

# Entwicklung eines Konzepts für den Rechnereinsatz in Übungen und Prüfungen

**Dipl.-Ing. Heinz-Gerhard Schöck, M. H. Edu.**  
**TH Mittelhessen**  
**Institut für Mechanik und Materialforschung**

# Aufbau des Vortrags

- ❖ Standortbestimmung
- ❖ Lernziele und deren Evaluierung
- ❖ Das didaktische Konzept des Moduls „FEM“ und die Ergebnisse einer Evaluierung
- ❖ Schlussfolgerungen und Weiterentwicklung
- ❖ Zusammenfassung und Ausblick

# Die Technische Hochschule Mittelhessen

- ❖ Hochschule für Angewandte Wissenschaften
- ❖ Standorte in Gießen, Friedberg und Wetzlar
- ❖ mit ca. 16.000 Studierende in
- ❖ mehr als 70 Studiengängen

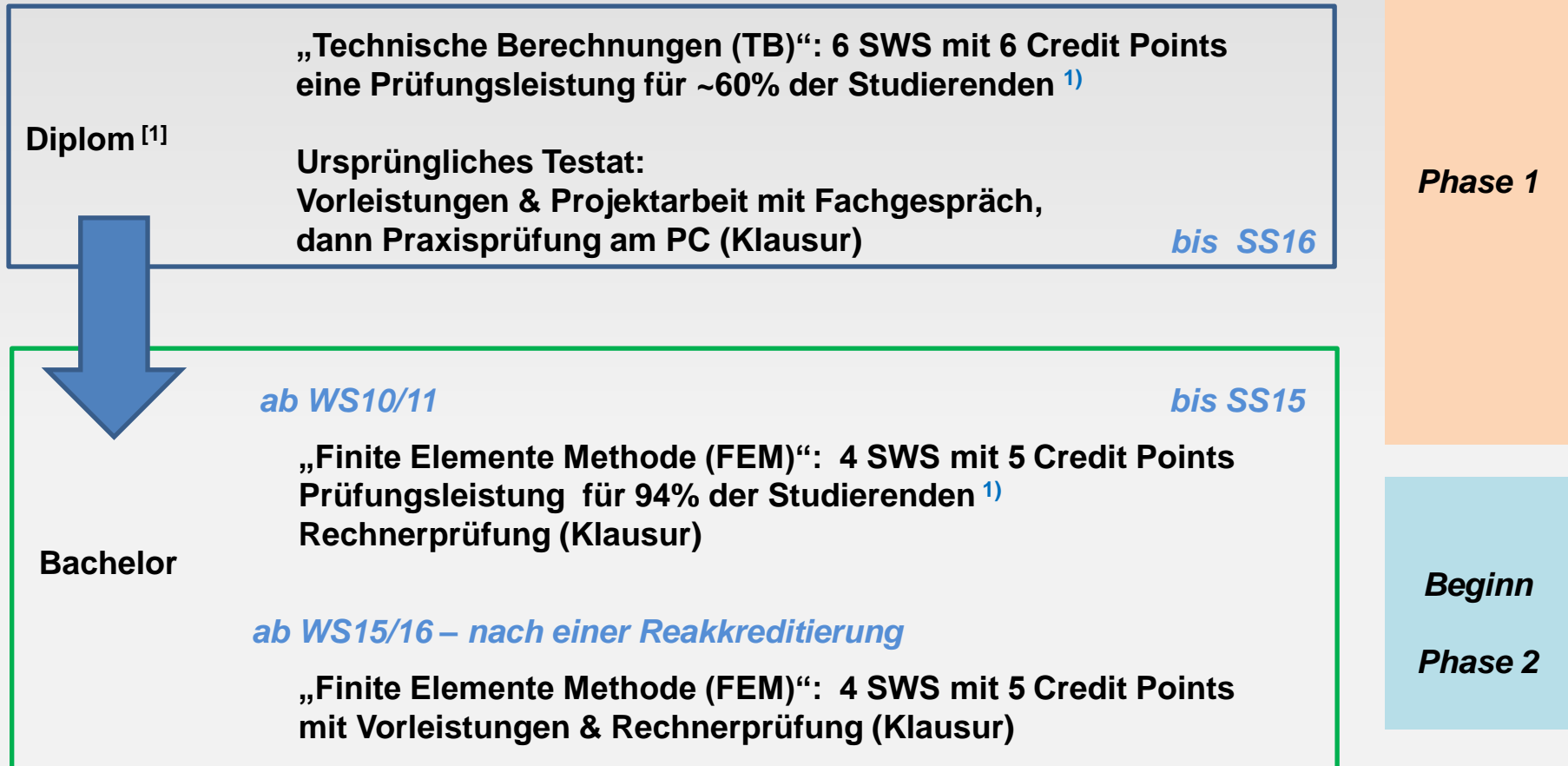


# FB 03 – Maschinenbau und Energietechnik

- ❖ Campus Gießen
- ❖ ~ 1.500 Studierende im WS 2015/16
- ❖ Studiengänge:
  - *Maschinenbau (B. Eng.)*
  - *Energiesysteme (B. Eng.)*
  - *Energiewirtschaft und Energiemanagement (B. Eng.)*
  - *Maschinenbau und Energiesysteme (M. Sc.)*
  - *Berufliche Bildung Metalltechnik (B. Edu.) – Kooperation mit Uni Gießen*

Einsatz von HyperWorks im Studiengang

# Die Entwicklung des Moduls



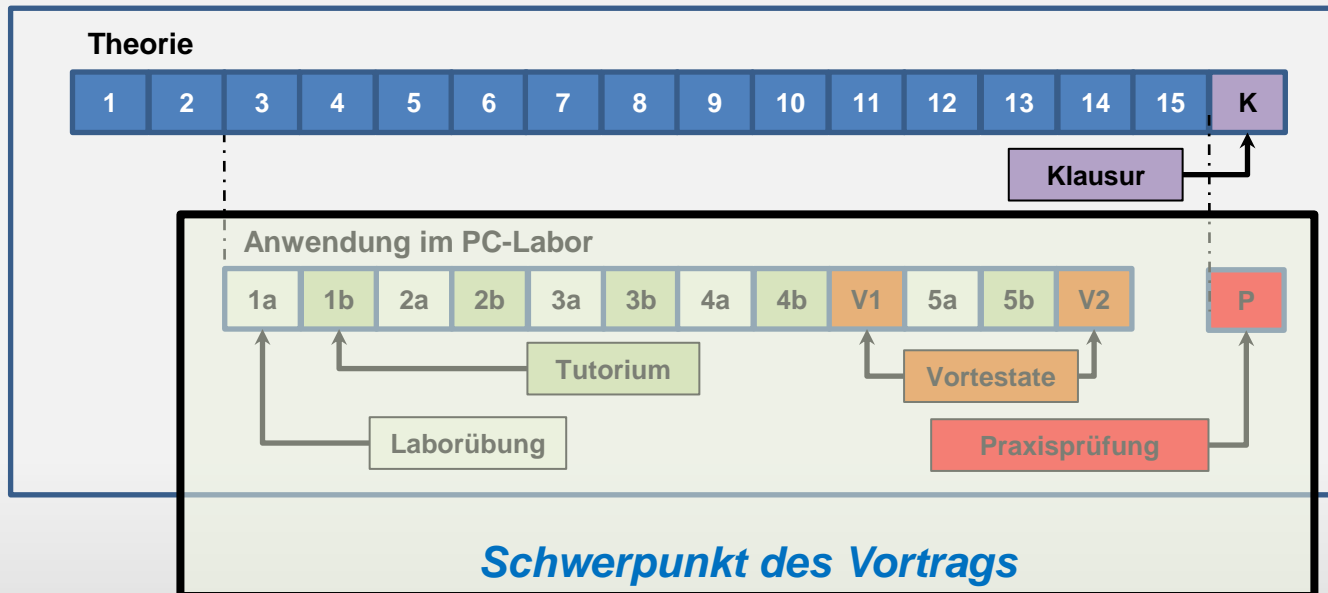
<sup>1)</sup> Quellen: Auswertung der Absolventen-Statistiken

# Umgestaltung der Übungen

- ❖ **Größere Übungsgruppen und Reduzierung der Kontaktzeit**
- ❖ **Anpassung der Lehrinhalte und des Übungsformats**
- ❖ **Varianten im Wechsel von Theorie- und Anwendungseinheiten bzw. Übungen wurden erprobt**
  
- ❖ **Umfragen zur Neugestaltung des Moduls erfolgten über Protokolle in einer Lernplattform**
  - *Erfassung des studentischen Workloads*
  - *Eignung des Übungs-Formats*
  - *Aufnahme studentischer Aussagen zum Lernerfolg*

# Das Modul „Finite Elemente Methode“ – heute

- Pflicht für ~95% der Studierenden im Studiengang Maschinenbau
- Die Lehrveranstaltung – zwei parallele Stränge
  - Theorie mit Seminaristischen Unterricht und Übungen
  - praktische Anwendung mit geführten Übungen, Tutorien und Vortestaten
- Klausur für die Theorie und Praxisprüfung für den Anwendungsteil



Rechnergestützte:

- Übung
- Wiederholung
- Prüfung

im PC-Labor

# FE-Anwendung in fünf Lerneinheiten

1. Dimensionierung und Optimierung vom Fachwerken
2. Kerbwirkung an Schalenelementen
3. Volumenelemente unter thermischer Belastung
4. Verbindungstechnik – Punktschweißverbindungen mit äußeren Kräften, Eigengewicht, Druck und Lastkombination
5. Eigenfrequenzen und Knicksicherheit einer Getriebewelle – Modellbildung mit Balken- und Volumenelementen

## *Für jede Lerneinheit – ein exemplarischer Aufbau des Modells:*

- *Vorbereiten der Geometrie*
- *Definition der Werkstoffe und der Elementeigenschaften*
- *Kriterien zur Vernetzung und der Netzaufbau*
- *Abbildung der Randbedingungen*
- *Diskussion von Fehlermeldungen und Ergebnissen*



# Lernziele

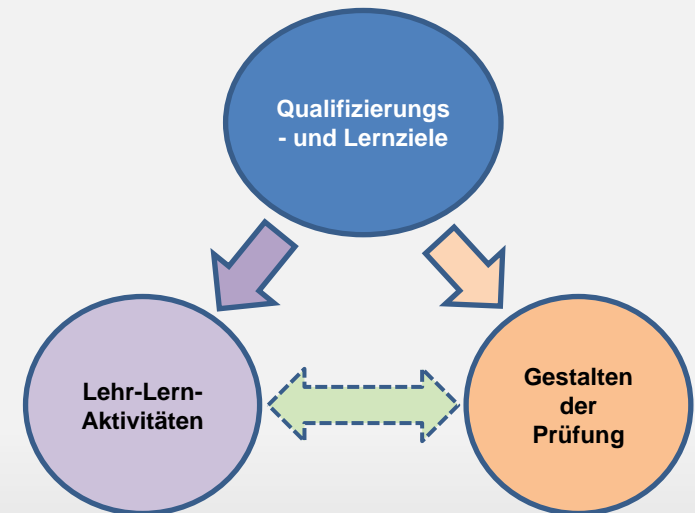
**Verständnis einer praxis-orientierten Ausbildung:  
„Kenntnisse und Fertigkeiten erwerben, sie im Studium und später  
im Beruf anwenden sollen“**

## Qualifizierungsziele eines Studiengangs (PO)

↳ sind die Summe der Lernziele der Module

↳ Lernziele eines Moduls

↳ *Detailliert in Lerneinheiten*



**Ein Konzept für die Entwicklung der Lerneinheiten:  
„Model of Constructive Alignment“ nach Biggs [4]**

# Prüfen von Lernzielen

**Die Aufgabe: Kompetenzen – Kenntnisse und Fertigkeiten gemäß der Modulbeschreibung zu prüfen!**

- **Schriftliche Prüfung (klassische Klausur)**  
*Abfrage/Anwenden von **theoretischen Lehrinhalten***  
*Große Gruppen möglich*
  
- **Projektarbeit mit Kolloquium**  
*Anwendung für **theoretischer und praktischer Lehrinhalte***  
*Kleinere Gruppen von Studierenden*
  
- **Praktische, rechnergestützte Prüfung**  
*Anwendung für **praktischer Lehrinhalte***  
*Voraussetzung: geeignete Infrastruktur*  
*Große Gruppen, evtl. mehrere Durchläufe einer Prüfung*

# Umsetzung im Modul „Finite Elemente Methode“

## Qualifikations- und Lernziele des Moduls

### Die Studierenden

- ...
- können Technische Fragestellungen in ein FEM-Modell umsetzen und berechnen und
- können durch Anwendung der FE-Methode Bau-/Maschinenteile statisch und dynamisch auslegen bzw. dimensionieren.

... werden anhand konkreter Aufgaben aus dem späteren Arbeitsgebiet geprüft.

Kann das Format als kompetenz-orientierte Prüfung angesehen werden? [5]

TECHNISCHE HOCHSCHULE MITTELHESSEN

### Praxisprüfungen in FEM

M. Pitzer/H. Schöck, TH Mittelhessen

**Eingesenkte Rohrleitung: Innendurchmesser bei zwei Lastfällen, Eigenfrequenzen**

**Stoßkonstruktion: Erforderliche Blechdicken bei zulässigen Spannungen und Verschiebungen**

**Gebirgtsbehälter (gefüttert): Modellierung Transportgut, Properties für Stroben und Bestimmung der Rückfederkraft**

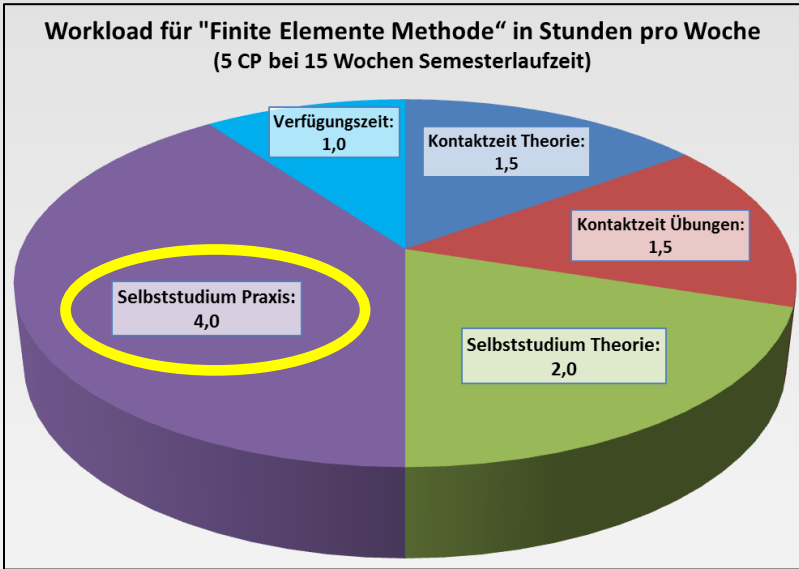
**Rohr mit Stutzen: Verschiebung, Properties für Schalen bei max. Spannungen und Verschiebungen**

**Windrad mit Eigengewicht: Properties für Flügel und Verstärkung**

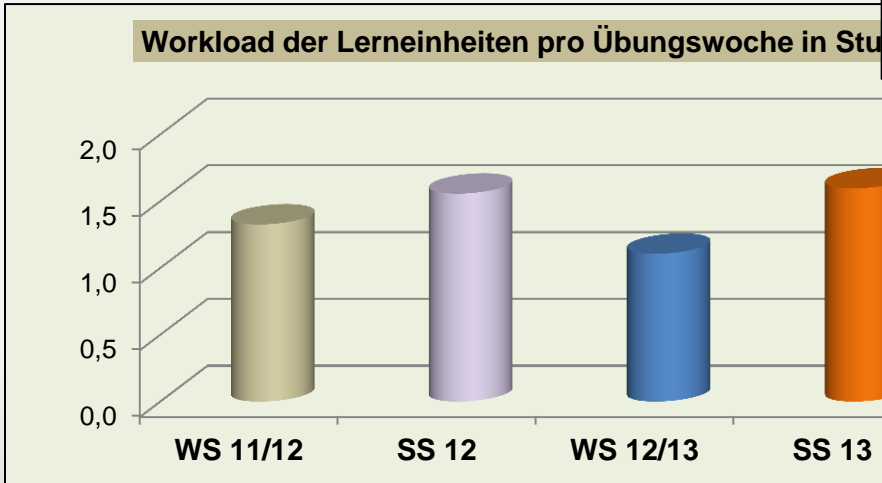
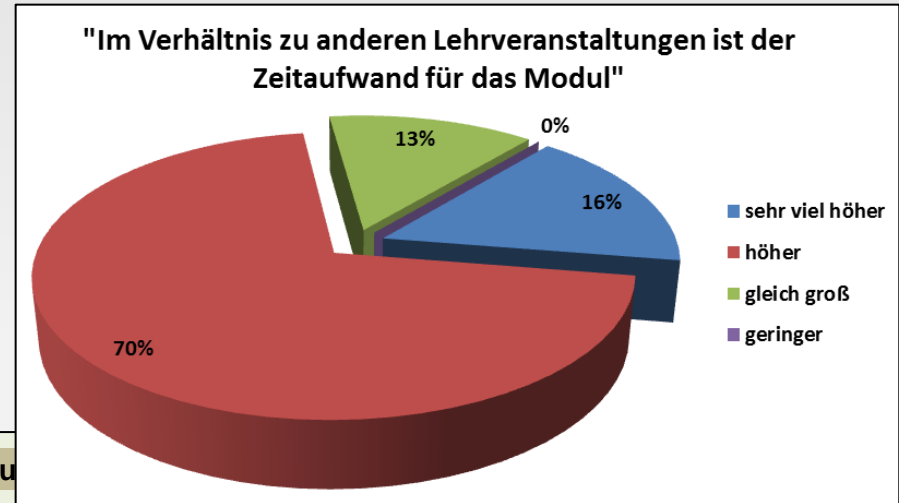
**Kragträger unter Windlast: Spannungen und Verschiebungen für drei Lastfälle**

**10. Altair Anwendertreffen für Hochschulen**  
7. März 2016

# Angaben zur Arbeitsbelastung (Phase I)



Vorstellung des Moduls zur ersten Lehrveranstaltung:  
Verteilung des Workloads



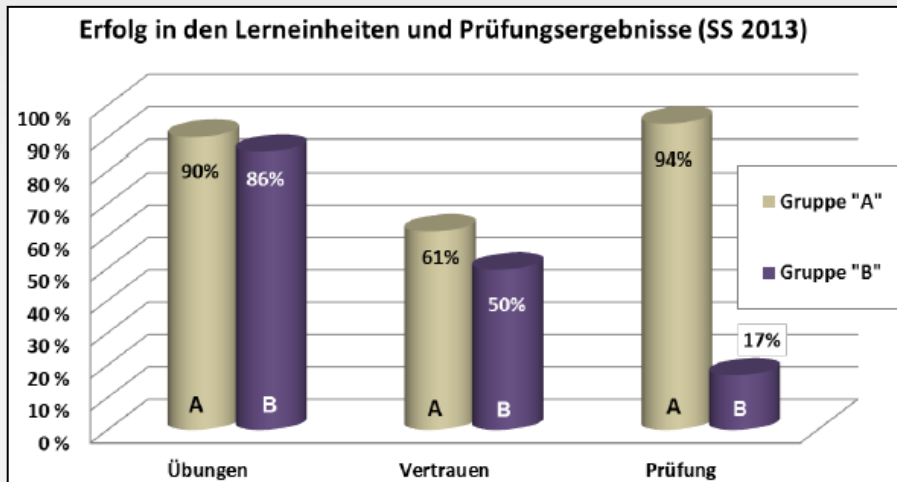
Studentische Beurteilung  
Ihres Workloads

Erfasster Workload aus  
den Protokollen

# Prüfungsergebnisse und Lernerfolg

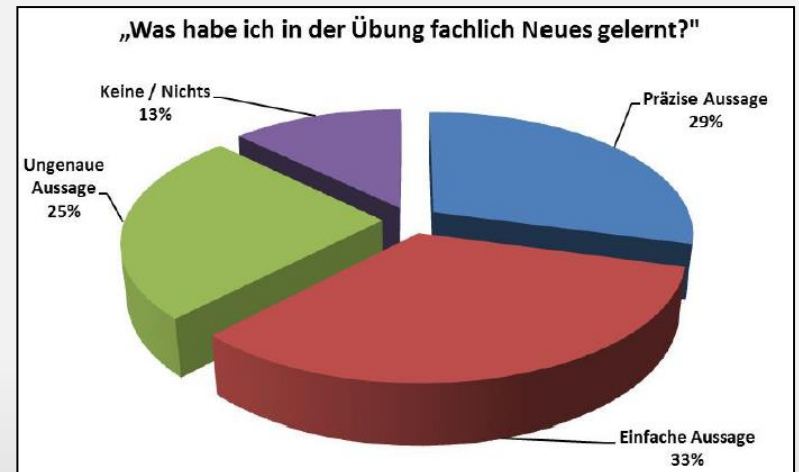
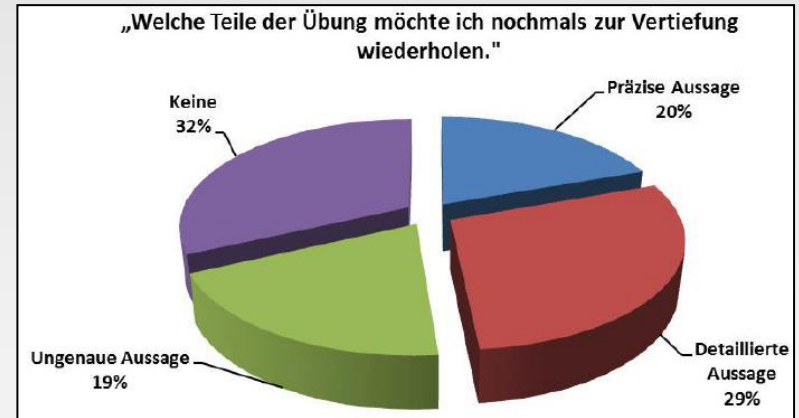
## Prüfungsergebnisse im SS 2013:

Studierende mit sehr guten (A) und sehr schlechten Erfolg in der Prüfung (B)



**Moderate Zuversicht in Gruppe B:  
Obwohl 86% in den Übungen  
nur bis zu 20% in der Prüfung  
**Was sind die Ursachen?****

## Fragen zur Auseinandersetzung mit den Lehrinhalten



# Zusammenfassung der Evaluation (Phase I)

- ❖ **Protokollierte Arbeitsbelastung der Studierenden lag unterhalb der Empfehlung**
- ❖ **Studierende dokumentierten aber eine „sehr hohe relative“ Belastung**

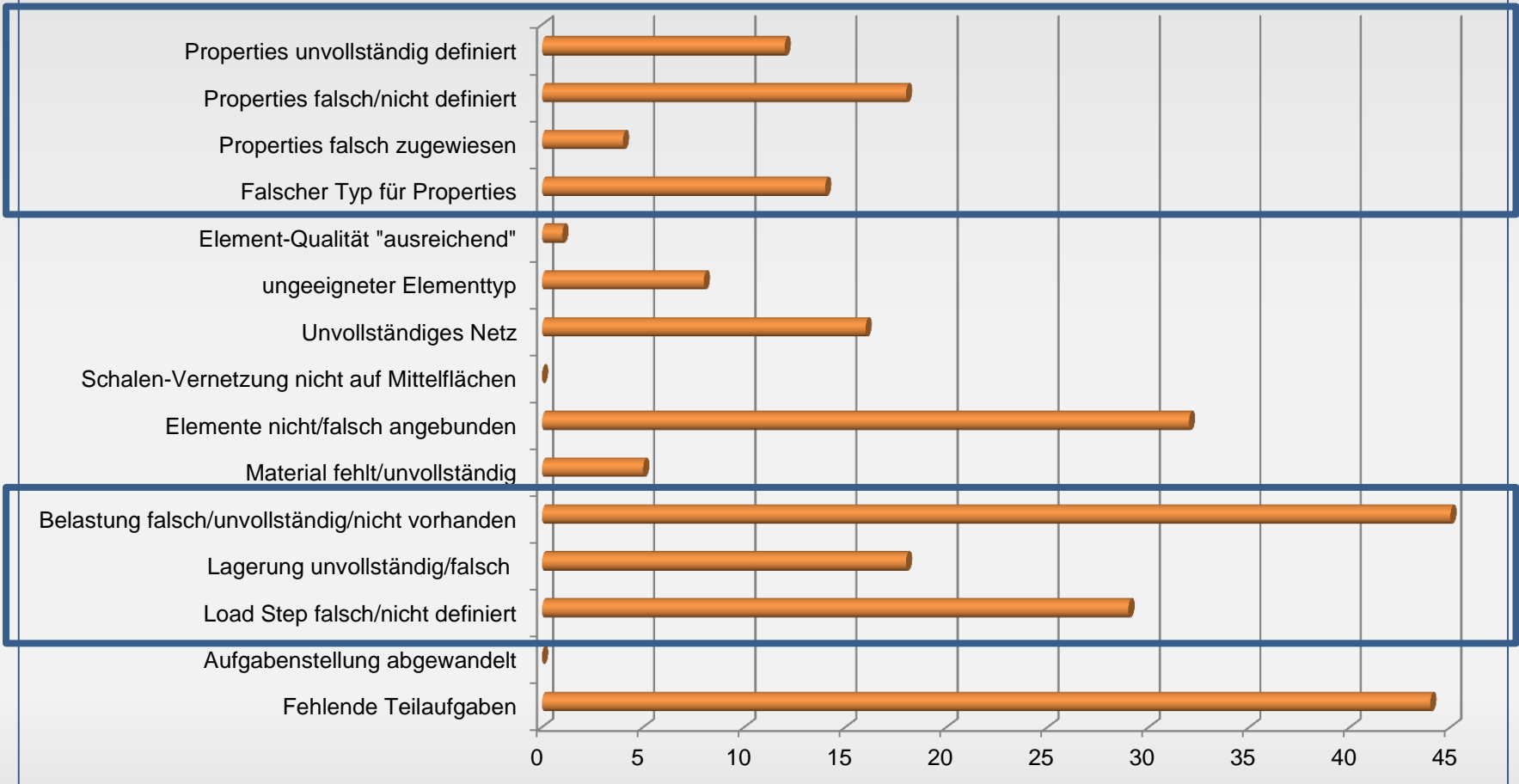
## Schlussfolgerungen:

- ❖ *Der Erfolg aus den Übungen kann nicht immer auf die Prüfungsergebnisse übertragen werden!*
- ❖ *Ein Hinterfragen des Lernerfolgs findet kaum statt.*
- ❖ *Eine Auseinandersetzung mit den Übungsinhalten kann auf die Prüfungsergebnisse projiziert werden.*

# Fehleranalyse von Prüfungsdaten

WS 13/14 "Gefahrgutbehälter"

mit 74 Teilnehmern



# Anpassung des Moduls

- ❖ Individuelle Übungsaufgaben mit Feedback
- ❖ Tutorien anstelle von Hausübungen
- ❖ Einführung eines Vortestats

Nach einer tieferen Analyse der erfassten Daten

- ❖ Kommunikation von Lernzielen – und deren Abfrage
- ❖ **Überarbeitung der Modulbeschreibung**

- ❖ **Voraussetzungen zur Teilnahme am Modul**

- *Mathematik I*
- *Technische Mechanik I*
- *Technische Mechanik II*

**Ausreichend  
Grundlagen  
vorhanden?**

- ❖ **Vorleistungen zur Prüfungsteilnahme**

- *Hausübungen mit Erfolg*
- *Berichte über Hausübungen (Beschreiben, was bearbeitet wurde)*
- *Ausfüllen eines Fragebogens in der Lernplattform (Reflexion)*



# Kommunikation der Lernziele (Phase II)

Die Studierenden

- (1) kennen die Grundelemente der Geometrie in FE-Modellen und können Knoten über Koordinateneingabe erstellen,
- (2) können die Kennwerte von Werkstoffen und Stab-Elementen beschreiben
- (3) kennen die Verfahrensschritte zum Erstellen von ebenen Fachwerken und sie nach vorgegebenen Randbedingungen aufbauen,
- (4) können die Lagerung und die Belastung durch äußere Kräfte in dem Modell abbilden,
- (5) können Informationen aus dem Modell durch Variation selbstgewählter Parameter
- (6) kennen die Verfahrensschritte

**Benennen der Lernziele in den Übungsunterlagen**

**Bewertung der Lernziele (Siehe auch Einleitung zur Lerneinheit)**

Lernziel (1) "Kenntnisse der Grundelemente"\* (0 - 100)

...e und Elementeigenschaften beschreiben"\* (0 - 100)

...sschritte zum Aufbau

...ung von Randbeding

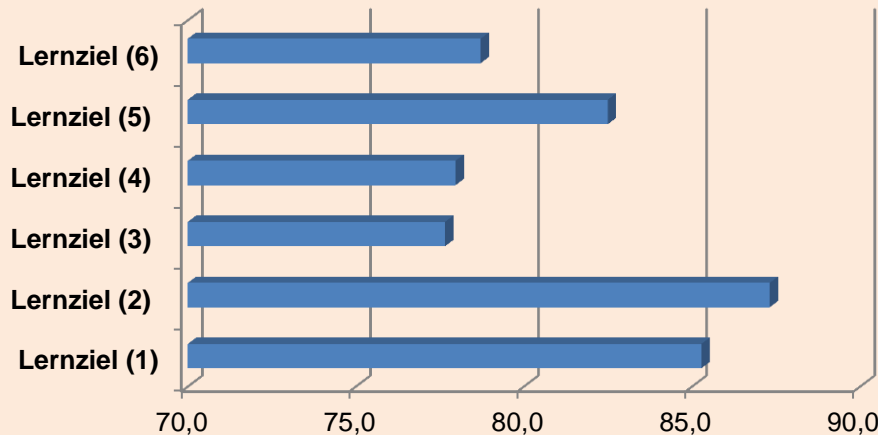
...gsergebnisse darstellen und bewerten"\* (0 - 100)

...herung\* (0 - 100)

**Abfrage der Lernziele nach Abschluss einer Lerneinheit**

**Zusammenfassung der Antworten zur Lerneinheit**

**Feedback der Studierenden**



*„Learning takes place through the active behavior of the student: it is what **he** does, that he learns, not what the teacher does.“*

(Ralph W. Tyler, 1949)

**Vielen Dank für Ihre  
Aufmerksamkeit**

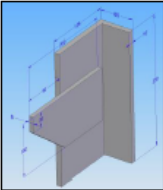
# Literatur / Referenzen

- [1] Schöck, Heinz-Gerhard; „FEM-Ausbildung im Studiengang Maschinenbau“; Vortrag Altair Hochschultag 2010
- [2] Pitzer, Martin; Schöck, Heinz-Gerhard: „Lehrunterlagen zu den Übungen im ‚Modul Finite Elemente Methode‘“; 2016
- [3] Schöck, Heinz-Gerhard: „Entwicklung eines didaktischen Modells für rechnergestützte Übungen“, Thesis 2014
- [4] [Constructive Alignment nach Biggs](#)
- [4] [HRK – Nexus „Kompetenzorientiert prüfen“](#)
- [5] Tyler, Ralph W.: „Basic Principles of Curriculum and Instruction“; University of Chicago Press, 1949, University of Chicago Press 2013

# Beispiel einer Übungsaufgabe

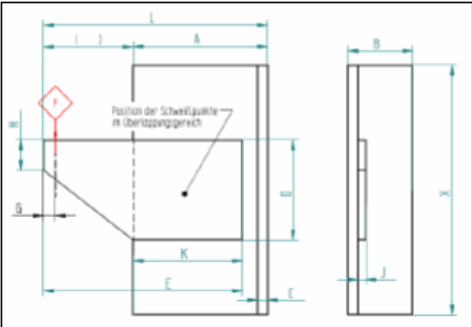
**Entwurf einer „Konsole“**  
Wiederholung zur Lerneinheit „Verbindungstechnik“

Der Entwurf der Verbindung eines durch Punktschweißverbindungen mittig montierten Konsoleblechs an ein Stahlprofil (ähnlich DIN EN 10056) soll mittels FEM überprüft werden (Bild 1).



Die Aufgabenstellung ist an die Übungen 3-5 und 3-6 aus dem Modul *Maschinenelemente I* (Nietverbindungen) angelehnt. In dieser Aufgabe sind die Nieten durch Punktschweißverbindungen zu ersetzen. Die Schweißpunkte sollen in dem Überlappungsbereich (Bild 2) angeordnet werden. Achten Sie dabei auf die erforderlichen **Randabstände**. Die Abmessungen der Bauteile entnehmen Sie bitte der nachfolgenden Tabelle.

*Bild 1: Darstellung der Baugruppe mit exemplarischer Bemaßung*



**Tabelle zum Maßbild:**  
Datensatz Nr. «Nr»  
A = «A» mm  
B = «B» mm  
C = «C» mm  
X = «X» mm  
  
D = «D» mm  
E = «E» mm  
H = «H» mm  
J = «J» mm  
  
L = «L» mm  
F = «F» kN  
G = «G» mm

*Ergänzen sie evtl. fehlende Maße sinngemäß*

*Bild 2: Maßbild der Aufgabenstellung*

**Teilaufgaben der Übung**

- Erstellen Sie die Geometrie der beiden Bauteile (CAD-Import ist möglich)
- Notieren Sie sich Kriterien zur Vernetzung der beiden Bauteile. Achtung: Anzahl der Elemente!
- Vernetzen Sie die beiden Bauteile; auf einer Kante sind **mindestens vier** Elemente zu erstellen.
- Als Werkstoff soll zunächst S235JR eingesetzt werden.
- Welche Norm regelt die Punktschweißverbindungen? Definieren Sie Schweißpunktdurchmesser und minimale Randabstände.
- Das Modell ist an den Kanten des Winkels (oben und unten) gegen ein Verschieben zu sichern; koppeln Sie die Belastung exakt am vorgegebenen Punkt (Maß „G“) ein.
- Bestimmen Sie die Spannungen in den Schweißpunkten. Prüfen Sie Schweißpunkte und Bauteile auf zulässige Spannungen.
- Variieren Sie die Anzahl und Durchmesser der Schweißpunkte so an, dass die Vergleichsspannung in dem Modell **maximal 2/3** der zulässigen Spannung erreicht.  
Erarbeiten Sie ggf. einen fertigungstechnischen oder konstruktiven Lösungsvorschlag.
- Beschreiben Sie ihre Vorgehensweise und dokumentieren Sie wichtige Berechnungsergebnisse in einer kleinen Ausarbeitung.
- Erklären Sie die Verformungen an dem Winkel.

## Aufgabenstellung mit individuellen Parametern:

- per Serienbrief aus MS Word
- Daten aus Excel-Tabelle

## Erstellen eines kurzen Protokolls über den Modellaufbau und die Berechnungsergebnisse sowie Schlussfolgerungen