

LehrerInnen- einführung

s t a t i k m o b i l



UNIVERSITÄT
MOZARTEUM
SALZBURG

architektur – technik + schule

Liebe Lehrerinnen und Lehrer!

„Bildung ist ein wichtiger Standortfaktor, daher sollen Naturwissenschaft und Technik nicht nur in Wissenschaft und Forschung, sondern auch im schulischen Bildungsbereich eine wichtige Rolle spielen. Der Forschungskoffer „statikmobil“ ist ein weiterer Impuls, um den Schülerinnen und Schülern Lust auf Technik zu machen. Schließlich drücken die Forscherinnen und Forscher von morgen heute noch die Schulbank. Initiativen wie diese erhöhen nicht zuletzt auch die Chancen, besonders Frauen für Technik und technische Berufe zu begeistern.“

Das *statikmobil* versteht sich als Angebot an Lehrende, Aspekte des Fachbereichs Baustatik mit SchülerInnen zu erarbeiten.

Das *statikmobil* ist ein Versuchs- und Experimentiermaterial, das in seinen Grundzügen auf **analogen Modellmethoden** der Bautechnik/Architektur aufbaut.

Naturwissenschaftlich-Technische Arbeitsweisen, wie die des Ausprobierens, des Beobachtens, des Messens, des Testens, des Beschreibens, des Dokumentierens, des Rückschlusses Ziehens, ... soll bei der Arbeit mit dem Baukasten ausprobiert und ausgebaut werden.

Geschichte des Baukastens

Das *statikmobil* als Experimentierbaukasten geht auf eine Idee von Dipl.Ing. Christian Schmirrl und Dr. Wolfgang Richter um 1995 zurück, die einen Statikbaukasten mit 10 Stationen entwickelt haben.

Im Rahmen des IMST-Projekts (Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching) „*dat coming mature*“, das vorbereitend auf das neuentwickelte Oberstufenfach Technisches Werken „design – architektur – technik“ (dat) am Wirtschaftskundlichen Bundesrealgymnasium Salzburg durchgeführt wurde, wurde 2009 an der Erweiterung bzw. Neustrukturierung des bestehenden Baukastens gearbeitet.

Dabei beschäftigten sich StudentInnenteams der Universität Mozarteum/Werkpädagogik mit je einem Konstruktionsprinzip, wobei die Verbindung praktischer Erfahrungen mit Wissensaneignung im Mittelpunkt des Seminars stand. Als Grundlage für die didaktische Vermittlung diente das von Mag. Edith Lienhart im IMST-Projekt „Schnittstelle“ 2008 an der Universität Mozarteum entwickelte und evaluierte Konzept eigenverantwortlichen Lernens.

Zudem versteht sich das *statikmobil* als ein stetig in Entwicklung befindliches Vermittlungsmedium, das durch Wissens- und Erfahrungszuwachs optimiert werden soll.

Das *statikmobil* versteht sich demnach als:

- 1) **Experimentier- und Forschungskoffer für Kinder und Jugendliche**
- 2) **Fortbildungsmedium für Lehrende**

Struktur und Aufbau

Dem „statikmobil“ liegt die Tragwerkslehre Heino Engels zugrunde, der in seinem erstmals 1997 erschienenen Buch „Tragwerkslehre“ bis heute ein leicht verständliches einführendes Standardwerk zum Thema veröffentlicht hat. So sind etwa die systematische Einteilung von Tragwerkssystemen und viele Zeichnungen (oft modifiziert) daraus entnommen (das Buch liegt dem statikmobil bei).

Das statikmobil behandelt 3 Arten Formaktiver Tragwerkssysteme.

Formaktive Systeme:

1. **Seil** – Tragwerke
2. **Zelt** – Tragwerke
3. **Pneu** – Tragwerke

Das statikmobil enthält Jedes Konstruktionsmodul enthält:

- **Sachanalytisches Material** (Bücher, Informationsmappe, CD-Rom)
- **Didaktisches Material** (mögliche Umsetzungskonzepte, Arbeitsblätter, Anwendungsbeispiele, Körpererfahrungsexperimente, Dokumentationshinweise, Experimentierprotokolle)
- **Experimentier Set** (den Konstruktionsprinzipien entsprechende Bauteile (Lochleisten, Schnüre, Schrauben, Muttern, ...), Materialien/Halbzeug (Draht, Seifenlauge, PVC/PE-Folien, Papier, Kartone, ...), Werkzeug (Schraubenzieher, -schlüssel, Falzbein, ...), Gerät (Messgeräte, Pumpe, Gestelle,).
- **Inventarliste**

Materialien

In den Versuchsanordnungen werden Teile, die im statikmobil nicht enthalten sind, zur Durchführung von Versuchen jedoch notwendig sind, mit der Bezeichnung „Zusatzmaterial!“ (ZM) gekennzeichnet, und sollen durch die Benutzer selbst bereitgestellt werden.

Teile, die in der Durchführung von Versuchen verbraucht werden, sind mit der Bezeichnung „Verbrauchsmaterial!“ (VM) versehen. Dieses Material sollte vom Benutzer nach Verbrauch wieder ergänzt bzw. vervollständigt werden.

Methodisch-didaktische Hinweise:

Verwendung

Die Materialien können auf mehrere Arten verwendet werden:

1. Im **modularen Stationenbetrieb** mit den beiliegenden Arbeitsblättern:
 - a) Aufbauend nach der Reihe (z.B. als Einführung in das Thema als Lehrerversuche)
 - b) Gleichzeitig (z.B. als Klassenarbeit)
2. Als **frei zu verwendendes Unterrichtsmaterial** mit selbstgestellten Aufgabenstellungen.
3. Als Ergänzung zum Lehrervortrag (Modelle)
4. ...

Die Modulmaterialien können **frei kombiniert** und durch **zusätzliches Material erweitert** werden (z.B. Schnüre, Stoffe, Luftpumpen, Messgeräte, ...).

Dokumentation:

Das Prinzip Baukasten ermöglicht zwar ein Lernen über Versuch-Irrtum mit vielschichtigen Erfahrungen, hat aber kein dauerhaft bleibendes Objekt zum Ziel - der Entwicklungsprozess steht hier im Mittelpunkt.

SchülerInnen sollen ihre Versuche als Forschungsarbeit verstehen und die Schritte ihres Experimentierens als wertvolle Erfahrung erleben. Erfolgreiche wie scheinbar erfolglose Konstruktionsgebilde führen zu Einsichten. Dabei soll im Festhalten des Suchens nach Lösungen durch stetige Dokumentation die Bedeutung des eigenen Lernprozesses bewusst gemacht werden.

„Fehler Machen“ als Notwendigkeit von Lernen ist hier unausweichlich. Unkonventionelle Herangehensweisen und Lösungen sind ohne Sackgassen nicht denkbar. In der Dokumentation wird durch Vergleich unterschiedlicher Wege die Bedeutung von „Fehlern“ für das Fortkommen erst verständlich.

Daher wird im Sinne der Bewusstmachung, Strukturierung und Vertiefung des Erlebten und Erfahrenen das begleitende dokumentarische Festhalten empfohlen.

Um die Erfahrungen bewusst zu machen und genau zu beobachten, sind an die Versuche Forscherprotokolle angebunden, die in der Regel 3- oder 4-teilig aufgebaut sind:

1. **Zeichnung**
2. **Beschreibung**
3. **Erklärung**
4. **Messung**

Zusätzlich können auch **Foto** und **Film** eingesetzt werden.

Versuchsarten:

Körpererfahrungen (KE) zielen auf die unmittelbare Erlebnisebene. Die körperliche Erfahrung schafft einen direkten Bezug zum jeweiligen Thema und baut ein tiefgreifendes Verständnis der statischen Situation auf.

Grundlagenversuche (GV) beziehen sich auf Grundelemente/Detailfragen eines Konstruktionsprinzips, die modellhaft erfahren werden können.

Modellversuche (MV) verbinden die Erfahrungen aus mehreren GV zu einem übergeordneten Modellversuch.

Aufgabenstellungen (AS) sind reale Themenstellungen, in denen das Gelernte aus KE, GV, und MV angewendet werden soll.

Anwendungen (AW) sind weiterführende Aufgabenstellungen, die reale 1:1 Konstruktionen zum Ziel haben. Sie bauen auf den Erfahrungen aus dem Arbeiten mit dem Baukasten auf und können auch modellhaft mit Baukastenmaterial vorbereitend entwickelt werden.

Die **Angabe zur SchülerInnenzahl** in den Arbeitsblättern meint die Mindestzahl an SchülerInnen, die für den Versuch notwendig ist. Die meisten Versuche können allerdings auch von mehreren SchülerInnen im Team durchgeführt werden.

Nutzung der digitalen Unterlagen (CD)

Sämtliche Unterlagen sind als Word Dokumente und als PDF formatiert.

Damit können die Unterlagen nach den jeweiligen Bedürfnissen der Lehrenden weiterverarbeitet werden. So können Aufgabenstellungen, Beschreibungen, Grafiken/Bildbeispiele, ... ergänzt oder weggelassen werden. Dabei können auch neue Unterrichtsmittel wie Informationszettel, Test, Einführungsmaterial (z.B. Powerpoint), Plakate, ... entstehen.

Sichtbarmachen von Kräfteflüssen:

Die Übungen und Versuche können durch das Sichtbarmachen von Kräfteflüssen erweitert werden, indem das beiliegende blaue Isolierband (als Pfeile zugeschnitten) auf den Konstruktionsteilen aufgeklebt wird.

Zudem können auch die Inneren Kräfte sichtbar werden. Die in den Bauteilen auftretenden Spannungen und Widerstände werden dabei mit gelbem Isolierband als Pfeile aufgebracht.

Blau = Kraftfluss

Gelb = Innere Kräfte

Gebrauchshinweise:

Kunststoffrohre und Montageplatte/Stretchstoff

Die Kunststoffrohre, die in Verbindung mit der Montageplatte verwendet werden, müssen mit **Abdeckkappen** an der Kontaktseite (Kontakt mit Montageplatte) versehen werden!

Die Kunststoffrohre, die in Verbindung mit dem Stretchstoff (Membran) verwendet werden, müssen mit **Abdeckkappen mit Filz** an der Kontaktseite (Kontakt mit Stretchstoff - Membran) versehen werden, um den Stoff nicht zu durchtrennen!

Versuche

Belastungsversuche

Belastungsversuche können auf verschiedene Weise durchgeführt werden:

- Einhängen von Gewichten (Fixierschraube o.ä.)
- Windlast durch **Kaltluftföhn!!!**
- Auflegen von Gewichten. Variation der Lasteinwirkungen können dabei nach Größe, Wirkstelle und Art (Punktlast, Streckenlast, Flächenlast) verändert werden.
- ...

In Belastungsversuchen sollen die Lasteinwirkungen und Bauteile in ihrem Verformungsverhalten (Dehnung, Biegung, ...) **beobachtet und dokumentiert** (Foto, Skizze, Film, ...) werden.

Bei Bedarf können die eigenen Erkenntnisse mit dem Lexikon überprüft werden.

Belastungsversuche, die zur Zerstörung führen, sind zwar sehr lehrreich, dürfen allerdings nicht mit Baukastenteilen durchgeführt werden. Dafür eignen sich Versuchsanordnungen mit Materialien, die von der Lehrperson bereitgestellt werden.

Die SchülerInnen müssen unbedingt darauf hingewiesen werden, dass Belastungsversuche **nicht bis zur Zerstörung** (Reißen, Bruch, ...) von Baukastenteilen durchgeführt werden dürfen!

Bei Fragen und Austausch, Verbesserungsvorschlägen können sie sich gerne melden bei

Mag. Erwin Neubacher

Universität Mozarteum/Werkpädagogik

Alpenstrasse 75

5020 Salzburg

Email: erwin-georg.neubacher@moz.ac.at

Wirtschaftskundliches Bundesrealgymnasium Salzburg

Josef-Preis-Allee 5

5020 Salzburg

Tel. 0662/843662

Verein „architektur, technik und schule“

Gebirgsjägerplatz 10

5020 Salzburg

Anhang

Rezepte zur Herstellung von Seifenlauge:

- 2/3 Tasse Spülmittel, 4 l Wasser, 2–3 EL Glycerin

oder:

- 100 g Zucker, 2–3 EL Salz, 1,4 l Wasser, am besten destilliert, 150 ml Spülmittel, 12 ml Glycerin

oder für Riesenblasen:

- 1 l Wasser, 500 g Zucker, 750 g Neutralseife, 25 g Tapetenkleister (mit Methylcellulose). Das Wasser aufkochen und mit dem Zucker vermischen, bis er sich aufgelöst hat. Wenn das Zuckerwasser lauwarm wird, Neutralseife und Tapetenkleister dazugeben und 24 Stunden stehen lassen. Dann 9 Liter Wasser hinzufügen und umrühren. In Blumentopf-Untersätze oder Plastikbecken füllen.

oder für dauerhaftere Blasen:

- 1/3 kommerzielle Seifenblasenlösung, 1/3 Wasser, 1/3 Glycerin

(Glycerin ist in jeder Apotheke erhältlich und 100 mg kosten etwa 2,50 Euro, es ist ungiftig – kann aber bei Einnahme starken Durchfall verursachen.)

Zusätzliche Arbeitsaufträge:

- ✓ Mache den **Kräftefluss in deiner Konstruktion** mithilfe des blauen Tixos sichtbar. Länge dazu den Tixostreifen in ca. 2 cm Stücke ab und schneide an einer Seite eine Pfeilform zu.
- ✓ Mache die **Inneren Kräfte in den Bauteilen** deiner Konstruktion durch das gelbe Tixo sichtbar. Länge dazu den Tixostreifen in ca. 2 cm Stücke ab und schneide an einer Seite eine Pfeilform zu.
- ✓ Suche im Internet nach Beispielen aus dem Bauwesen zu deinem Konstruktionsthema.
- ✓ Suche im Internet nach Beispielen zu deinem Konstruktionsthema aus Sachgebieten, die nicht aus dem Bauwesen kommen (Natur, Haushalt, Verkehr, Sport, ...)

- ✓ Nimm dir die beiden Modellfiguren im Maßstab 1:50 und 1:100 und stelle sie nacheinander auf dein Konstruktionsmodell. Versuche jeweils die Raumgröße für die Wirklichkeit abzuschätzen und überlege, welche Funktion dein Modell jeweils erfüllen könnte. Begründe deine Ideen und mache eine Zeichnung dazu.
- ✓ Versuche eine Versuchsanordnung zu entwickeln, mit der du Kräfte, in deinem Modell messen kannst (Federkraftmesser, Luftdruckmesser, Lineal, TZ Dreieck, ...)
- ✓ Überlege dir, wie du dein Modell – oder auch nur Bauteile - auf unterschiedliche Belastungsarten testen kannst.
- ✓ Geht auf einen Kinderspielplatz und untersucht die Spielgeräte nach konstruktiven Gesichtspunkten.
- ✓ Suche in deiner Umgebung ein Bauwerk, das nach ähnlichen Konstruktionsprinzipien geplant wurde und das dich interessiert. Formuliere 10 Fragen zur Konstruktion des Bauwerks und versuche darüber Informationen zu bekommen (BautechnikerIn, ArchitektIn, Gemeinde, BenutzerInnen, ...), um deine Fragen zu beantworten.

Anwendungen:

- ✓ Versucht mit einem Brett eine Überbrückung von 1,5 m zu entwickeln, die mindestens 1 Schüler tragen kann. Verwende dazu nur Seile und Stäbe für die Stabilisierung.
- ✓ Versucht mit einer 3 m langen Metallstange (10 mm) einen aufstehenden Masten nur mit Schnüren/Seilen und Stäben so zu verspannen, dass die Stange
 1. in sich stabil wird (sich nicht mehr verbiegt) und
 2. aufgestellt nicht mehr umfällt.
- ✓ Überdacht eine Fläche von ca. 4 m² mithilfe einer pneumatischen Tragwerkskonstruktion. Verwende dazu Abdeckplanen und Klebenstreifen.
- ✓ Versucht ein Gesetz für das Verhalten von Seilen zu formulieren und zu begründen.
- ✓ Vergleicht am Ende der Stunde, ob ihr in der Klasse auf dieselben Ergebnisse gekommen seid und begründet eure Meinungen (Im Zweifelsfall könnt ihr auch das Lexikon nach der richtigen Antwort befragen).

...

Literaturliste

Grundlagen Baustatik

„Statik“ – Grafische Statik und Trägerlehre

Müller Kurt, Alles Heinz Otto

Vogel Vlg., Würzburg 1999 8. Aufl – ISBN 3-8023-1808-0

„Kleine Baustatik“

Schulze Walter, Lange Joachim, Wanner Artur

B.G. Teubner Vlg., Stuttgart/Leipzig/Wiesbaden 2002 12. Auflage – ISBN 3-519-25625-8

„Bildlexikon der Architektur“

Ching Francis D. K.

Campus Vlg., Frankfurt/New York 1996 – ISBN 3-593-35579-5

„David Macaulay´s grosses Buch der Bautechnik“

Macaulay David

Gerstenberg Vlg., Hildesheim 2002 – ISBN 3-8067-4962-0

„Baukonstruktionslehre“

Mittag Martin

Vieweg Vlg., Braunschweig/Wiesbaden 2000 – ISBN 3-528-02555-7

„Statik 1“ – einschließlich Festigkeitslehre

Böhm Alfred, Fritsch Reinhold

Manz Vlg., Wien 1993 5. Auflage – ISBN 3-214-91104-X

Schulbuch-Nr. 1093

„Statik 2“ – einschließlich Festigkeitslehre

Böhm Alfred, Fritsch Reinhold

Manz Vlg., Wien 1993 3. Auflage – ISBN 3-214-91105-X

Schulbuch-Nr. 2379

„Statik 3“ – einschließlich Festigkeitslehre

Böhm Alfred, Fritsch Reinhold

Manz Vlg., Wien 1989 2. Auflage – ISBN 3-214-91106-6

Schulbuch-Nr. 2879

„Lehrerhandbuch für den Technischen Werkunterricht“ Band 2

Mämpel Uwe

Beltz Vlg., Weinheim/Basel 1975 – ISBN 3-407-35352-9

„Tragsysteme“

Engel, Heino

Gerd Hatje, Ostfildern, 1997, ISBN 3-7757-0706-9

Fachhochschule Köln 31 XBM 1336(2)+

„Bauwerk Tragwerk Tragstruktur“

Büttner Oskar/Kampe Erhard, Berlin Ernst&Sohn, 1985, ISBN 3-433-01025-0

„Die Konstruktiven Prinzipien der Architektur“

Sandaker, B.N. und Eggen, A.P.

Birkhäuser, Basel, 1994, ISBN 3-7643-2983-1

„Tragwerke in der Konstruktiven Architektur“

Kurt Ackermann
Deutsche Verlagsanstalt, Stuttgart 1988, ISBN 3-421-02947-4

„30 Brücken“
Matthew Wells, Hugh Pearman
Callwey, München 2002, ISBN 3-7667-1501-1

„Seifenhäute und Minimalflächen“
Teresa Matiasek
Diplomarbeit an der TU Wien, 2007

„Das wohltemperierte Netz“
Alexander Stahr
Dissertation an der Bauhaus-Universität Weimar, Weimar 2008

„DAB – Textiles Bauen“
Jörg Tritthardt
Veröffentlicht im Deutschen Architekten Blatt (Ba-Wü), 1/2000 und 3/2000

Natur und Architektur

„Natürliche Konstruktionen“
Frei Otto
Formen und Strukturen in Natur und Technik und Prozesse ihrer Entstehung
DVA, Stuttgart, 1982, ISBN - 3-421-02591-6
grundlegendes Werk zum Thema

„Form und Leben“ Konstruktionen vom Reissbrett der Natur
McMahon, A. und Tyler Bonner, John
Spektrum der Wissenschaft, Heidelberg, 1985 - ISBN 3-922508-70-7

„Prozess und Form Natürlicher Konstruktionen“
Sonderforschungsbereich 230
Hrsg. Klaus Teichmann, Joachim Wilke
Ernst & Sohn, Berlin, 1996 - ISBN 3-433-02883-4

„Gestalt finden“ - Auf dem Weg zu einer Baukunst des Minimalen
Frei Otto und Bodo Rasch
Axel Menges, 1995 - ISBN 3-930698-65-X
wichtiges und anregendes, grundlegendes Werk zum Thema

„IL - Mitteilungen des Instituts für leichte Flächentragwerke (IL)“
Das Werk von Frei Otto und seinem Team in Heften.

„Architektur Natürlich“
Arch+ , Ausgabe Juli 1998

„Öko-Architektur“
Francisco Asensio Acero
Verlag W.Kohlhammer, Stuttgart Berlin Köln, 1999, ISBN 3-17-016068-0

„Die Kraft der Grenzen“ - Harmonische Proportionen in Natur, Kunst und Architektur
György Doczi
Dianus-Trikont, München, 1985 - ISBN 3-88167-110-2
grundlegendes Werk zum Thema

„Eco-Tech“ - Umweltverträgliche Architektur und Hochtechnologie
Catherine Slessor
Verlag Gerd Hatje, Ostfildern, 1997 - ISBN 3-7757-0716-6

„Construire avec la nature“ - Vingt architectures dans le paysage
Edouard Francois, Duncan Lewis & ass.
Edisud, Aix-en-Provence, 1999 - ISBN, 2-85744-992-5

„Des natures“ - Jenseits der Architektur
Dominique Perrault
Edition Architekturgalerie Luzern - Birkhäuser Verlag, Basel

„Kugel, Kreis und Seifenblasen“ Optimale Formen in Geometrie und Natur
Stefan Hildebrandt, Anthony Tromba
Birkhäuser Verlag, Basel, 1996 - ISBN 3-7643-5245-0

„Kosmische Architektur in Indien“ - die astronomischen Bauten des Maharaja Jai Singh II
Andreas Volwahn
Prestel Verlag, München, 2001 ISBN 3-7913-2506-X

„The Monumental Impulse“ - Architecture's biological roots
George Hersey
The MIT Press, Cambridge, 1999 - ISBN 0-262-08274-8

„Organische Architektur“
Der Bauimpuls Rudolf Steiners und die organische Architektur im 20. Jahrhundert
Pieter van der Ree
Verlag Freies Geistesleben & Urachhaus, Stuttgart, 2001, ISBN 3-7725-1897-4
grundlegendes Übersichtswerk

„Seeking Structure from Nature“ - the organic architecture of Hungary
Jeffrey Cook
Birkhäuser Verlag, Basel, 1996, ISBN 3-7643-5178-0

„Ars Imitatur Naturam“
Thesis, wissenschaftliche Zeitschrift der Bauhaus-Universität Weimar
Heft 6, 1997, ISSN 1433-5735

Architekten / Ingenieure / Bauwerke / Beispiele

„The Dymaxion World of Buckminster Fuller“
R. Buckminster Fuller und Robert Marks
Mehrere Ausgaben, u.a.
Anchor Press / Doubleday, Garden City, New York, 1973, ISBN 0-385-01804-5

„Inventions - The Patented Works of R. Buckminster Fuller“
R. Buckminster Fuller
St. Martin's Press, New York, 1983, ISBN 0-312-43477-4

„Bucky Works“ - Buckminster Fuller's Ideas for Today
J. Baldwin
John Wiley & Sons, New York, 1996, ISBN 0-471-12953-4 bzw. ISBN 0-471-19812-9

„Your Private Sky - R. Buckminster Fuller“ - Design als Kunst einer Wissenschaft
Katalog der Ausstellung

Herausgegeben von Joachim Krausse und Claude Lichtenstein
Verlag Lars Müller (CH-Baden) und Mus. für Gestaltung Zürich, 1999, ISBN 3-907044-93-2

„Future Systems - die Architektur von Jan Kaplicky und Amanda Levette“
Martin Pawley
Birkhäuser Verlag, Basel, 1993, ISBN 3-7643-2853-3

„Das Modell“
IL 34 - Mitteilungen des Instituts für leichte Flächentragwerke
Frei Otto, Hrsg.
IL, Stuttgart, 1989, ISBN 3-7828-2034-7

„Expodach“ - Symbolbauwerk zur Weltausstellung Hannover 2000
Thomas Herzog, Hrsg.
Prestel Verlag, München 2000, ISBN 3-7913-2382-2

„light tech“ - towards a light architecture / Ausblick auf eine leichte Architektur
Richard Horden / herausgegeben von Werner Blaser
Birkhäuser Verlag, Basel, 1995, ISBN 3-7643-5220-5

Schalenbau

„Heinz Isler Schalen“
Ramm, Ekkehard und Schunck, Eberhard
Karl Krämer, Stuttgart, 1986, ISBN 3-7828-1492-4

www.isler-heinz.ch

Pneumatische Konstruktionen

„Pneumatische Konstruktionen“ - Bauten aus Membranen und Luft
Thomas Herzog
Verlag Gerd Hatje, Stuttgart, 1976, ISBN 3-7757-0083-8

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Ruth: „Skript zum Seminar - Bubble gums“ aus: http://www.uni-weimar.de/Bauing/iki/massiv/mb2/Archiv/Veroeffentlichungen/bubblegums_script.pdf 25.8.2009

Roman Kramer

„Der konstruktive Entwurf von Stabnetzwerken am Beispiel des Naturtheaters Grötzingen“
Diplomarbeit an der Bauhaus-Universität Weimar, Weimar 2005
http://e-pub.uni-weimar.de/volltexte/2005/670/pdf/Diplomarbeit_Roman_Kramer.pdf
[17.7.2011]

Hintergrundinformation: **Institut für Leichtbau Entwerfen und Konstruieren**

Mehr unter <http://www.uni-stuttgart.de/ilek/Geschichte/>

Mehr unter <http://www.freiotto.com/FreiOtto%20ordner/FreiOtto/Hauptseite.html>