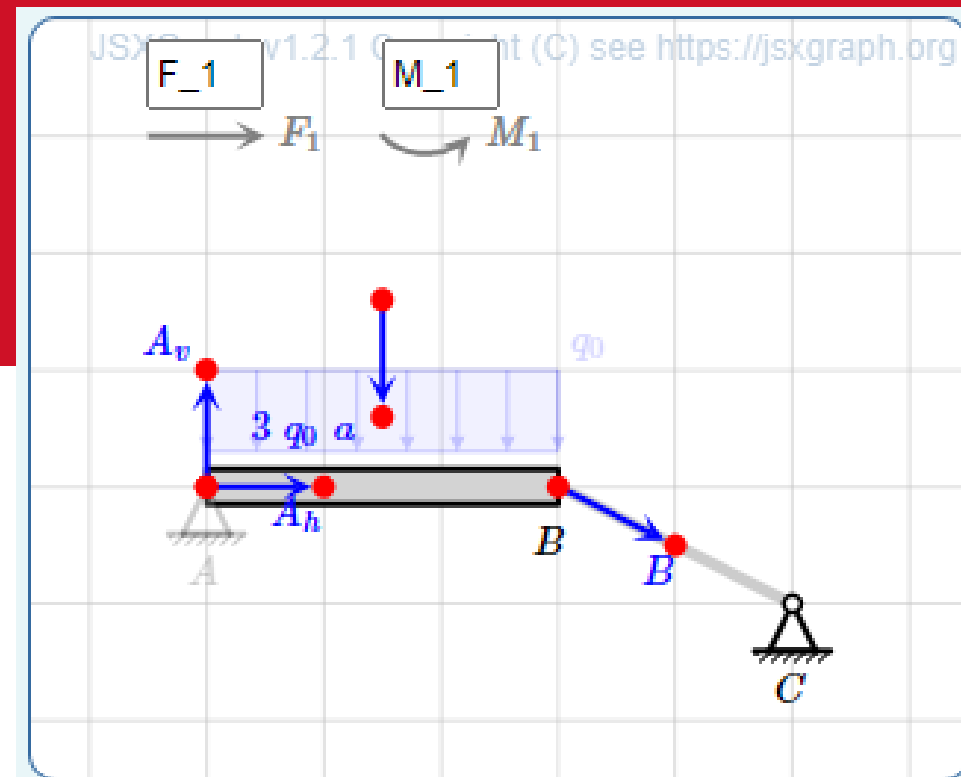# Meclib: Dynamic and Interactive Figures in STACK Questions Made Easy
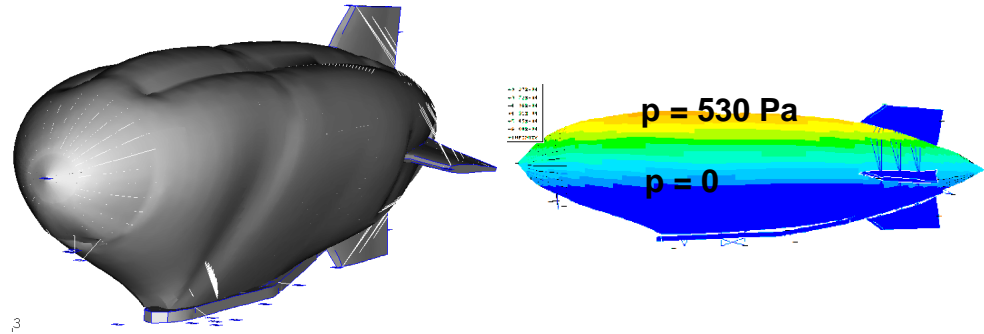
Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska

Outline

- Introduction

- Motivation

- Meclib as an authoring tool for JSXGraph images in STACK

- Input and assessment of free body diagrams

- Benefits of STACK 4.4

- Summary

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   2

Introduction

p = 530 Pa
p = 0

Education:

- Mechanical Engineering in Moscow, Freiberg (Sa.) and Berlin

- Research and teaching assistant at the Institute of Mechanics at the TU Berlin

Professional experience:

- Structural analysis at CargoLifter

- Metal forming simulation at INPRO Berlin

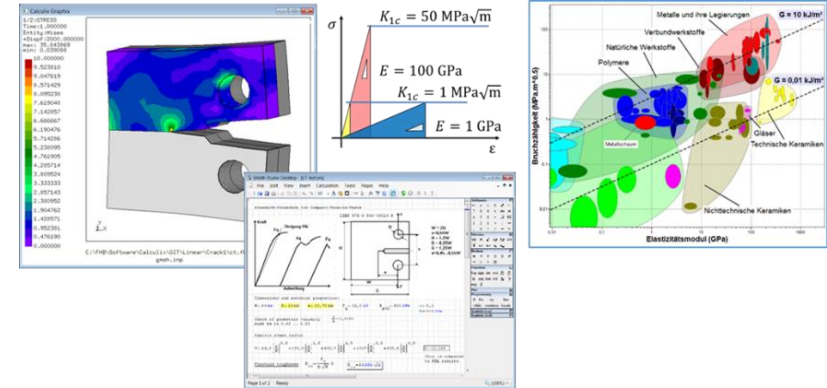- Non-destructive testing and process monitoring

Introduction

Teaching at THB:

- Engineering Mechanics
- Materials science (postgrad)
- Finite element analysis (3rd year and postgrad)
- Product development (3rd year)

Research at THB:

- Mechanics of materials and structures
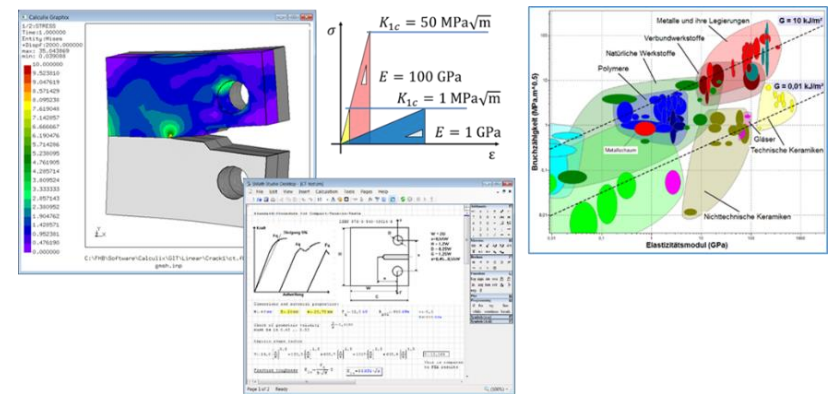- Application and extension of free math software and e-learning tools (SMath Studio, CalculiX, STACK)

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   4

Introduction

SMath Studio:

- [Free math software](#) similar to MathCAD
- Contributions
    - [German handbook](#)
    - [Advanced usage examples](#)
    - [Multilingual Interactive Getting Started](#)
    - [Plugin for access to Maxima for extended CAS features](#)
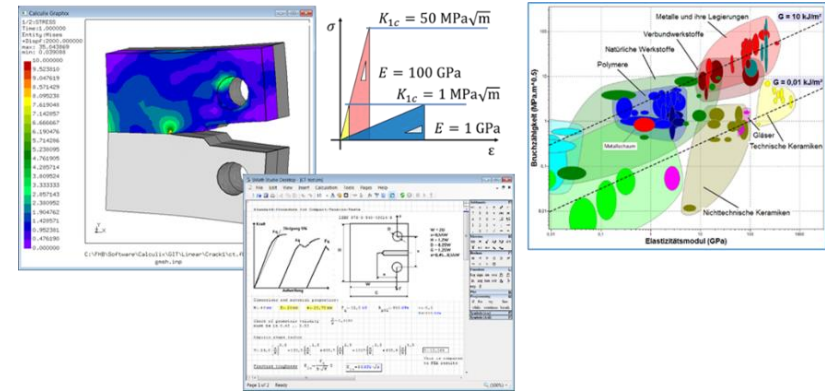   - Active user support in the [forum](#)

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   5

Introduction

CalculiX:

- Free nonlinear FEA software

- Contributions

  - Public example collection on Github

  - Sponsoring of development of pre/post features (relevant for teaching purposes)

STACK in Teaching Mechanics

Engineering Mechanics

- Heterogeneous students – need for asynchroneous e-learning materials with instant feedback 24/7

- Most questions involve sketches

- High importance of model building skills (sketching)

- High importance of unit handling

STACK has all we need

- Power of CAS

- Units

- Grapics via JSXGraph

- Powerful feedback concept

UE 04 Freischnitt und statische Bestimmtheit (10 min)

Zu gegebenen Systemen suchen Sie passende Freischnitte heraus und beurteilen, ob die Systeme statisch bestimmt, statisch unbestimmt oder beweglich sind.

UE 04 Auflagerreaktionen einfach (40 min)

Hier können Sie studieren, wie Systeme freigeschnitten werden. Trainiert wird das Aufstellen der Gleichgewichtsbedingungen und das Auflösen nach den unbekannten Auflagerreaktionen. Die Systeme sind vergleichsweise einfach gehalten.
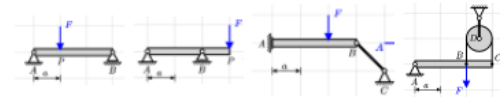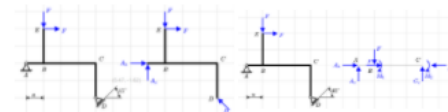
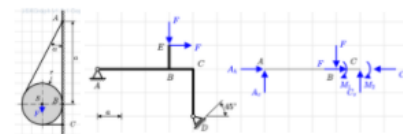UE 04 Auflagerreaktionen weniger einfach (40 min)
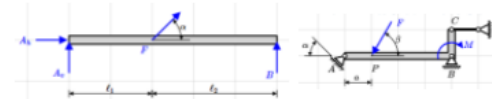
UE 04 Auflagerreaktionen Rahmen mit Reduktion (60 min)

Hier werden zunächst Auflagerreaktionen berechnet und dann das System auf einen horizontalen Balken reduziert. Dabei sind Versetzungsmomente zu berechnen.

HA 04

Moodle Quizzes of a typical week

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   7

STACK in Teaching Mechanics

Challenges

- Efficient implementation of standard formative feedback

    - Missing or unexpected variables

    - Wrong coefficients at certain variables

    - Numeric values off by a power of 10

    - Numeric values off by x%

    → Dedicated feedback functions/answer tests instead of PRTs

- Efficient production of interactive graphics

    - Consistent appeareance
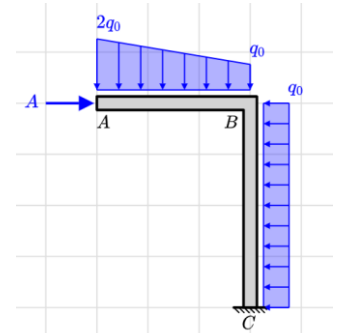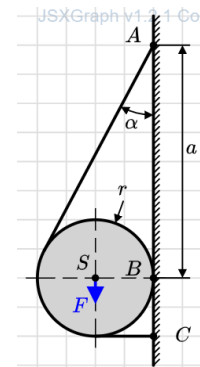
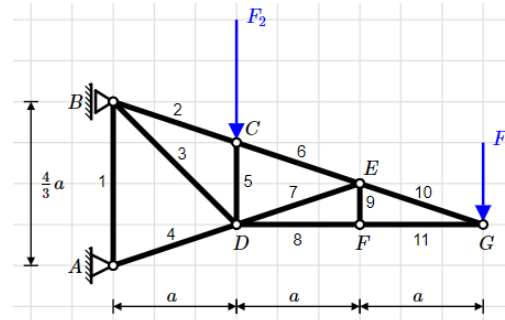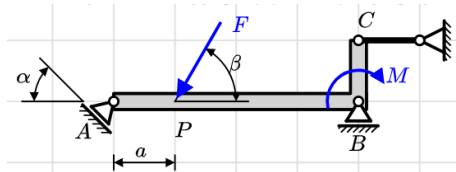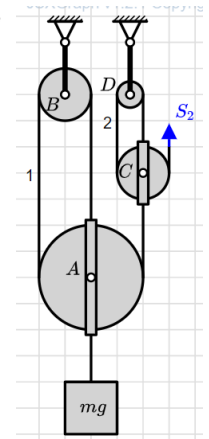   - Reduced complexity of authoring

    → Library of JSXGraph based objects controlled by Maxima variables (**Meclib)**

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   8

Meclib in Action

Engineering Mechanics (Statics)

- 66 static or randomized meclib questions
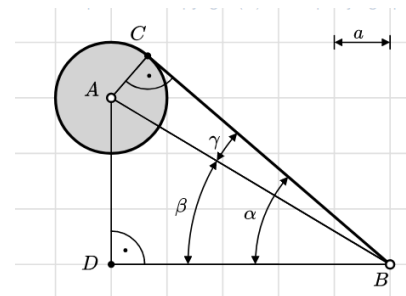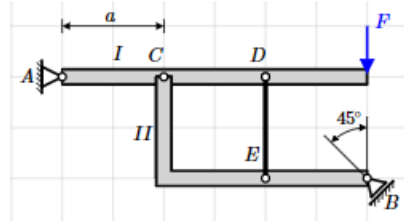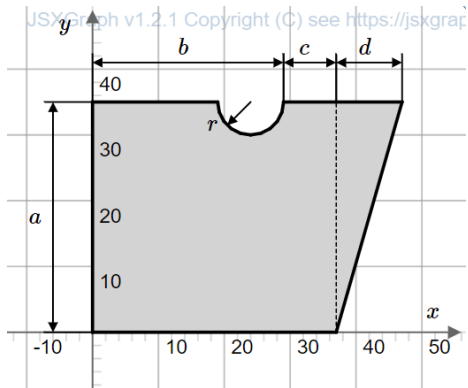
Meclib in Action

Strength of Materials
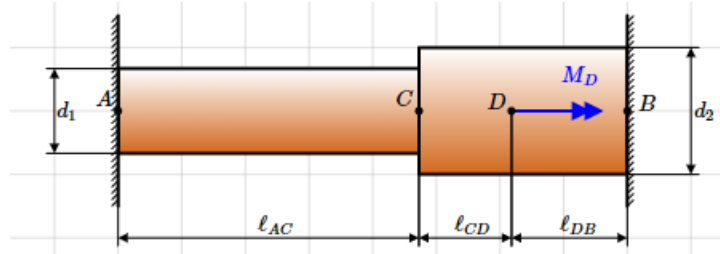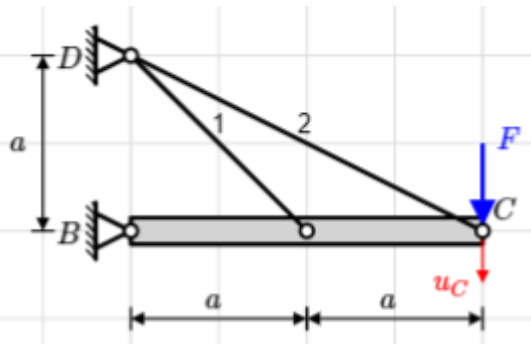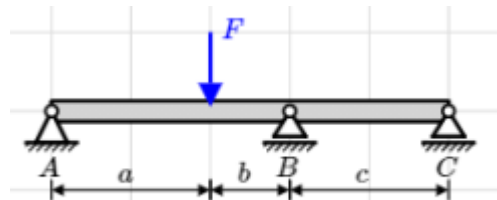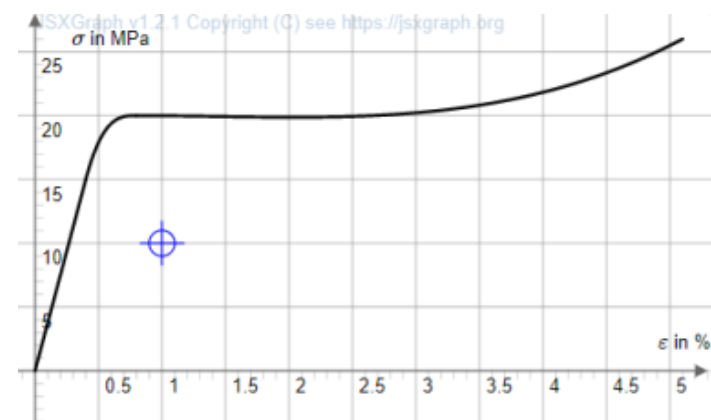
- 35 static or randomized meclib questions
- 3 interactive meclib questions
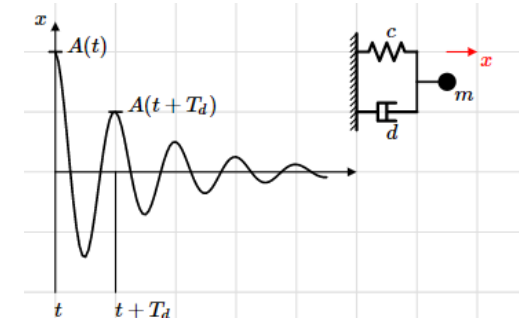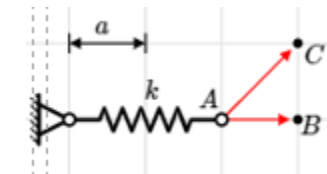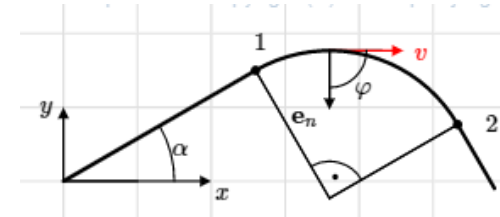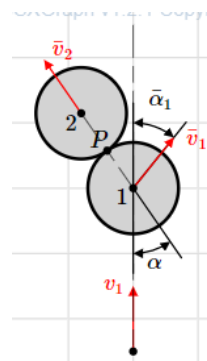- 2 interactive direct JSXGraph questions
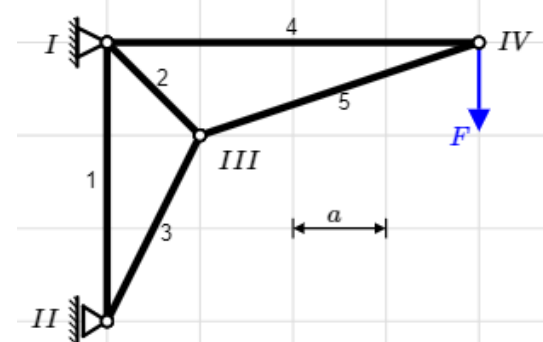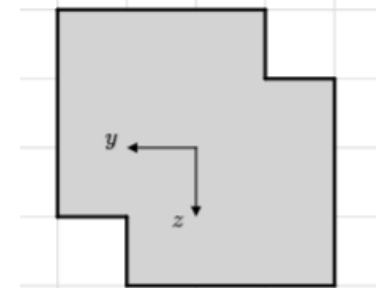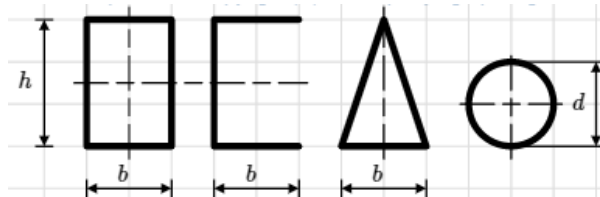
Meclib in Action

Dynamics

32 static or randomized meclib questions

1 interactive meclib question
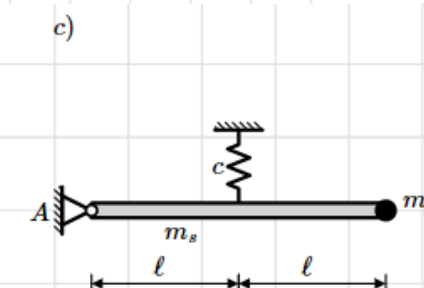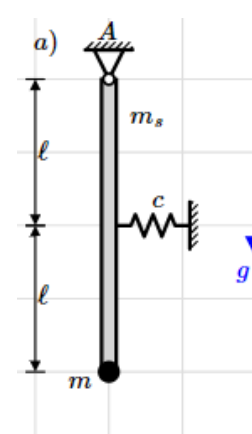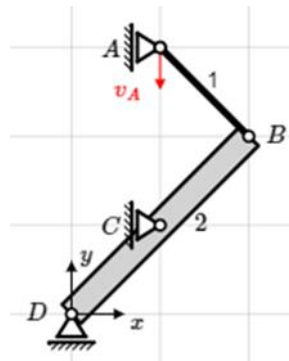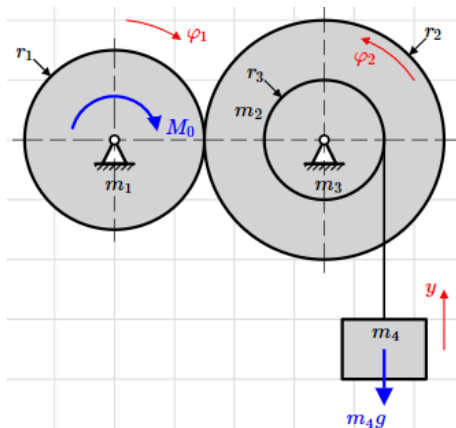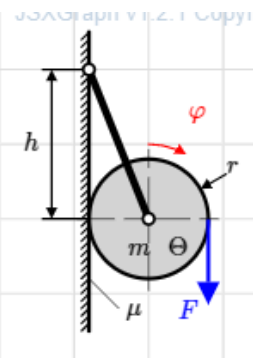
Meclib in STACK

Question variables

(Randomized) question variables
List of model objects
Feedback functions

```
assume(F>0);

GGiB: F·2·a-C·sqrt(2)·a;
GGix: B_h+C/sqrt(2);
GGiy: B_v-F-C/sqrt(2);
GGiiD: B_h·3·a+B_v·3·a-H·a;
GGiix: D_h+H-B_h;
GGiiy: D_v-B_v;

[Bh, Bv, FC, FH, Dh, Dv]: ev( [B_h, B_v, C, H, D_h, D_v],
    solve([GGiB, GGix, GGiy, GGiiD, GGiix, GGiiy], [B_h, B

FB: float(sqrt(Bh^2+Bv^2)/F);
FD: float(sqrt(Dh^2+Dv^2)/F);
FE: float(sqrt((FC/sqrt(2)+FH)^2+FC^2/2)/F);
```

Question text

[[JSXGraph, entirely problem-independent JS code, just copy paste]]
Ordinary question text follows here

MecLib

```
/· JSX objects ·/
A: [0, 0]; B: [2, 2];  C: [3, 3]; E: [6, 0]; D: [5,-1]; P
th: 0.13;
initdata: [
  [ "grid", "","", -1,7.5,-2.5,4, 40],
  [ "fix12", "E", E, 90 ],
  [ "fix12", "D", D, 0 ],
  [ "bar", "", E, P1 ],
  [ "rope", "", E, 0, C, 0 ],
  [ "polygon", " ", A, C, P2 ],
  [ "polygon", " ", B, D, P1 ],
  [ "force", "F", A, A-[0,1], 1 ],
  [ "node", "A", A ],
  [ "dim", "a", [1,-1], [2,-1],0 ],
  [ "node", "", B],
  [ "label", "\\(B\\)", B+[-0.2,-0.5]],
  [ "node", "C", C]
];
init: stackjson_stringify(initdata);
```

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   12

Meclib on Github

https://github.com/mkraska/meclib

Meclib on JSfiddle
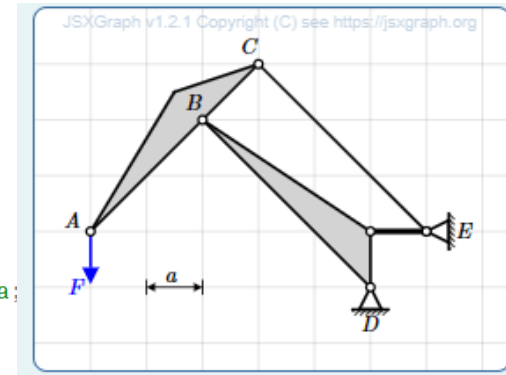
[jsfiddle tryout, JSXGraph 1.2.1](#) STACK 4.3
[jsfiddle tryout, JSXGraph 1.4.3](#) STACK 4.4

List of objects as in question variables

Interactive graphics

Meclib, 1600 lines of JavaScript

Contents preview of STACK input fields

Meclib on ABACUS

https://abacus.aalto.fi/course/view.php?id=100

Work in progress!

Meclib

- Slim **construction set** for high quality parametric sketches of mechanical models

- Meclib is pasted/included as a **problem-independent** [[JSXGraph]] **block** to the question text

- Sketches entirely defined by **a simple data structure** in the question variables

- **Authors** of questions **don't need any knowledge** about **JavaScript** or JSXGraph

- Suited **for bulk production** of visually consistent sketches in your tests (strong Corporate Identity)

- **No copyright issues** with images when distributing questions as OER

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   16

E-Assessment of Graphical Input

- Model sketches
- Grapho-analytical methods
- Visualization of quantities

Verzerrungszustand skizzieren: Ziehen Sie die Ecken des dargestellten Quadrats, so dass die verformte Lage diesen Verzerrungen entspricht:

$\varepsilon_x = 10\%$, $\varepsilon_y = -20,\% \gamma_{xy} = -20\%$.
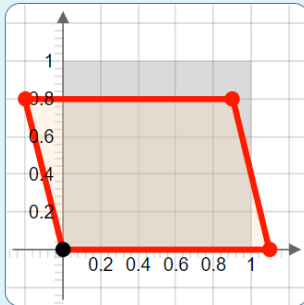
Input by modification of existing objects

Mohrscher Spannungskreis: Gegeben sind die folgenden Spannungswerte:

$\sigma_{xx} = -80\,\text{MPa}$, $\sigma_{yy} = -120\,\text{MPa}$, $\tau_{xy} = -60\,\text{MPa}$

Ziehen Sie die Punkte A und A' sowie die 1-Achse an die richtige Stelle.

Input by modification of existing objects

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   17
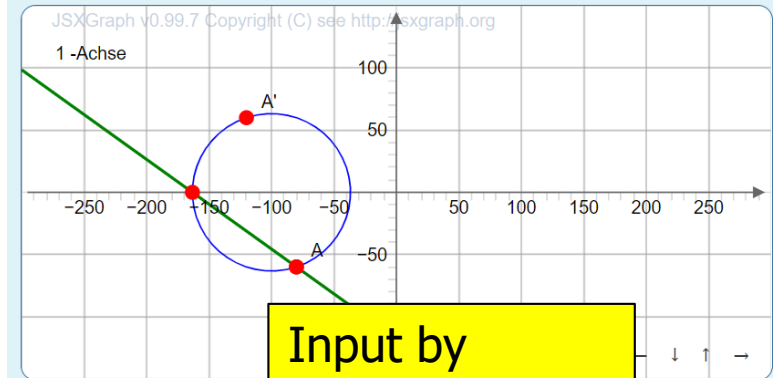
E-Assessment with STACK

Levels of Technology

1. No randomisation, static images
2. Randomization, static images
3. Randomized images
4. Interactive graphical input
   1. Modification of existing objects
   2. **Generation and annotation of new objects**

Entry level

Advanced

State of the art

moodle.itemspro.eu
STACK documentation

Work in progress

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   18

Free Body Diagrams

- Modelling technique in engineering mechanics
- Isolate the system and replace environment by forces and moments
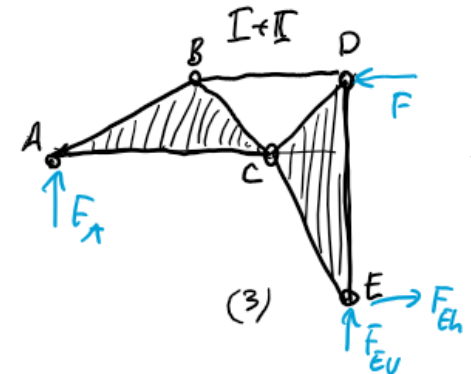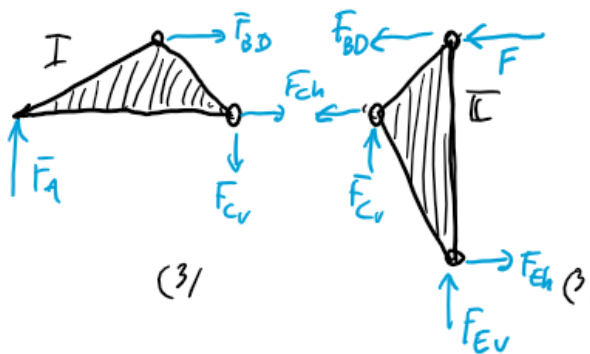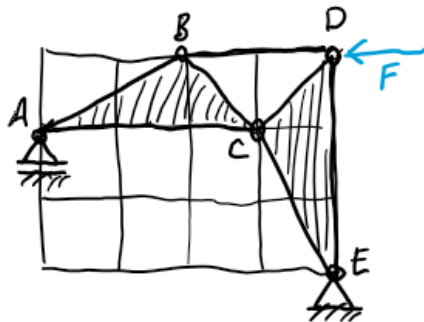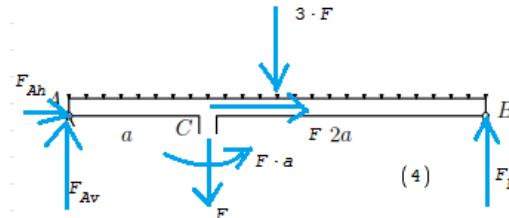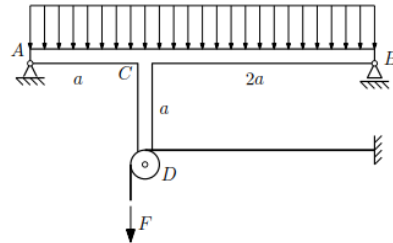
Free Body Diagrams

E-Assessment - easy way:

Welcher der Freischnitte für das links skizzierte System ist korrekt? (es können

Problem: To select is not the same as to create.
(similar problem with function graphs)

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   20

Free Body Diagrams: Editor

Bestimmen Sie die Auflagerreaktionen für den skizzierten Balken *AB*.

Gegeben: Gitterweite a, Streckenlast q_0.
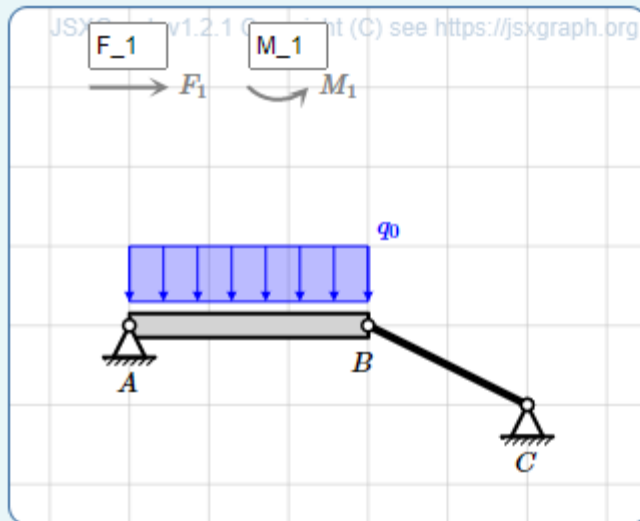
Schneiden Sie den Balken frei (ersetzen Sie die Reaktionen) und ersetzen Sie die Streckenl... resulti...

Edit label of new objects

Drag to create new objects

Double-click to delete forces or moments

Double-click to activate/de-activate supports or distributed loads

Drag to move control points

Free Body Diagrams: Editor

Bestimmen Sie die Auflagerreaktionen für den skizzierten Balken AB.

Gegeben: Gitterweite a, Streckenlast q_0.

Schneiden Sie den Balken frei (ersetzen Sie die Lager durch Reaktionen) und ersetzen Sie die Streckenlast durch eine resultierende Kraft.

```
/· iMecLib objects ·/
pA: [0,0]; pB: [3,0]; pC: [5, -1];

initdata: [
  [ "grid", "", "", -1.5, 6.5, -2.5, 4, 40],
  [ "forceGen", "F_1", [-0.5,3.5]],
  [ "momentGen", "M_1", [1.5,3.5]],
  [ "beam", "", pA, pB, 0.15],
  [ "bar", "", pB, pC, "show" ],
  [ "fix12", "A", pA, 0, "show" ],
  [ "fix12", "C", pC, 0, "show" ],
  [ "label", "\\(B\\)", pB+[-0.2,-0.5] ],
  [ "q", "", "q_0", pA+[0,0.3], pB+[0,0.3], 0.7,0.7,0, "show"]
];
init: stackjson_stringify(float(initdata));
```

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   22

Free Body Diagrams: Feedback

F_2   M_2

F_2 M_2

F

A   B
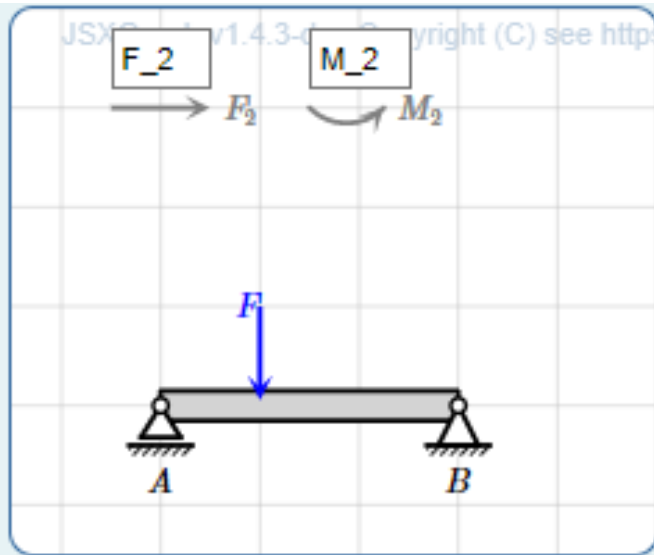
Nothing done. Feedback:

- Deactivate the supports
- Add 3 reactions!

✖
Loslager A: ist nicht deaktiviert.

✖
Festlager B: ist nicht deaktiviert.

✖ Sie haben 0 Kräfte und 0 Momente plaziert. Erwartet werden 3 Kräfte und kein Moment.

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   23

Free Body Diagrams: Feedback
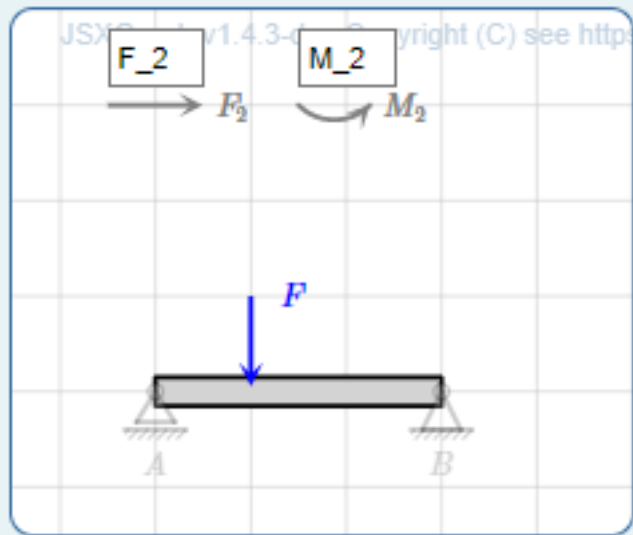
Supports deactivated. Feedback:

- Complaint: no reaction found at either support
- Add 3 reactions!

Loslager A: Keine Reaktion gefunden.

Festlager B: Keine Reaktion gefunden.

Sie haben 0 Kräfte und 0 Momente plaziert. Erwartet werden 3 Kräfte und kein Moment.

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   24

Free Body Diagrams: Feedback
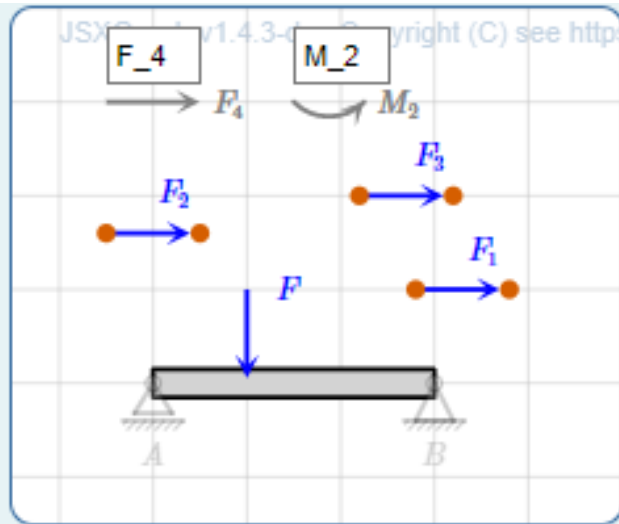
Three forces added. Feedback:

- Complaint: no reaction found at either support
- Number of forces OK

Loslager A: Keine Reaktion gefunden.

Festlager B: Keine Reaktion gefunden.

✔ Sie haben wie erforderlich 3 Kräfte und 0 Momente plaziert.

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   25

Free Body Diagrams: Feedback
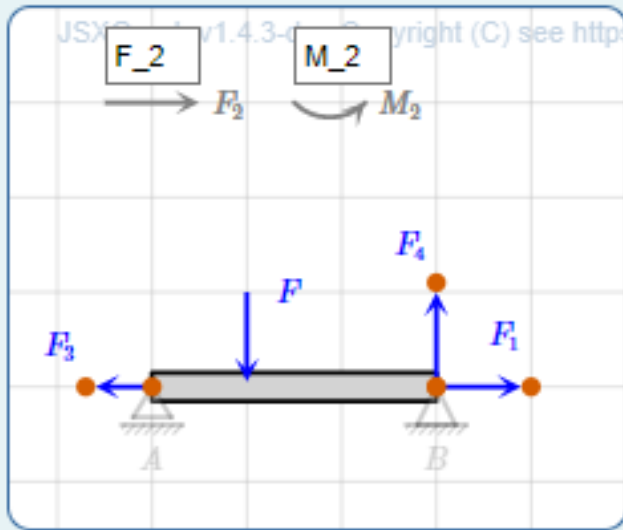
Forces moved to the supports. Feedback:

- Incorrect direction at A
- Name of reaction not matching name of support point at B

❌

Loslager A: Die Reaktion F_3 hat nicht die richtige Richtung.

❌

Festlager B: Der Name F_1 passt nicht zum Name des Lagerpunkts.

✔️ Sie haben wie erforderlich 3 Kräfte und 0 Momente plaziert.

Free Body Diagrams: Feedback
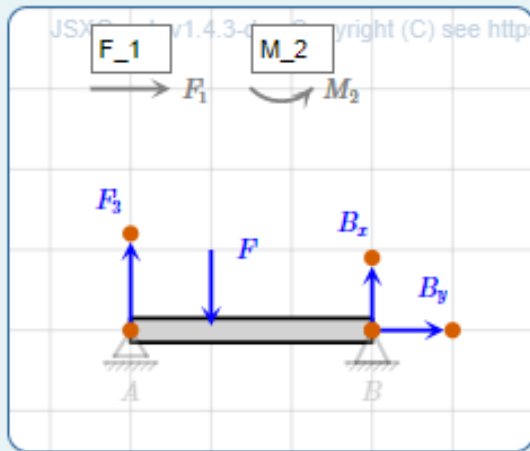
Force vectors correct, names not good:

- Reaction at A should not need a subscript in the name

- Index y should indicate a force in y direction, similarly with x

🌓 Loslager A: Reaktion F_3 gefunden. Ein einzelner Buchstabe sollte für die Bezeichnung der Kraft ausreichen.

🌓 Festlager B: Reaktionen B_y, B_x gefunden.
B_y müsste eine Kraft in positive y-Richtung (nach oben) bezeichnen. B_x müsste eine Kraft in positive x-Richtung (nach rechts) bezeichnen.

✔ Sie haben wie erforderlich 3 Kräfte und 0 Momente plaziert.

Free Body Diagrams: Feedback
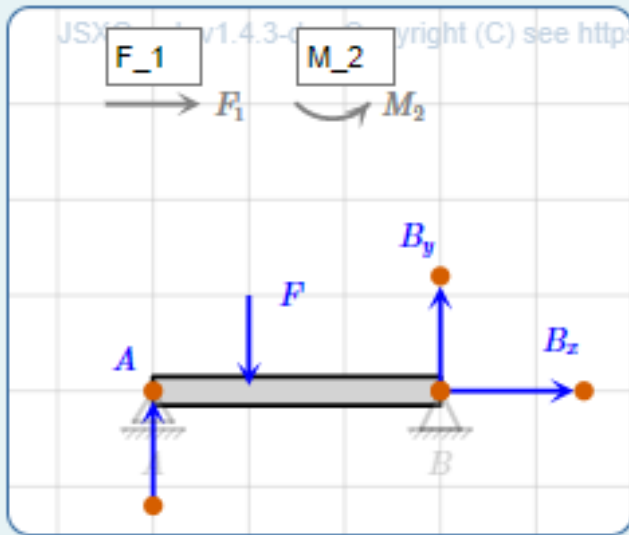
Loslager A: Reaktion A gefunden.

Festlager B: Reaktionen B_y, B_x gefunden.

✔ Sie haben wie erforderlich 3 Kräfte und 0 Momente plaziert.

Free Body Diagrams: Feedback

▸ Input: objects

▸ Input: names

▸ Potential response tree: Loslager   2 nodes

▸ Potential response tree: Festlager   2 nodes

▸ Potential response tree: FBD   1 node
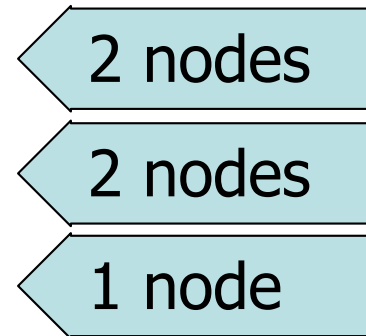
```
obj: stackjson_parse(objects);
[text, isOK]: fb_fix1(obj, names, i_fix1, "Loslager A");
[ntext, nOK]: fb_fix1_name(obj, names, i_fix1);
```

Free Body Diagrams: Feedback

```maxima
fb_fix1(o, n, i, description):=block(
    [txt, R], txt: sconcat("<br>",description,": "),
    /· Is object i a fixed support ·/
    if ( o[i][1] # "fix1" ) then
      return ([sconcat(txt, "object ", string(i), " is not a fixed support (fix1)"), false]),
    /· Is object i de-activated ·/
    if ( o[i][length(o[i])] # "hide") then
      return ([sconcat(txt, " ist nicht deaktiviert."), false]),
    /· Any reactions found at i? ·/
    if not listp(n[i]) or n[i]=[] then
      return([sconcat(txt, "Keine Reaktion gefunden."), false]),
    /· Exactly 1 reaction found? ·/
    if (length(names[i]) > 1) then
      return( [sconcat(txt, "Mehr als eine Reaktion gefunden."), false]),
    /· Is the reaction a force? ·/
    if ( o[names[i][1]][1] # "force" ) then
      return ([sconcat(txt, "Die Reaktion muss eine Kraft sein."),false]),
    /· Now ready for examination of the reaction ·/
    R: o[names[i][1]],
    /· Is the force normal to the support? ·/
    if not parallelp(R, o[i]) then
      return ([sconcat(txt, "Die Reaktion \\(", R[2], "\\) hat nicht die richtige Richtung."),false]),
    /· everything should be ok here ·/
    return([sconcat(txt, "Reaktion \\(", R[2], "\\) gefunden."),true])
);
```

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   30
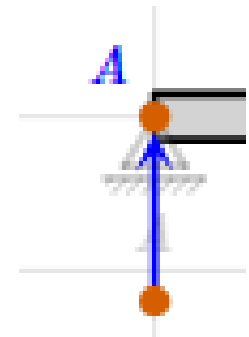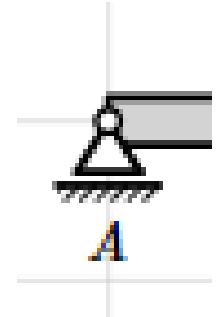
Free Body Diagrams: Feedback

```
obj: stackjson_parse(objects);
[text, isOK]: fb_fix1(obj, names, i_fix1, "Loslager A");
[ntext, nOK]: fb_fix1_name(obj, names, i_fix1);
```

Answer test	AlgEquiv		SAns	isOK		TAns	true		Test

Mod	=	Score	0.5	Penalty		Next	Node 2	Answer note	Loslager-1-T

{@text@}

HTML format

Mod	=	Score	0	Penalty		Next	[stop]	Answer note	Loslager-1-F

{@text@}

HTML format

Special Purpose Answer Tests

`ATvariables(sans, tans, opts)`

- Identifies spurious variables (found in `sans` but not in `tans`: „Unexpected variable: a"

- Identifies missing variables (found in `tans` but not in `sans`: „Expect variable: b"

- Optionally compares the derivatives of `sans` and `tans` with respect to a given set of variables

- „Check the term with F_1"

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   32

TM1 06 06

Das dargestellte System besteht aus zwei starren Körpern, die bei A und B gelagert und bei C gelenkig verbunden sind. Es wird durch die Kräfte $F_1 = 2 \cdot F$, und $F_2 = 2 \cdot F$ belastet.

Schneiden Sie das Gesamtsystem und die Teilsysteme frei mit folgenden Vereinbarungen für den Ergebnisvergleich:

- Alle Auflagerreaktionen bei A und B zählen nach rechts oder oben positiv.
- Die Gelenkreaktionen bei C zählen am Teilsystem I nach rechts oder oben positiv.
- Verwenden Sie die Namen entsprechend dem 2. Aufgabenteil unten mit der Schreibweise `A_h`, `A_v`.

Geben Sie die Gleichgewichtsbedingungen an. Drücken Sie dabei die Längen und gegebenen Kräfte durch die gegebenen Größen F und a aus.

Gesamtsystem $I + II$

$\Sigma F_x =$ `2 F+ B_h+A_h` $= 0$ $\boxed{2 \cdot F + B_h + A_h}$ ✔

$\Sigma F_y =$ `(2*F)+B_v+A_v` $= 0$ $\boxed{2 \cdot F + B_v + A_v}$

✖ Prüfen Sie den Term mit F.

$\Sigma M_A =$ `-(4*F_1 a)-4*B_h*a` $= 0$ $\boxed{-4 \cdot F_1 \cdot a - 4 \cdot B_h \cdot a}$

✖ Unerwartete Variable: F_1. Erwartete Variable: F.

Teilsystem I

$\Sigma F_x =$ `2*F+C_h+A_h` $= 0$ $\boxed{2 \cdot F + C_h + A_h}$ ✔

$\Sigma F_y =$ `C_v+A_v` $= 0$ $\boxed{C_v + A_v}$ ✔

$\Sigma M_C =$ `4*F*a-3*A_v*a+4*A_h*a` $= 0$

$\boxed{4 \cdot F \cdot a - 3 \cdot A_v \cdot a + 4 \cdot A_h \cdot a}$ ✔

Teilsystem II

$\Sigma F_x =$ `B_h-C_h` $= 0$ $\boxed{B_h - C_h}$ ✔

$\Sigma F_y =$ `-(2*F)-C_v+B_v` $= 0$ $\boxed{-2 \cdot F - C_v + B_v}$ ✔

$\Sigma M_B =$ `-(12*F*a)-3*C_v*a` $= 0$ $\boxed{-12 \cdot F \cdot a - 3 \cdot C_v \cdot a}$ ✔

Benefits of STACK 4.4

Inclusion of external material

```
[[include src=… /]]
```

- For CAS text fields (e.g. question text)
- Can replace copy/paste of Meclib
- Access to particular or to most recent version

```
stack_include(...);
```

- For CAS fields (e.g. question variables)
- Good for libraries of standard feedback functions

[[include src="https://raw.githubusercontent.com/mkraska/meclib/main/meclib.js" /]]

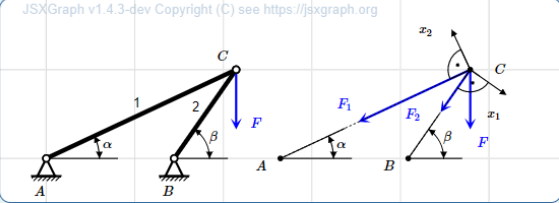Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   34

Benefits of STACK 4.4

`castext()` for providing full feedback (text and math) in a single variable

TM1 02 06 — Tidy STACK question tool | Question tests & deployed variants

Für das dargestellte System sollen die Stabkräfte bestimmt werden. Dafür wird das Kräftegleichgewicht am Knoten C betrachtet (Freischnitt rechts). Gegeben sind die Winkel α und β sowie die Kraft F.

Stellen Sie die Gleichgewichtsbedingung in x und y-Richtung auf. Setzen Sie die unten gegebenen Werte noch nicht ein, sondern schreiben Sie beispielsweise `sin(alpha) F_1`.

$\Sigma F_x =$ `-(F_2*cos(gamma))-F_1*cos(al)` $= 0$ $-F_2 \cdot \cos(\gamma) - F_1 \cdot \cos(\alpha)$

✖ Unerwartete Variable: γ. Erwartete Variable: β.

✖ Unerwartete Variable: γ. Erwartete Variable: β.   4.4

✖ Unerwartete Variable: $gamma$. Erwartete Variable: $beta$.   4.3

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   35

Benefits of STACK 4.4

Localization

`[[lang /]]`

- Enables language-sensitive custom feedback functions

```
castext(" [[lang code="other"]]Check the term with [[/lang]]
         [[lang code="de"]]Pr&uuml;fen Sie den Term mit [[/lang]]
     {@L[1]@}.")
```

Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska   27.04.22

Technische Hochschule Brandenburg · University of Applied Sciences   STACK 2022, April 25-28   Page   36

Acknowledgements

This work was supported by

- **Department of Engineering at THB**: occasional funding of student assistants

- **Moodle and STACK teams**: providing a powerful platform

- **Matti Harjula**: STACK 4.4b test environment and STACK related coaching

- **Antti Rasila**: Curating ABACUS, where first Meclib questions have been uploaded

- **Alfred Wassermann**: Providing JSXGraph library and Meclib-related bugfixes/features

Summary

- Meclib is a set of JavaScript objects for embedded interactive graphics in STACK questions

- Authoring such graphics doesn't require Javascript knowledge

- Complex feedback is efficiently provided by feedback functions

- Everything is on github

- Introductory workshops upon request

- STACK 4.4 will be even more fun!

Thank you for your attention!
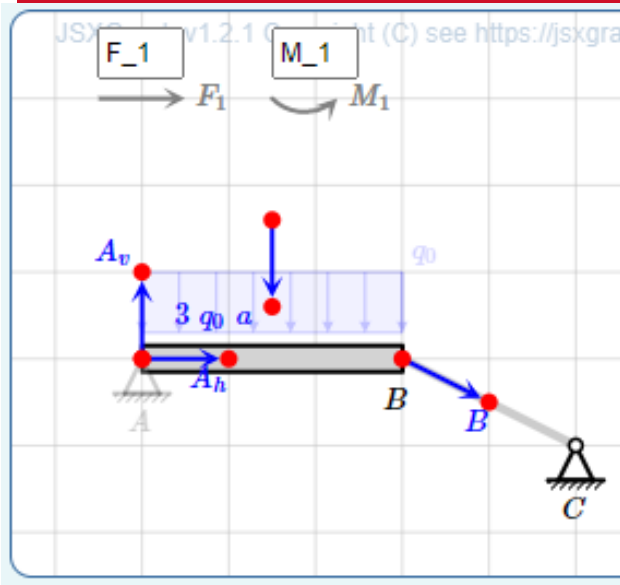
Prof. Dr.-Ing. Martin Kraska
Werkstoff- und Strukturmechanik/
Mechanics of Materials and Structures
Maschinenbau/Mechanical Engineering
Fachbereich Technik

Technische Hochschule Brandenburg
University of Applied Sciences
Magdeburger Str. 50
14770 Brandenburg an der Havel
Raum: 401 IWZ

Postanschrift: Postfach 2132
14737 Brandenburg an der Havel

T +49 3381 355 356
F +49 3381 355 66 356
kraska@th-brandenburg.de
Web:
Martin Kraska
Offene Werkstatt der THB

Studiengang Maschinenbau