem SI ist auch unter der Bezeichnung „Internationales Einheitensystem“ bekannt. Es verwendet metrische Einheiten (z. B. Meter, Millimeter und Newton).



Suchen Sie nach dem Stichwort **Internationales Einheitensystem**, um weitere Informationen zu erhalten.

Zusammentragen der Daten

Die benötigten Daten werden mithilfe verschiedener Werkzeuge in den folgenden Schritten zusammengetragen. Die in der folgenden Tabelle fehlenden Werte werden Sie berechnen.

Hinweis: Als Gesamtgewichtslast, die auf die gesamte Konstruktion wirkt, werden **40 N** angenommen. Für die Trägerberechnung wird die Hälfte des Werts, $40 \text{ N} / 2 = \mathbf{20 \text{ N}}$, verwendet.

Daten	Wert	Einheiten
Elastizitätsmodul (Druck)	????	Pa (Pascal)
Trägheitsmoment (Länge ⁴)	????	cm ⁴
Länge	????	mm
Last (Kraft)	20	N (Newton)

Zuweisen eines Materials

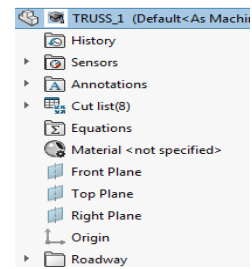
Im ersten Schritt wird den Trägern des Modells ein **Material** zugewiesen. Die Konstruktion soll aus Balsaholz gefertigt werden.

Position

- Menü: **Bearbeiten, Erscheinungsbild, Material**
- Kontextmenü: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Feature *Material*, und wählen Sie **Material bearbeiten** aus.

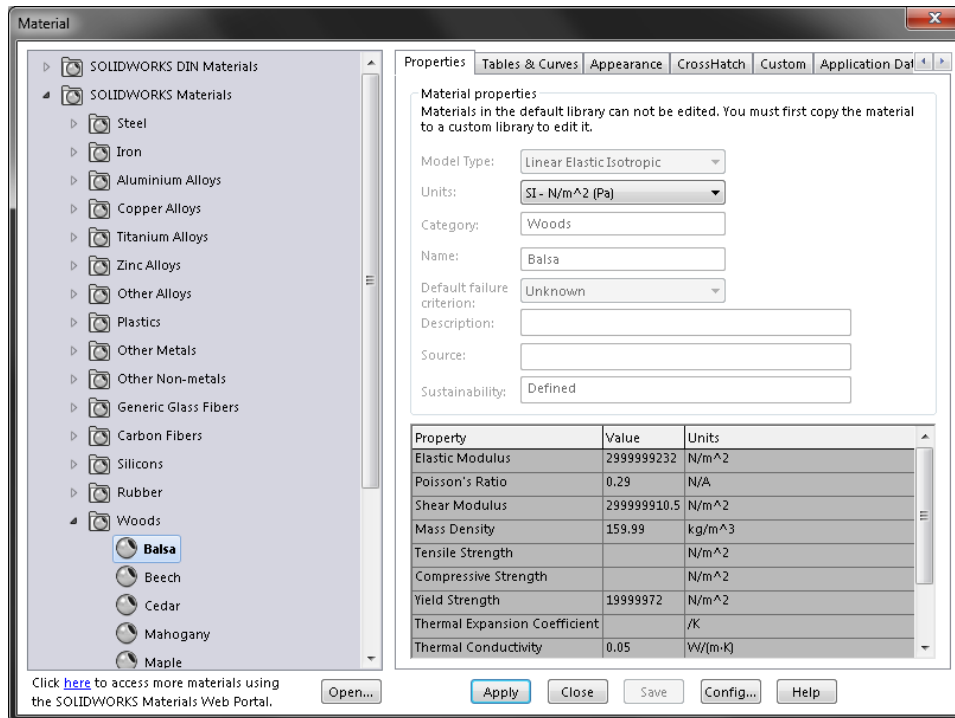
4 Material.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Feature *Material*, und wählen Sie **Material bearbeiten** aus. Öffnen Sie auf der linken Seite die Ordner *SOLIDWORKS Materialien* und *Holz*, und klicken Sie auf den Eintrag *Balsa*.



Wählen Sie unter **Einheiten** die Option **SI – N/m² (Pa)** aus.

Klicken Sie auf **Anwenden** und anschließend auf **Schließen**.



Hinweis: Das hier verwendete Material (*Balsa*) wurde ausgewählt, um die Analyse für diejenigen brauchbar zu machen, die die Tragwerkkonstruktion tatsächlich entwerfen, konstruieren und testen. Balsaholz ist ein übliches Material für Konstruktionsprojekte, die von Studenten durchzuführen sind.

Wert für **Elastizitätsmodul (EX)** oder **Elastizitätsmodul** = 2999999232 N/m^2 .

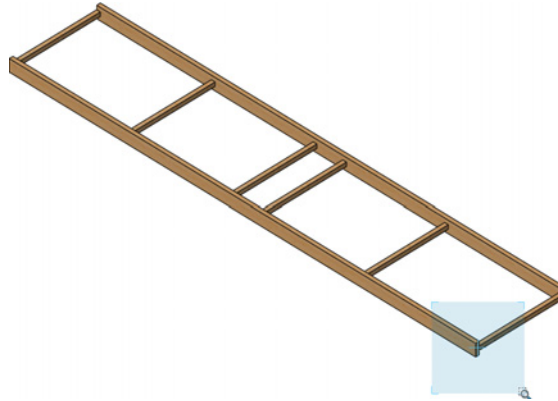
*In späteren Lektionen werden Sie mehr über Materialien, Modellbau und Tests erfahren.

Querschnittseigenschaften

Die Querschnittseigenschaften basieren auf dem Querschnitt des Trägers.

5 Ausschnitt vergrößern.

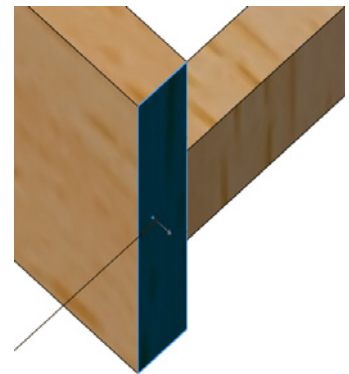
Klicken Sie auf **Ansicht, Modifizieren, Ausschnitt vergrößern**, und ziehen Sie ein Auswahlfenster von oben links nach unten rechts um die Ecke der Konstruktion (siehe Abbildung).




Hinweis: Drücken Sie die **Esc**-Taste, um das Zoom-Werkzeug zu deaktivieren.

6 Fläche auswählen.

Wählen Sie die Fläche aus (siehe Abbildung).



Position

❑ CommandManager: **Evaluieren > Querschnittseigenschaften** 

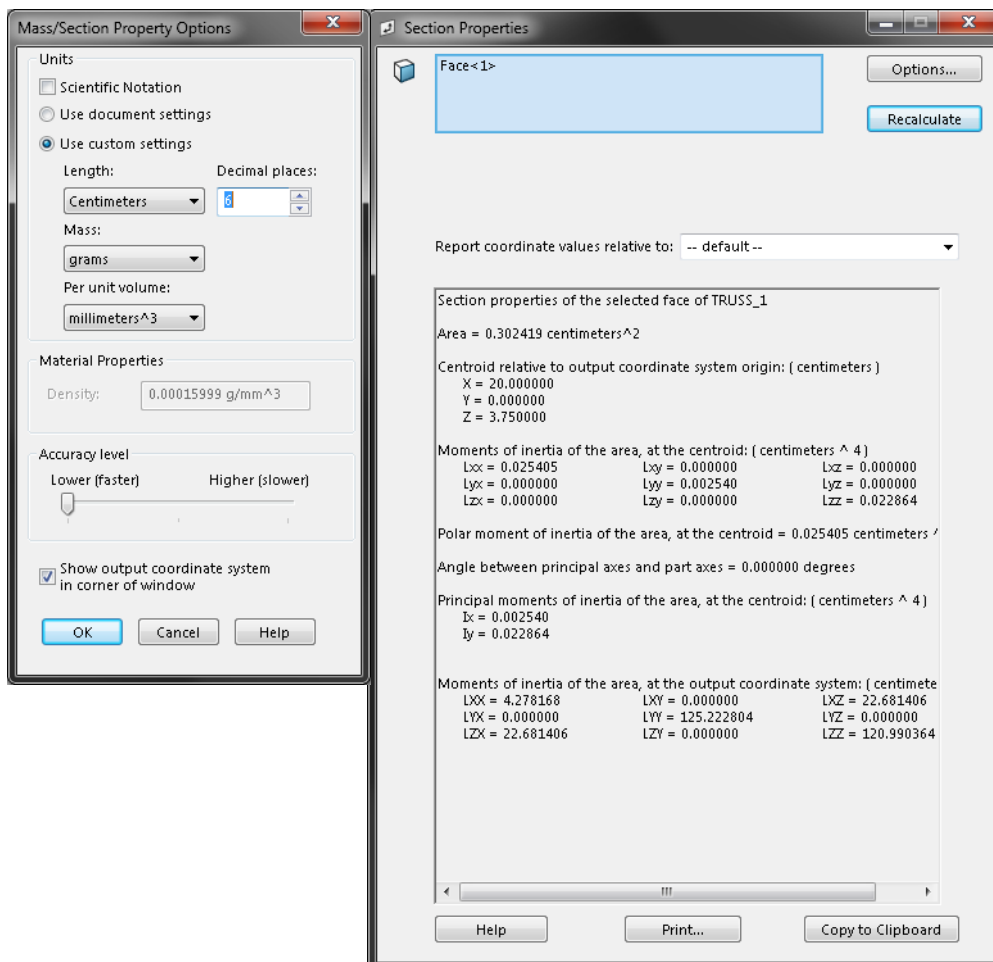
❑ Menü: **Extras, Querschnittseigenschaften**

7 Querschnittseigenschaften.

Klicken Sie auf **Extras, Querschnittseigenschaften**. Klicken Sie auf **Optionen** und **Benutzerdefinierte Einstellungen**. Wählen Sie **Zentimeter** und **6** Dezimalstellen aus (siehe Abbildung).

Klicken Sie auf **OK** und **Neu berechnen**.

Trägheitsmomente am Schwerpunkt: (Zentimeter ^ 4) $L_{xx} = 0,025405$. Klicken Sie auf **Schließen**.



8 Zoom.

Klicken Sie auf **Ansicht, Modifizieren, In Fenster zoomen**, oder drücken Sie die Taste **f**, um zur Vollbildansicht zurückzukehren.

Verwenden des Befehls „Messen“

Mit diesem Befehl können Abstände oder Winkel unter Verwendung der Modellgeometrie gemessen werden.

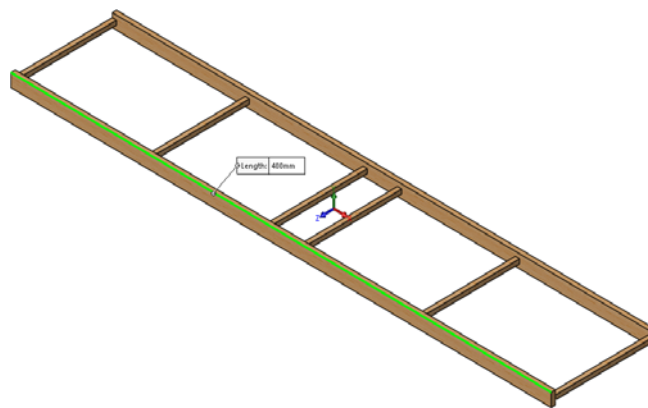
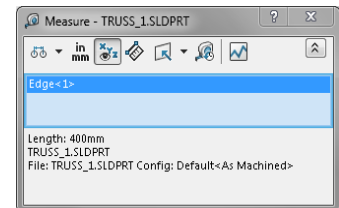
Position

- CommandManager: **Evaluieren > Messen** 
- Menü: **Extras, Messen**

9 Messen.

Klicken Sie auf **Extras, Messen**. Wählen Sie eine Kante des Stabs aus (siehe Abbildung). Die Länge des Stabs wird angezeigt.

Länge: 400 mm.



10 Dialogfeld schließen.

Klicken Sie auf das „x“ in der rechten oberen Ecke des Dialogfelds, um es zu schließen.

Trägerberechnung

Mittels Trägerberechnung wird die größte Verschiebung des Stabs ermittelt.

Position

- CommandManager: **Office Produkte > Trägerberechnung** 
- Menü: **Toolbox, Trägerberechnung**

11 Trägerberechnung starten.

Klicken Sie auf **Trägerberechnung**.

12 Einstellungen.

Löschen Sie den Wert im Feld **Verformung**. (Die Schaltfläche **Lösen** wird erst aktiviert, wenn das Feld leer ist.) Greifen Sie mithilfe der Bildlaufleiste auf **Unterstützt an beiden Enden, Belastung in der Mitte** zu. Klicken Sie auf **Y lokale Achse, Metrisch** und **Verformung**.

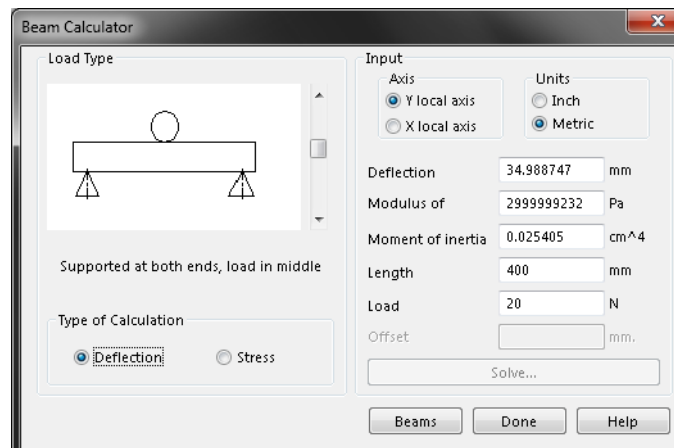
13 Werte eingeben.

Geben Sie in das Dialogfeld die unten aufgelisteten Werte ein (oder fügen Sie sie mittels „Kopieren & Einfügen“ ein):

Daten	Wert	Einheiten
Elastizitätsmodul (Druck)	2999999232	Pa (Pascal)
Trägheitsmoment (Länge ⁴)	0,025405	cm ⁴
Länge	400	mm
Last (Kraft)	20	N (Newton)

14 Lösen.

Klicken Sie auf **Lösen**. Die Verschiebung beträgt an der Last ca. **35 mm**. Klicken Sie auf **Fertig**.



Fragen

- 1 Beträgt die Verschiebung mehr oder weniger als 1 Zoll? _____
- 2 Wandeln Sie die Verschiebung in Zoll um: $35 \text{ mm} / 25,4 =$ _____ Zoll

15 Schließen Sie das Teil.

Klicken Sie auf **Datei, Schließen**, um das Teil zu schließen.

Wenn die Meldung *Änderungen in TRUSS_1 speichern?* angezeigt wird, klicken Sie auf **Nicht speichern**.

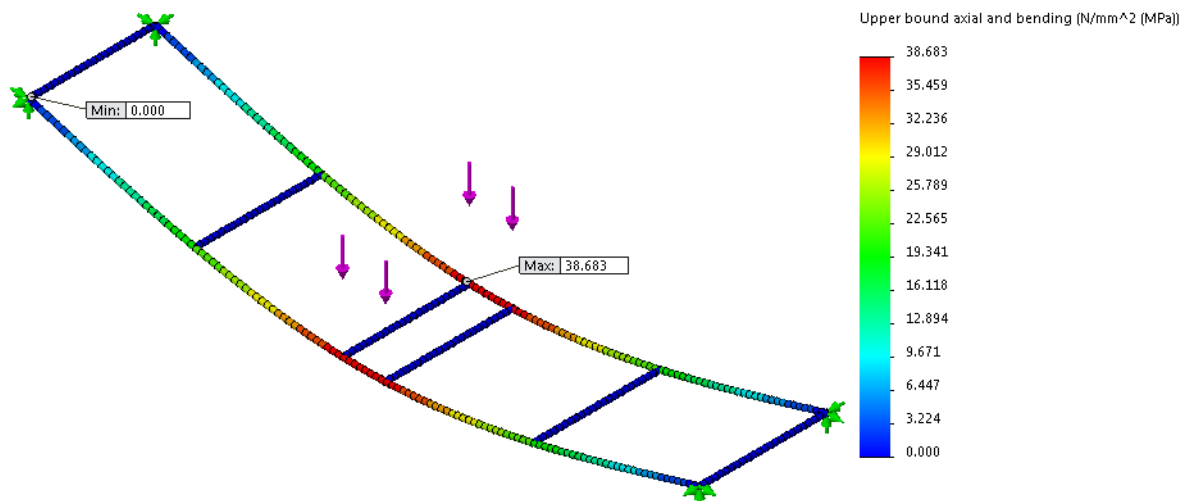
Lektion 3: Analysieren der Tragwerkkonstruktion

Ziele dieser Lektion

- ❑ Die Funktionsweise von SOLIDWORKS Simulation nachvollziehen
- ❑ Die verschiedenen Stufen einer Konstruktionsanalyse beschreiben
- ❑ Die Umgebung einer Analyse einschließlich Montagevorrichtungen und Lasten identifizieren
- ❑ SOLIDWORKS Simulation verwenden
- ❑ Die Ergebnisse einer Analyse visualisieren

Analysieren von Tragwerkkonstruktionen

Während dieser Lektion verwenden Sie SOLIDWORKS Simulation zur Analyse von Trägerkonstruktionen.



Überblick über SOLIDWORKS Simulation

SOLIDWORKS Simulation ist ein in SOLIDWORKS integriertes Werkzeug zur Konstruktionsanalyse. Mit dieser Software können Sie das Volumenkörpermodell direkt analysieren. Eine Studie ermöglicht es Ihnen außerdem, Einheiten, Materialtyp, externe Lasten und andere Parameter festzulegen. Sie können Änderungen an dem Volumenkörpermodell vornehmen und anschließend die Ergebnisse der Konstruktionsanalyse entsprechend aktualisieren.

Die Analyse umfasst mehrere Schritte:

- 1 Erstellen einer Konstruktion in SOLIDWORKS.
SOLIDWORKS Simulation kann Teile und Baugruppen analysieren.
- 2 Erstellen einer neuen statischen Studie in SOLIDWORKS Simulation. SOLIDWORKS Simulation Projekte umfassen sämtliche Einstellungen und Ergebnisse für eine Aufgabenstellung sowie alle Projekte, die mit dem Modell assoziiert sind. Dazu gehört das Hinzufügen von Montagevorrichtungen und externen Lasten und das Vernetzen des Modells.
- 3 Analyse ausführen. Dieser Schritt wird gelegentlich auch als Lösung bezeichnet.
- 4 Anzeigen der SOLIDWORKS Simulation Ergebnisse in Form von Darstellungen, Berichten und eDrawings.

Konstruktionsanalyse

Die Konstruktionsanalyse bezeichnet einen konstruktionstechnischen Prozess, der Kenntnisse der Physik und Mathematik zur Vorhersage des Verhaltens einer Konstruktion unter externen Lastbedingungen wie Gewichten und Druck verwendet. Gebäude, Brücken, Flugzeuge, Schiffe und Automobile sind nur einige der zahlreichen Objekte, die eine Konstruktionsanalyse erfordern.

Anhand einer Konstruktionsanalyse lassen sich *Spannungen*, *Verschiebungen* und der *Sicherheitsfaktor* bestimmen.

Spannungen: Die auf eine Konstruktion angewendeten externen Lasten erzeugen innere Kräfte und Spannungen, die zum Versagen oder Zerschlagen der Konstruktion führen können.

Sicherheitsfaktor: Der Sicherheitsfaktor bezeichnet das Verhältnis von tatsächlicher Spannung zur maximalen Spannung, die das Material aushalten kann.

$$\frac{\text{MaximumStressunderLoading}}{\text{MaximumStressoftheMaterial}} = FOS$$

Ist der **Sicherheitsfaktor > 1**, ist die Konstruktion sicher. Ist der **Sicherheitsfaktor < 1**, wird die Konstruktion als unsicher bewertet.

Verschiebungen: Wie bereits in einer vorherigen Lektion erwähnt, können die auf eine Konstruktion angewendeten externen Lasten eine Verschiebung der Konstruktion aus ihrer nicht belasteten Position erzwingen. Die Verschiebung definiert die Strecke, um die ein Punkt relativ zur ursprünglichen Lage bewegt wird.

Die Konstruktionsanalyse kommt in vielen Bereichen der Fertigungsindustrie zum Einsatz:

- ❑ **Gebäude und Brücken**
Fußböden, Wände und Fundamente
- ❑ **Flugzeuge**
Rumpf, Tragflächen und Fahrwerk
- ❑ **Schiffe**
Rumpf, Schotten und Aufbauten
- ❑ **Automobile**
Fahrgestell, Karosserie und Crash-Tests

Gründe für eine Konstruktionsanalyse

Nach dem Erstellen eines Modells in SOLIDWORKS sind möglicherweise folgende Fragen zu beantworten:

- ☐ Überbrückt das Fachwerk die erforderliche Spannweite?
- ☐ Was ist die effizienteste Konstruktion für das Fachwerk?
- ☐ Welche Maximallast kann das Fachwerk tragen?

Ohne entsprechende Analysewerkzeuge müssen aufwändige Konstruktionszyklen (Prototyperstellung und -tests) durchlaufen werden, um zu gewährleisten, dass die Leistungsdaten des Produkts die Kundenerwartungen erfüllen. Mit der Konstruktionsanalyse wird es stattdessen möglich, Konstruktionszyklen rasch und kostengünstig auf Computern durchzuführen. Selbst wenn die Fertigungskosten eine nachrangige Rolle spielen, bietet die Konstruktionsanalyse wesentliche Vorteile für die Produktqualität, indem sie es den Konstrukteuren ermöglicht, konstruktionsbezogene Probleme in weit kürzerer Zeit zu entdecken, als für die Erstellung eines Prototyps erforderlich ist. Die Konstruktionsanalyse erleichtert außerdem die Untersuchung einer Vielzahl von Entwurfsoptionen und hilft bei der Entwicklung optimierter Konstruktionen. Rasche und kostengünstige Analysen führen häufig zu nicht unmittelbar einsichtigen Lösungen und unterstützen die Konstrukteure, indem sie es ihnen ermöglichen, das Verhalten des Produkts besser zu verstehen.

Stufen der Konstruktionsanalyse

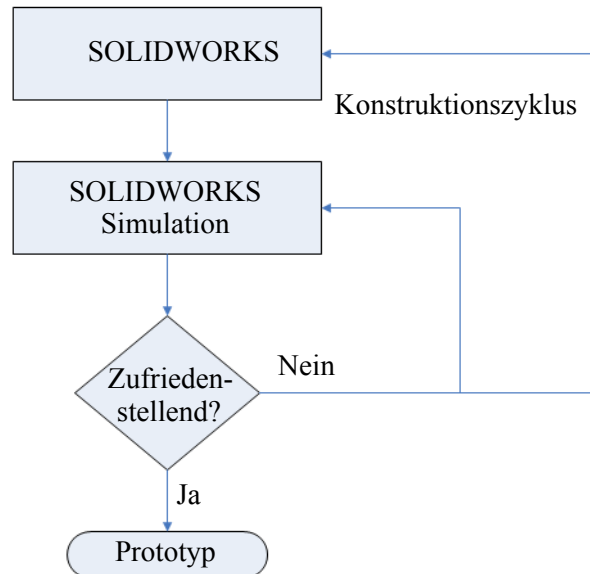
SOLIDWORKS Simulation führt Sie durch die verschiedenen Stufen der Konstruktionsanalyse. Im Folgenden wird kurz beschrieben, was sich hinter diesen Stufen verbirgt:

- ☐ **Vorverarbeitung** – In dieser Stufe stellen Sie die erforderlichen Informationen über die Konstruktion und deren Umgebung bereit. Dazu gehören Materialien, Montagevorrichtungen und externe Lasten, die auf die Konstruktion angewendet werden.
- ☐ **Analyse** – Das Modell wird unter Verwendung eines als Vernetzung bezeichneten Vorgangs in kleine Teile zerlegt, die als Elemente bezeichnet werden. In diesem Projekt handelt es sich dabei um **Balkenelemente**. Anhand der so gewonnenen Informationen wird anschließend ein Finite-Elemente-Modell erstellt und die Lösung dafür berechnet. Dazu gehört die Seite **Analysieren** des SOLIDWORKS Simulation Assistenten.
- ☐ **Nachbearbeitung** – Die Ergebnisse werden in grafischer Form dargestellt, so dass Sie die Problembereiche einfacher identifizieren können. Die dieser Stufe zugeordneten Seiten des SOLIDWORKS Simulation Assistenten lauten **Optimieren** und **Ergebnisse**.

Nachdem alle Stufen abgeschlossen sind, können Sie die Analysedaten zusammen mit dem Modell speichern. Anhand der gespeicherten Analysedaten lassen sich zukünftige Änderungen schneller durchführen.

Konstruktionszyklus


Der **Konstruktionszyklus** bezeichnet das Vorgehen beim Ändern des Modells oder der Informationen für die Vorverarbeitung. Modelländerungen beziehen sich auf Größenänderungen, beispielsweise die Änderung der Balkenlänge. Änderungen an den Vorverarbeitungsinformationen betreffen Einstellungen für Material, Montagevorrichtungen oder Lasten. Jede Änderung erzwingt eine erneute Analyse des Modells. Dieser zyklische Vorgang wird so lange wiederholt, bis die beste Lösung erreicht ist.



Änderungen im Modell

Zu diesem Zeitpunkt ist das SOLIDWORKS Teil noch sehr einfach. Später werden Seiten und Verstrebungen hinzugefügt. Dabei werden Sie feststellen, warum diese Elemente wichtige Merkmale der Tragwerkkonstruktion darstellen. Öffnen Sie jetzt das Modell, und werfen Sie einen Blick darauf.

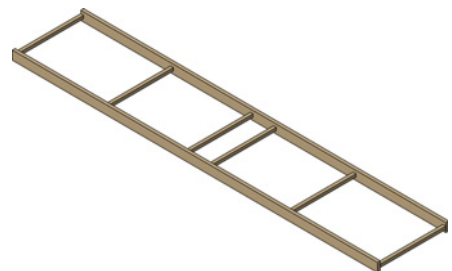
1 Teildatei erneut öffnen.

Klicken Sie auf **Öffnen** .

Navigieren Sie im Fenster **Öffnen** zum Ordner *Bridge Design Project\Student\Lesson 2*.

Wählen Sie die Datei *TRUSS_1.sldprt* aus, und klicken Sie auf **Öffnen**.

Hierbei handelt es sich um das Teil, das auch in der vorherigen Lektion verwendet wurde.



Erstellen einer Studie

Um eine Konstruktionsanalyse auszuführen, muss eine neue Studie erstellt werden.



Bei SOLIDWORKS Simulation werden mithilfe einer **Studie** alle Daten gespeichert und organisiert, die mit einer Konstruktionsanalyse assoziiert sind.

Mit der Studie wird auch der Typ der auszuführenden Analyse festgelegt. Viele Analysetypen sind verfügbar. Dazu gehören:

- ☐ **Statisch**
- ☐ **Frequenz**
- ☐ **Beul-/Knickverhalten**
- ☐ **Thermisch**
- ☐ **Fallprüfung**
- ☐ **Ermüdung**
- ☐ **Nichtlinear**
- ☐ **Lineare Dynamik**
- ☐ **Druckbehälterkonstruktion**


In diesem Projekt wird eine **statische** Analyse ausgeführt. Mit diesem Studientyp wird vorherbestimmt, wo eine Konstruktion aufgrund von Spannungen versagt.

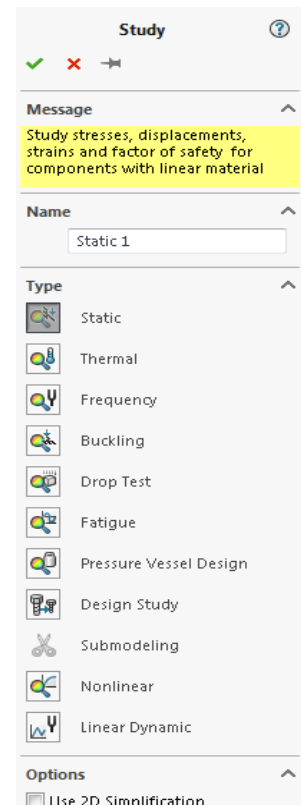
Position

- CommandManager: **Simulation > Studien-Berater**  > **Neue Studie** 
- Menü: **Simulation, Studie**

2 Neue Studie erstellen.

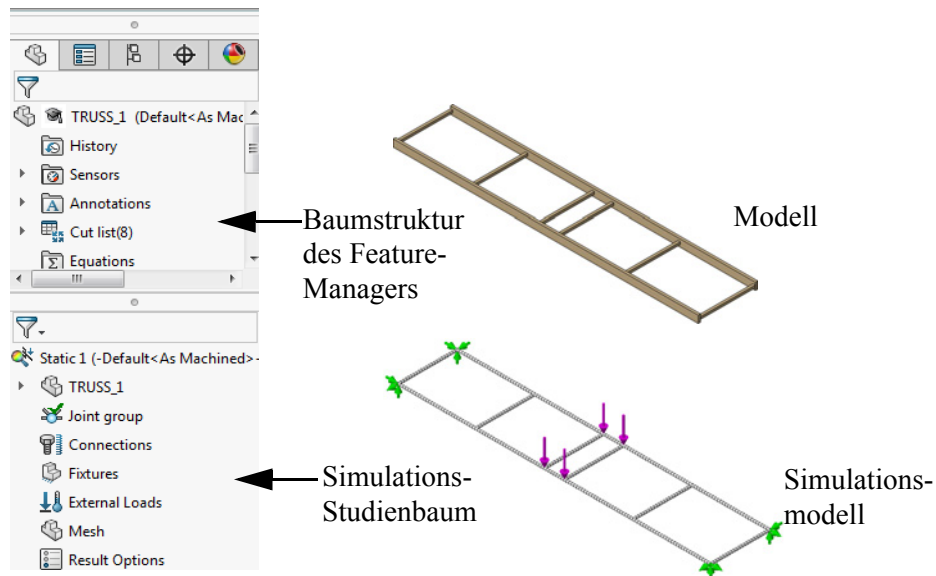
Klicken Sie auf **Simulation, Studie**. Verwenden Sie den Standardnamen *Static 1*, und klicken Sie auf **Statisch**.

Klicken Sie auf .



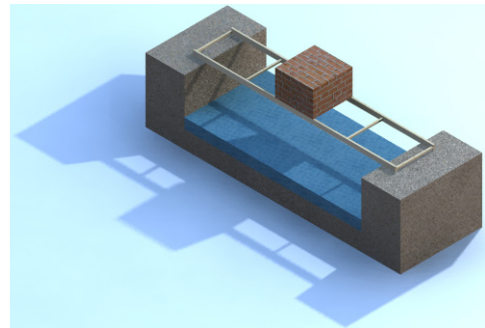
FeatureManager-Strukturbaum und Simulations-Studienbaum

Der **FeatureManager-Strukturbaum** wird über dem **Simulations-Studienbaum** am linken Bildschirmrand angezeigt. Im oberen Baum werden die Features der Modellgeometrie aufgelistet und im unteren die Features der Analyse bzw. des Simulationsmodells.



Die Umgebung

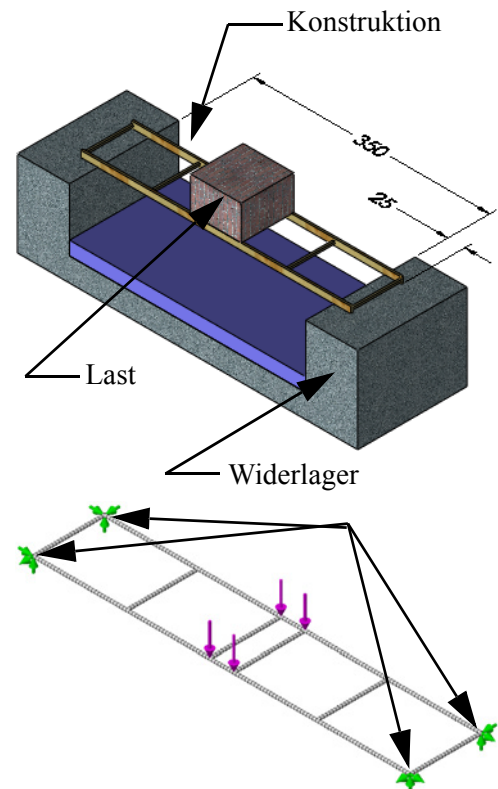
Die Umgebung beschreibt, wie die Tragwerkkonstruktion verwendet wird. Im vorliegenden Fall stellt das Modell eine Konstruktion dar, die einen Fluss überbrückt. Sofern bekannt ist, wie die Tragwerkkonstruktion platziert wird und welche externen Lasten sie tragen muss, lassen sich zwei wichtige Parameter bestimmen, die für SOLIDWORKS Simulation erforderlich sind: **Montagevorrichtungen** und **Externe Lasten**.



Montagevorrichtungen

Die **Montagevorrichtungen** definieren die Bereiche der Tragwerkkonstruktion, die fixiert sind oder deren Beweglichkeit eingeschränkt ist. Als Spannweite wird die nicht gelagerte Strecke der Überbrückung bezeichnet. In diesem Fall beträgt sie **350 mm**. An jedem Ende ist eine Überlappung von **25 mm** gegeben, wo die Enden der Tragwerkkonstruktion von einem Widerlager oder dem Ufer gestützt werden. Die Spannweite ist immer kleiner als die volle Länge der Tragwerkkonstruktion.

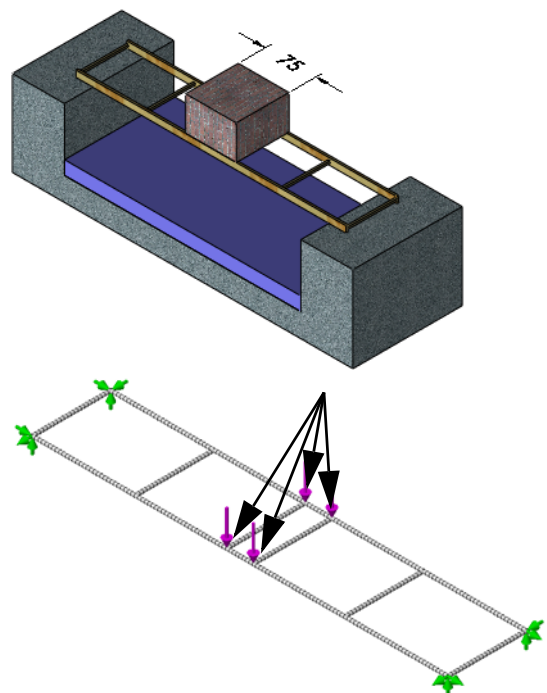
Die Montagevorrichtungen sind an den Enden des Modells an vier Stellen definiert.



Externe Lasten

Im Modell müssen **Externe Lasten** definiert sein, die Kräfte auf die Tragwerkkonstruktion ausüben. Angenommen, ein rechteckiger Stapel von Ziegeln soll über eine Brücke transportiert werden und befindet sich auf halber Strecke der Spannweite mitten auf der Konstruktion. Weiter wird angenommen, dass die Ziegel eine Kraft von **40 N** ausüben.

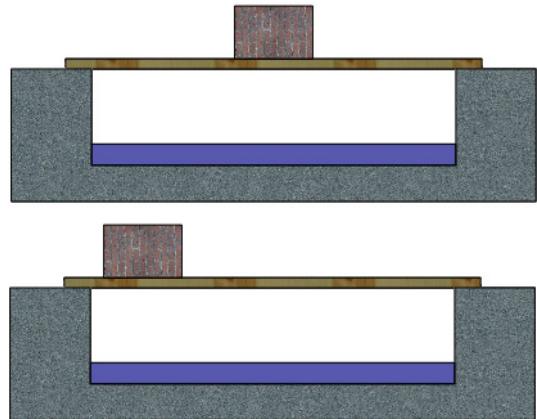
Es sind vier Belastungspunkte vorhanden, und zwar an den Stellen, wo die Balken verbunden sind (nahe der halben Spannweite). Die Last an jedem Punkt beträgt $40 \text{ N} / 4 = 10 \text{ N}$ (entspricht ca. 1,02 kg).



Warum befindet sich die Last in der Mitte?

Wenn Techniker ein Modell einer Konstruktionsanalyse unterziehen, bevorzugen sie häufig eine „Worst-Case“-Analyse. Diese bezieht sich auf eine Situation, in der die Konstruktion unter den gegebenen Umgebungsbedingungen am wahrscheinlichsten versagt.

Für die vorliegende Fachwerkkonstruktion ist der ungünstigste Fall gegeben, wenn die Last an dem durch die Mitte der Spannweite definierten Punkt platziert wird.



Welche Last wird die Tragwerkkonstruktion maximal aushalten?

Die Tragwerkkonstruktion ist an dieser Stelle recht schwach, wird aber im Verlauf des Projekts, das in diesem Arbeitsbuch beschrieben ist, verstärkt werden. Welcher Kraft kann sie im äußersten Fall widerstehen? Versuchen Sie, den Wert zu schätzen.

Kraft = _____ N

Hinweis: Wenn Sie gewohnt sind, in Pfund (lb) zu denken, sollten Sie jetzt zum metrischen System übergehen. Mit der folgenden Formel können Sie Pfund in Newton (N) umrechnen:

$$1 \text{ lb} = 4,4482 \text{ N}$$

Maßeinheiten

Die **Optionen** können so eingestellt werden, dass die Ergebnisse in der gesamten Analyse einheitlich sind. In diesem Beispiel werden mm und MPa ausgewählt.

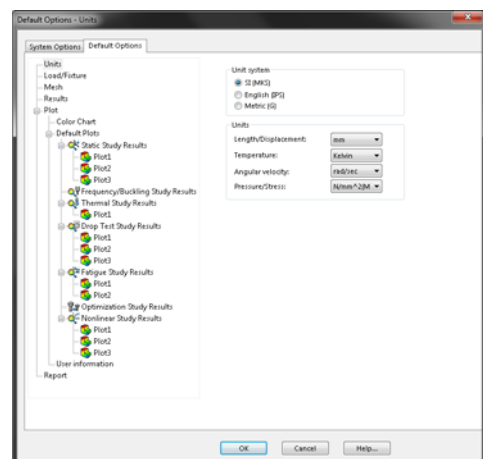
Position

- Menü: **Simulation, Optionen**

3 Einheiten festlegen.

Klicken Sie auf **Simulation, Optionen** und anschließend auf die Registerkarte **Standardoptionen**. Unter **Einheiten** wählen Sie **mm** für **Länge/Verschiebung** und **N/mm² (MPa)** für **Druck/Spannung**.

Klicken Sie auf **OK**.



Vorverarbeitung


Die erste Stufe der Konstruktionsanalyse ist die Vorverarbeitung. Sie dient dem Zweck, alle erforderlichen Informationen zu sammeln und sie auf das Simulationsmodell anzuwenden. Die Informationen, die angegeben oder erstellt werden müssen, sind:

- ❑ **Material** – Das Material der Balken.
- ❑ **Montagevorrichtungen** – Bereiche, die nicht frei beweglich sind.
- ❑ **Externe Lasten** – Kräfte, die auf das Modell angewendet werden.
- ❑ **Vernetzung** – Ein Simulationsmodell, das auf dem Modell basiert und die Balken in kleine Teile aufteilt, die als Elemente bezeichnet werden.

Material

Das Material ist eine erforderliche Größe, die die Materialeigenschaften und das Erscheinungsbild der Modellgeometrie festlegt. In diesem Fall wird allen Balken das Material auf einmal zugewiesen.

Position

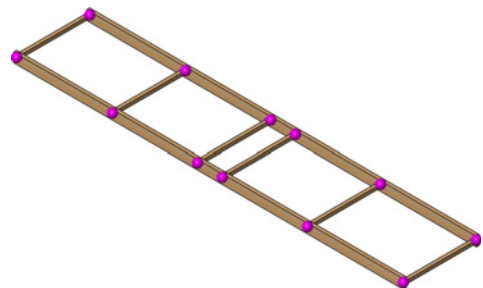
- CommandManager: **Simulation > Material anwenden** 
- Menü: **Simulation, Material**
- Simulations-Studienbaum: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Teilnamen, und wählen Sie **Material auf alles anwenden** aus.

4 Material festlegen.

Klicken Sie auf **Simulation, Material, Material auf alles anwenden**. Öffnen Sie den Ordner *Holz*, und wählen Sie *Balsa* aus. Klicken Sie auf **Anwenden** und dann auf **Schließen**.

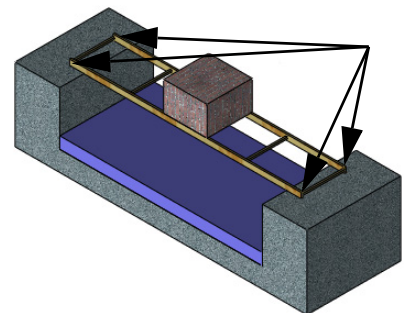
Was sind Verbindungen?

Im Schnittpunkt der Mittellinien von Balken werden automatisch Verbindungen erzeugt. Mithilfe dieser Verbindungen werden anschließend Montagevorrichtungen und externe Lasten positioniert.



Montagevorrichtungen


Mithilfe von Montagevorrichtungen wird die Beweglichkeit von bestimmten Punkten im Modell eingeschränkt. Den Punkten, an denen die Enden der Tragwerkkonstruktion auf dem Widerlager liegen, werden Montagevorrichtungen zugewiesen.




Welcher Montagevorrichtungstyp wird verwendet?

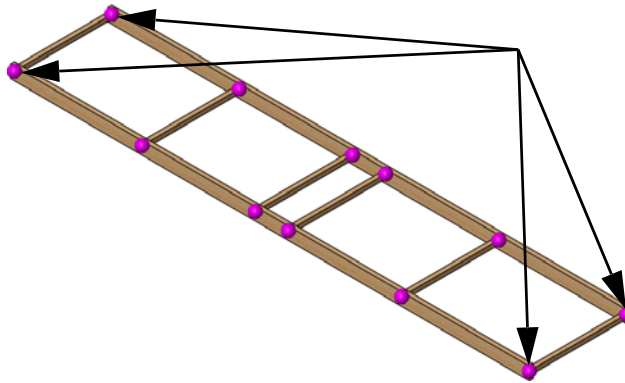
Bei diesem Projekt wird die Brücke auf dem Widerlager platziert. Die Brücke berührt das Widerlager, sie wird aber nicht an das Lager geklebt oder auf andere Weise daran befestigt.

Position

- CommandManager: **Simulation > Einspannungen-Berater**  **> Fixierte Geometrie**
- Menü: **Simulation, Lasten/Einspannungen, Einspannungen**
- Simulations-Studienbaum: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf **Montagevorrichtungen**, und wählen Sie **Fixierte Geometrie** aus.


5 Montagevorrichtungen hinzufügen.

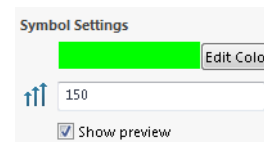
Klicken Sie auf **Simulation, Lasten/Einspannungen, Einspannungen**. Klicken Sie auf **Nicht verschiebbar** (keine Translation) , und wählen Sie die Verbindungen aus (siehe Abbildung).



Hinweis: Um Fehler zu korrigieren, klicken Sie mit der rechten Maustaste in das Feld, in dem die ausgewählten Flächen aufgelistet sind, und klicken Sie dann auf **Auswahl aufheben**. Nachdem Sie den Inhalt des Feldes gelöscht haben, wiederholen Sie den Auswahlvorgang.

6 Symbolgröße.

Öffnen Sie den Abschnitt **Symboleinstellungen** und erhöhen Sie die **Symbolgröße** auf **150**. Dadurch werden die Symbole vergrößert und sind besser sichtbar. Klicken Sie auf .

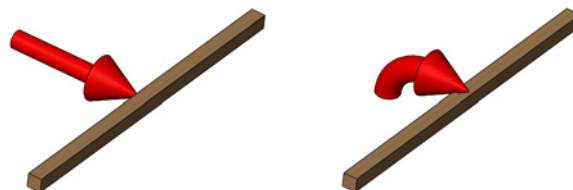


Externe Kräfte

Die auf die Tragwerkkonstruktion wirkende Gesamtkraft wird gleichmäßig in vier Kräfte von jeweils **5 N** aufgeteilt, die nahe der Mitte der Konstruktion einwirken.

Kräfte


Kräfte weisen eine Richtung und einen Betrag (Wert) auf. Es kann zwischen einer direkten *Kraft*, die beispielsweise durch ein hängendes Gewicht resultiert, und einem *Moment*, das z. B. durch Drehen eines Türknaufs erzeugt wird, unterschieden werden.




Schwerkraft

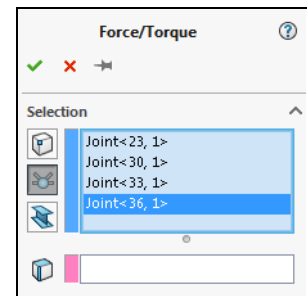
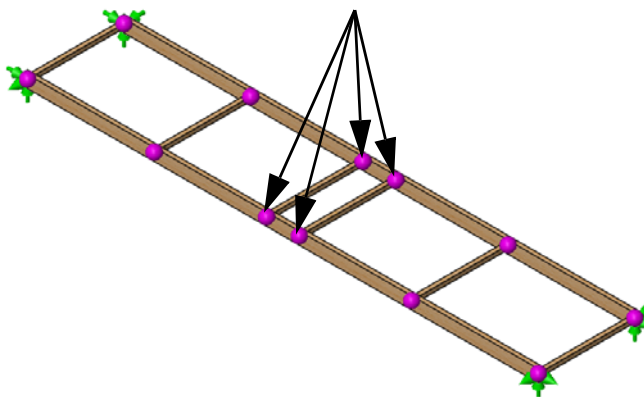
Das Gewicht der Tragwerkkonstruktion stellt aufgrund der Schwerkraft eine Last dar. Bei diesem Projekt ist das Gewicht gering und kann daher vernachlässigt werden.

Position

- CommandManager: **Simulation** > **Externer Lasten-Berater**  > **Kraft**
- Menü: **Simulation, Lasten/Einspannungen, Kraft**
- Simulation-Studienbaum: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf **Externe Lasten**, und wählen Sie **Kraft** aus.

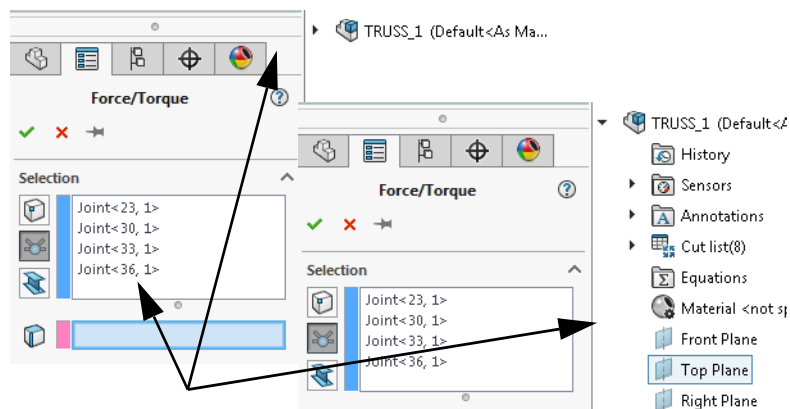
7 Kräfte hinzufügen.

Klicken Sie auf **Simulation, Lasten/Einspannungen, Kraft**. Klicken Sie auf **Verbindungen** , und wählen Sie die sichtbaren Verbindungen aus (siehe Abbildung).



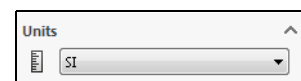
8 Richtung festlegen.

Klicken Sie in das Feld **Richtung**, und öffnen Sie den aufschwingenden FeatureManager. Klicken Sie auf das Feature *Ebene oben*.




9 Einheiten festlegen.

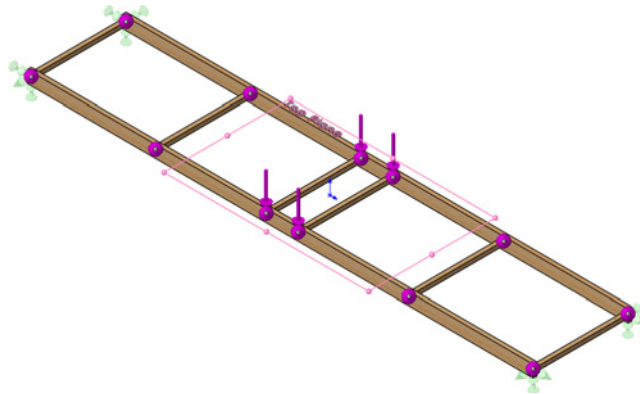
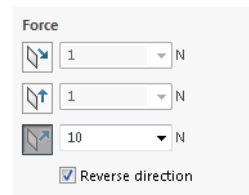
Stellen Sie sicher, dass die **Einheiten** auf **SI** eingestellt sind.



10 Kraft zuweisen.

Klicken Sie auf **Normal auf Ebene** , und stellen Sie den Wert auf **10 N** ein (siehe Abbildung). Klicken Sie auf **Richtung umkehren**, so dass die Pfeile nach unten zeigen.

Klicken Sie auf .



Tipp: Mit den **Symboleinstellungen** kann wie bei den Montagevorrichtungen das Symbol vergrößert oder verkleinert werden. Es wurde der Wert **150** eingestellt.

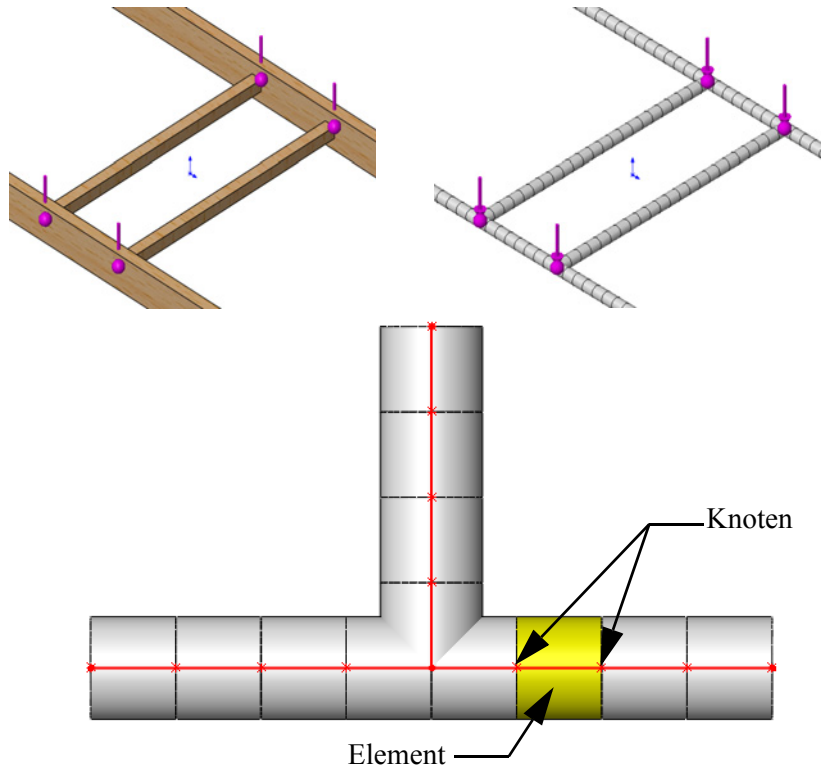
11 Speichern.

Klicken Sie auf **Speichern** , um das Modell und die Simulationsdaten zu speichern.



Tipp: Das Speichern in regelmäßigen Abständen beugt einem Datenverlust vor.

Vernetzen des Modells

Durch die Vernetzung wird das Modell in Teilstücke unterteilt, die bei der Analyse verwendet werden. Das Analysemodell besteht aus einer Reihe von miteinander verbundenen Knoten und Elementen.

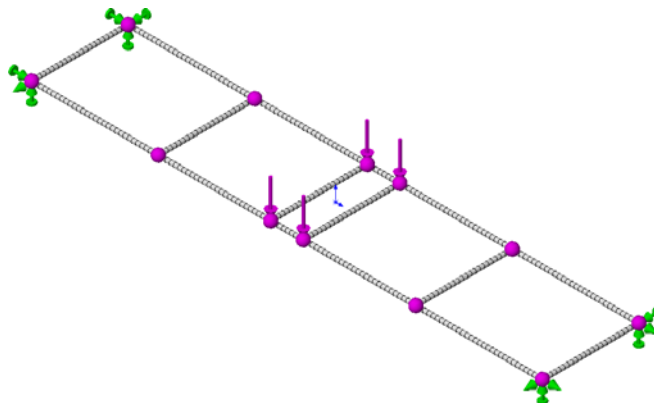


Position

- CommandManager: **Simulation > Ausführen**  **> Netz erstellen** 
- Menü: **Simulation, Netz, Erstellen**
- Simulations-Studienbaum: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf **Netz**, und wählen Sie **Netz erstellen** aus.

12 Vernetzung.

Klicken Sie auf **Simulation, Netz, Erstellen**. Ein Netz wird mithilfe der Modellgeometrie erstellt.



Hinweis: Dieser Schritt wird automatisch mit **Simulation, Ausführen** ausgeführt. Er wird hier nur gezeigt, um das Netz hervorzuheben.



Analyse

Die eigentliche Analyse ist der einfachste Teil. SOLIDWORKS Simulation übernimmt Ihre Eingaben und erledigt die notwendige Arbeit, um die Ergebnisse zu ermitteln. Um diesen Vorgang zu beschleunigen, verwenden Sie die Standardeinstellungen.

Prognosen

In der vorherigen Lektion wurde mithilfe der Trägerberechnung die ungefähre Verschiebung basierend auf einer vereinfachten Analyse eines einfach gestützten Trägers ermittelt. Es wurde eine Verschiebung von ca. **35 mm** berechnet. Es ist zu erwarten, dass das Ergebnis der Simulationsanalyse für die Verschiebung die gleiche Größenordnung hat: zwischen **3,5 mm** und **350 mm**, im günstigsten Fall nahe dem Wert **35 mm**.

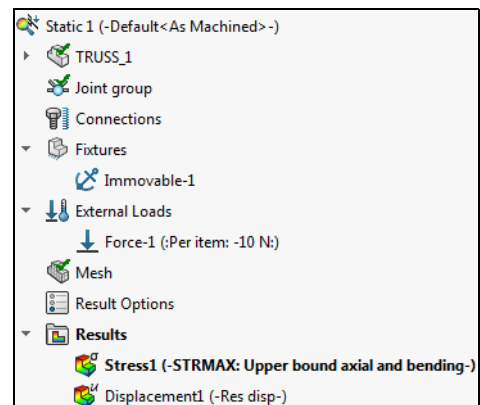
Position

- CommandManager: **Simulation > Ausführen**  **> Ausführen** 
- Menü: **Simulation, Ausführen**
- Simulations-Studienbaum: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Studiennamen, und wählen Sie **Ausführen** aus.

13 Ausführen.

Klicken Sie auf **Simulation, Ausführen**. Nach dem Ausführen werden im Ordner *Ergebnisse* des Simulations-Studienbaums zwei Features angezeigt.

Die Simulation ist bereit für die Nachbearbeitung.



Begriffsklärung

Während die Analyse läuft, sollen einige Begriffe erläutert werden, die bei der Interpretation der Ergebnisse hilfreich sein können.

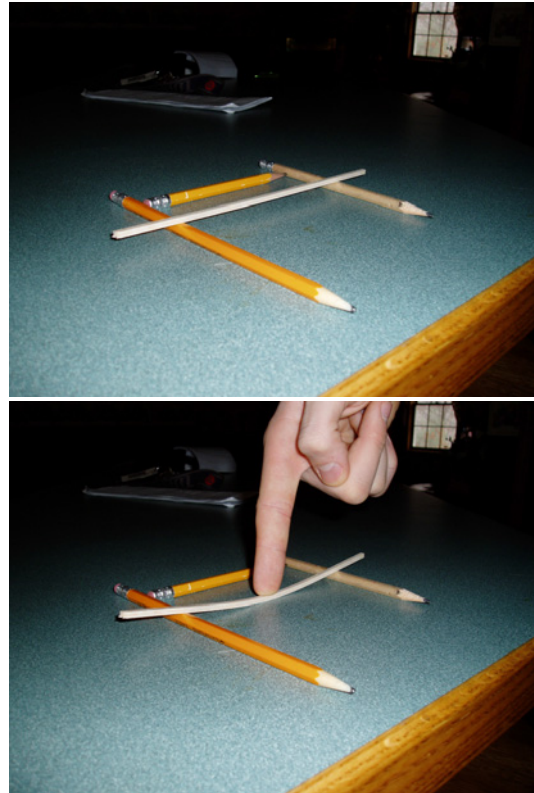
Biegung und Verschiebung

Biegung wird durch eine Last bewirkt, die auf einen Balken ausgeübt wird. Die Last bewirkt, dass sich der Balken biegt und in Richtung der Last bewegt (bzw. verschiebt).

Die **Verschiebung** definiert die Lageveränderung des Balkens relativ zur ursprünglichen Lage. Der „ungünstigste Fall“ einer Verschiebung tritt ein, wenn sich die Last auf der Mitte des Balkens befindet.

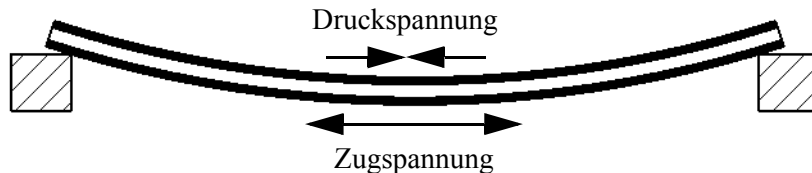
Die Verschiebung ist in der Regel sehr gering und ist daher nicht sichtbar.

Gibt es eine Stelle in Ihrem Haus, an der der Boden knarrt, wenn Sie darüber laufen? Dieses Knarren wird durch die Verschiebung der Deckenbalken verursacht, die sich aufgrund der Belastung durch Ihr Gewicht durchbiegen.



Zugspannung und Druckspannung

Während sich der Balken biegt, wird die Oberseite des Balkens (die Seite, auf welche die Last ausgeübt wird) einer Druckspannung ausgesetzt. Zugleich erfährt die Unterseite eine gegenläufig wirkende Zugspannung.



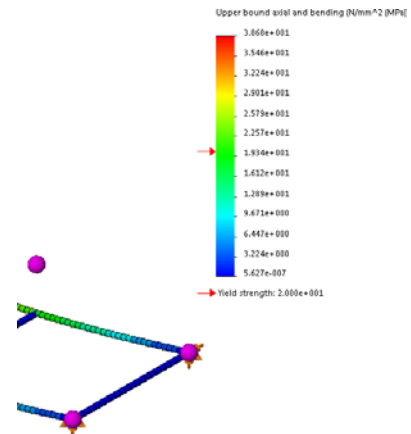
Suchen Sie nach den Stichworten **Zugspannung** und **Druckspannung**, um weitere Informationen zu erhalten.

Spannungen

Spannung ist eine Größe, die als Kraft pro Flächeneinheit innerhalb einer Konstruktion bestimmt wird. Diese Kraft wird durch externe Lasten außerhalb der Konstruktion bewirkt. Sie können die Spannung nicht sehen, aber sie kann zum Brechen der Konstruktion führen.

Übliche Maßeinheiten sind Newton pro Quadratmeter, Pascal und Pfund pro Quadratzoll (Pounds per Square Inch, psi).

Spannungen können dazu führen, dass der Balken unter einer Last zerbricht. In SOLIDWORKS Simulation sind farbkodierte Darstellungen verfügbar, in denen Bereiche mit hohen und geringen Spannungen sichtbar gemacht werden.



Fließgrenze

Wie viel kann ein Balken tragen, bevor er bricht? Die **Fließgrenze** definiert die Obergrenze für die Biegefestigkeit des Balkens im Hinblick auf die Spannungen, denen der Balken ausgesetzt ist. Sowohl die Eigenschaften des Materials als auch der Balkenquerschnitt beeinflussen die Fließgrenze.

Hinweis: Metallische Materialien biegen sich häufig unter Last, kehren jedoch zu ihrer ursprünglichen Form zurück, wenn die Last entfernt wird. Die Fließgrenze bezeichnet den Punkt, an dem sich das Material biegt und diese Biegeverformung erhalten bleibt, nachdem die Last entfernt wird. Dieses Phänomen wird als plastische Verformung bezeichnet.

Sicherheitsfaktor

Der **Sicherheitsfaktor** ermöglicht eine schnelle Bewertung der Analyseergebnisse. Er ist definiert als das Verhältnis zwischen der maximalen Spannung und der Fließgrenze des Materials. Ist der **Sicherheitsfaktor** > 1 , ist die Konstruktion sicher. Ist der **Sicherheitsfaktor** < 1 , wird die Konstruktion als unsicher bewertet.

Hinweis: Im Allgemeinen erstellen Ingenieure eine Konstruktion mit einem Sicherheitsfaktor größer 2. Konstruktionen sind im Allgemeinen „überkonstruiert“ in Bezug auf die Sicherheit und Zuverlässigkeit.



Suchen Sie nach den Stichworten **Spannung (Physik)**, **Fließgrenze** und **Sicherheitsfaktor**, um weitere Informationen zu erhalten.

Nachbearbeitung

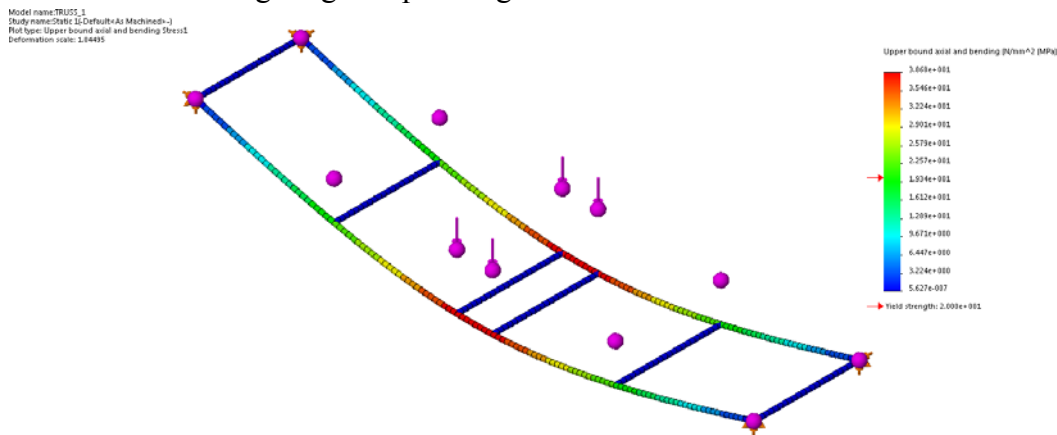
Sobald Sie die Analyse abgeschlossen haben, kann die Nachbearbeitung beginnen. Bei der Nachbearbeitung werden im Ordner *Ergebnisse* des Simulations-Studienbaums zwei Darstellungen erzeugt, die angezeigt und geändert werden können. Mithilfe dieser Darstellungen können Sie die Brückenkonstruktion analysieren und ändern.

Zu Beginn der Nachbearbeitung werden im Ordner *Ergebnisse* zwei Darstellungen abgelegt: *Spannung 1* (STRMAX: Höchste Axial- und Biegespannung und *Verschiebung1* (-Resultierende Verschiebung-).

Die Spannungsdarstellung wird automatisch ausgewählt und angezeigt.

14 Spannungsverteilung.

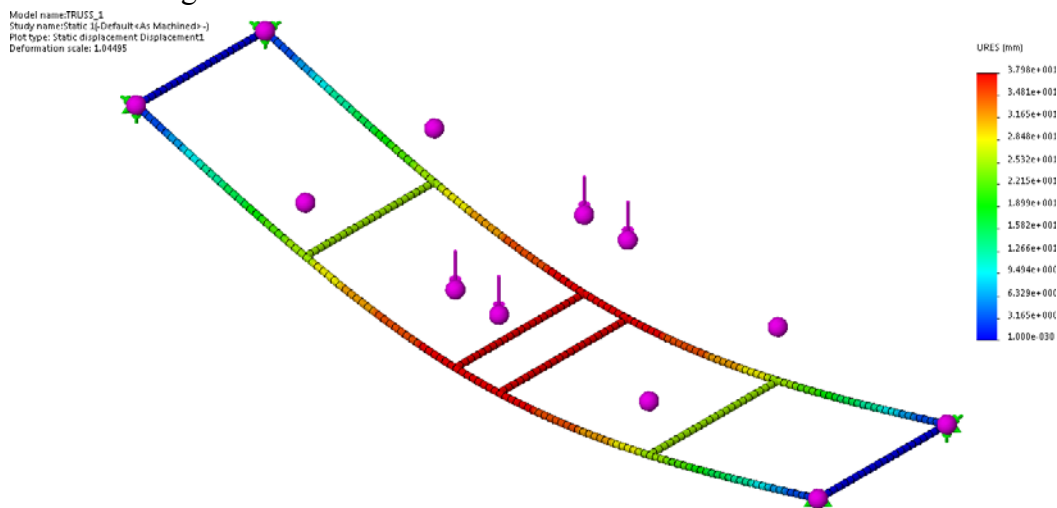
Die grafische Darstellung zeigt das Modell mit Verschiebungen. Die **Spannungsverteilung** wird durch die farbliche Darstellung des verschobenen Modells kenntlich gemacht. Warme Farben im Diagramm verweisen auf höhere Spannungen, kalte Farben auf geringere Spannungen.



Hinweis: Die Verbindungen ● sind möglicherweise ausgeblendet. Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf *Verbindungsgruppe*, und wählen Sie im Kontextmenü die Option **Ausblenden** oder **Einblenden** aus.

15 Verschiebung.

Doppelklicken Sie auf die Darstellung *Verschiebung1* (-Resultierende Verschiebung-), um sie anzuzeigen.



Interpretieren der Ergebnisse

Die Darstellungen der Spannung und Verschiebung sind aussagekräftig, da ihnen die tatsächlichen und die Höchstwerte entnommen werden können. Was bedeutet MPa? Im Folgenden untersuchen Sie die Ergebnisse näher. Dies sind die bisherigen Ergebnisse (*Ihre Werte können evtl. abweichen*):

Spannung	Verschiebung
38,683 MPa (Megapascal)	3,798e + 001 mm

Zahlenwerte

Die Verschiebung wird in wissenschaftlicher Schreibweise angegeben. (Ihre Ergebnisse können eine andere Formatkombination aufweisen.)

3,798e + 001 bedeutet $3,798 \times 10^1$ oder $3,798 \times 10^1 = 3,798 \times 10 = \underline{\hspace{2cm}}$ mm

Wie lautet der Wert in Zoll? Dividieren Sie das obige Ergebnis durch 25,4 = $\underline{\hspace{2cm}}$ Zoll

Einheiten



Um die Ergebnisse richtig interpretieren zu können, muss die Einheit bekannt sein. Mit einer Längeneinheit wie mm (oder Zoll) sind Sie vertraut. Mit der Einheit für die Spannung nicht unbedingt. Die Einheit der Spannung entspricht der des Drucks und misst Kraft/Fläche. Beim Aufpumpen eines Fahrradschlauchs ist Ihnen unter Umständen die Einheit psi (Pfund pro Quadratzoll) begegnet. Die übliche Einheit für den Reifendruck ist:

60 psi = $4,136854 \times 10^5$ Pa = 0,4136854 MPa ($1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2 = 1.000.000 \text{ Pa}$)

Erstellen einer neuen Darstellung

Es muss bekannt sein, mit welcher Spannung das Tragwerk belastet werden kann. Die beste Lösung ist das Erstellen einer **Sicherheitsfaktor**-Darstellung. Der Prozess besteht aus drei Schritten.

Position

- CommandManager: **Simulation > Ergebnis-Berater**  **> Neue Darstellung > Sicherheitsfaktor** 
- Simulations-Studienbaum: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf den Ordner *Ergebnisse*, und wählen Sie im Kontextmenü **Darstellen des Sicherheitsfaktors definieren** aus.


16 Darstellen des Sicherheitsfaktors.

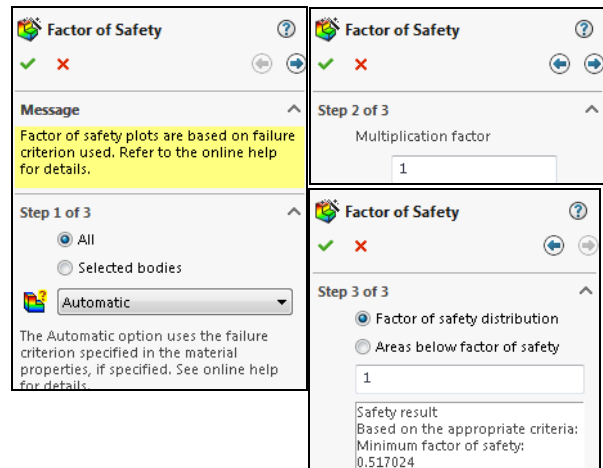
Klicken Sie im Simulations-Studienbaum mit der rechten Maustaste auf den Ordner *Ergebnisse*, und wählen Sie **Darstellung des Sicherheitsfaktors definieren** aus.

Übernehmen Sie die Standardeinstellungen, und klicken Sie auf **Weiter**.

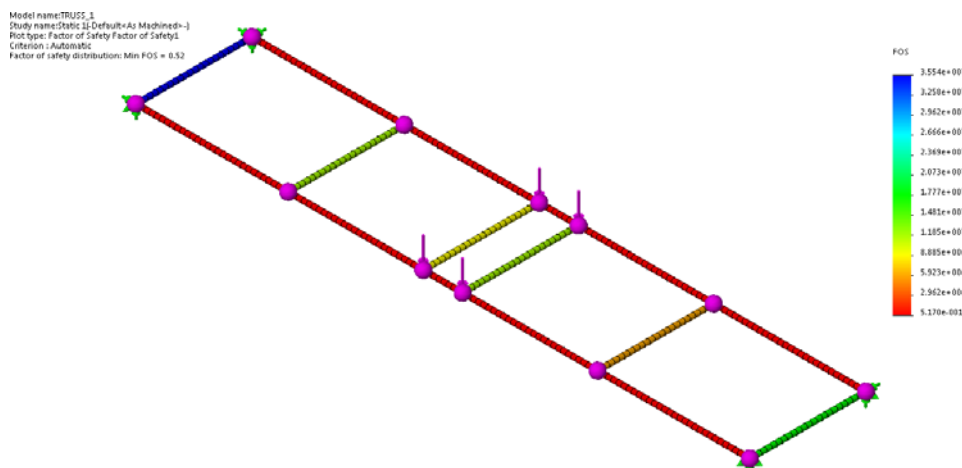
Belassen Sie den **Multiplikationsfaktor** bei 1, und klicken Sie auf **Weiter**.

Klicken Sie auf **Bereiche unterhalb des Sicherheitsfaktors**.

Klicken Sie auf .



Hinweis: Der aktuelle Sicherheitsfaktor wird im Dialogfeld mit 0,517024 angegeben, also ca. 0,5. Somit wird der Mindestwert von 1 unterschritten. In der Darstellung wird alles in Blau oder Rot angezeigt.



Welche Erkenntnisse liefert die Darstellung des Sicherheitsfaktors?

Die Bereiche unter dem Sicherheitsfaktor werden rot dargestellt. Wenn ein Sicherheitsfaktor von **1** der Grenzwert ist, bedeutet dies, dass die Tragwerkkonstruktion die Last nicht tragen kann.

Die Last muss reduziert werden.

Iterierende Änderungen

Da die Tragwerkkonstruktion die Last nicht tragen kann, wird im nächsten Schritt ermittelt, welche Last sie zu tragen imstande ist. Zu diesem Zweck soll in sich wiederholenden Schritten die Last geändert und die Tragwerkkonstruktion erneut analysiert werden, bis ein Sicherheitsfaktor von ungefähr 1 erreicht ist. Dieser Vorgang wird *Iterieren* genannt.

Bestimmen der Last

Bevor die Last schrittweise verringert wird, muss entschieden werden, in welchem Maße die Verringerung erfolgen soll. Den bisher verfügbaren Informationen ist zu entnehmen, dass der Sicherheitsfaktor ungefähr den Wert **0,5** für eine Last von $4 \times 10 \text{ N} = 40 \text{ N}$ annimmt.

Wenn der Sicherheitsfaktor mit der Gesamtlast multipliziert wird, sollte das Ergebnis einen Sicherheitsfaktor von ungefähr 1 ergeben.

Sicherheitsfaktor \times Gesamtlast = $0,5 \times 40 \text{ N} = 20 \text{ N}$ bzw. **5 N** pro Fläche

Im Folgenden soll das Modell unter Verwendung des Iterationsverfahrens neu analysiert werden, um die Gültigkeit dieser Formel zu verifizieren.


Bearbeiten der Simulationsdaten

Simulationsdaten, z. B. eine externe Last, können bearbeitet werden, um den neuen Wert widerzuspiegeln. Die Ergebnisse werden erst beim erneuten Ausführen der Analyse aktualisiert.

Position

- Kontextmenü: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Feature **Montagevorrichtung** oder **Last**, und wählen Sie im Kontextmenü **Definition bearbeiten** aus.

17 Externe Last bearbeiten.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Feature *Kraft-1 (:Pro Element: -10 N:)* und wählen Sie **Definition bearbeiten**. Stellen Sie die Last auf **5 N** ein, und klicken Sie auf .



18 Analyse erneut ausführen.

Klicken Sie auf **Simulation, Ausführen**, um die Analyse erneut auszuführen.

19 Sicherheitsfaktor.

Doppelklicken Sie auf das Ergebnis *Sicherheitsfaktor1 (-Automatisch-)*. Der Sicherheitsfaktor wird blau angezeigt. Dies bedeutet, dass er größer als 1 ist.

20 Teil schließen.

Klicken Sie auf **Datei, Schließen** und anschließend auf **Speichern**, um die Änderungen zu speichern.

Schlussfolgerung

Die Analyse hat klar ergeben, dass die Tragwerkkonstruktion ungeeignet ist, die anfängliche Last zu tragen. Mithilfe von SOLIDWORKS Simulation war es möglich, durch iterative Änderung von Parametern die höchste Last zu ermitteln, die die Tragwerkkonstruktion zu stützen imstande ist.

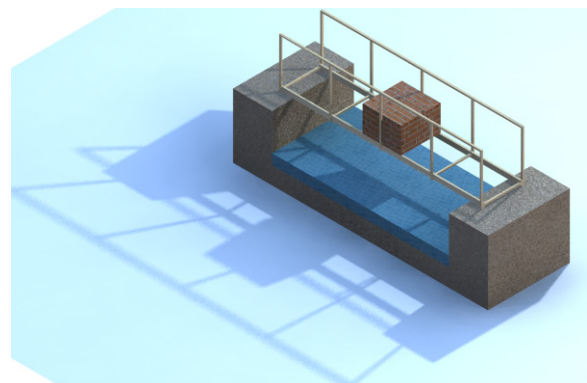
Lektion 4: Durchführen von Konstruktionsänderungen

Ziele dieser Lektion

- ❑ Die Bedeutung von Querverstrebungen nachvollziehen
- ❑ Maximale Lasten ermitteln
- ❑ Verschiebungsdarstellungen anzeigen
- ❑ Darstellungen und Diagramme zur Verbesserung der Anzeige bearbeiten
- ❑ Das Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht berechnen


Erweitern der Konstruktion

Die Analyse der Tragwerkkonstruktion mithilfe von SOLIDWORKS Simulation lässt den Schluss zu, dass die Tragwerkkonstruktion eine höhere Festigkeit benötigt. Die in dieser Lektion behandelte Version verfügt über Seitenwände, welche die Festigkeit der Konstruktion verbessern und es ihr ermöglichen, höhere Lasten zu tragen.



Öffnen des Modells

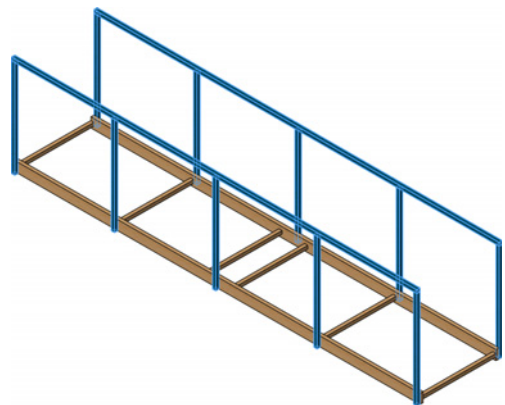
1 Teildatei öffnen.

Klicken Sie auf **Öffnen** .

Navigieren Sie im Fenster **Öffnen** zum Ordner *Bridge Design Project\Student\Lesson 4*.

Wählen Sie die Datei *TRUSS_2.sldprt* aus, und klicken Sie auf **Öffnen**.

Diese Version zeigt seitliche Verstärkungen aus horizontalen und vertikalen Elementen.

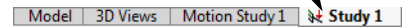


Vorhandene Studie

Das hier untersuchte Bauteil unterscheidet sich von dem vorherigen nur durch die zusätzlichen Wände. Es umfasst weiterhin die *Studie 1*, die die gleichen Werte wie beim vorherigen Teil enthält.

2 Auf eine vorhandene Studie zugreifen.

Klicken Sie links unten im Bildschirm auf die Registerkarte *Studie 1*. Der Simulations-Studienbaum wird angezeigt. Die Analyse weist Montagevorrichtungen, externe Lasten und ein Netz auf.



3 Analyse ausführen.


Klicken Sie auf **Simulation, Ausführen**.

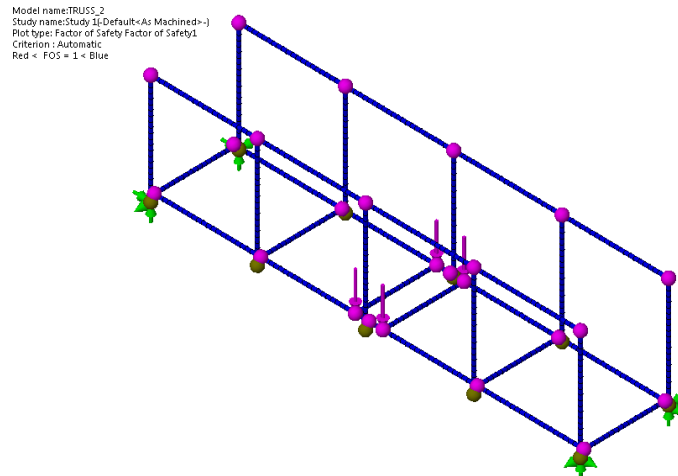
Die Simulation ist bereit für die Nachbearbeitung. Beachten Sie, dass die Darstellung des Sicherheitsfaktors *nicht* automatisch erstellt wird.

4 Darstellen des Sicherheitsfaktors.

Klicken Sie im Simulations-Studienbaum mit der rechten Maustaste auf den Ordner *Ergebnisse*, und wählen Sie **Darstellung des Sicherheitsfaktors definieren** aus. Verwenden Sie dasselbe Verfahren wie bei Erstellen einer neuen Darstellung auf Seite 40.

5 Bezeichnungen.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Ergebnis *Factor of Safety1 (-Automatic-)* (Sicherheitsfaktor1 (-Automatisch-)), und wählen Sie **Diagrammoptionen** aus. Klicken Sie auf **Minimale Beschriftungen** und dann auf .




Die Ergebnisse zeigen, dass sich der Sicherheitsfaktor im Vergleich zu der ähnlichen Anfangsbelastung in der vorherigen Lektion verringert hat.

Ändern der Last

Nun sollen die externen Lasten iterativ erhöht werden, um herauszufinden, welche Maximallast diese Version der Tragwerkkonstruktion aushalten kann. Auch in diesem Fall wird als Ziel ein Sicherheitsfaktor von **1** zugrunde gelegt. In der vorherigen Lektion haben Sie gelernt, dass die Multiplikation der Gesamtlast mit dem Sicherheitsfaktor die maximal zulässige Last ergibt.

$$20 \text{ N} \times 0,684 = 13,68 \text{ N, jede Last beträgt } 13,68 \text{ N} / 4 = \mathbf{3,42 \text{ N}}$$

6 Externe Last bearbeiten.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Feature *Kraft-1* (:Pro Element: -5 N:), und wählen Sie **Definition bearbeiten** aus. Stellen Sie die Last auf **3,42 N** ein, und klicken Sie auf .

7 Analyse erneut ausführen.

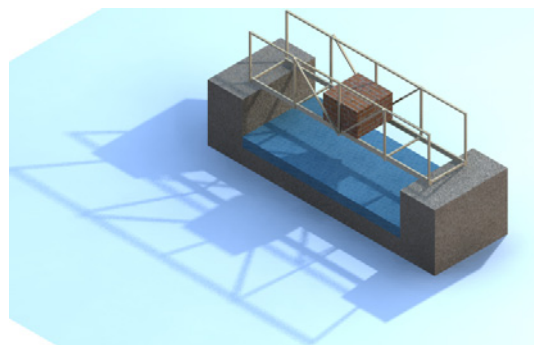
Klicken Sie auf **Simulation, Ausführen**, um die Analyse erneut auszuführen. Der minimale Sicherheitsfaktor muss wieder nah bei **1** liegen.

8 Teil schließen.

Klicken Sie auf **Datei, Schließen** und anschließend auf **Speichern**, um die Änderungen zu speichern.

Querverstrebenungen

In einer vorhergehenden Lektion wurde der Nutzen von Dreieckskonstruktionen und Querverstrebenungen erörtert (siehe Dreiecke auf Seite 8). Im Folgenden soll eine Tragwerkkonstruktion mit einigen Querverstrebenungen betrachtet werden, um herauszufinden, wie sich diese Änderungen auf die Ergebnisse auswirken. Wie zuvor soll die Last unverändert bleiben (**3,42 N**, auf vier Stellen verteilt), und auch die übrigen Merkmale sind (bis auf die hinzugefügten Streben) dieselben.



Öffnen des Modells

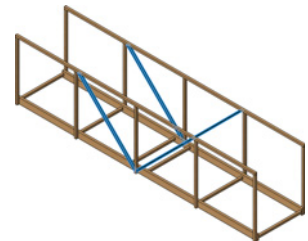
1 Teildatei öffnen.

Klicken Sie auf **Öffnen** .

Navigieren Sie im Fenster **Öffnen** zum Ordner *Lesson 4*.

Wählen Sie die Datei *TRUSS_3.sldprt* aus, und klicken Sie auf **Öffnen**.

Diese Version ähnelt der vorherigen bis auf einige zusätzlich im Mittelabschnitt angebrachte Querverstrebenungen.

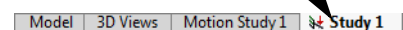


Vorhandene Studie

Das hier untersuchte Bauteil unterscheidet sich von dem vorherigen nur durch einige Querverstrebenungen. Es umfasst weiterhin die *Studie 1*, die die gleichen Werte wie beim vorherigen Teil enthält.

2 Auf eine vorhandene Studie zugreifen.


Klicken Sie links unten im Bildschirm auf die Registerkarte *Studie 1*. Der Simulations-Studienbaum wird angezeigt. Die Analyse weist Montagevorrichtungen, externe Lasten und ein Netz auf.

**3 Analyse ausführen.**

Klicken Sie auf **Simulation, Ausführen**.

Die Simulation ist bereit für die Nachbearbeitung. Erstellen Sie die Darstellung des Sicherheitsfaktors. Der Wert ist größer als 1 (fügen Sie mithilfe der Vorgehensweise in Schritt **5** auf Seite 44 Beschriftungen hinzu).

4 Externe Last bearbeiten.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Feature *Kraft-1*, und wählen Sie **Definition bearbeiten** aus. Stellen Sie die Last auf **5,4 N** ein, und klicken Sie auf .

5 Analyse erneut ausführen.

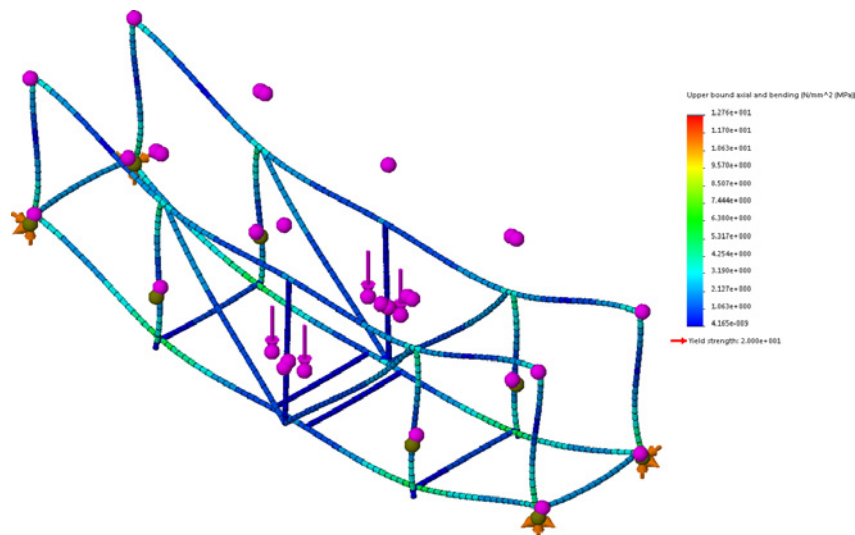
Klicken Sie auf **Simulation, Ausführen**, um die Analyse erneut auszuführen. Der minimale Sicherheitsfaktor muss wieder nah bei **1** liegen.

Was hat die Querverstrebung bewirkt?

Querverstrebungen führen zu Dreiecksstrukturen, die das Gerüst versteifen und seine Widerstandsfähigkeit gegen Verbiegungen und Verdrehungen erhöhen. Die Ergebnisse sollen Aufschluss geben, wie effektiv diese Konstruktionsänderung ist.

6 **Spannungsdarstellung.**

Doppelklicken Sie auf die Darstellung *Spannung1 (-STRMAX: Höchste Axial- und Biegespannung)*, um die Spannungsdarstellung anzuzeigen.




Arbeiten mit Darstellungen

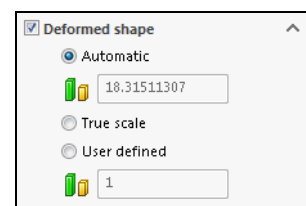
Durch das Einstellen von Optionen kann die Lesbarkeit und Verständlichkeit der Darstellungen verbessert werden. Es sollen nun einige Optionen zur Änderung des Erscheinungsbilds betrachtet werden.

Verformungsfaktor

Der Verformung in der Spannungsdarstellung kann eine übertriebene, sehr große Verschiebung zugrunde liegen. Um die Verschiebung übertrieben darzustellen, geben Sie den gewünschten Wert (**Automatisch** oder **Benutzerdefiniert**) für die Modellverformung an.

7 **Modellverformung.**



Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Darstellung *Spannung1 (-STRMAX: Höchste Axial- und Biegespannung)*, und wählen Sie **Definition bearbeiten** aus. Stellen Sie sicher, dass die Optionen **Modellverformung** und **Automatisch** aktiviert sind. Klicken Sie auf .

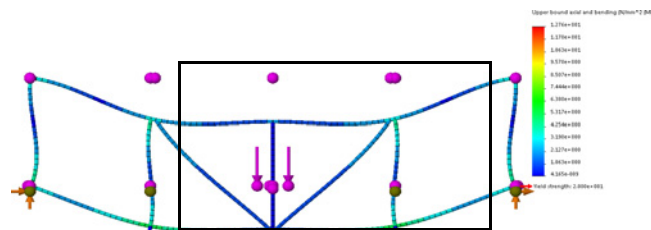


Position

- Voransichts-Symbolleiste: **Ansichtsausrichtung** , **Vorderseite** 
- Tastenkombination: **STRG + 1**

8 Vorderansicht.

Klicken Sie mittels Symbol **Ansichtsausrichtung**  auf **Vorderseite** , und betrachten Sie die Spannungsverteilung des Modells von der Vorderseite her. Der mittlere Abschnitt des Modells, der Querverstreungen aufweist, bewahrt seine Form besser als die Endabschnitte aufgrund der Verstärkung durch die Verstreungen.

**Modell über verformte Geometrie legen**

Die Option **Einstellungen** ermöglicht Ihnen, die nicht verformte Geometrie zu überlagern und die Diagrammdarstellung zu ändern, damit deutliche Farbänderungen angezeigt werden.

Position

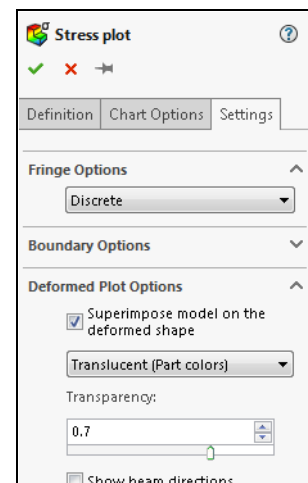
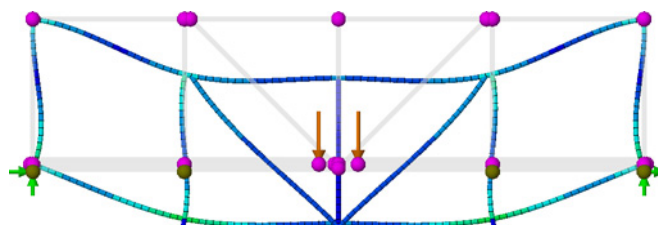
- Kontextmenü: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf eine Darstellung und anschließend auf **Einstellungen**.

9 Einstellungen.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Darstellung *Spannung1 (-STRMAX: Höchste Axial- und Biegespannung)*, und wählen Sie **Einstellungen** aus.

Wählen Sie unter **Kontinuums Optionen** die Option **Getrennt** aus. Klicken Sie unter **Verformungsdarstellungs-Optionen** auf **Modell über die verformte Geometrie legen**, und stellen Sie **Transparenz** auf **0,7** ein.

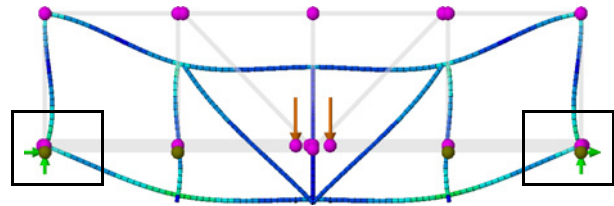
Klicken Sie auf .



Hinweis: Der Titel und die Farbdigramme können mittels „Ziehen und Ablegen“ verschoben werden.

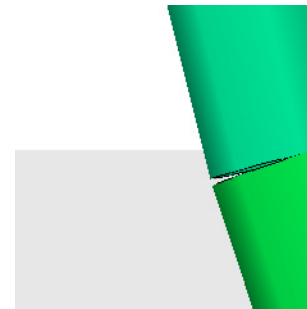
Das schwächste Glied

Sie kennen sicher die Redensart vom „schwächsten Glied“. Die wörtliche Bedeutung bezieht sich auf den empfindlichsten Teil einer Kette, also das Glied, das am ehesten brechen würde.



Unten links im Bild sehen Sie die Beschriftung des höchsten Spannungswertes. Diese Stelle ist das schwächste Glied, ein Bereich mit *hoher Spannung*.

Auf der rechten Seite in der Nähe der Montagevorrichtung muss ein ähnlicher Bereich mit hoher Spannung (rot) liegen. Durch Vergrößerung ist dieser Bereich zu erkennen.

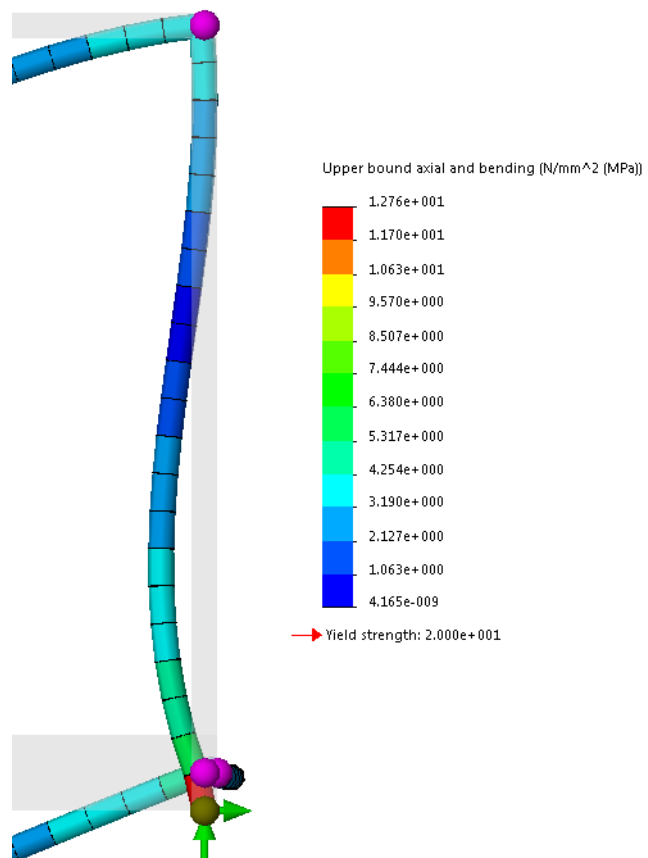


Farben der Spannungsverteilung

Zur Darstellung der Spannungsverteilung gehört immer auch eine Farbskala, die es Ihnen erlaubt, den Farben die realen Spannungswerte zuzuordnen. Die höchste Spannung wird durch Farbtöne im roten, orangefarbenen oder gelben Bereich gekennzeichnet. Stellen mit geringer Spannung zeichnen sich durch blaue Schattierungen aus.

SOLIDWORKS Simulation wird zur Identifizierung der „schwächsten Glieder“ eines Modells verwendet, um diese „reparieren“ zu können.

Beachten Sie, dass der Bereich mit der höchsten Spannung nicht unbedingt zum Versagen der Konstruktion führt. Folgen Sie dem Pfeilsymbol vor dem Hinweis **Streckgrenze**, um die wirkliche Schwachstelle des Modells zu ermitteln.



Sondieren von Elementen

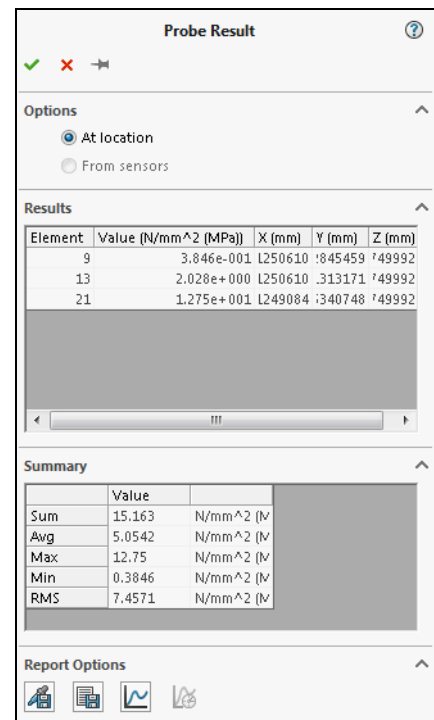
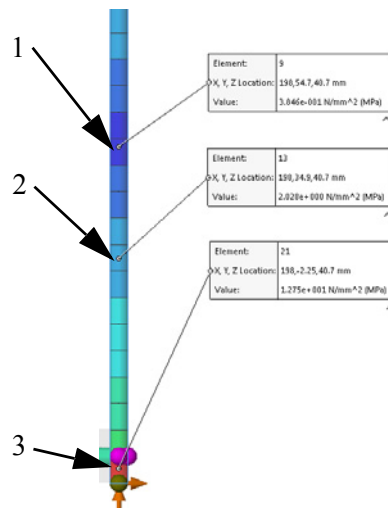
Mit der Funktion „Sondieren“ können detaillierte Informationen aus der Darstellung abgerufen werden, indem Elemente direkt ausgewählt werden. Das Element erhält eine Beschriftung, die den genauen Wert entsprechend des Elementtyps angibt. Aus den Sondierungsdaten können ebenfalls Darstellungen erzeugt werden.

Position

- CommandManager: **Simulation > Darstellungswerkzeuge**  > **Sondieren** 
- Menü: Klicken Sie auf **Simulation, Ergebniswerkzeuge, Sondieren**.


10 Sondieren.


Klicken Sie auf **Simulation, Ergebniswerkzeuge, Sondieren**. Wählen Sie die Elemente der Reihenfolge nach von oben nach unten aus (siehe Abbildung). Der Spannungswert steigt stark vom ersten bis zum letzten ausgewählten Element an.

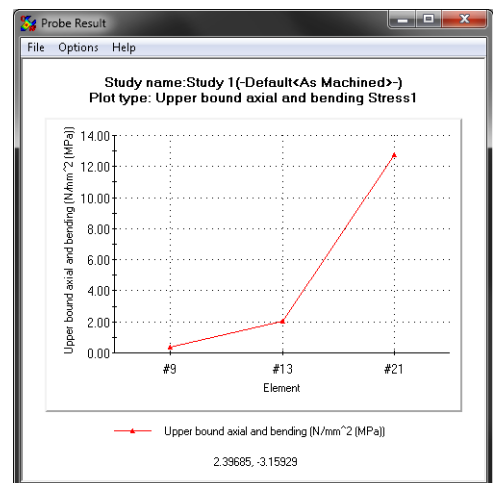


Hinweis: Treffen Sie eine Auswahl ähnlich wie in der Abbildung. Die angezeigten Werte können leicht von denen in der Abbildung abweichen.

11 Darstellen.

Klicken Sie auf **Darstellen** , um die **Ergebnissonde** zu erstellen. Wie aus der Darstellung ersichtlich ist, ändert sich der Spannungswert über die wenigen Elemente sehr stark.


Klicken Sie auf das „x“, um das Dialogfeld **Ergebnissonde** zu schließen, und klicken Sie auf , um den PropertyManager **Ergebnissonde** zu schließen.



12 Isometrisch.

Klicken Sie mittels Symbol **Ansichtsausrichtung**  auf **Isometrisch** .

13 Modellverformung.

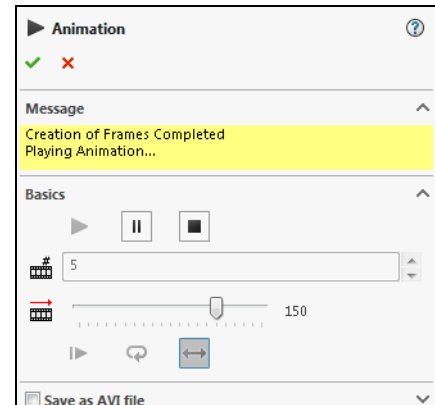
Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Darstellung *Spannung1* (-STRMAX: Höchste Axial- und Biegespannung), und wählen Sie **Definition bearbeiten** aus. Klicken Sie auf **Modellverformung** und **Automatisch**. Klicken Sie auf .

14 Bewegungssimulation.

Klicken Sie auf **Simulation, Ergebniswerkzeuge, Bewegungssimulation**. Stellen Sie den Schieberegler **Geschwindigkeit** auf **10** ein (siehe Abbildung).

Klicken Sie auf .

Tipp: Mit dem Schieberegler **Frames** kann eine ruckelfreiere Bewegungssimulation erzielt werden, indem die Anzahl der Frames erhöht wird.



Anpassen des Zahlenformats

Das Zahlenformat der zu den Diagrammen gehörenden Werte hängt von deren Größe ab. Beispiel: Wenn die Werte sehr klein oder groß sind, wird die wissenschaftliche Schreibweise verwendet. Sie können das Zahlenformat ändern, damit die Diagramme leichter lesbar werden. Hier sehen Sie ein Beispiel, in dem dieselbe Zahl in drei verschiedenen Zahlenformaten dargestellt ist.

Wissenschaftlich	Fließkomma	Allgemein
3,727e + 000	3,727	3,73

15 Verschiebung.

Doppelklicken Sie auf die Darstellung *Verschiebung1* (-Resultierende Verschiebung-). Verschiebungswerte sind in der Regel klein. In diesem Diagramm liegen sie zwischen 0 und ca. 3 mm. Sie sind in wissenschaftlicher Schreibweise angegeben, wären aber im Dezimalformat besser lesbar.


Position

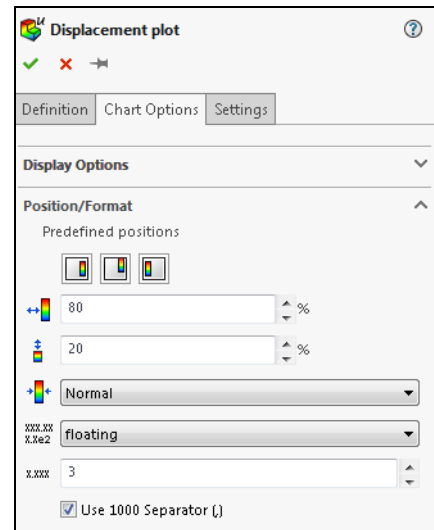
- Kontextmenü: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf eine Darstellung und anschließend auf **Diagrammoptionen**.

16 Diagrammoptionen.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Darstellung *Verschiebung1 (-Resultierende Verschiebung-)*, und wählen Sie **Diagrammoptionen** aus. Wählen Sie unter **Position/Format** das Zahlenformat **Fließkomma** aus.

Die Fließkommazahlen sind nun leichter zu lesen.

Klicken Sie auf .



Lösung

Nachdem die anfälligen Bereiche identifiziert sind, kann nun eine Korrektur versucht werden. Mit welcher Vorgehensweise lässt sich Ihrer Meinung nach dieses Problem am besten lösen?

- 1 Verringern der Last, um den Sicherheitsfaktor auf einen Wert größer als 1 zu erhöhen.
- 2 Hinzufügen weiterer Querverstreben zu den Abschnitten, die bisher noch keine Streben aufweisen.

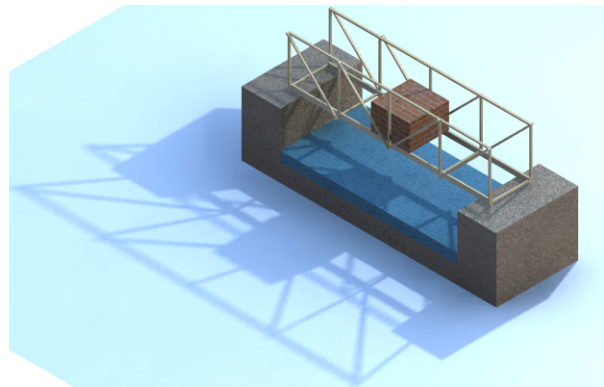
Wählen Sie Element 2 aus, und maximieren Sie dann die Last auf der Tragwerkkonstruktion.

17 Teil schließen.


Klicken Sie auf **Datei, Schließen** und anschließend auf **Speichern**, um die Änderungen zu speichern.

Vervollständigen der Querverstrebenungen

Zur Vervollständigung der Querverstrebenungen wurden entsprechende Elemente in den äußeren Abschnitten der Konstruktion hinzugefügt. Welche Auswirkungen hat dieser Vorgang auf die Tragwerkkonstruktion?



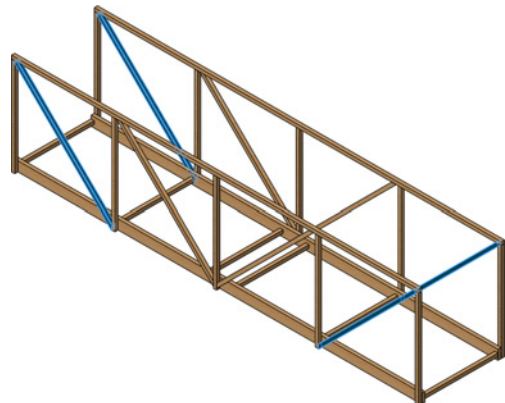
1 Teildatei öffnen.

Klicken Sie auf **Öffnen** .

Navigieren Sie im Fenster **Öffnen** zum Ordner *Lesson 4*.

Wählen Sie die Datei *TRUSS_4.sldprt* aus, und klicken Sie auf **Öffnen**.

Diese Version ähnelt der vorherigen, ist aber vollständig mit Querverstrebenungen versehen.



2 Analyse erneut ausführen.

Öffnen Sie die vorhandene *Studie 1* und führen Sie die Analyse erneut aus.

Vergleichen von Spannungen

Die hinzugefügten Verstrebenungen scheinen sehr wirkungsvoll gewesen zu sein. Wie kann dies festgestellt werden? Die maximale Spannung wurde verringert.

Erwarten Sie eine Erhöhung oder Verringerung des Sicherheitsfaktors? _____

3 Darstellen des Sicherheitsfaktors.

Erstellen Sie eine Darstellung des Sicherheitsfaktors, und überprüfen Sie den Wert des Sicherheitsfaktors.

4 Externe Last maximieren.

Es soll erneut die Last für einen Sicherheitsfaktor von **1** maximiert werden.

$$5,64 \times 5,4 \text{ N} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$$

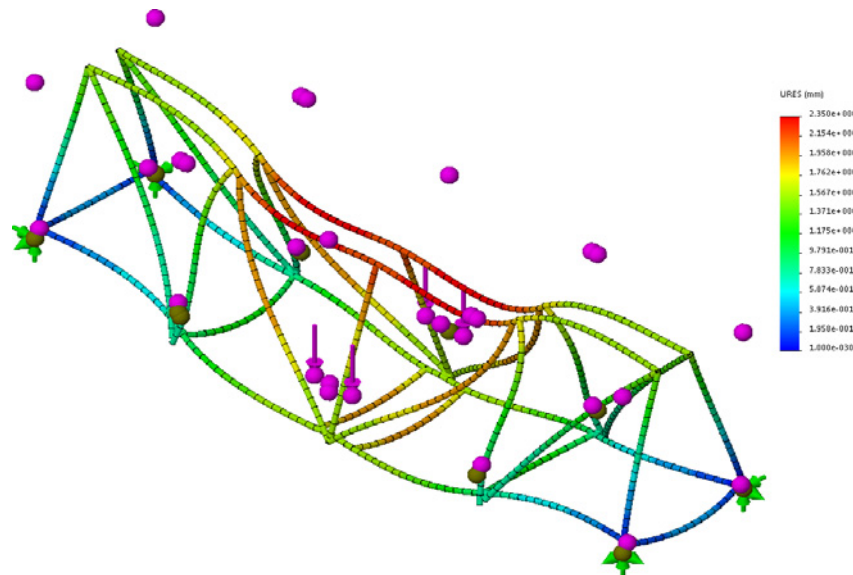
Bearbeiten Sie das Feature für die externe Last *Kraft-1*, und stellen Sie sie auf **30,46 N** ein.

5 Analyse erneut ausführen.

Klicken Sie auf **Simulation, Ausführen**, um die Analyse erneut auszuführen. Der minimale Sicherheitsfaktor muss wieder nah bei **1** liegen.

6 Verschiebung.

Doppelklicken Sie auf die Darstellung *Verschiebung1 (-Resultierende Verschiebung-)*. Führen Sie eine Bewegungssimulation für die Darstellung aus.



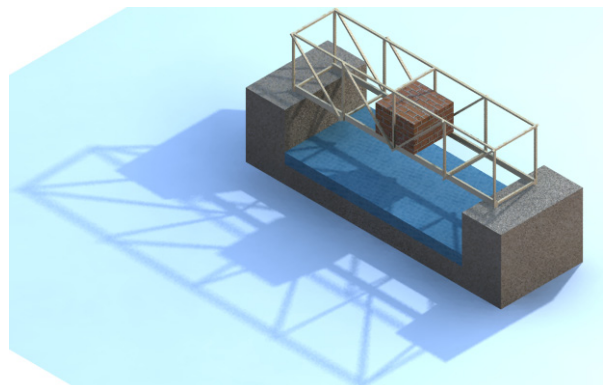
Die Verschiebungen sind kleiner. Sie werden jedoch die seltsame Verformung des Modells bemerken. Die oberen Bereiche der Wände sind nach innen gebogen. Es sind zusätzliche Verstrebungen erforderlich.

7 Teil schließen.


Klicken Sie auf **Datei, Schließen** und anschließend auf **Speichern**, um die Änderungen zu speichern.

Querbalken auf der Oberseite

Die Tragwerkkonstruktion wurde um weitere Elemente ergänzt, welche die Oberkanten der Seitenwände miteinander verbinden. Welche Auswirkungen hat dieser Vorgang auf die Tragwerkkonstruktion?



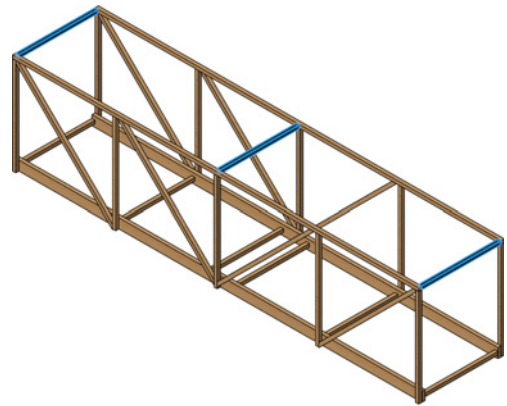
1 Teildatei öffnen.

Klicken Sie auf **Öffnen** .

Navigieren Sie im Fenster **Öffnen** zum Ordner *Lesson 4*.

Wählen Sie die Datei *TRUSS_5.sldprt* aus, und klicken Sie auf **Öffnen**.

Diese Version ähnelt der vorherigen, verfügt aber über drei zusätzliche Querstreben auf der Oberseite.



2 Vorhandene Studie öffnen.

Öffnen Sie die vorhandene *Studie 1*.


3 Analysieren und bearbeiten.

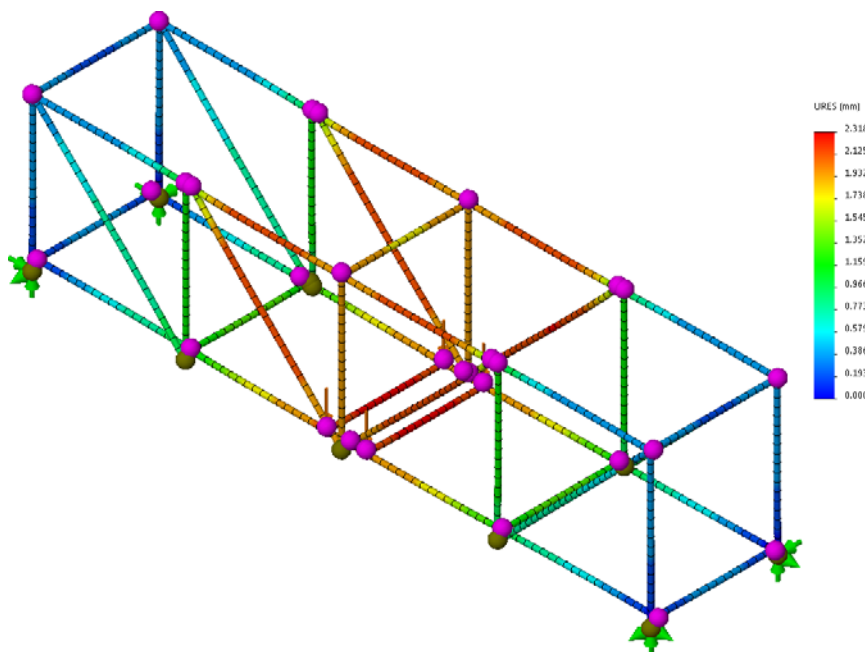
Führen Sie eine Analyse aus, und erstellen Sie eine Darstellung des Sicherheitsfaktors. Der Sicherheitsfaktor ist größer als **1**.

Damit sich der Sicherheitsfaktor dem Wert 1 nähert, ändern Sie die Last auf 37,95, und führen Sie die Analyse erneut aus.

4 Verschiebung.

Die zusätzliche Verstrebung hat die Maximallast wenig verändert, aber sie hat die maximale Verschiebung reduziert.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Verschiebungsergebnis, und wählen Sie im Kontextmenü die Option **Definition bearbeiten** aus. Setzen Sie die **Modellverformung** auf **Wahrer Maßstab**, und klicken Sie auf . Klicken Sie dann mit der rechten Maustaste auf **Diagrammoptionen**, und wählen Sie **Fließkomma** als **Zahlenformat** aus.




Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht

Das hier behandelte Beispiel betrifft lediglich eine von zahlreichen Konstruktionen, die für das Tragen von Lasten entworfen werden kann. Wie lässt sich bei mehreren unterschiedlichen Tragwerkkonstruktionen ermitteln, die jeweils eine andere Last unterstützen, welche Konstruktion die effizienteste ist? Für die Beantwortung dieser Frage kann das **Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht** (Maximallast/Konstruktionsgewicht) herangezogen werden.

Wie viel wiegt die hier untersuchte Tragwerkkonstruktion?

Mit SOLIDWORKS ist das Ermitteln von Masseneigenschaften kein Problem. Sie werden für das Modell automatisch berechnet.

Position

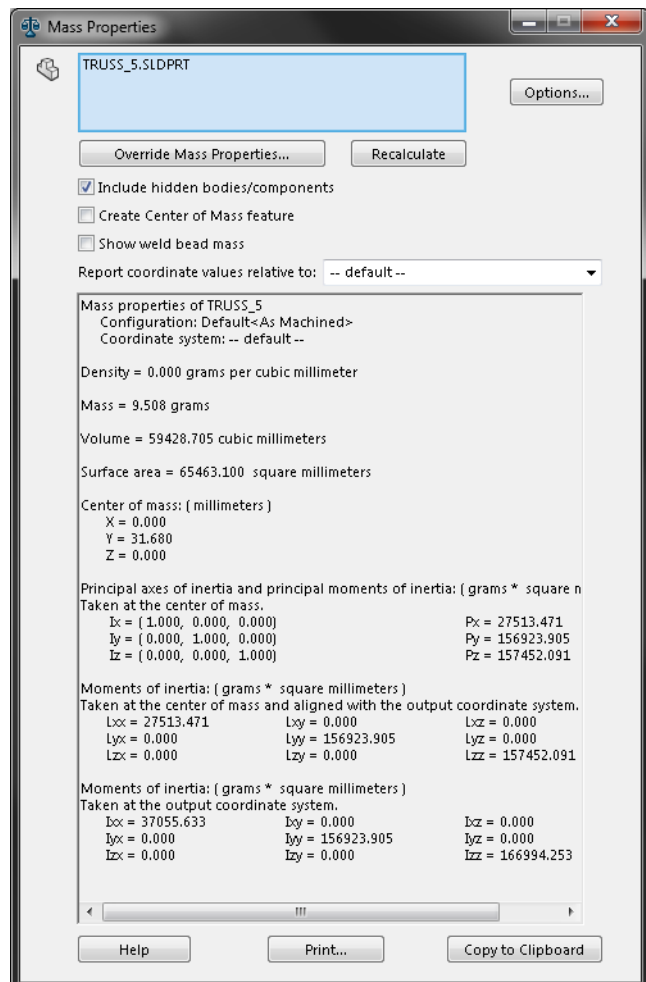
- CommandManager: **Evaluieren > Masseneigenschaften** 
- Menü: **Extras, Masseneigenschaften**

5 Masseneigenschaften.

Klicken Sie auf **Extras, Masseneigenschaften**, um die Masseneigenschaften des Teils aufzulisten. Die wichtigste Information können Sie der Zeile für **Masse** entnehmen. Sie gibt das Gesamtgewicht der Konstruktion in Gramm an.

Klicken Sie auf **Schließen**.

Hinweis: Umwandlung von Gramm in Newton: 1 Gramm entspricht ca. 0,01 Newton.



Effizienzvergleich

Verwenden Sie die Informationen in der Tabelle unten, um die **maximale Tragfähigkeit** und die **Effizienz** für jede Iteration des Entwurfs zu berechnen. Welcher Entwurf ist der effizienteste?

Konstruktion	Max. Last	Gewicht der Konstruktion	Effizienz (Max. Last/Gewicht)
TRUSS_1	20 N	4,566 g = _____ N	_____
TRUSS_2	13,68 N	7,418 g = _____ N	_____
TRUSS_3	21,6 N	8,266 g = _____ N	_____
TRUSS_4	121,84 N	9,130 g = _____ N	_____
TRUSS_5	151,8 N	9,508 g = _____ N	_____

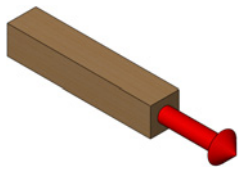
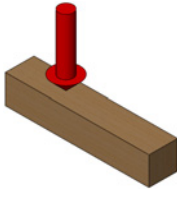
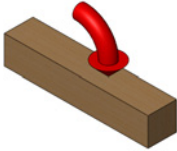
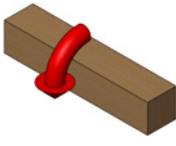
Welche Version der Tragwerkkonstruktion erweist sich als die effizienteste? _____

6 Teil schließen.

Klicken Sie auf **Datei, Schließen** und anschließend auf **Speichern**, um die Änderungen zu speichern.

Weiterführende Fragen

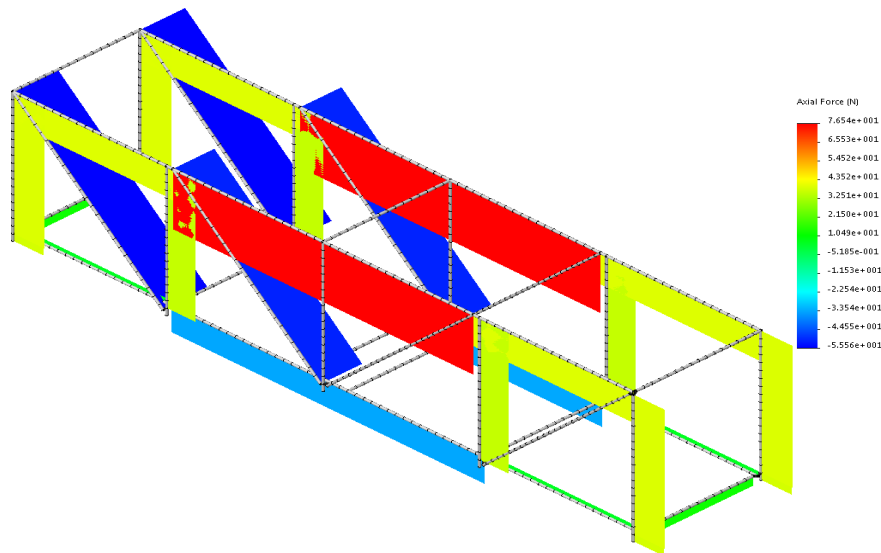
Eine Simulation kann mehrere Darstellungen umfassen, um die Ergebnisse auf verschiedene Arten anzuzeigen. Bei der Balkenanalyse wird jedoch der einzigartige Darstellungstyp **Balkendiagramm** verwendet. Mithilfe dieses Diagramms werden mehrere Größen direkt auf den Balken angezeigt. Die Kräfte und Schubwerte werden in Newton (**N**) angegeben, die Momente und Drehmomente in Newton-Meter (**N-m**).

Balkenkrafttyp	Kraftrichtung
Axialkraft	
Schubkraft (gerichtet)	
Moment (gerichtet)	
Drehmoment	

Sie können den Ergebnissen ein Balkendiagramm hinzufügen, indem Sie mit der rechten Maustaste auf den Ordner „Ergebnisse“ klicken und **Balkendiagramme definieren** auswählen. Dabei müssen Sie einen der obigen Typen auswählen.

Lesen des Diagramms

Sehen Sie sich z. B. das Diagramm mit der **Axialkraft** an. Die Axialkraft in den gewinkelten Strebenelementen ist in Blau angezeigt, was bedeutet, dass der Wert zwischen **-44 N** und **-55 N** liegt. Die Streben unterliegen einer Spannung, da deren Axialkraftwerte negativ sind.



Hinweis: Die Axialkräfte im vertikalen Strebenelement, das den externen Lasten am nächsten liegt, sind sehr klein, da die Streben den Großteil der Last aufnehmen.

Lektion 5: Verwenden von Baugruppen

Ziele dieser Lektion

- ❑ Baugruppen öffnen
- ❑ Komponenten innerhalb einer Baugruppe verschieben
- ❑ Interferenzen zwischen Komponenten einer Baugruppe erkennen
- ❑ Änderungen an Bauteilen während der Bearbeitung einer Baugruppe vornehmen


Testen von Baugruppen

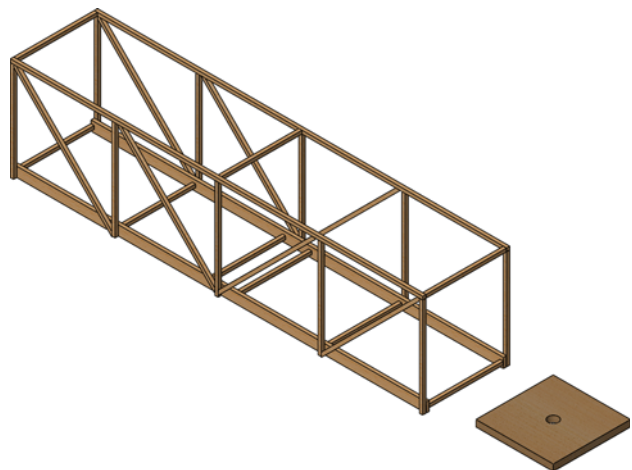
Baugruppen sind SOLIDWORKS Dateien, die mehrere Teile enthalten. Mithilfe einer Baugruppe können Sie testen, ob ein Testkörper, der einem Fahrzeug entspricht, eine Tragwerkkonstruktion passieren kann.

Testen mithilfe eines Testkörpers



Um die vorliegende Tragwerkkonstruktion zu erstellen und zu testen, muss sie bestimmte Kriterien hinsichtlich Länge, Breite und Höhe erfüllen. Bei einem dieser Kriterien kann es sich um einen Test handeln, mit dem überprüft wird, ob ein Körper aus Holz von bestimmter Größe und Länge eine Tragwerkkonstruktion passieren kann.

1 Baugruppendatei öffnen.

Klicken Sie auf **Öffnen** .
 Navigieren Sie im Fenster **Öffnen** zum Ordner *Bridge Design Project\Student\Lesson 5*. Wählen Sie die Datei *Test_Block_Assembly.sldasm* aus, und klicken Sie auf **Öffnen**. Die Baugruppe umfasst eine Kopie der vorherigen Konstruktion und eine Darstellung eines Körpers aus Holz.

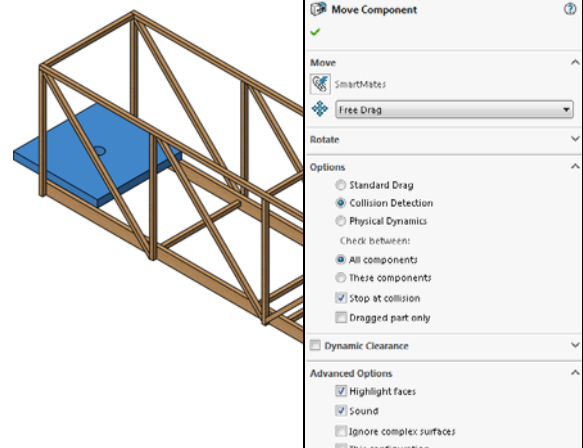


Position


- CommandManager: **Baugruppe > Komponente verschieben**  > **Komponente verschieben** 
- Menü: **Extras, Komponente, Verschieben**

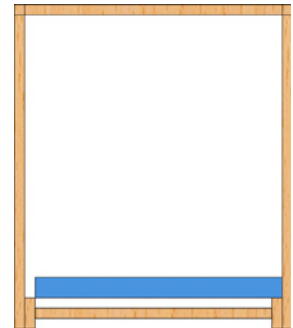
2 Komponente verschieben.

Wählen Sie die Komponente *Load_Plate_75* aus, und klicken Sie dann auf **Extras, Komponente, Verschieben**. Klicken Sie im Dialogfeld auf **Kollisionsprüfung, Alle Komponenten, Stopp bei Kollision, Flächen hervorheben** und **Ton**. Markieren Sie die Komponente *Load_Plate_75*, und ziehen Sie sie durch die Tragwerkkonstruktion. Die Komponente sollte ruhig und reibungslos durch die Tragwerkkonstruktion hindurch und zurück zur Ausgangsposition außerhalb der Konstruktion bewegt werden können.



3 Erfolgreicher Test.

Der Testkörper passt durch die Tragwerkkonstruktion. Tatsächlich besteht mehr Spielraum als nötig. Um eine möglichst effiziente Konstruktion zu erhalten, soll die Breite der Tragwerkkonstruktion so beschränkt werden, dass sie der Testkörper mit einem sehr geringen Spielraum passieren kann. Klicken Sie auf .



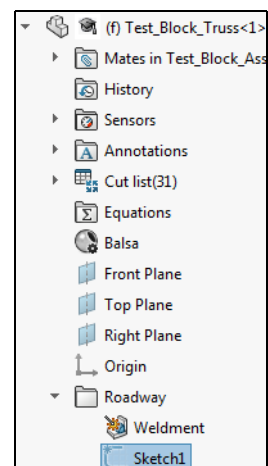
Ändern des Modells

Änderungen an einem Modell wirken sich auf die Baugruppe und die Analyse aus.



4 Features öffnen.

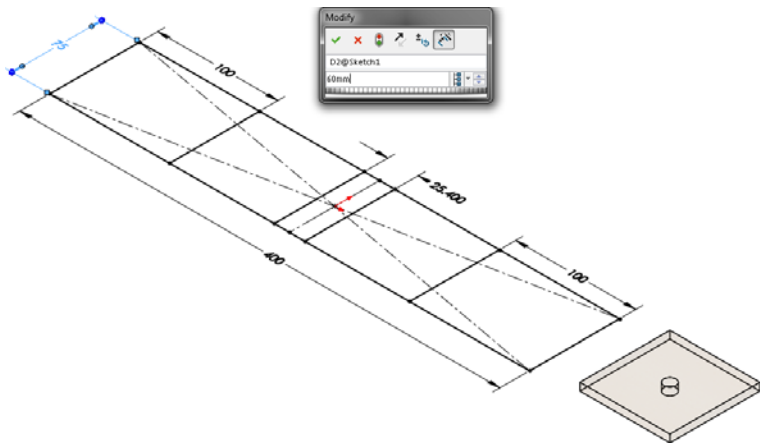
Doppelklicken Sie im FeatureManager auf die Komponente *Test_Block_Truss* und anschließend auf den Ordner *Roadway*, um die Darstellung beider Einträge zu öffnen.

Doppelklicken Sie auf das Feature *Skizze1*.



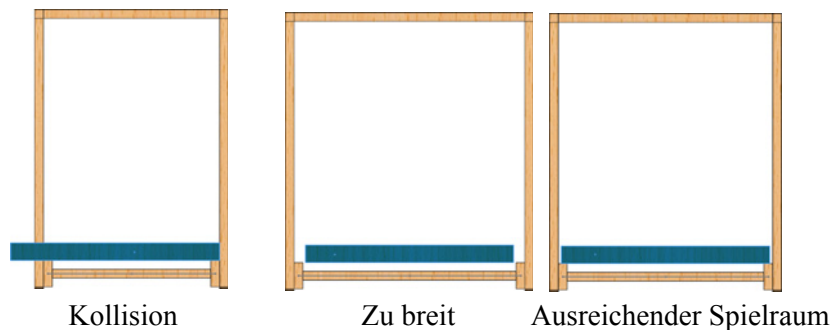
5 Bemaßung ändern.

Doppelklicken Sie auf die Bemaßung **75** und ändern Sie den Wert auf **60**. Klicken Sie auf **Modellneuaufbau**  und . Die Größe des Bauteils wird entsprechend angepasst.



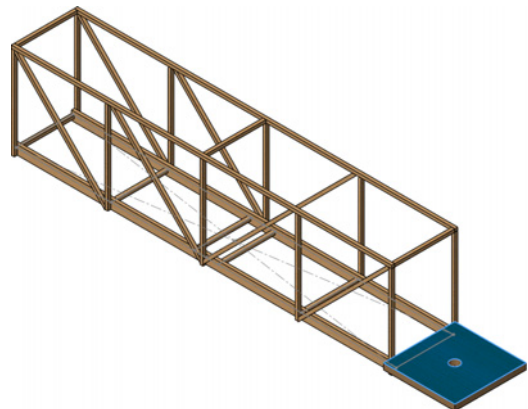
Kollisionsprüfung

Spielräume sind kleine Abstände zwischen Bauteilen, die dafür sorgen sollen, dass alles ordnungsgemäß zusammenpasst. Wenn eines der Teile zu klein oder zu groß ist, fügt sich die Baugruppe nicht passend zusammen.



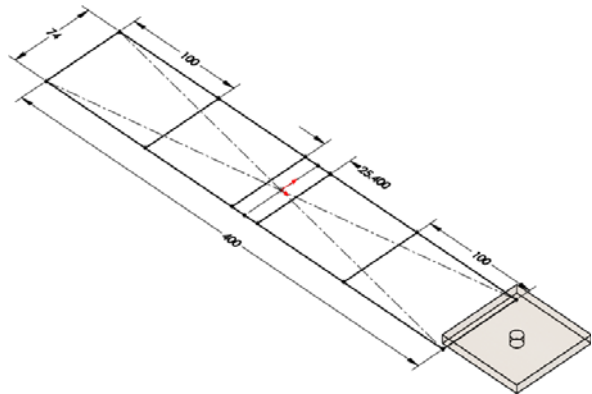
6 Verschieben.

Verwenden Sie dasselbe Verfahren, wie zuvor in Schritt **2** beschrieben, um den Testkörper durch die Konstruktion zu bewegen. Sie werden feststellen, dass er mit der Konstruktion kollidiert.



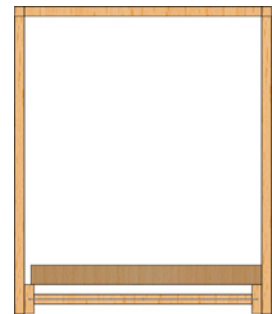
7 Breite vergrößern.

Verwenden Sie dasselbe Verfahren, wie in Schritt **5** beschrieben, um die Bemaßung zu ändern und auf den Wert **74 mm** festzulegen.



8 Richtige Größe.

Die neue Größe bietet einen kleinen Spielraum und ermöglicht das Passieren des Testkörpers.



9 Öffnen Sie das Teil.

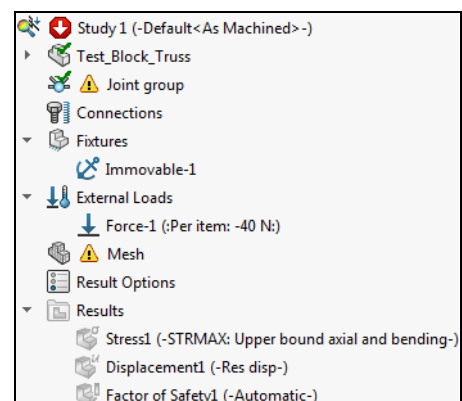
Klicken Sie mit der rechten Maustaste im FeatureManager auf *Test_Block_Truss*, und wählen Sie im Kontextmenü **Teil öffnen** 📁 aus. Das Teil wird in einem eigenen Fenster geöffnet.

Aktualisieren der Analyse

Die Änderung des Modells hat dazu geführt, dass die Konstruktion tatsächlich schmaler wurde. Die Modelländerung führt zu mehreren Fehlern in den Verbindungen, welche wiederum Fehler in den Montagevorrichtungen, den Lasten und dem Netz verursachen.

10 Warnungen und Fehler.

Klicken Sie auf *Studie 1*. Es befinden sich Warnungs- und Fehlermarkierungen auf mehreren Features.

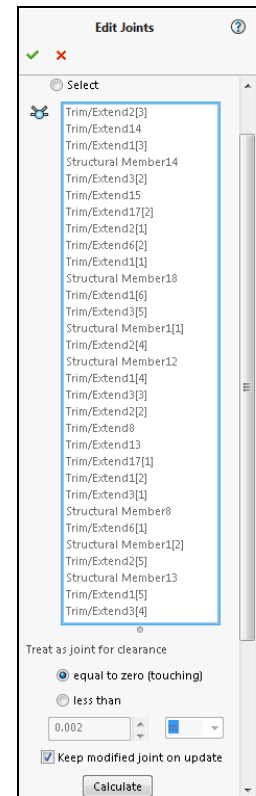


11 Verbindungsgruppe.


Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf *Verbindungsgruppe*, und wählen Sie im Kontextmenü **Bearbeiten** aus.

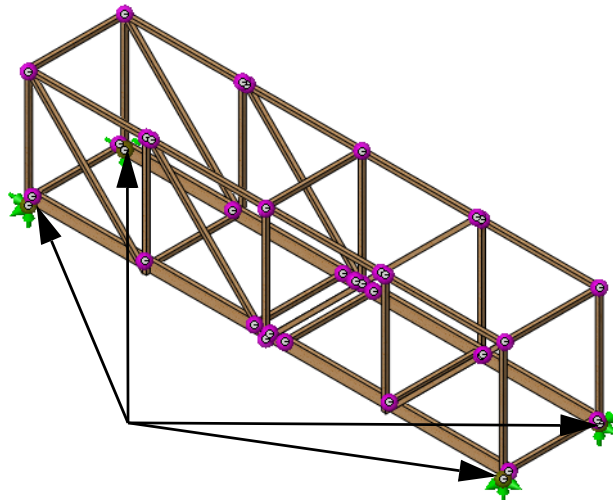
Klicken Sie auf **Berechnen** und .

Folgende Meldung wird angezeigt: *Verbindungen werden neu berechnet. Die berechneten Verbindungen sehen u. U. gleich aus, aber die Reihenfolge ist unterschiedlich. Eine Neudefinition von Montagevorrichtung/Last/Verbindung ist u. U. erforderlich.* Klicken Sie auf **OK**.




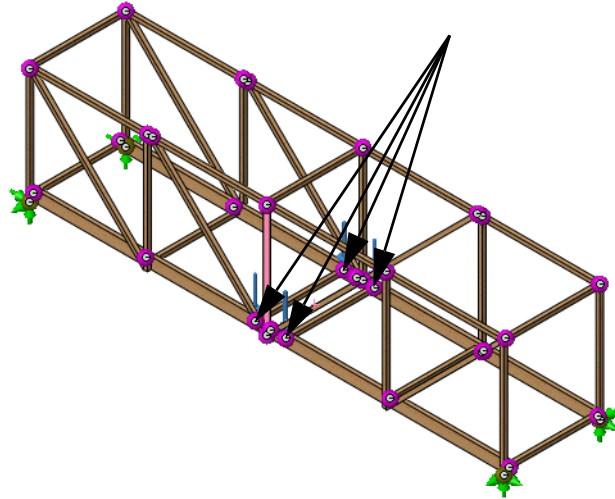
12 Montagevorrichtung.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Montagevorrichtung *Unbeweglich-1*, und wählen Sie im Kontextmenü **Definition bearbeiten** aus. Stellen Sie sicher, dass dieselben vier (grünen) Verbindungen ausgewählt sind, und klicken Sie auf .



13 Last.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die externe Last *Kraft-1* (:*Pro Element*: -37,95 N:), und wählen Sie **Definition bearbeiten** aus. Stellen Sie sicher, dass die vier Verbindungen ausgewählt sind, und klicken Sie auf .



14 Vernetzen und Ausführen.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Feature *Netz*, und wählen Sie **Vernetzen und Ausführen** aus. Die Änderungen sind unerheblich. Klicken Sie auf **Datei**, **Schließen**, und speichern Sie alle Änderungen.

Lektion 6: Erstellen von Zeichnungen der Tragwerkkonstruktion

Ziele dieser Lektion

- ❑ Zeichenansichten von Teilen hinzufügen
- ❑ Zuschnittslisten-Tabellen erstellen
- ❑ Stücklistensymbole zu Zeichenansichten hinzufügen

Zeichnungen

Mit SOLIDWORKS können Sie auf einfache Weise Zeichnungen von Teilen und Baugruppen erstellen. Diese Zeichnungen sind vollständig assoziativ mit den Teilen und Baugruppen, auf die sie sich beziehen. Wenn Sie eine Bemaßung in einer fertig gestellten Zeichnung ändern, wird diese Änderung auch für das Modell übernommen. Ebenso wird nach Änderungen am Modell automatisch auch die Zeichnung entsprechend aktualisiert.

Zeichnungen vermitteln drei Dinge über das Objekt, das sie darstellen:

- ❑ **Form** – *Ansichten* geben Auskunft über die Form eines Objekts.
- ❑ **Größe** – *Bemaßungen* geben Auskunft über die Größe eines Objekts.
- ❑ **Andere Informationen** – *Bezugshinweise* enthalten nicht-grafische Informationen über Herstellungsprozesse wie Bohren, Öffnen, Aufbohren, Lackieren, Beschichten, Schleifen, Wärmebehandlung, Entgratung usw.

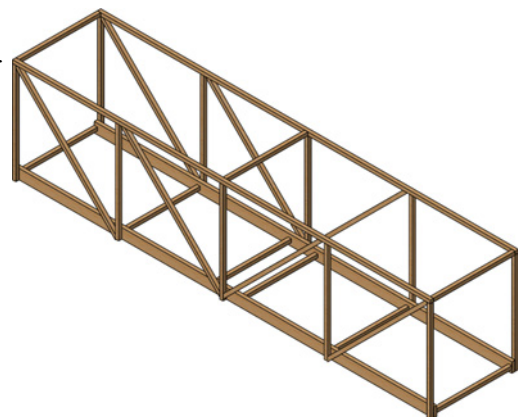
Erstellen von Zeichenansichten

Nachdem Sie die Modellierung abgeschlossen haben, können Sie eine Zeichnung des Teils erstellen. In diesem Beispiel wurde ein leeres Zeichenblatt mit dem Teil verknüpft.

1 Teildatei **Drawings** öffnen.

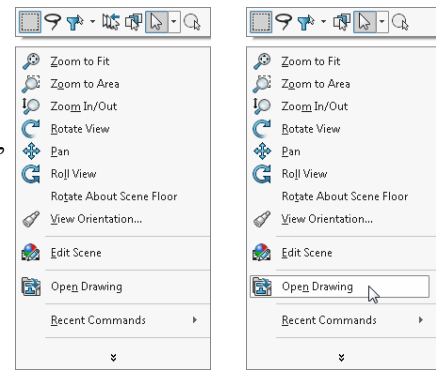
Navigieren Sie im Fenster **Öffnen** zum Ordner *Bridge Design Project\Student\Lesson 6*.

Bei dem Teil handelt es sich um ein vollständiges Modell der Tragwerkkonstruktion.





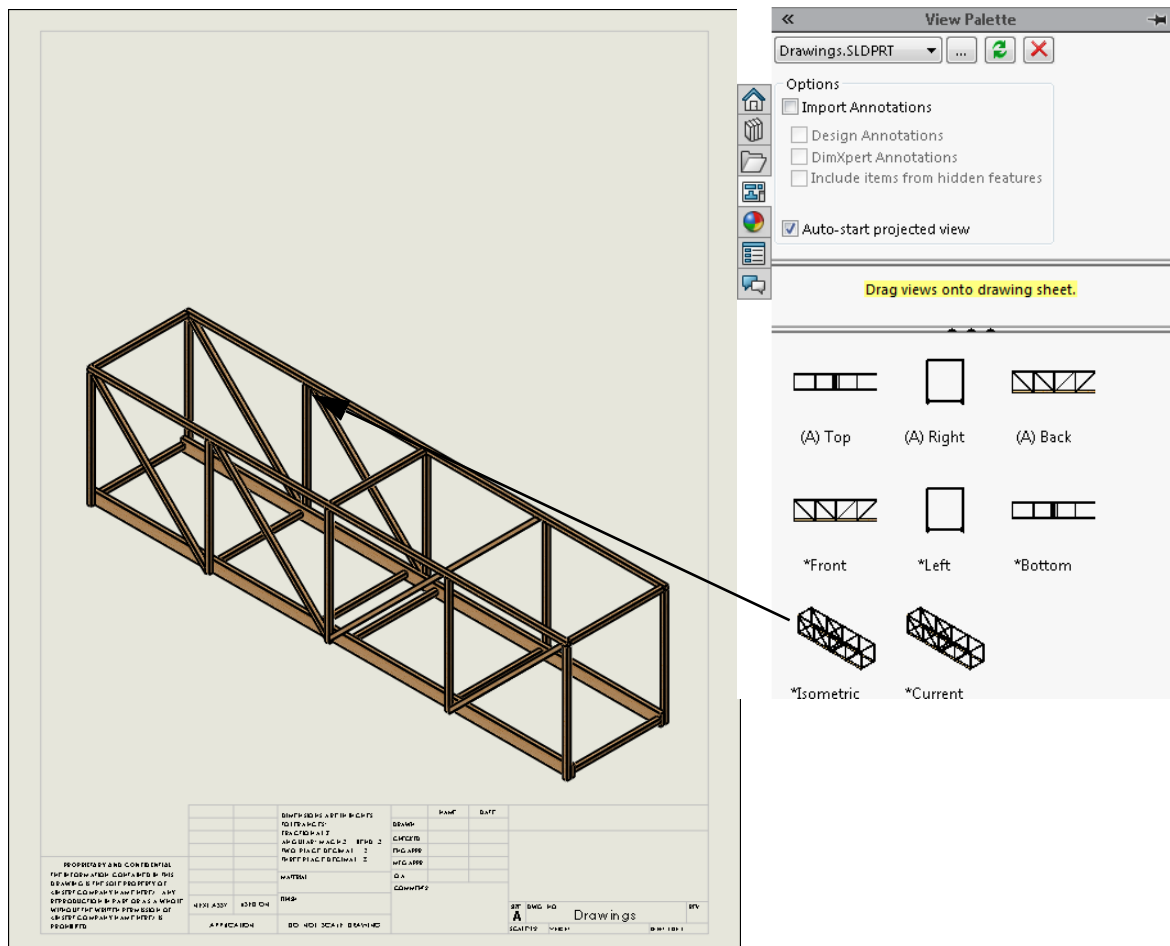
2 Zeichnungsdatei öffnen.

Das Teil ist mit einer Zeichnungsdatei verknüpft. Diese enthält keine Zeichenansichten oder Beschriftungen, jedoch eine Reihe von Einstellungen, die im Folgenden benötigt werden. Um die Zeichnungsdatei zu öffnen, klicken Sie mit der rechten Maustaste in den Grafikbereich und wählen Sie dann die Option **Zeichnung öffnen** aus.




3 Ansichtspalette öffnen.

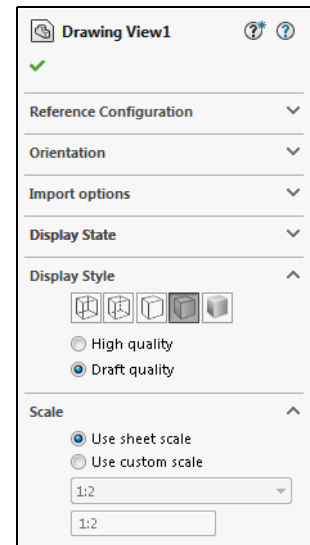
Klicken Sie auf die **Ansichtspalette** , um sie aufzuklappen. Die Ansichtspalette enthält Ansichten des aktuellen Teils. Klicken Sie auf **Aktualisieren** , und deaktivieren Sie das Kontrollkästchen **Beschriftungen importieren**. Ziehen Sie die Ansicht **Isometrisch* von der Ansichtspalette auf das Zeichenblatt.



4 Eigenschaften der Zeichenansicht.

Klicken Sie unter **Anzeigeart** auf **Schattiert mit Kanten** .
Klicken Sie auf **Blattmaßstab verwenden**.



Klicken Sie auf , um die Ansicht fertigzustellen.



Was ist eine Zuschnittslisten-Tabelle?

Die **Zuschnittslisten-Tabelle** ist eine Auflistung der zum Teil gehörenden Elemente und Balken. Die Elemente sind nach Länge sortiert und gruppiert, und umfassen Angaben zu Teilenummer, Menge, Beschreibung und Länge. Alle diese Informationen werden aus der Teildatei extrahiert.

Position

- CommandManager: **Beschriftung** > **Tabellen**  > **Zuschnittsliste für Schweißkonstruktionen** 
- Menü: **Einfügen, Tabellen, Zuschnittsliste für Schweißkonstruktionen**

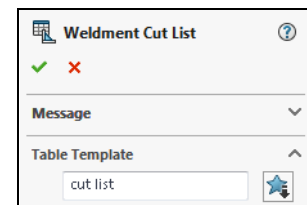
5 Zuschnittsliste für Schweißkonstruktionen.

Klicken Sie auf **Einfügen, Tabellen, Zuschnittsliste für Schweißkonstruktionen**, und wählen Sie die Zeichenansicht aus.

Wählen Sie die Datei *Bridge_Weldments.sldwldtbt* als **Tabellenvorlage** aus.

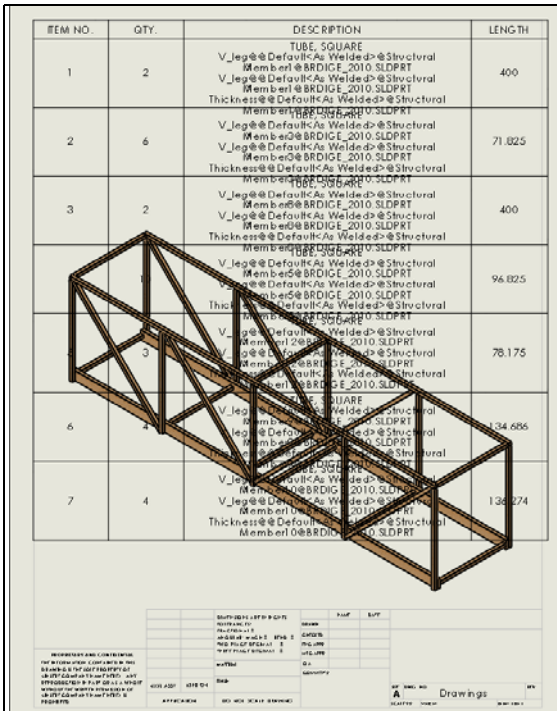
Die Datei befindet sich im selben Ordner wie die Teildatei (*Bridge Design Project\Student\Lesson 6*).

Klicken Sie auf , und positionieren Sie den Cursor in der Zeichnung.



6 Tabelle platzieren.

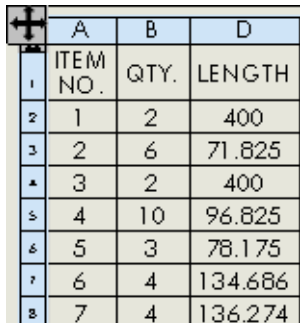
Bewegen Sie den Cursor zur oberen linken Ecke der Zeichnung, und klicken Sie, um die Tabelle zu platzieren.



ITEM NO.	QTY.	DESCRIPTION	LENGTH
1	2	TUBE, SQUARE V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR	400
2	6	TUBE, SQUARE V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR	71.825
3	2	TUBE, SQUARE V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR	400
4	10	TUBE, SQUARE V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR	96.825
5	3	TUBE, SQUARE V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR	78.175
6	4	TUBE, SQUARE V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR	134.686
7	4	TUBE, SQUARE V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR V_Jeg@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR Thickness@DefaultAs Welded@Structural Member@BRIDGE_2010.SLDPR	136.274

7 Spaltengröße anpassen.

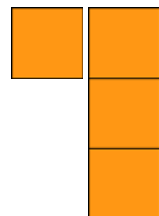
Ziehen Sie die Spalten- und Zeilenränder der Tabelle, um deren Größe anzupassen. Jede Spalte und Zeile lässt sich durch Ziehen der Ränder anpassen.



	A	B	D
ITEM NO.	QTY.	LENGTH	
1	2	400	
2	6	71.825	
3	2	400	
4	10	96.825	
5	3	78.175	
6	4	134.686	
7	4	136.274	

Warum sind zwei gleich lange Elemente vorhanden?

Mit einem anderen Träger, der nicht den Oberkantenbauteilen der Wände entspricht, wird der Stapel aus drei Trägern dargestellt, der die Unterseite der Brücke darstellt. Obwohl die Elemente 1 und 3 gleich lang sind, werden sie als unterschiedliche Balken betrachtet.



Tipp: Im Abschnitt über die physische Modellierung werden die Abmessungen der einzelnen Balken aufgeführt.

Stücklistsensymbole

Stücklistsensymbole kennzeichnen die Elemente eines Teils und stellen die Beziehung zu den Teilenummern in der Zuschnittsliste für Schweißkonstruktionen her.

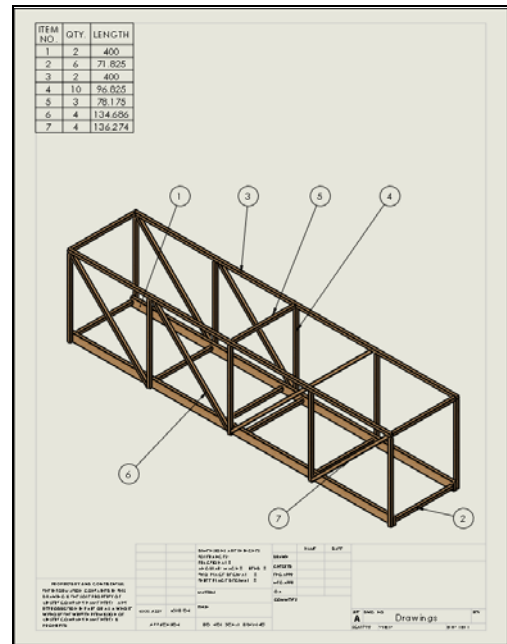
Position

- CommandManager: **Beschriftung** > **Stücklistsensymbol**
- Menü: **Einfügen, Beschriftung, Stücklistsensymbol**

8 Stücklistsensymbole.

Klicken Sie auf **Stücklistsensymbol**. Klicken Sie auf das Element und anschließend auf eine Stelle, um den Text zu platzieren. Wiederholen Sie den Vorgang, um mehrere Stücklistsensymbole hinzuzufügen.

Klicken Sie auf .

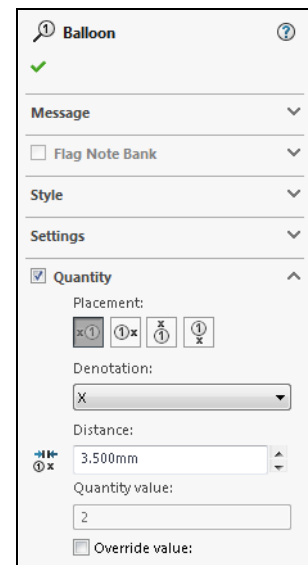
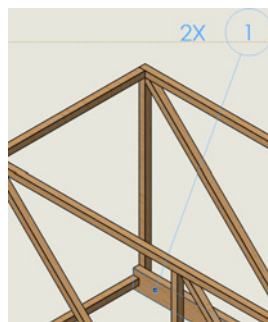


Hinweis: Sie können Stücklistsensymbole durch Ziehen des Textes verschieben.

9 Anzahl von Elementen in einem Stücklistsensymbol.

Die Anzahl von Elementen in einem Stücklistsensymbol kann festgelegt werden. Klicken Sie auf ein Stücklistsensymbol und dann auf **Menge**.

Wählen Sie eine **Platzierung** aus, und klicken Sie auf .



10 Zeichnungs- und Teildatei schließen.

Klicken Sie auf **Datei, Schließen**, und speichern Sie alle Dateien.

Lektion 7: Berichte und SOLIDWORKS eDrawings

Ziele dieser Lektion

- HTML-Berichte erstellen
- Die Zusatzanwendung „SOLIDWORKS eDrawings“ laden
- SOLIDWORKS eDrawings-Dateien beschreiben
- Aus SOLIDWORKS Simulation-Daten SOLIDWORKS eDrawings-Dateien erstellen
- SOLIDWORKS eDrawings-Dateien als HTML-Dateien speichern

Berichte und SOLIDWORKS eDrawings

Es gibt zahlreiche Methoden, die Daten einer Konstruktionsanalyse auszuwerten. Ein **Bericht** eignet sich zum Drucken und Anzeigen von Text und statischen Daten. Mithilfe von **SOLIDWORKS eDrawings** können Sie die grafischen Darstellungen der Analyseergebnisse anzeigen, freigeben und bearbeiten, ohne das Teil zu öffnen.

1 Teildatei *Reports&eDrawings* öffnen.


Navigieren Sie im Fenster **Öffnen** zum Ordner *Bridge Design Project\Student\Lesson 7*.

Öffnen Sie die Teildatei *Reports&eDrawings*. Klicken Sie auf *Static 1*, und führen Sie die Analyse aus.

Erstellen eines Berichts

Mithilfe von SOLIDWORKS Simulation können Sie einen zum Drucken geeigneten Bericht erstellen, der alle wichtigen Daten erfasst.

Position

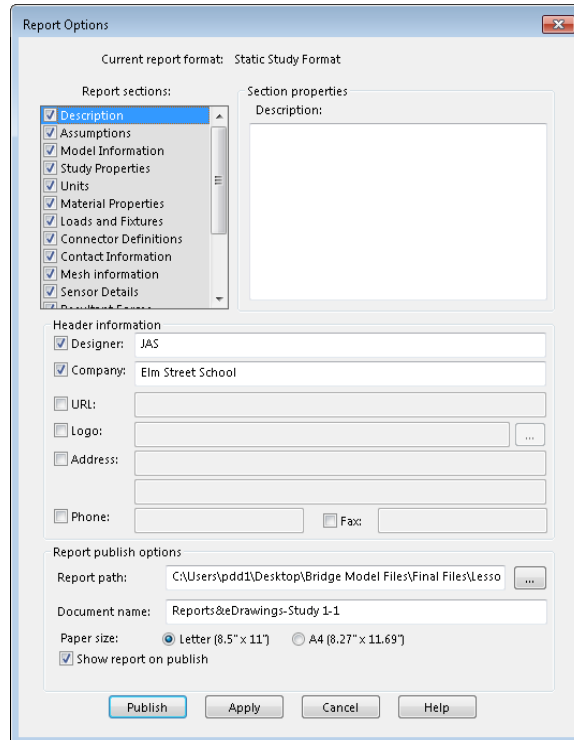
- CommandManager: **Simulation > Bericht** 
- Menü: **Simulation, Bericht**

2 Bericht.

Klicken Sie auf **Simulation, Bericht**.

3 Dialogfeld.

Klicken Sie auf **Konstrukteur** und **Firma**. Fügen Sie unter **Konstrukteur** Ihre Initialen hinzu. Geben Sie in das Feld **Firma** den Namen Ihrer Bildungseinrichtung ein.

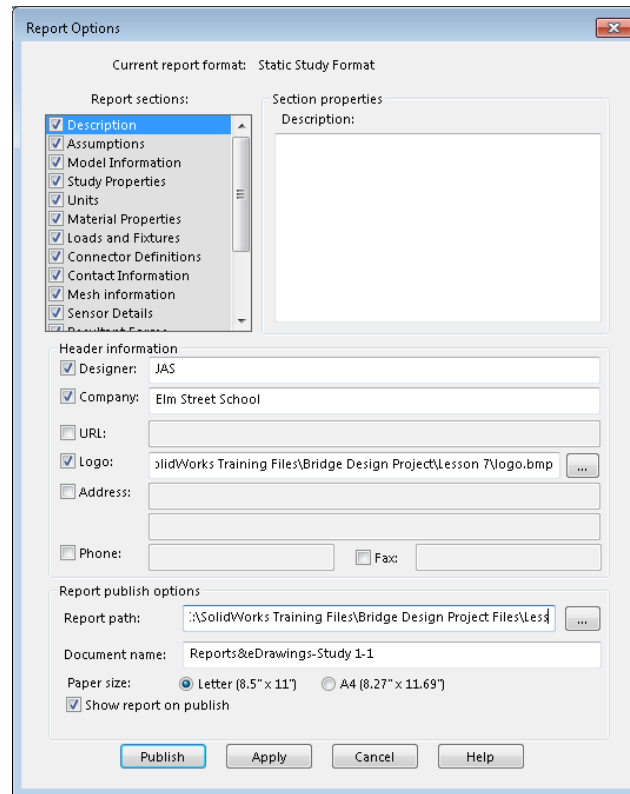


4 Logo.

Klicken Sie auf **Logo**. Klicken Sie auf die Schaltfläche **Durchsuchen**, und wählen Sie im Ordner *Lesson 7* die Datei *logo.bmp* aus.

5 Beschreibung.

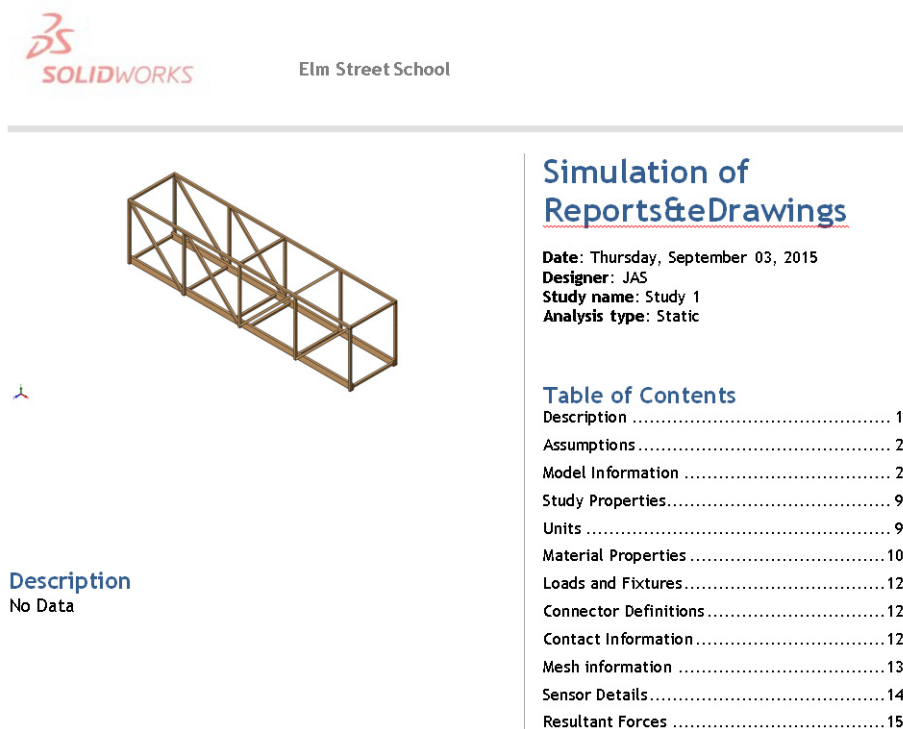
Klicken Sie auf **Beschreibung**, und geben Sie in den Kommentarbereich *Konstruktionsanalyse einer Tragwerkkonstruktion aus Balsaholzstreben* ein. Klicken Sie anschließend auf **Veröffentlichen**.



Tipp: Der **Berichtspfad** kann so eingestellt werden, dass sowohl der Bericht als auch die dazugehörigen Daten aufgenommen werden.

6 Bericht.

Der erstellte Bericht wird zusammen mit Daten und Bildern in einem neuen Fenster angezeigt. Schließen Sie das Fenster, oder drucken Sie den Bericht.



Standardmäßig werden die Ergebnisse im gleichen Ordner wie das Teil gespeichert. Sie können unabhängig von SOLIDWORKS oder SOLIDWORKS Simulation gedruckt oder geöffnet werden.

Hinweis: Lassen Sie die Teildatei geöffnet.

SOLIDWORKS eDrawings zur Freigabe von Informationen

eDrawings® ist ein E-Mail-fähiges Kommunikationswerkzeug, mit dem sich der Austausch und die Interpretation von 2D-Zeichnungen mechanischer Konstruktionen wesentlich vereinfachen lässt. Die erzeugten eDrawings-Dateien sind klein genug, um per E-Mail versendet zu werden, verfügen über Funktionen zur Selbstanzeige und sind erheblich leichter zu verstehen als 2D-Zeichnungen auf Papier.

Vorteile von eDrawings

- ☐ Empfänger benötigen zum Anzeigen der Datei keine SOLIDWORKS Anwendung.
- ☐ Teile, Baugruppen und Zeichnungen lassen sich außerhalb von SOLIDWORKS anzeigen.
- ☐ Die Dateien sind kompakt genug, um per E-Mail gesendet zu werden.
- ☐ eDrawings lassen sich schnell und einfach erstellen.
- ☐ Eine eDrawing aus einer beliebigen SOLIDWORKS Datei veröffentlichen.
- ☐ Sie können eDrawings auch aus anderen CAD-Systemen heraus erstellen.

Anzeigen von eDrawings

eDrawings lassen sich auf sehr dynamische und interaktive Weise anzeigen. Anders als statische 2D-Zeichnungen kann der Inhalt von eDrawings animiert und von allen Winkeln her betrachtet werden. Die einfache Interaktion mit eDrawings macht diese Zusatzanwendung zu einem sehr effektiven Werkzeug für die Zusammenarbeit bei der Konstruktion.

eDrawings Professional bietet Ihnen die Möglichkeit, eDrawings mit Anmerkungen und Beschriftungen zu versehen, um den Revisionsprozess noch weiter zu verbessern.

Bewegungssimulation von eDrawings

Bei der Bewegungssimulation wird automatisch demonstriert, wie die Zeichenansichten untereinander und in Relation zum physischen Modell zusammenhängen. Mit einem einfachen Klicken auf eine Schaltfläche können in eDrawings alle Ansichten auf jedem Blatt Ihrer Zeichnung „animiert“ werden, um den dynamischen Übergang von einer Ansicht zur anderen zu visualisieren.

Die Bewegungssimulation zeigt die eDrawing kontinuierlich aus verschiedenen Blickwinkeln an. Durch diese dynamische Bewegung erhalten Sie denselben Eindruck, als wenn Sie ein Teil in Ihrer Hand halten und aus verschiedenen Richtungen betrachten würden.

Erstellen von SOLIDWORKS eDrawings

eDrawings bieten ein einfaches Mittel zur Freigabe von Daten, insbesondere von Bilddaten, die durch SOLIDWORKS Simulation erstellt wurden.

7 Darstellen.

Doppelklicken Sie auf die Darstellung *Verschiebung1 (-Resultierende Verschiebung-)*, um sie zu aktivieren. Diese Darstellung wird in der eDrawing gespeichert.

8 Speichern.

Klicken Sie auf **Simulation, Ergebniswerkzeuge, Speichern unter**. Speichern Sie die Daten unter dem Dateityp *eDrawings-Dateien (*.analysis.eprt)*. Klicken Sie auf **Speichern**.

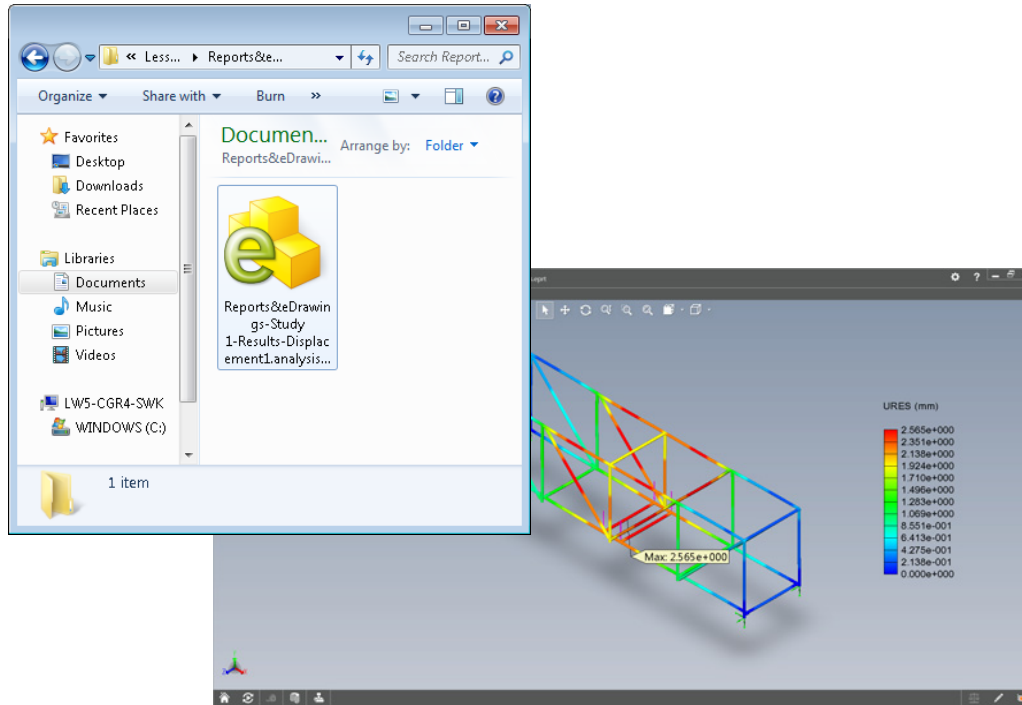
Der Standardname weist folgendes Format auf:

Teilname-Studiename-Ergebnisdarstellungstyp. In diesem Fall lautet der Name daher *Reports&eDrawings-Static 1-Results-Displacement1.analysis.eprt*

Die Datei wird in dem Ordner gespeichert, der bei der Berichtserstellung erzeugt wurde.

9 eDrawing öffnen.

Doppelklicken Sie in dem Ordner auf den Namen der eDrawings-Datei. Das eDrawings-Fenster wird angezeigt.

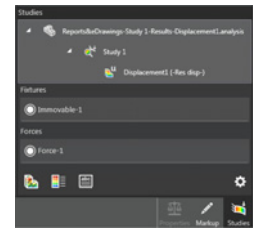


Hinweis: Wenn eDrawings bisher noch nicht verwendet wurde, müssen Sie den Ladevorgang möglicherweise bestätigen.

Die Benutzeroberfläche von eDrawings

10 Einstellungen.

Klicken Sie auf die Registerkarte **Studien** , und wählen Sie die Optionen **Netz anzeigen** , **Legende anzeigen**  und **Titel anzeigen**  aus.

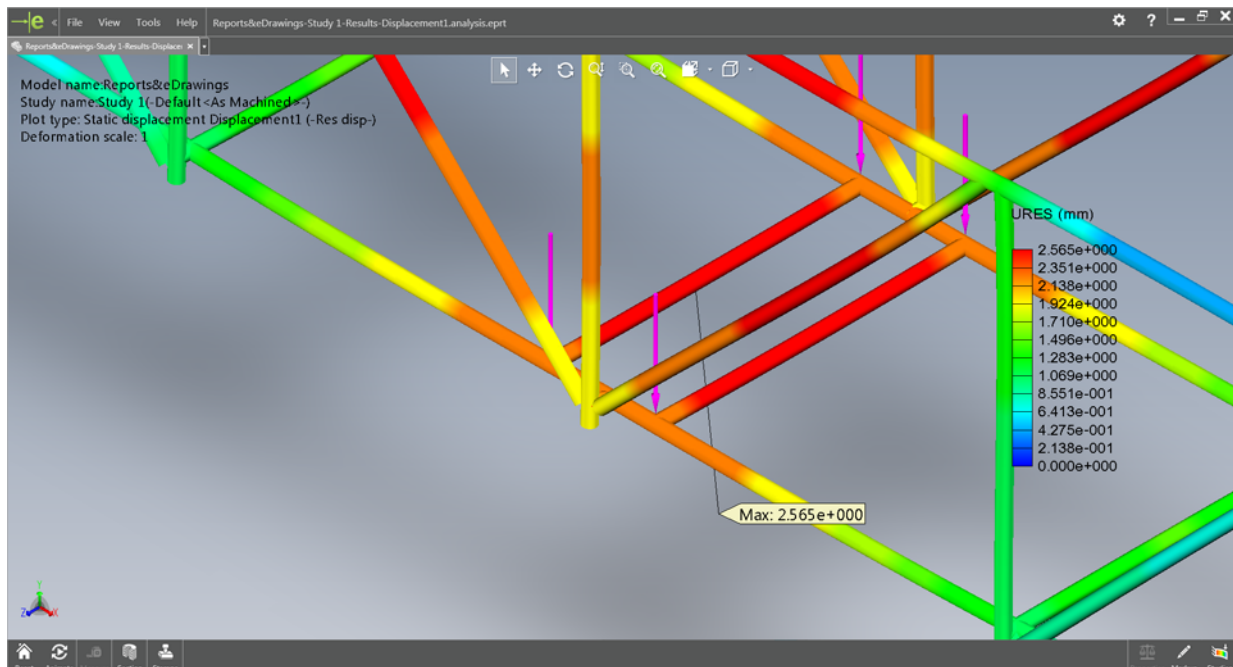


Funktionen von eDrawings

Sie können die grafische Darstellung mithilfe verschiedener Werkzeuge animieren, zoomen, durchblättern und drehen.


11 Komponenten verschieben.

Klicken Sie auf **Ausschnitt vergrößern** , und ziehen Sie ein Auswahlfenster um den mittleren Abschnitt der Konstruktion.



Wiedergeben einer Bewegungssimulation in eDrawings

12 Bewegungssimulation wiedergeben.

Klicken Sie auf **Wiedergabe** . Mit diesem Befehl starten Sie eine Wiederholungsschleife, die alle Ansichten der Reihenfolge nach anzeigt. Die Reihenfolge der Bewegungssimulation wird vom System gesteuert und kann vom Benutzer nicht beeinflusst werden.


13 Bewegungssimulation anhalten.

Klicken Sie auf **Stopp** , um die Bewegungssimulation anzuhalten.

14 Ansicht zurücksetzen.

Um die Animation auf den Beginn der Bildfolge zurückzusetzen, klicken Sie auf **Zurücksetzen** .

Speichern von eDrawings

Klicken Sie auf **Datei, Speichern**  oder drücken Sie die Tastenkombination **Strg+S**, um die gegenwärtig im eDrawings Viewer geöffnete Datei zu speichern. Sie können beim Speichern eines der folgenden Dateiformate auswählen:

- ☐ eDrawings-Dateien (EPRT, EASM oder EDRW)
- ☐ eDrawings-ZIP-Dateien
 - Eine eDrawings-ZIP-Datei enthält die eDrawings-Datei und den eDrawings Viewer. Sie können den Inhalt der eDrawings-ZIP-Datei entpacken und die ausführbare eDrawings-Datei ausführen, um den eingebetteten eDrawings Viewer zu extrahieren und die eingebettete eDrawings-Datei zu öffnen.
- ☐ eDrawings-HTML-Dateien
- ☐ Ausführbare eDrawings-Dateien
 - Sie können Dateien als selbstextrahierende ausführbare eDrawings-Dateien (EXE) speichern. Diese Dateien enthalten den eDrawings Viewer und die eDrawings-Datei. Einige E-Mail-Programme, Virenschutzprogramme und Internet-Sicherheitseinstellungen verhindern jedoch den Empfang von E-Mails mit ausführbaren Dateien im Anhang.
- ☐ BMP-, TIFF-, JPEG-, PNG- und GIF-Bilddateien
 - Alle Dateien, die sich im eDrawings Viewer öffnen lassen, können als Grafikdateien in den Formaten BMP, TIFF, JPEG, PNG und GIF gespeichert werden.

Speichern einer eDrawing

15 eDrawing speichern.

Klicken Sie auf **Datei, Speichern unter**. Klicken Sie auf **Dateityp: eDrawing HTML-Dateien (*.htm)**, um die eDrawing als HTML-Datei zu speichern. Diese Datei kann anschließend in einem Webbrowser angezeigt werden. Klicken Sie auf **Speichern**.

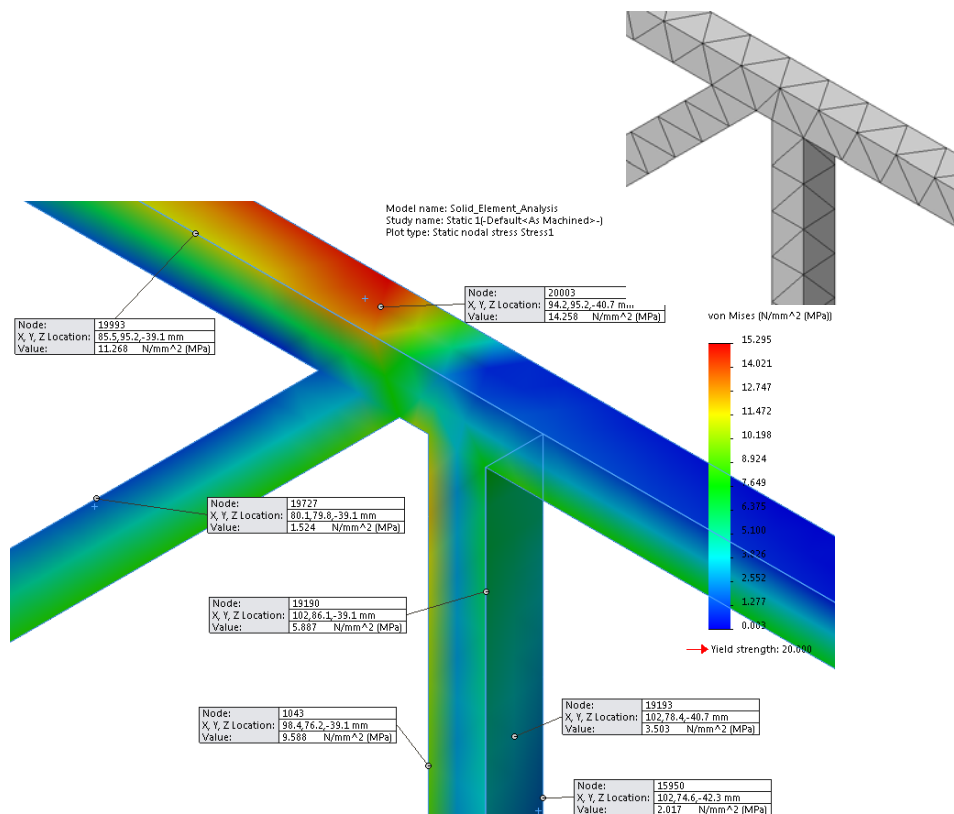
Speichern Sie die Datei im Ordner *Reports&eDrawings-Static 1*.

16 Alle Dateien schließen.

Weiterführende Fragen

Mit einem Balkennetz können Sie ein Balkenmodell schnell und einfach analysieren und den Gesamtzustand einer Tragwerkkonstruktion wiedergeben. Mit Balkenelementen können Sie jedoch keine Analyseergebnisse über die Dicke eines Balkens erzielen, da die Ergebnisse nur an den Knoten erzeugt werden, die an der Mittellinie des Balkens anliegen.

Mithilfe der Volumenkörpervernetzung können Sie dagegen Elemente und Knoten an allen Stellen des Modells generieren. Auf diese Weise können Sie also mit anderen Worten auch Knoten und Ergebnisse über die Dicke erzeugen.



Um diese Methode zu erkunden, öffnen Sie die Teildatei *Solid_Element_Analysis*, und klicken Sie dann auf **Simulation, Ausführen**. Die Ergebnisdarstellungen sind genau wie bei der Balkenanalyse angeordnet.

Lektion 8: Erstellen eines physischen Modells und Testen der Konstruktion

Ziele dieser Lektion

- ☐ PDF-Dateien öffnen und drucken
- ☐ Stäbe auf die korrekte Länge zuschneiden
- ☐ Stäbe zu einem Fachwerk zusammenbauen
- ☐ Fachwerke durch Anwenden einer Last testen

Physische Modellierung einer Konstruktion

Für das physische Modellieren und Testen einer Konstruktion benötigen Sie Balsaholzstäbe mit einer Profilbreite von 1/8 Zoll (ca. 0,32 cm) und einer Länge von mindestens 400 mm. Klebstoff und ein Messer zum Zuschneiden sind ebenfalls erforderlich.

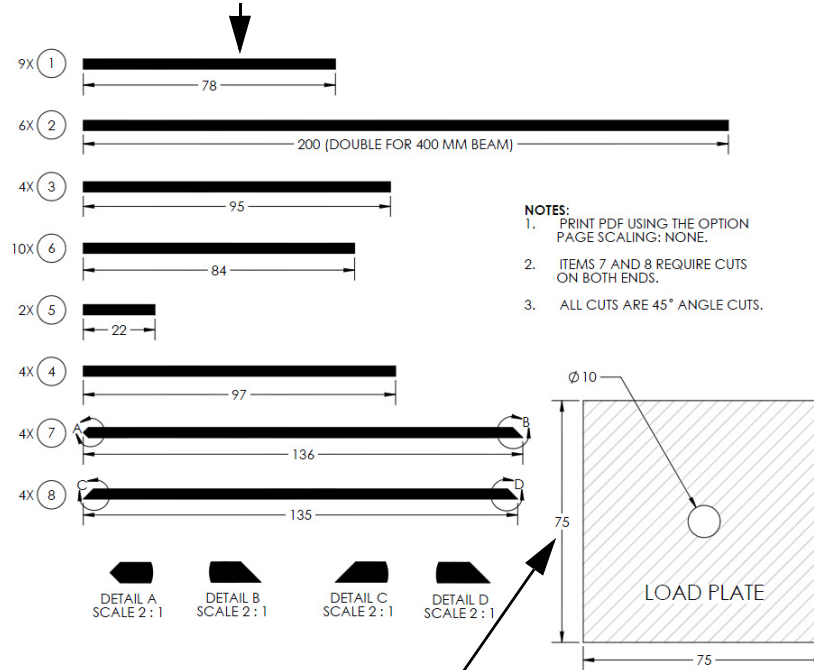
Zuschneiden auf Länge

Für den Bau des Modells werden **43** Elemente mit **8** verschiedenen Längen benötigt. Es stehen 2 PDF-Dateien zur Verfügung, deren Inhalt für den Modellbau verwendet werden kann. Diese befinden sich in demselben Ordner wie diese Anleitungen.

1 Datei *Measuring Chart.PDF* öffnen und drucken.

Navigieren Sie zum Ordner *_ENG*, und öffnen und drucken Sie die Datei *Measuring Chart.PDF*. Beachten Sie dabei die entsprechenden Hinweise in der Datei und unten im Text.

Messen und schneiden Sie die Bauteile anhand dieses Längendiagramms. Alle Bemaßungen sind in **mm** angegeben.

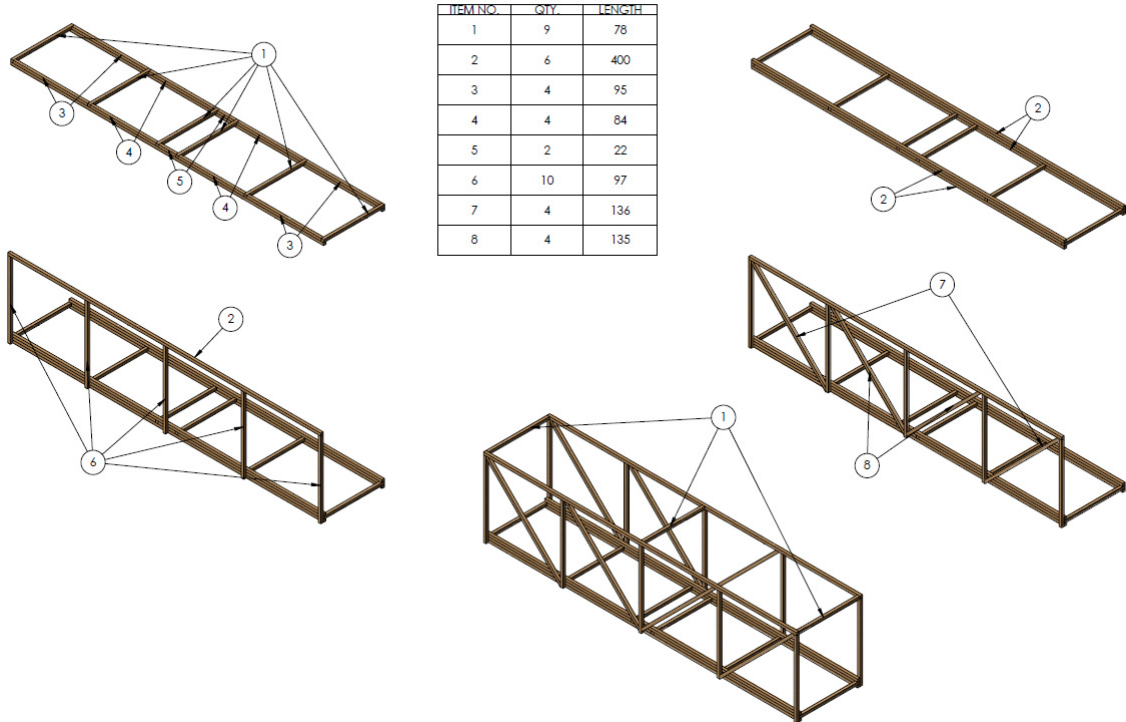


Schneiden Sie diese *Lastplatten*-Form aus, um die Innenbreite der Tragwerkstruktur zu testen.

Hinweis: Drucken Sie diese PDF-Datei mit der **Seitenanpassung: Keine** Option, damit Sie genaue Werte erzielen!

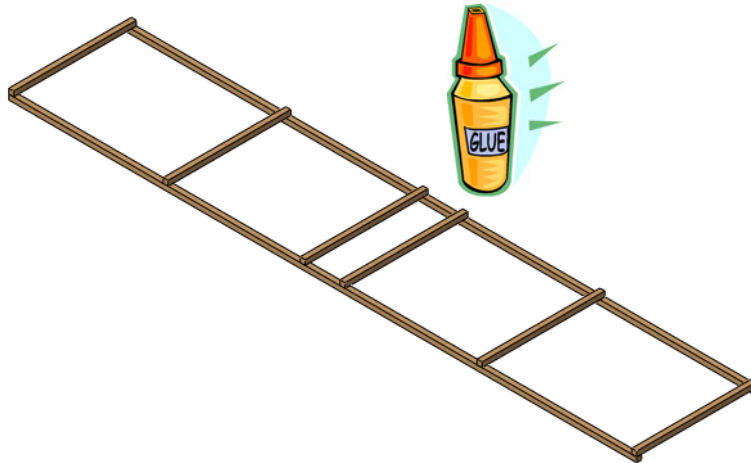
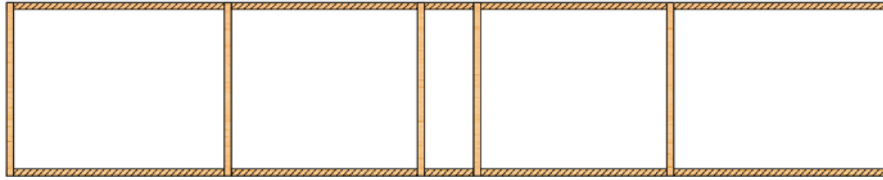
2 Datei *Construction Guide.PDF* öffnen und drucken.

Öffnen und drucken Sie die Datei *Construction Guide.PDF*.



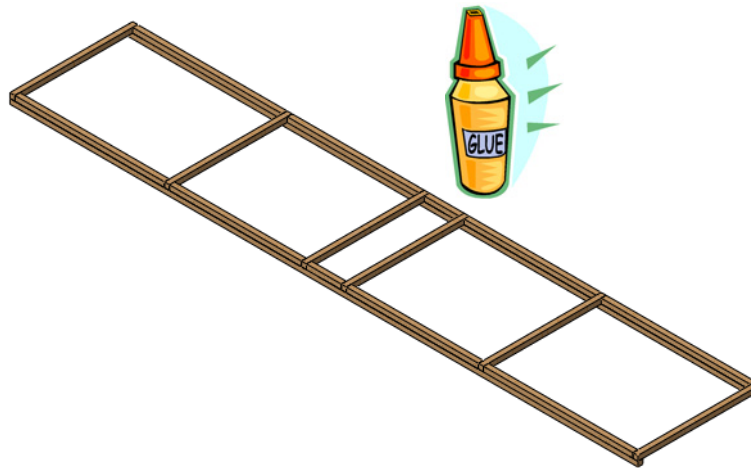
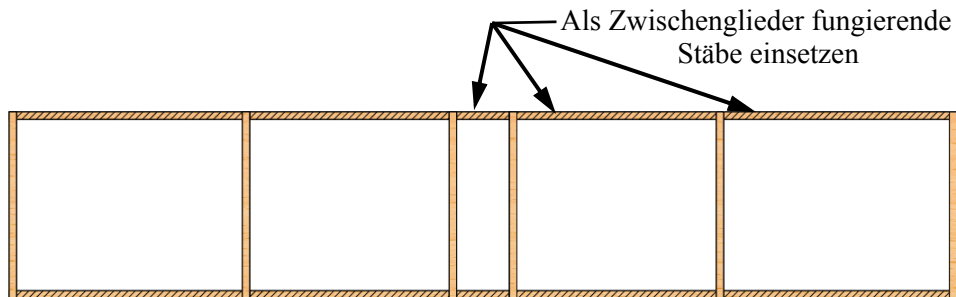
3 Unteres Gerüst.

Verkleben Sie die Endstreben mit den langen Stäben. Die inneren Querstreben sollten noch nicht geklebt werden.



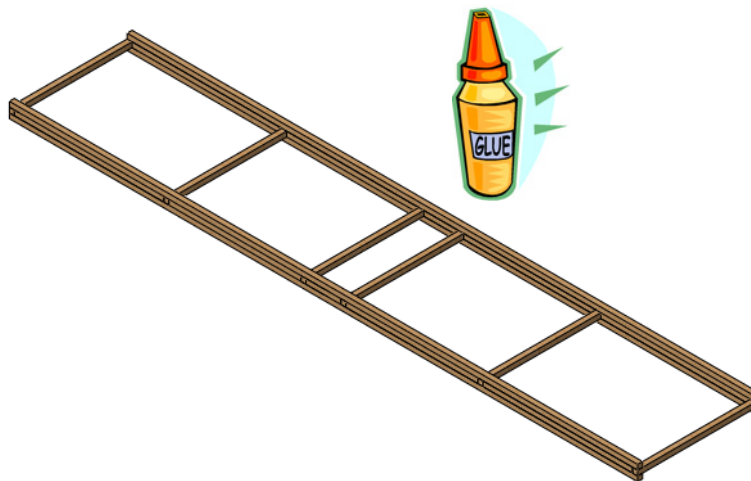
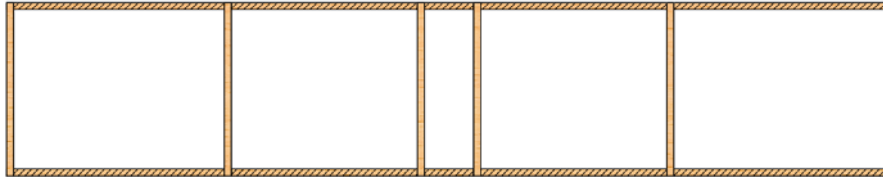
4 Zwischenglieder einsetzen.

Setzen Sie die als Zwischenglieder fungierenden Stäbe (schraffierter Bereich) ein, indem Sie sie passend zuschneiden und an der vorgesehenen Position platzieren. Verkleben Sie alle Stäbe.



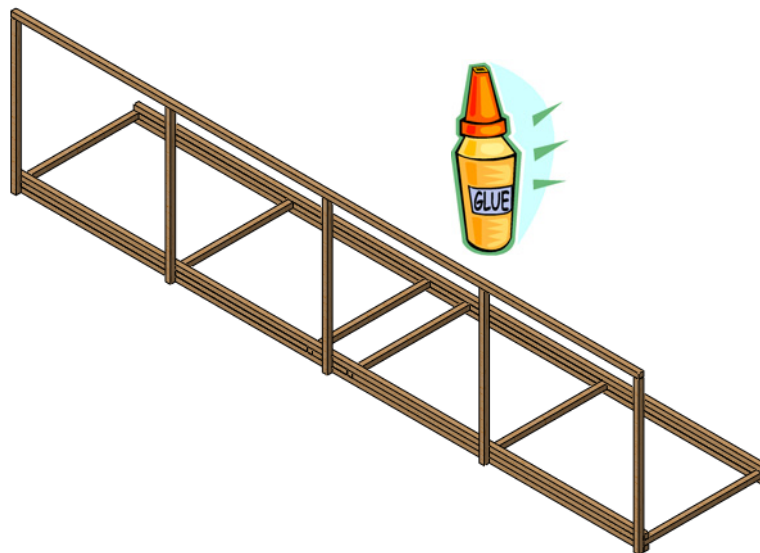
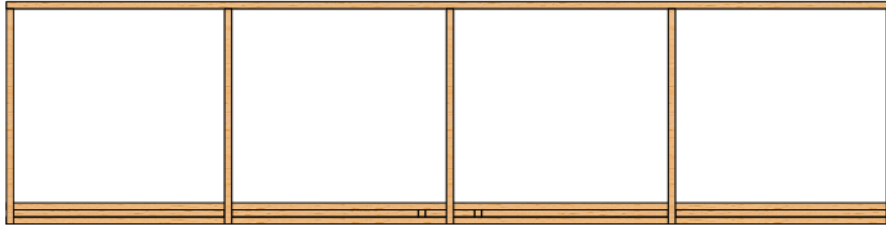
5 Außenschienen aufsetzen.

Positionieren Sie die langen Stäbe über den Zwischengliedern (siehe Abbildung).
Verkleben Sie alle Stäbe.



6 Seitenwände.

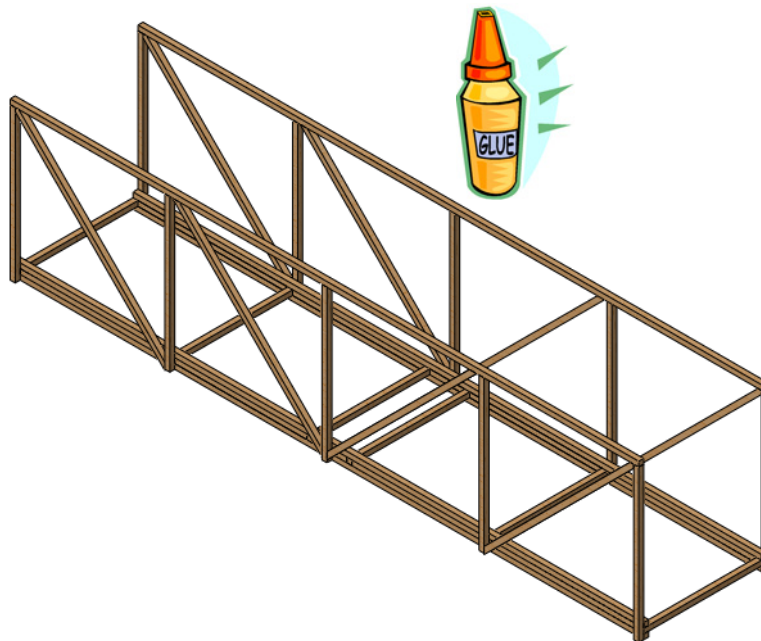
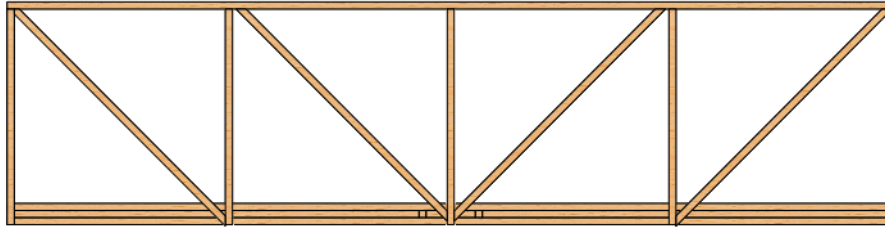
Verkleben Sie alle Stäbe.



Tipp: Möglicherweise möchten Sie zuerst eine Seitenwand erstellen und sie mit Querverstreben versehen (siehe Schritt **7** auf Seite 88), bevor Sie mit der Arbeit an der gegenüberliegenden Seite beginnen.

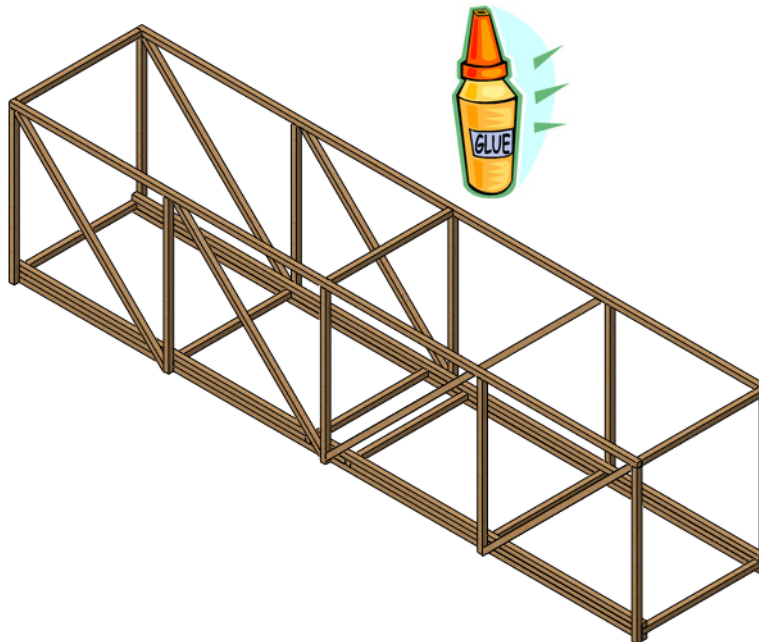
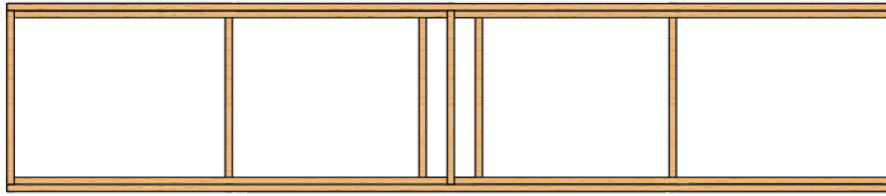
7 Querverstreibungen.

Es muss ein 45-Grad-Schnitt an allen Stabelementen ausgeführt werden, damit sie in das Gerüst passen. Verkleben Sie alle Stäbe.



8 Querstützen der Oberseite.

Verkleben Sie alle Stäbe.



Testen der Konstruktion

Die Konstruktion kann jetzt getestet werden, indem sie über einem freien Zwischenraum platziert und in der Mitte der Brücke mit einem Gewicht belastet wird. Nähere Informationen entnehmen Sie bitte den folgenden Anleitungen.

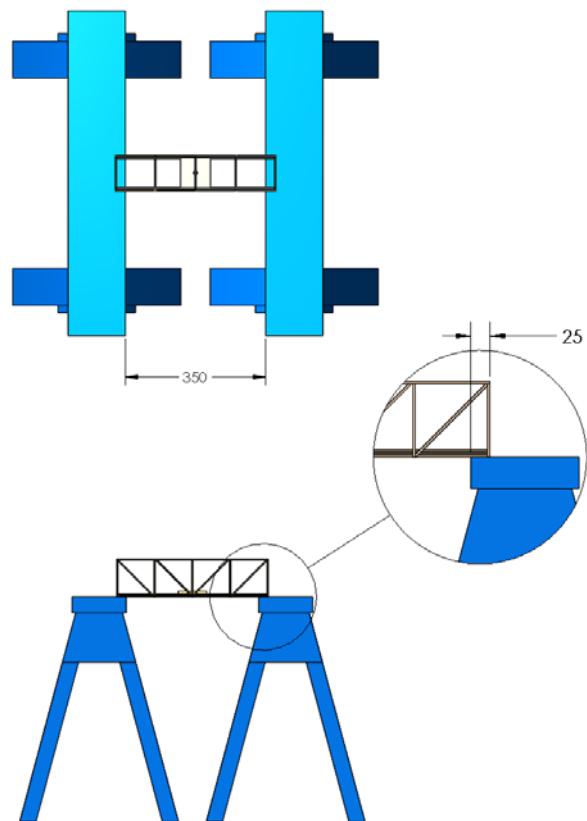
Erzeugen der Spannweite

Verwenden Sie zum Erzeugen einer Spannweite zwei Sägeböcke, die Sie in einem bestimmten Abstand nebeneinander aufstellen (siehe Abbildung unten). Platzieren Sie das Modell so, dass es jeden Sägebock um eine Strecke überlagert, die derjenigen entspricht, die in der Analyseumgebung festgelegt wurde.

Details

Verwenden Sie zwei tragfähige und gleich hohe Auflageflächen (gut geeignet sind beispielsweise Sägeböcke und Tische), um die erforderliche Spannweite von **350 mm** zu erzeugen. Beide Enden der Konstruktion sollten die Auflagefläche um **25 mm** überlappen.

Tipp: Stellen Sie sicher, dass die Tische oder Sägeböcke stark genug sind, um die Last ohne Verbiegen zu tragen.



Anwenden der Last

Um die Festigkeit einer Tragwerkkonstruktion zu messen, sollte sie in Übereinstimmung mit den modellierten Werten belastet werden.

Verwenden gebräuchlicher Objekte mit bekanntem Gewicht

Zur Anwendung der Last eignen sich viele Objekte des täglichen Gebrauchs. Ein Beispiel sind Konservendosen verschiedener Größe und verschiedenen Gewichts. Münzen eignen sich ebenfalls, da sich mit ihrer Hilfe Lasten in sehr kleinen Inkrementen anwenden lassen. Als Beispiel soll im Folgenden ein amerikanisches Cent-Stück (Penny) verwendet werden.

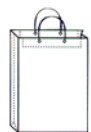
1 Penny als Last entspricht ungefähr der Anwendung einer Kraft von **0,0245 N** auf die Konstruktion. Das ist nicht sehr viel und liefert nicht einmal annähernd die Gesamtlast, die hier getestet werden soll. Ist es wirklich zumutbar, Hunderte oder sogar Tausende von Pennys für jeden Test zu zählen? Münzen lassen sich in großer Zahl einrollen, um sie bei einer Bank einzuzahlen. Pennys sind in Rollen zu je 50 Stück erhältlich. Berechnen Sie anhand einiger Beispielstückzahlen die Anzahl der Rollen, die Kosten und die damit erreichbaren Lasten.



Pennys	Last (N)	Penny-Rollen	Kosten (\$)
50	$50 \times 0,0245 = 1,225$	1	0,50 \$
100	___ $\times 0,0245 =$ ____	___	___
500	___ $\times 0,0245 =$ ____	___	___
1000	___ $\times 0,0245 =$ ____	___	___
5000	___ $\times 0,0245 =$ ____	___	___

Anbringen der Last

Hängen Sie eine Einkaufstasche oder etwas Stabileres mit Trageschlaufen an der Lastplatte auf, indem Sie die Schlaufen durch das Loch in der Platte ziehen und mit einem Nagel oder Schreibstift befestigen. Fügen Sie die gewünschte Last hinzu, indem Sie die Tasche langsam mit den Gewichten füllen.



Lektion 9: Schweißkonstruktionsprofile und Strukturbauteile

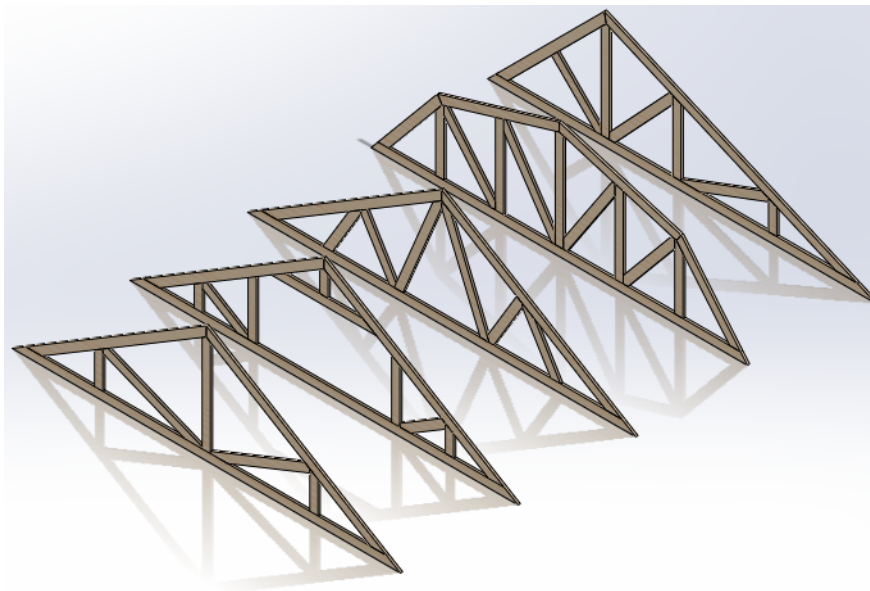
Ziele dieser Lektion

- ❑ Schweißkonstruktionsprofile erstellen
- ❑ Skizzen für Schweißkonstruktionen erstellen
- ❑ Strukturbauteile zu Schweißkonstruktionsskizzen hinzufügen

Erstellen von Schweißkonstruktionsprofilen und Strukturbauteilen

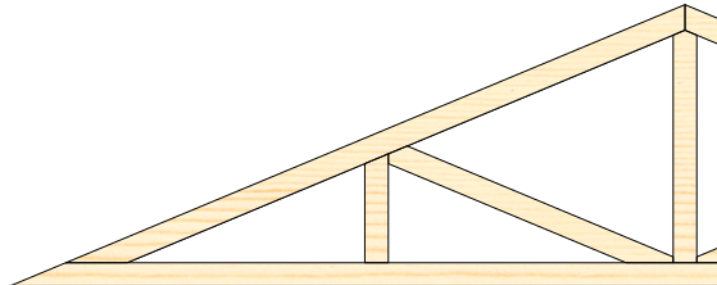
Die Teile, die in den vorhergehenden Lektionen analysiert wurden, werden als Schweißkonstruktionsteile bezeichnet. Dabei handelt es sich um einen bestimmten Teiletyp, der zum Modellieren einer Gruppe von Strukturbauteilen verwendet wird, die miteinander verbunden sind.

In dieser Lektion erfahren Sie, wie dieser Teiletyp durch Modellierung vorgefertigter Dachstühle erstellt wird.



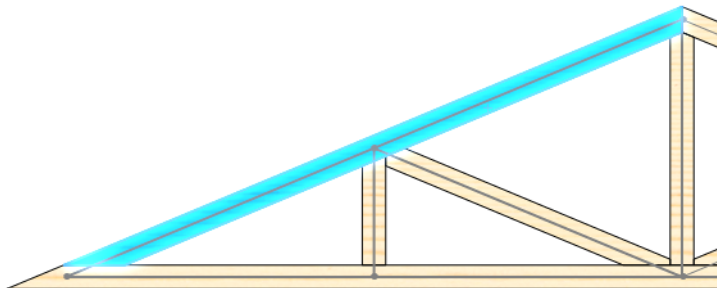
Was ist unter einer Schweißkonstruktion zu verstehen?

Eine **Schweißkonstruktion** ist ein Teil, das aus mehreren Volumenkörpern besteht, die als Strukturbauteile bezeichnet werden. Diese werden miteinander verbunden, um eine einzelne Konstruktion zu bilden.



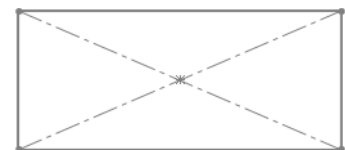
Was ist unter Strukturbauteilen zu verstehen?

Die einzelnen Volumenkörper stellen Stahlträger oder Holzbalken dar und werden als **Strukturbauteile** bezeichnet. Die Position und Länge der Strukturbauteile basieren auf den Querschnitten bzw. den Schweißkonstruktionsprofilen, die auf die Linien einer Skizze angewendet werden.



Was sind Schweißkonstruktionsprofile?

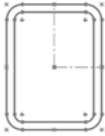

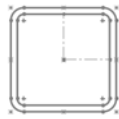


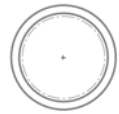
Schweißkonstruktionsprofile sind Feature-Skizzen aus einer Bibliothek, die standardmäßige Querschnittsformen darstellen (z. B. Hohlprofile, Träger mit I- und U-Profil, Winkel, Rohre und Holzbalken). Das Profil wird durch die Ursprungsposition bestimmt.



Vorhandene Schweißkonstruktionsprofile

Der Ordner mit den vorhandenen *Schweißkonstruktionsprofilen* befindet sich im Verzeichnis *C:\Programme\SolidWorks Corp\SOLIDWORKS\lang\english\weldment profiles*.

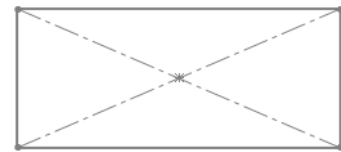
Die Unterordner *ansi inch* und *iso* enthalten verschiedene Größen dieser gebräuchlichen Formen.

Schweißkonstruktionsprofil-Standardformen		
<i>Rechteckiges Hohlprofil</i> 	<i>Winkelprofil</i> 	<i>Quadratisches Hohlprofil</i> 
<i>C-Profil</i> 	<i>S-Träger</i> 	<i>Rohr</i> 

Achtung: Pfadangabe

Der vollständige Pfad, auf den in dieser Lektion Bezug genommen wird, basiert auf der Standardinstallation von SOLIDWORKS auf dem Laufwerk C. Wenn SOLIDWORKS nicht mit den Standardeinstellungen installiert wurde, muss der Pfad möglicherweise entsprechend angepasst werden.

Hinweis: Keines der vorhandenen Schweißkonstruktionsprofile ähnelt dem Querschnitt des Balsaholzstabs oder seiner um einiges größeren Entsprechung, dem 2 x 4-Holzbalken. Dies bedeutet, dass ein neues Schweißkonstruktionsprofil erstellt werden muss.



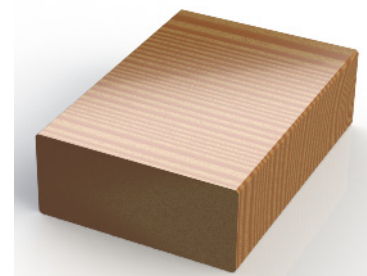
Erstellen eines neuen Schweißkonstruktionsprofils

Ein Schweißkonstruktionsprofil ist eine 2D-Skizze, die als bestimmter Dateityp in einem bestimmten Ordner gespeichert wird.

In diesem Beispiel wird in der Skizze ein mittig ausgerichtetes Rechteck verwendet.

Der Dateityp ist ein Bibliotheks-Feature. Der entsprechende Ordner trägt die Bezeichnung *weldment profiles*.

Zunächst muss am gewünschten Speicherort für die neue Datei ein neuer Ordner erstellt werden.



Der Ordner „weldment profiles“

Alle Schweißkonstruktionsprofile befinden sich im Ordner *weldment profiles*. Über die Option **Neuer Ordner** können Sie den Standardordnern einen neuen Ordner hinzufügen. Neu erstellte Profile können in diesem neuen Ordner gespeichert werden.

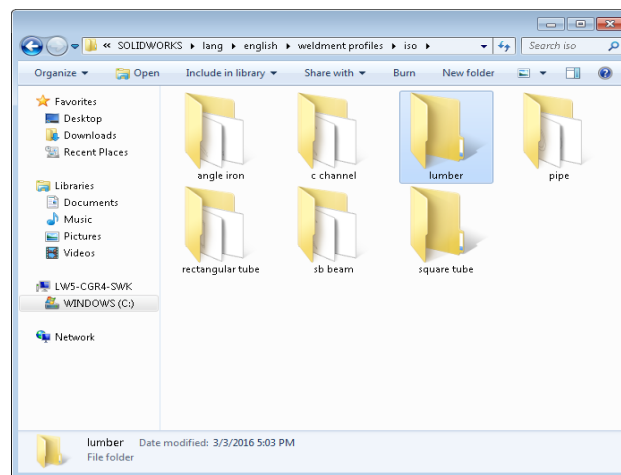
1 Ordner.

Klicken Sie auf **Start, Computer**, und navigieren Sie zum Ordner *C:\Programme\SolidWorks Corp\SOLIDWORKS\lang\english\weldment profiles*.

Weitere Informationen finden Sie unter Achtung: Pfadangabe auf Seite 95.

2 Neuer Ordner.

Klicken Sie auf **Neuer Ordner**, und benennen Sie den Ordner in *lumber* um.



Erstellen eines neuen Teils

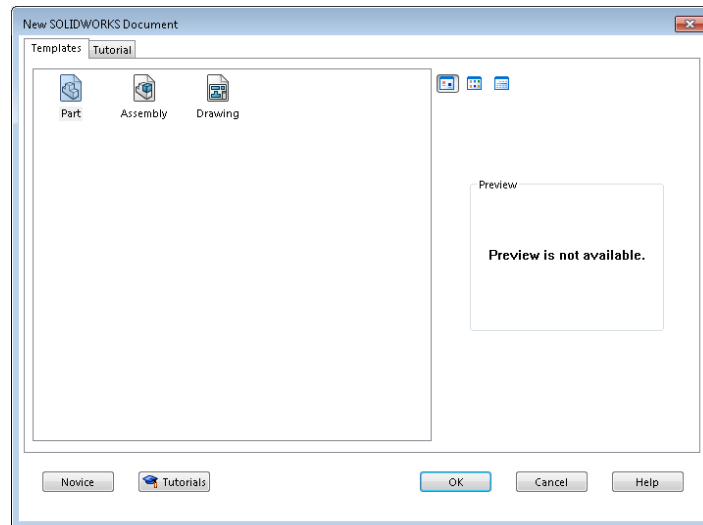
Skizzen werden innerhalb von Teilen erstellt. Deshalb muss zunächst ein neues Teil erstellt werden.

Position

- Menüleiste: **Neu**
- Menü: **Datei, Neu**
- Tastenkombination: **STRG + N**

3 Neues Teil.

Klicken Sie auf **Neu**. Klicken Sie auf *Teil* und dann auf **OK**.



Ändern des Einheitensystems

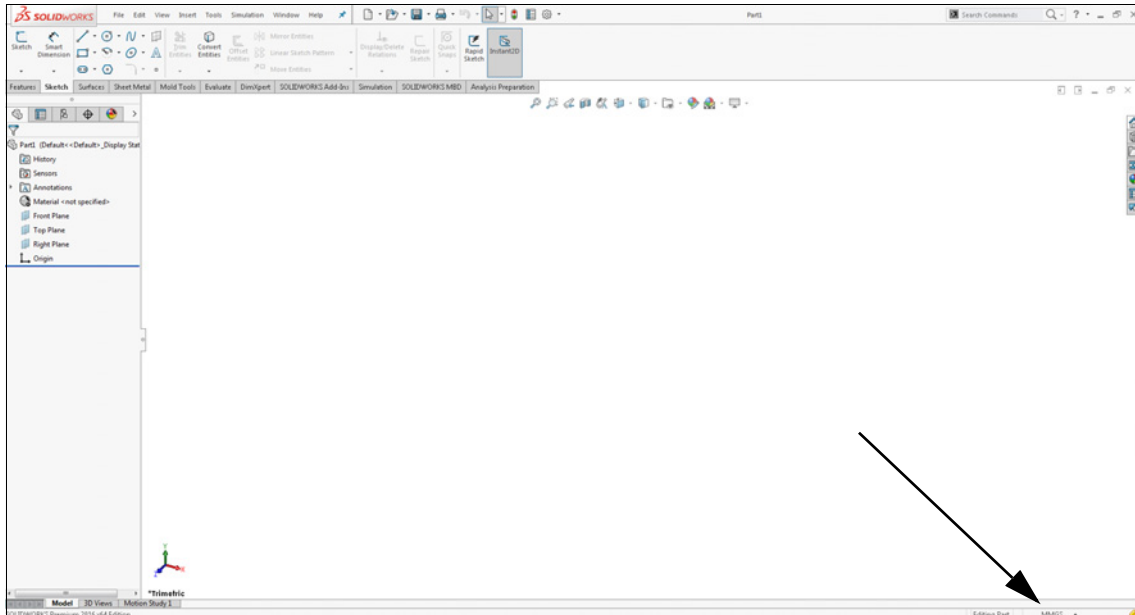
Das **Einheitensystem** ist eine Kombination aus Längen-, Massen- und Zeiteinheiten, die von SOLIDWORKS für Berechnungen verwendet wird. Das Standardeinheitensystem entspricht MMGS, IPS oder einer anderen gebräuchlichen Gruppierung. In diesem Beispiel verwenden wir das Einheitensystem **IPS** mit folgenden Einheiten: Inches, Pounds und Seconds (Zoll, Pfund und Sekunden).

Weitere Beispiele sind:

- ❑ **MKS** (Meter, Kilogram, Second = Meter, Kilogramm, Sekunde)
- ❑ **CGS** (CM, Gram, Second = CM, Gramm, Sekunde)
- ❑ **MMGS** (MM, Gram, Second = MM, Gramm, Sekunde)

4 Einheitensystem.

Wählen Sie im Menü **Einheitensystem** die Option **IPS (Zoll, Pfund, Sekunde)** aus. Dadurch werden die Einheiten in Zoll geändert.




Hinweis: Das Menü befindet sich am unteren Bildschirmrand rechts neben der Meldung *Teil bearbeiten* (siehe Abbildung).

Erstellen einer neuen Skizze

Skizzen werden in SOLIDWORKS zum Erstellen der 2D-Geometrie von Linien, Kreisbogen, Kreisen, Rechtecken u. ä. verwendet. Sie sind für das Erstellen von Geometrie in SOLIDWORKS entscheidend.

Position

- CommandManager: **Skizze > Skizze** 
- Menü: **Einfügen, Skizze**
- Kontextmenü: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf eine Ebene und anschließend auf **Skizze** .

5 Neue Skizze.

Klicken Sie auf *Ebene Vorne* und anschließend auf **Skizze** .



Skizzieren eines Rechtecks

Ein Rechteck ist eine Skizzengeometrie, die aus vier Linien besteht. Die Version **Mittelpunkt-Rechteck** wird mittig platziert und besteht aus zwei horizontalen und zwei vertikalen Linien.

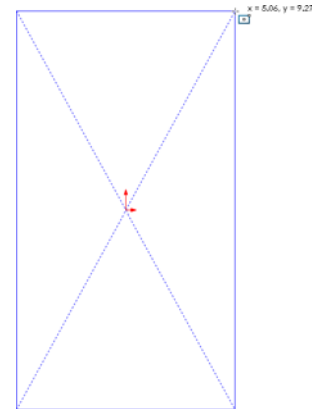
Position

- CommandManager: **Skizze > Rechteck**  > **Mittelpunkt-Rechteck** 
- Menü: **Extras, Skizzenelemente, Mittelpunkt-Rechteck**
- Kontextmenü: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Skizze und anschließend auf **Mittelpunkt-Rechteck**.

6 Rechteck.

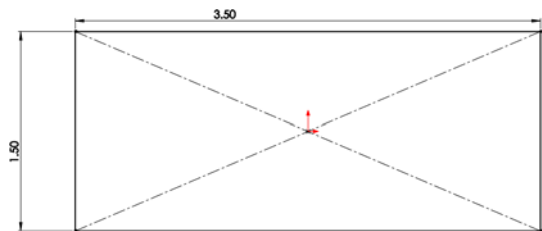
Klicken Sie auf **Mittelpunkt-Rechteck**  und anschließend auf den Ursprung. Bewegen Sie den Cursor als Nächstes in einer diagonalen Richtung vom Mittelpunkt weg, und klicken Sie auf einen Punkt, der dem in der Abbildung dargestellten ähnelt. Klicken Sie auf .

Hinweis: Die tatsächliche Größe spielt im Moment noch keine Rolle. Sie wird in den nachfolgenden Schritten festgelegt.




Bemaßen

Das Bemaßungswerkzeug trägt die Bezeichnung **Intelligente Bemaßung**, da dasselbe Werkzeug zum Erstellen mehrerer Bemaßungstypen verwendet wird. Mithilfe von Bemaßungen kann die Größe des Profils festgelegt und können Änderungen vorgenommen werden.





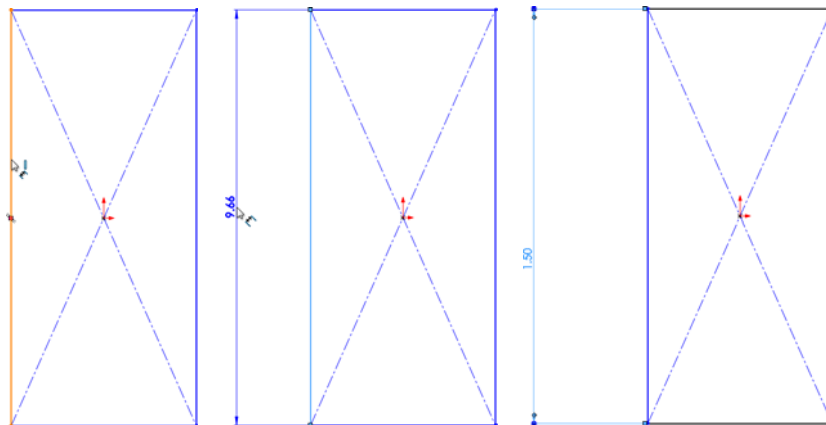
In diesem Abschnitt erstellen Sie mit dem Werkzeug lineare Bemaßungen. Sie können aber auch Winkel-, radiale und Durchmesserbemaßungen erstellen.

Position

- Menü: **Extras, Bemaßungen, Intelligent**
- Kontextmenü: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Skizze und anschließend auf **Intelligente Bemaßung** .

7 Vertikale Bemaßung.

Klicken Sie auf **Intelligente Bemaßung**  und anschließend auf die linke vertikale Linie (siehe Abbildung). Bewegen Sie den Cursor nach links, und klicken Sie erneut, um die Bemaßung zu platzieren. Geben Sie in das daraufhin angezeigte Dialogfeld den Wert 1,5 ein, um die Bemaßung festzulegen, und klicken Sie auf .




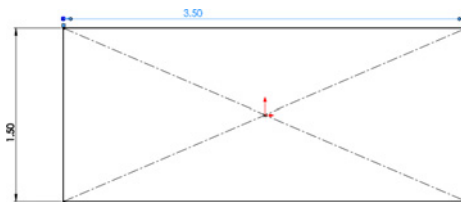
Bedeutung der Farben in der Geometrie

Warum werden einige Linien nun in Blau angezeigt und andere in Schwarz? Die unterschiedlichen Farben, die in der Skizze verwendet werden, stellen den Zustand der Geometrie dar.

- ❑ *Blau* bedeutet, dass das Teil unterdefiniert ist und weiterer Definitionen bedarf, in diesem Fall einer Bemaßung. Dies ist der *unvollendete* Zustand.
- ❑ *Schwarz* bedeutet, dass das Teil voll definiert ist. Dies ist der *gewünschte* Zustand.
- ❑ *Rot* bedeutet, dass ein Konflikt vorhanden ist, der gelöst werden muss. Ein Beispiel hierfür wäre, wenn Sie versuchen, eine Linie horizontal und vertikal zu zeichnen. Eine Linie kann nicht beides sein. Deshalb tritt ein Konflikt oder überdefinierter Zustand auf. Dies ist der *defekte* Zustand.

8 Horizontale Bemaßung.

Klicken Sie auf die horizontale Linie oben (siehe Abbildung). Bewegen Sie den Cursor nach oben, und klicken Sie erneut, um die Bemaßung zu platzieren. Geben Sie in das daraufhin angezeigte Dialogfeld den Wert 3,5 ein, um die Bemaßung festzulegen, und klicken Sie auf .



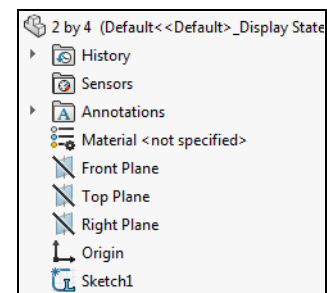
Hinweis: Die Geometrie wird vollständig in Schwarz angezeigt. Somit ist sie voll definiert.

9 Beenden Sie die Skizze.

Klicken Sie in der rechten oberen Ecke des Bildschirms auf **Skizze beenden** .

Speichern der Skizze als Bibliotheks-Feature

Die Skizze muss als bestimmter Dateityp, als Bibliotheks-Feature, gespeichert werden, damit sie als Schweißkonstruktionsprofil verwendet werden kann. Sie muss auch in einem bestimmten Ordner abgelegt werden, der eigens für Schweißkonstruktionsprofile definiert wurde.



Position

- Menüleiste: **Speichern** , **Speichern unter** 
- Menü: **Datei**, **Speichern unter**

10 Bibliotheks-Feature.

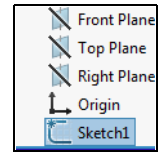
Klicken Sie im FeatureManager auf *Sketch1*.

Klicken Sie auf **Datei, Speichern unter**.

Klicken Sie auf **Dateityp: Lib Feat Part (*.sldlfp)**.

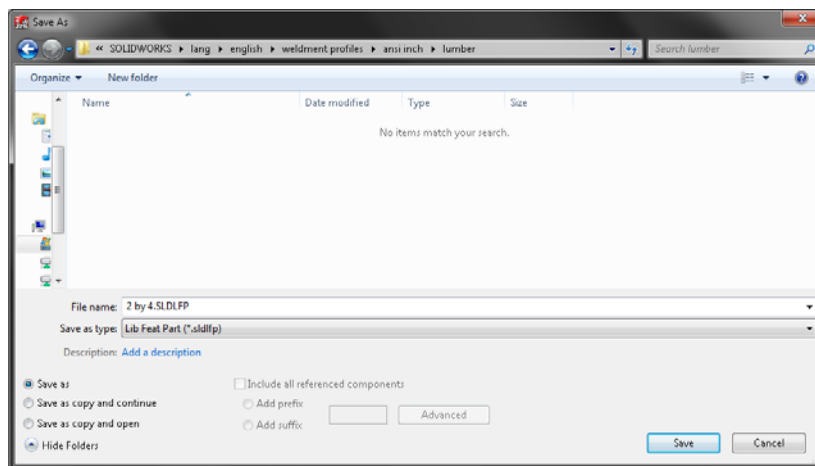
Navigieren Sie zum Ordner *C:\Programme\SolidWorks Corp\SOLIDWORKS\lang\english\weldment profiles\ansi inch\lumber*.

Hinweis: Sie müssen die Skizze zuerst auswählen.



11 Benennen.

Geben Sie den Namen *2 auf 4* ein, und klicken Sie auf **Speichern**.



Hinweis: Eine Warnung mit dem Hinweis, dass Sie keine Berechtigung zum Speichern an diesem Speicherort haben, könnte angezeigt werden. Ist dies der Fall, speichern Sie die Datei an einem anderen Speicherort, und verschieben Sie sie dann manuell in den Ordner „lumber“ am oben angegebenen Speicherort.

Erstellen eines ähnlichen Schweißkonstruktionsprofils

Für die Darstellung unterschiedlicher Formen und Größen von Schweißkonstruktionsprofilen sind verschiedene Profile erforderlich. Aus dem vorhandenen Schweißkonstruktionsprofil *2 auf 4* kann durch Kopieren und Bearbeiten der Datei ein größerer Balkenquerschnitt von 2 x 6 erstellt werden.




12 Speichern unter.

Klicken Sie auf **Speichern unter**, geben Sie für das Bibliotheks-Feature den Namen *2 auf 6* ein, und klicken Sie auf **Speichern**.

Bearbeiten der Skizze

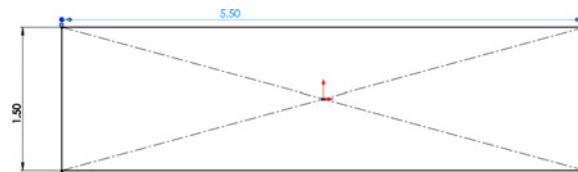
Vorhandene Skizzen können bearbeitet werden, um Geometrie und Bemaßungen hinzuzufügen oder zu ändern.

Position


- Kontextmenü: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf eine Skizze und anschließend auf **Skizze bearbeiten**. 
- Menü: Wählen Sie eine Skizze aus, und klicken Sie auf **Bearbeiten, Skizze**.

13 Skizze bearbeiten.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf *Sketch1* und anschließend auf **Skizze bearbeiten** . Doppelklicken Sie auf die Bemaßung **3,5**, und ändern Sie den Wert auf **5,5**. Klicken Sie auf .




14 Beenden Sie die Skizze.

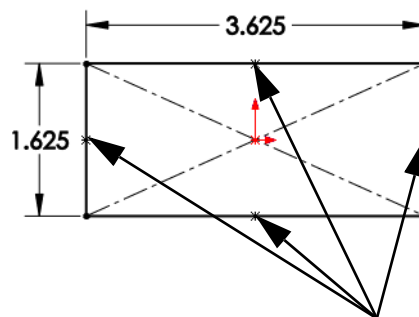
Klicken Sie in der rechten oberen Ecke des Bildschirms auf **Skizze beenden** .

15 Speichern und schließen.

Klicken Sie auf **Datei, Schließen** und anschließend auf **Speichern**.

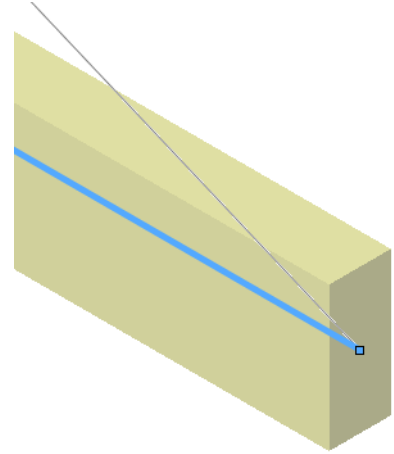
Weitere Informationen zu Schweißkonstruktionsprofilen

Ein allgemeinerer Schweißkonstruktionsprofiltyp für diese Form würde einen **Punkt**  am Mittelpunkt jeder Kante enthalten (siehe Abbildung). Dies bietet mehr Flexibilität bei der Positionierung des Profils. In unserem Beispiel sind diese Punkte nicht erforderlich.




Erstellen der Schweißkonstruktionsskizze

Die Schweißkonstruktionsskizze wird zum Festlegen der Position und Länge aller Strukturbauteile verwendet.



16 Teil M Roof Truss öffnen.

Klicken Sie auf **Öffnen** .

Klicken Sie im Fenster **Öffnen** auf den Dateityp: **SOLIDWORKS Dateien (*.sldprt; *.sldasm; *.slddrw)**, und navigieren Sie zum Ordner *Bridge Design Project\Student\Lesson 9*.

Wählen Sie *M Roof Truss.sldprt* aus, und klicken Sie auf **Öffnen**.

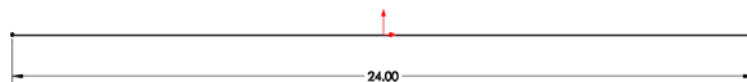
Hinweis: Für dieses Teil werden die Einheiten in **Fuß** angegeben, und das Material ist auf **Kiefernholz** festgelegt.

17 Zur Vorderansicht wechseln.

Klicken Sie auf **Ansichtsausrichtung**  und anschließend auf **Vorne** .

18 Skizze bearbeiten.


Bearbeiten Sie die Skizze *Sketch1*. Weitere Informationen finden Sie unter Bearbeiten der Skizze auf Seite 102.




Skizzieren einer Linie


Jede Linie stellt ein einzelnes Strukturbauteil in der Schweißkonstruktion dar.

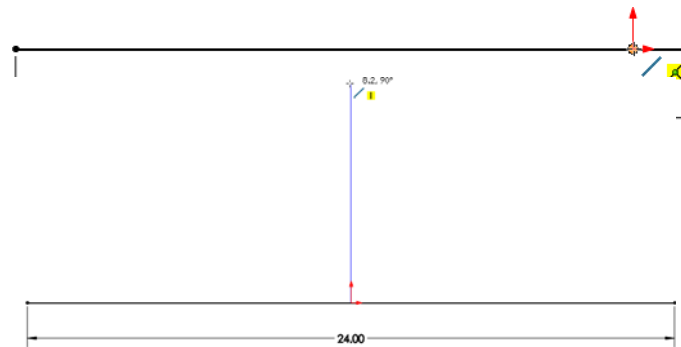
Position

- CommandManager: **Skizze > Linie** 
- Menü: **Extras, Skizzenelemente, Linie**
- Kontextmenü: Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die Skizze und anschließend auf **Linie**.

19 Vertikale Linie.

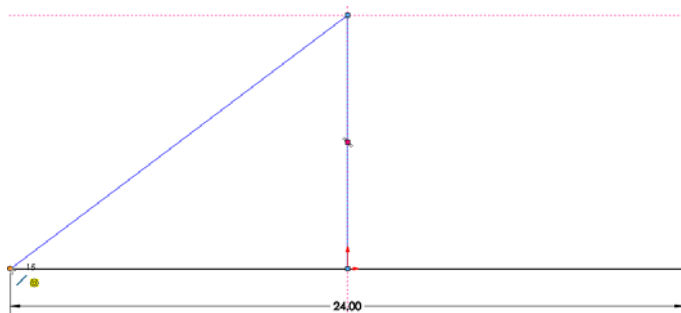
Klicken Sie auf **Linie** . Klicken Sie mit dem Cursor auf den Ursprung, bewegen Sie ihn in vertikaler Richtung, und klicken Sie erneut (siehe Abbildung).

Hinweis: Die **vertikale** Beziehungsmarkierung  gibt an, dass die Linie exakt vertikal ausgerichtet ist.



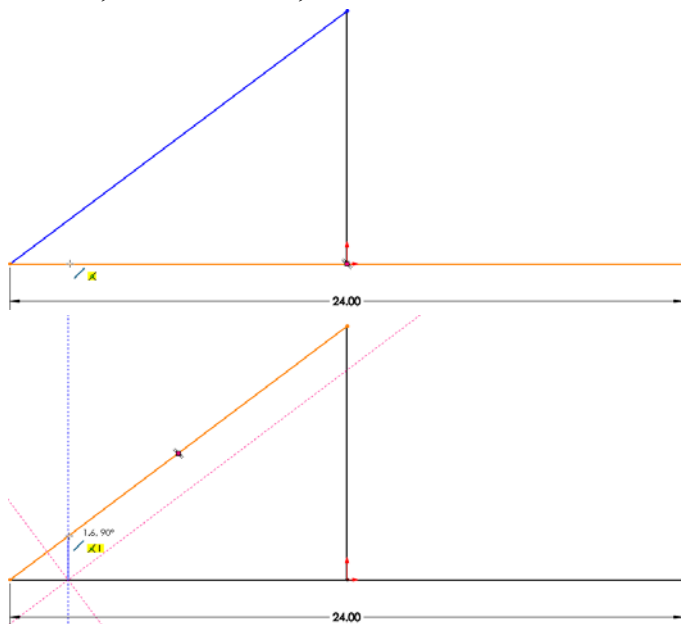
20 Angewinkelte Linie.

Klicken Sie erneut auf den linken unteren Endpunkt, um eine weitere Linie hinzuzufügen (siehe Abbildung).



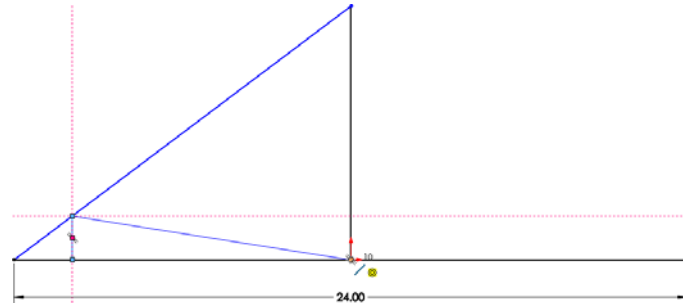
21 Vertikale Verstrebung.


Erstellen Sie eine Linie, indem Sie auf die untere horizontale Linie klicken und den Cursor in vertikaler Richtung nach oben bewegen. Klicken Sie erneut auf die angewinkelte Linie, um eine kurze, vertikale Linie zu erstellen.

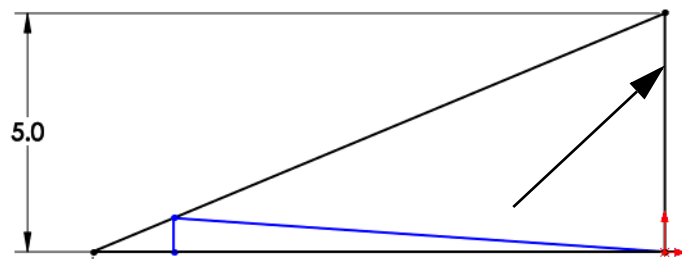


22 Angewinkelte Verstrebung.


Kehren Sie zum Ursprung zurück, und klicken Sie erneut, um eine angewinkelte Verstrebung zu erstellen. Klicken Sie auf .

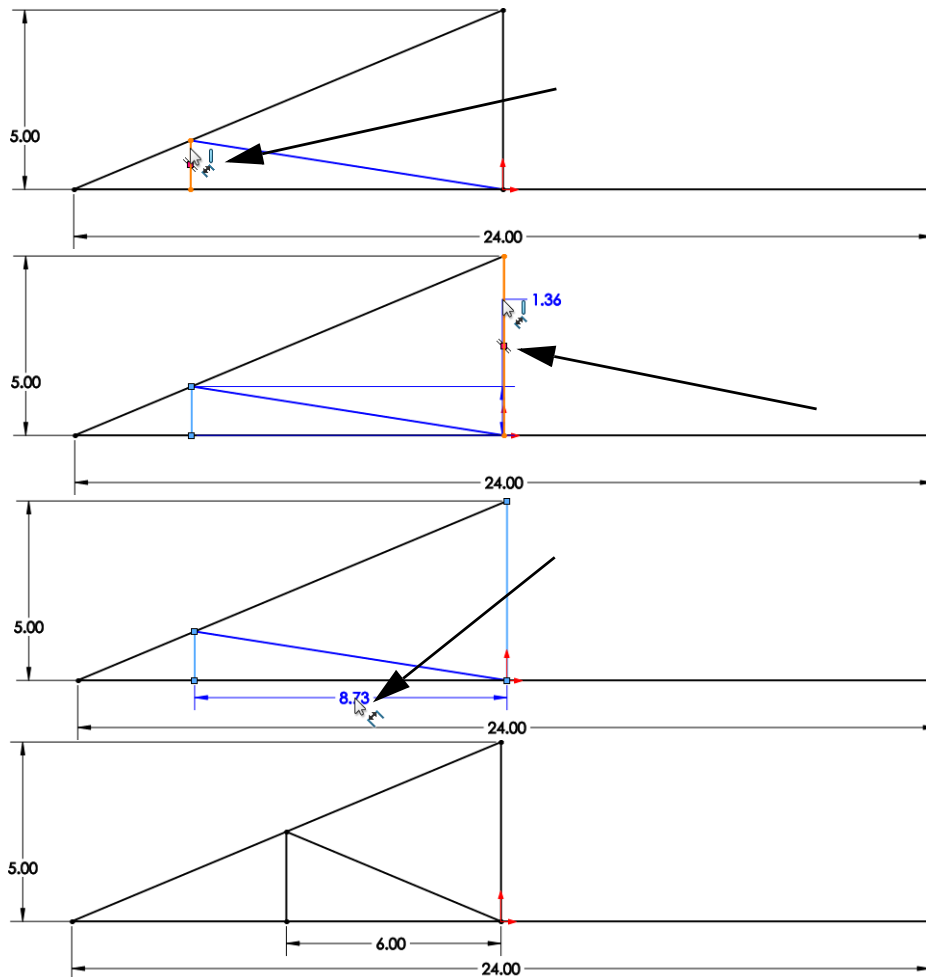
**23 Vertikale Bemaßung.**

Klicken Sie auf **Intelligente Bemaßung**  und dann auf die vertikale Linie, und fügen Sie eine Bemaßung hinzu. Stellen Sie den Wert der Bemaßung auf **5** ein (siehe Abbildung).



24 Bemaßung zwischen Linien.

Klicken Sie auf die kurze, vertikale Linie und anschließend auf die vertikale Mittellinie. Klicken Sie auf eine Stelle unterhalb der Skizze, und platzieren Sie die Bemaßung. Stellen Sie den Wert der Bemaßung auf **6** ein, und klicken Sie auf .



Spiegeln von Elementen

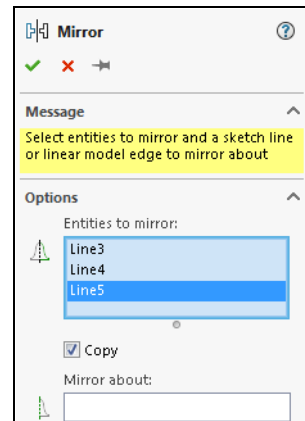
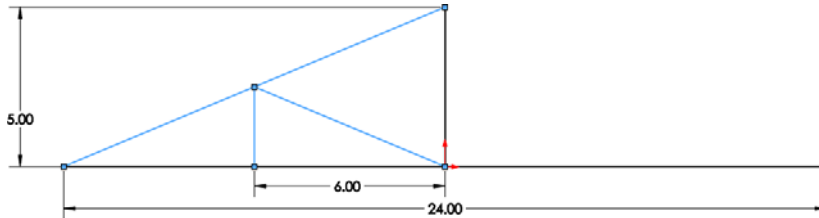
Die Skizzengeometrie kann durch Spiegeln an einer Linie kopiert werden.

Position

- CommandManager: **Skizze > Elemente spiegeln** 
- Menü: **Extras, Skizzierwerkzeuge, Spiegeln**

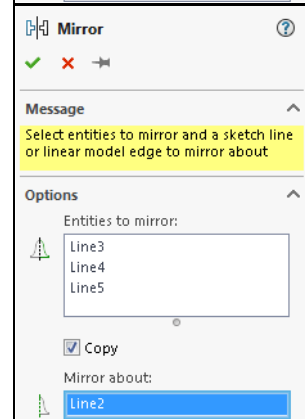
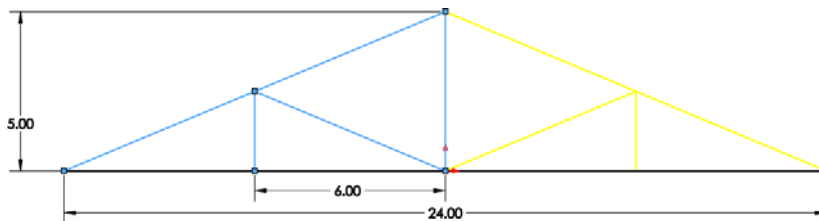
25 Zu spiegelnde Elemente.

Klicken Sie auf **Elemente spiegeln**  und anschließend auf die drei unten abgebildeten Linien.




26 Spiegeln um.

Klicken Sie in das Feld **Spiegeln um**, und klicken Sie anschließend auf die vertikale Mittellinie (siehe Abbildung). Klicken Sie auf .



27 Beenden Sie die Skizze.

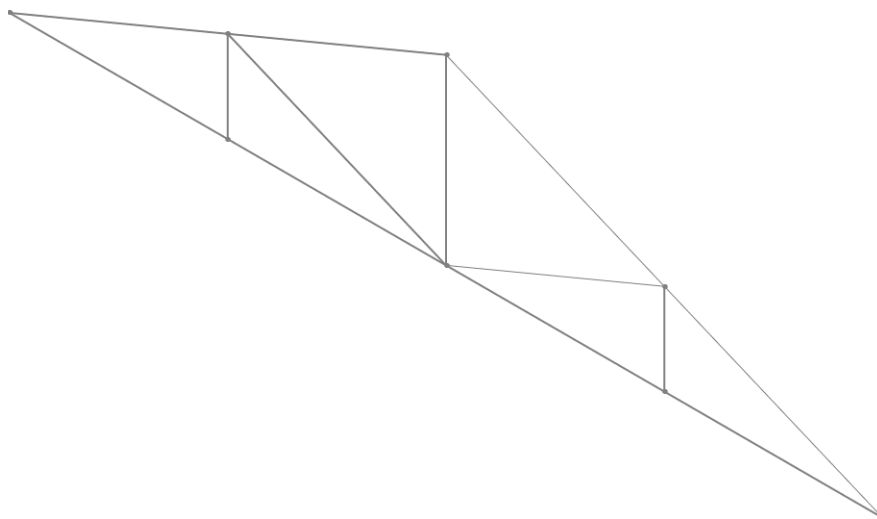
Klicken Sie in der rechten oberen Ecke des Bildschirms auf **Skizze beenden** .

28 Speichern.

Klicken Sie auf **Speichern** .

29 Zu isometrischer Ansicht wechseln.

Klicken Sie auf **Ansichtsausrichtung**  und anschließend auf **Isometrisch** .



Hinzufügen der Strukturbauteile

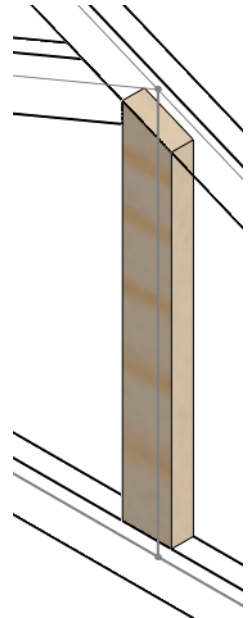
Die Strukturbauteile werden über die vorhandene Skizzengeometrie mit einem ausgewählten Profil hinzugefügt.

Strukturbauteil

Die Länge eines Strukturbauteils basiert auf der Länge und Position der ausgewählten Linie.

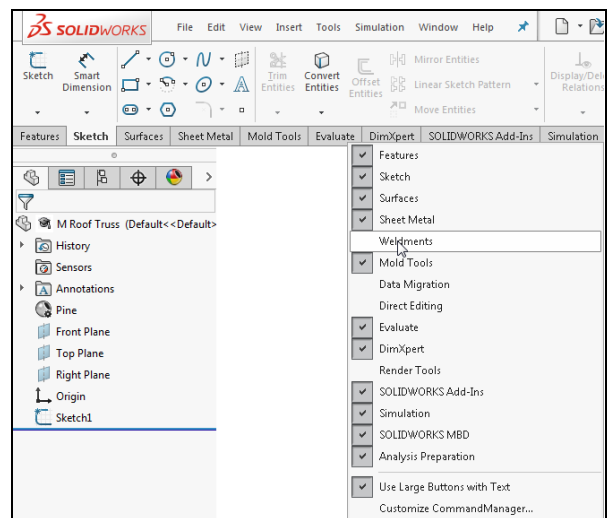
Gruppe

Gruppen bestehen aus einer Reihe von ausgewählten Optionen, die erzwingen, dass ein Strukturbauteil in andere Strukturbauteile eingepasst wird. Dadurch wird jedes Strukturbauteil automatisch auf die richtige Größe und Form getrimmt.



CommandManager-Registerkarten


Es sind nicht alle CommandManager-Registerkarten eingeblendet. Wenn die Registerkarte **Schweißkonstruktionen** nicht eingeblendet ist, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf eine beliebige CommandManager-Registerkarte und anschließend auf **Schweißkonstruktionen**, um die Registerkarte einzublenden.

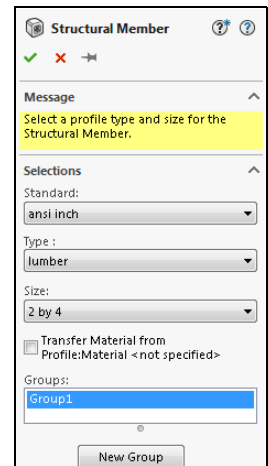
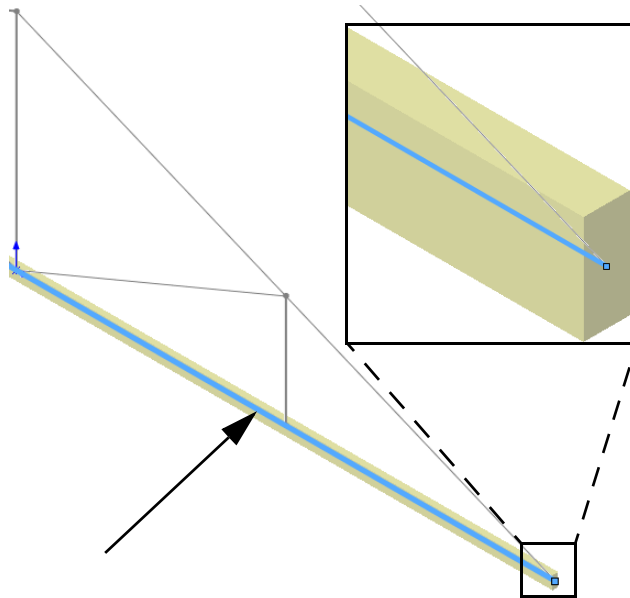


Position

- CommandManager: **Schweißkonstruktionen > Strukturbauteil** 
- Menü: **Einfügen, Schweißkonstruktionen, Strukturbauteil**

30 Strukturbauteil.

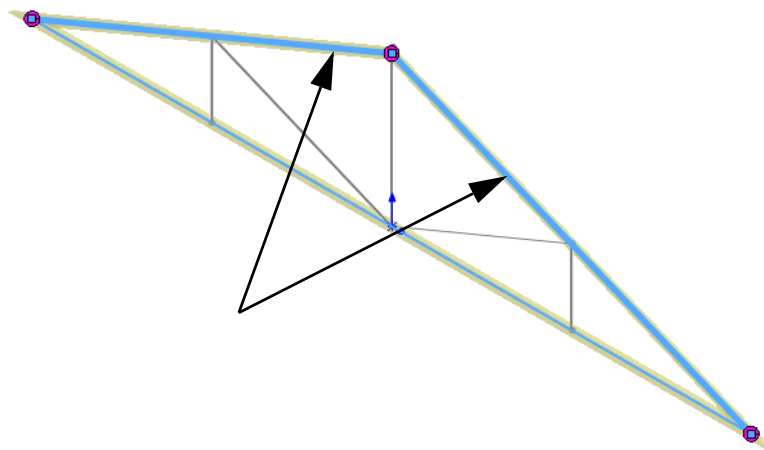
Klicken Sie auf **Strukturbauteil**  und dann auf *Ansi Zoll, lumber* und *2 auf 4*. Klicken Sie auf die horizontale Linie unten (siehe Abbildung). Klicken Sie noch nicht auf „OK“.



Hinweis: In der Vorschau wird die Ausrichtung des Profils bei Anwendung auf die Linie angezeigt.

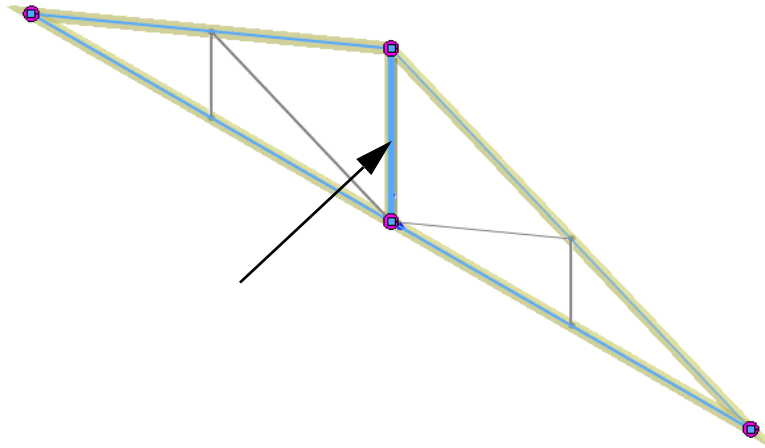
31 Neue Gruppe.

Klicken Sie auf **Neue Gruppe**, und wählen Sie die beiden oberen angewinkelten Linien aus. Klicken Sie noch nicht auf „OK“.



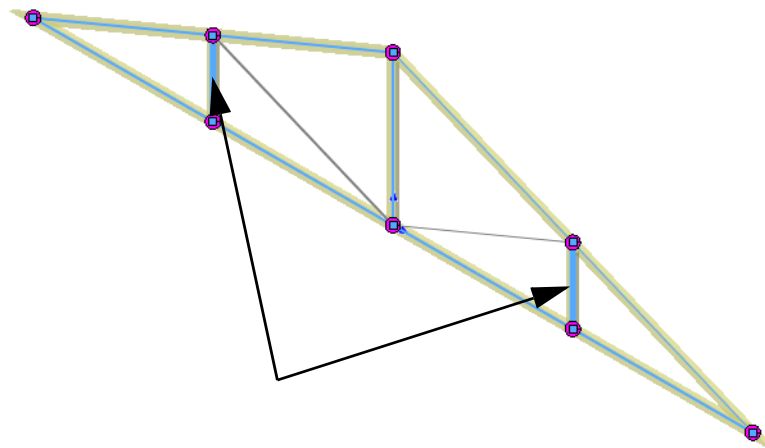
32 Nächste neue Gruppe.

Klicken Sie auf **Neue Gruppe**, und wählen Sie die vertikale Mittellinie aus. Klicken Sie noch nicht auf „OK“.




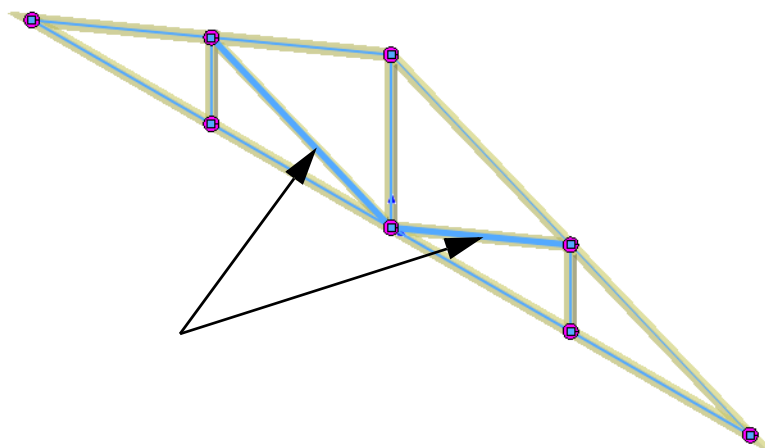
33 Nächste neue Gruppe.

Klicken Sie auf **Neue Gruppe**, und wählen Sie die beiden äußeren vertikalen Linien aus. Klicken Sie noch nicht auf „OK“.



34 Letzte neue Gruppe.


Klicken Sie auf **Neue Gruppe**, und wählen Sie die beiden äußeren angewinkelten Linien aus. Klicken Sie auf .

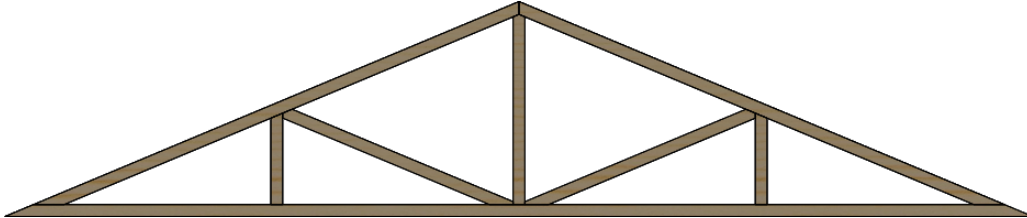


35 Zur Vorderansicht wechseln.

Klicken Sie auf **Ansichtsausrichtung**  und anschließend auf **Vorne** .

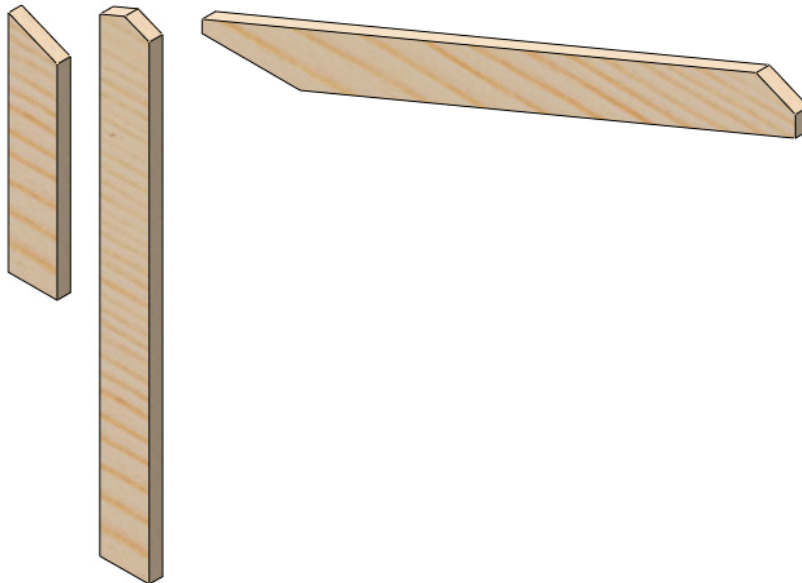
36 Skizze ausblenden.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf *Sketch1* und anschließend auf **Ausblenden** .




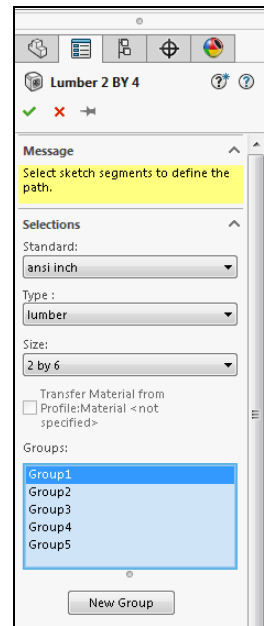
Mehrere Körper

Durch das Hinzufügen von Strukturbauteilen werden mehrere Körper in dem Teil erstellt. Durch die Verwendung von **Neue Gruppe** wird jedes Strukturbauteil auf die richtige Größe und Form getrimmt.




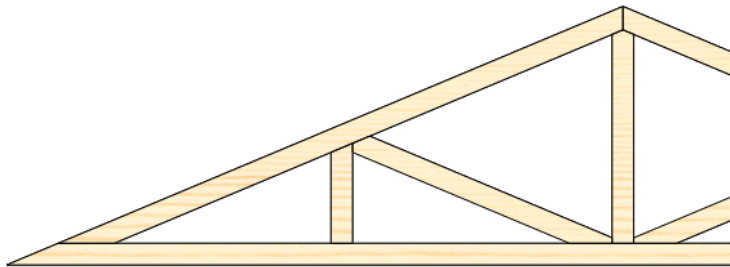
37 Feature bearbeiten.

Klicken Sie mit der rechten Maustaste auf das Feature *Strukturbauteil1* und anschließend auf **Feature bearbeiten** .



38 Größe ändern.

Wählen Sie im Feld **Größe** die Option *2 auf 6* aus, und klicken Sie auf .



39 Teil schließen.

Klicken Sie auf **Datei, Schließen** und anschließend auf **Speichern**, um die Änderungen zu speichern.

Begriff	Definition
Analyse	Als Analyse wird der Prozess bezeichnet, der das Verhalten einer Tragwerkkonstruktion modelliert, um herauszufinden, ob sie die externen Lasten tragen kann, für die sie entworfen wurde. Bei einer Analyse werden verschiedene Größen wie Verschiebungen, Spannungen und der Sicherheitsfaktor berechnet.
Balken	Ein Balken ist ein Strukturbauteil mit einem konstanten Querschnitt. Bei Belastung zeigt ein Balken in der Regel ein Biegeverhalten.
Baugruppe	Eine Baugruppe bezeichnet ein Dokument, in dem Bauteile, Features und andere Baugruppen (Unterbaugruppen) zusammengefügt sind. Die Teile und Unterbaugruppen existieren in von der Baugruppe getrennten Dokumenten. SOLIDWORKS Baugruppendateien weisen die Erweiterung SLDASM auf.
Baumstruktur des FeatureManagers	Die linksseitig im SOLIDWORKS Fenster angezeigte Baumstruktur des FeatureManagers stellt eine Übersicht über das aktive Objekt (Bauteil, Baugruppe oder Zeichnung) zur Verfügung.
Bauteil	Ein Bauteil ist ein einzelnes, aus verschiedenen Features zusammengesetztes 3D-Objekt. Ein Bauteil kann als eine Komponente in einer Baugruppe verwendet und in zweidimensionaler Form in einer Zeichnung dargestellt werden. Beispiele für Bauteile sind Bolzen, Stifte, Platten usw. SOLIDWORKS Bauteildateien weisen die Erweiterung SLDPRT auf.
Benannte Ansicht	Eine benannte Ansicht ist eine spezielle Ansicht eines Teils oder einer Baugruppe (isometrisch, Draufsicht usw.) oder ein benutzerdefinierter Name für eine spezielle Ansicht. In der Ansichtsausrichtungsliste aufgeführte benannte Ansichten können in Zeichnungen eingefügt werden.
Bewegungs-simulation	Dies ist die dynamische Darstellung eines Modells oder einer eDrawing-Datei. Die Bewegungssimulation animiert die Bewegung oder stellt verschiedene Ansichten dar.
Biegung	Die Biegung ist die übliche Verformung eines längs zur Achse belasteten Balkens. Sie wird auch als Krümmung bezeichnet.
Dokument	Ein SOLIDWORKS Dokument ist eine Datei, die ein Bauteil- oder Baugruppenmodell oder eine Zeichnung enthält.

Begriff	Definition
eDrawing	Eine eDrawing ist die kompakte Darstellung eines Teils, einer Baugruppe oder einer Zeichnung. eDrawings sind so kompakt, dass sie per E-Mail versendet werden können. Außerdem können sie aus einer Reihe von CAD-Dateitypen, wie z. B. SOLIDWORKS und SOLIDWORKS Daten, erstellt werden.
Einheitensystem	Ein Einheitensystem ist eine Kombination aus Längen-, Massen- und Zeiteinheiten, die in der Regel durch die Auswahl von IPS oder MMGS festgelegt wird.
Element	Ein Element ist eine einfache Form, die einen kleinen Bereich eines Modells darstellt. Die Summe aller Elemente bildet das Modell.
Externe Last	Dies ist eine von außen auf eine Konstruktion ausgeübte Kraft (bzw. der damit bewirkte Druck). Bei einer Fachwerkbrücke kann diese Kraft beispielsweise das Gewicht eines Zuges sein.
Fachwerk	Dies beschreibt eine einfache Brückenkonstruktion, die üblicherweise für Eisenbahnüberführungen verwendet wird.
Feature	Ein Feature ist eine individuelle Form, die in Verbindung mit anderen Features ein Bauteil oder eine Baugruppe beschreibt. Features werden immer in der Baumstruktur des FeatureManagers aufgelistet.
Festigkeit	Die Festigkeit oder Steifigkeit eines Balkens hängt sowohl von der Form des Querschnitts (Flächenträgheitsmoment) als auch vom Material ab.
Fläche	Eine Fläche ist ein auswählbarer Bereich (planarer oder anderer Art) eines Modells oder einer Oberfläche mit Rändern, der sich zur Festlegung der Form des Modells bzw. der Oberfläche eignet. Beispiel: Ein quaderförmiger Volumenkörper besitzt sechs Flächen.
Fließgrenze	Die Fließgrenze beschreibt die auf den Spannungen in einem Balken basierende Grenze für die Festigkeit des Balkens.
Grafikbereich	Der Grafikbereich bezeichnet den Bereich im SOLIDWORKS Fenster, in dem die grafische Darstellung eines Bauteils, einer Baugruppe oder einer Zeichnung zu sehen ist.
Knoten	Ein Knoten ist ein Punkt, mit dem Elemente verbunden und geformt werden.
Komponente	Als Komponente wird ein Bauteil oder eine Unterbaugruppe innerhalb einer Baugruppe bezeichnet.
Linie	Eine Linie ist ein gerades Skizzenelement mit zwei Endpunkten. Eine Linie kann durch Projektion eines äußeren Elements, beispielsweise einer Kante, Ebene, Achse oder Skizzenkurve, auf der Skizze erzeugt werden.

Begriff	Definition
Material	Dies ist der Werkstoff, aus dem die Balken einer Konstruktion gefertigt sind. Eine echte Tragwerkkonstruktion besteht in der Regel aus Stahl, kann aber auch aus Holz oder Beton gebaut sein. In dem hier behandelten Übungsprojekt wird Holz verwendet.
Modell	Als Modell wird die 3D-Volumenkörper-Geometrie in einem Bauteil- oder Baugruppendokument bezeichnet. Wenn ein Bauteil- oder Baugruppendokument mehrere Konfigurationen enthält, stellt jede Konfiguration ein separates Modell dar.
Montage- vorrichtung	Mithilfe von Montagevorrichtungen wird die Beweglichkeit von Punkten im Modell eingeschränkt. Sie werden auch als Zwangsbedingungen oder Randbedingungen bezeichnet.
Newton	Dies ist die Maßeinheit des internationalen Einheitensystems SI (m-kg-s) für Kraft. Eine Kraft von 1 Newton beschleunigt eine Masse von 1 Kilogramm um 1 Meter pro Sekunde. In herkömmlicher angelsächsischer (imperial) Terminologie entspricht 1 Newton ungefähr 0,225 lbf (Pounds of Force = Pfund-Kraft). Die Maßeinheit Newton ist nach Isaac Newton (1642-1727) benannt. Er war der erste Mensch, der eindeutig die Beziehung zwischen Kraft (F), Masse (m) und Beschleunigung (a) verstand, wie sie in der Formel $F = ma$ zum Ausdruck kommt.
Pascal	Dies ist die Maßeinheit des internationalen Einheitensystems SI (m-kg-s) für Druck und Spannung. Pascal ist definiert als 1 Newton pro Quadratmeter. In herkömmlicher angelsächsischer (imperial) Terminologie entspricht 1 Pascal ca. $145,04 \times 10^{-6}$ psi (Pounds per Square Inch = Pfund pro Quadratzoll). Da dies ein sehr kleiner Wert ist, werden oft die zugehörigen Einheiten MPa (Megapascal) und kPa (Kilopascal) verwendet. Die Einheit wurde nach Blaise Pascal (1623-1662), einem bekannten Mathematiker und Physiker, benannt.
Randbedingung	Randbedingungen beschreiben die Teile eines Modells, die in der Analyse nicht bewegt werden können.
Rechteck	Ein Rechteck ist eine Kombination aus vier Linien, die eine rechteckige Form in einer Skizze bilden.
Schweiß- konstruktion	Eine Schweißkonstruktion ist eine auf einer 2D- oder 3D-Skizze, einem Profil und mehreren Körpern basierende Konstruktion in einem einzelnen Teil.
Schweiß- konstruktions- profil	Dies ist eine 2D-Skizze, die den Querschnitt eines Strukturbauteils darstellt.
Sicherheitsfaktor	Dies ist ein bei der Analyse berechneter Wert, der bestimmt, ob eine Konstruktion fest genug ist, um den externen Lasten zu widerstehen, die auf sie angewendet werden.
Simulations- Studienbaum	Dies ist eine Baumstruktur ähnlich der des FeatureManagers, die die Features der Simulation enthält.

Begriff	Definition
Simulationsstudie	Eine Simulationsstudie ist ein Ordner, in dem eine komplette Analyse einschließlich Materialien, Montagevorrichtungen, externen Lasten und Netz gespeichert wird.
Skizze	Eine 2D-Skizze ist ein Ensemble von Linien und anderen 2D-Objekten auf einer Ebene oder Fläche, das als Basis für ein Feature (beispielsweise einen Sockel oder Aufsatz) dient. Eine 3D-Skizze ist nicht-planar und kann zum Beispiel als Führungsinstrument für Sweep- oder Loft-Vorgänge verwendet werden.
SOLIDWORKS Simulation	Dies ist die in SOLIDWORKS integrierte Software, mit der eine Konstruktionsanalyse ausgeführt wird.
Spannung	Die Spannung ist eine Größe, die als Kraft pro Flächeneinheit innerhalb einer Konstruktion bestimmt wird. Diese Kraft wird durch externe Lasten außerhalb der Konstruktion bewirkt. Übliche Maßeinheiten sind Pascal und Pfund pro Quadratzoll (Pounds per Square Inch, psi).
Spannungsverteilung	Dies ist eine Teildarstellung, bei der die im Teil auftretenden Spannungen anhand einer Farbcodierung angezeigt werden. Jede Farbe entspricht einem bestimmten Bereich von Spannungswerten.
Strukturbauteil	Ein Strukturbauteil ist ein einzelner Körper in einer Schweißkonstruktion, der einen Balken oder eine bestimmte Länge Holz darstellt.
Stufen der Strukturanalyse	Die verschiedenen Stufen einer allgemeinen Analyse, bestehend aus Vorverarbeitung (Vorbereitung), Analyse und Nachbearbeitung (Aufbereitung und Darstellung der Ergebnisse). Für die Analyse wird SOLIDWORKS Simulation verwendet.
Tragwerk-konstruktion	Dies ist eine Sammlung von Balken, die verwendet werden, um ein einzelnes Teil zu formen. In SOLIDWORKS wird dieser Typ von Teil als Schweißkonstruktion bezeichnet. Mehrere Stücke werden zu einem Teil verschweißt.
Umgebung	Die Umgebung beschreibt die äußeren Faktoren, die das Verhalten einer Konstruktion beeinflussen. Zu diesen Faktoren zählen angewendete externe Lasten und Bedingungen, welche die Bewegung einschränken.
Vernetzung	Dies ist das Verfahren der Unterteilung des Modells in kleine Teile, die als Elemente bezeichnet werden.
Verschiebung	Die Verschiebung beschreibt die Lageveränderung eines Balkens relativ zur Ursprungsposition nach der Anwendung einer Last.
Zeichnung	Eine Zeichnung ist eine zweidimensionale Darstellung eines dreidimensionalen Bauteil- oder Baugruppenmodells. SOLIDWORKS Zeichnungsdateien weisen die Erweiterung SLDDRW auf.

Begriff	Definition
Zeichnungsblatt	Ein Zeichnungsblatt ist eine Seite in einem Zeichnungsdokument.
Zugspannung und Druckspannung	Dies sind im Innern eines Balkens auftretende Kräfte, die durch Biegung verursacht werden.

