

## Übersicht / Stoffverteilung

### 0. Inhalt

<u>0.</u>	<u>Inhalt</u>	<u>1</u>
<u>1.</u>	<u>Allgemeines</u>	<u>3</u>
<u>2.</u>	<u>Grundlagen und erforderliche Vorkenntnisse</u>	<u>3</u>
2.1	Allgemeines	3
2.2	Mathematik	3
2.2.1	Darstellung von Zahlen	3
2.2.2	Genauigkeit von Zahlen	3
2.3	Technische Mechanik	5
2.4	Baustatik	5
2.4.1	Lastermittlung	5
2.4.2	Modellierung von Tragwerken	5
2.4.3	Schnittgrößenermittlung	5
2.4.4	Software	5
2.5	Baudynamik	6
2.5.1	Lineare Schwinger	6
2.5.2	Nichtlineare Schwinger	6
2.5.3	Dämpfung	6
2.5.4	Karmansche Wirbelerregung	6
2.6	Lastannahmen	6
2.7	Sicherheit und Ausfallswahrscheinlichkeit	6
2.8	Baustoffkunde	6
2.8.1	Unlegierte Baustähle	6
2.8.2	Hochfeste Stähle	6
2.8.3	Nichtrostende Stähle	7
2.8.4	Aluminium	7
2.9	Baurecht	7
2.9.1	Vergabe und Vertragsrecht	7
2.9.2	Technisches Baurecht	7
2.9.3	Haftung	7
2.10	Methodenkompetenz	7
2.11	Softskills	8
2.11.1	Allgemein	8
2.11.2	Speziell	8
<u>3.</u>	<u>Grundaufgaben im Stahlbau</u>	<u>9</u>
3.1	Allgemeines	9
3.2	Werkstoffwahl	9
3.2.1	Allgemeines	9
3.2.2	Unlegierte Baustähle	9
3.2.3	Hochfeste Baustähle	9
3.2.4	Hochlegierte korrosionsbeständige Stähle	9
3.2.5	Aluminium-Legierungen	9
3.3	Bemessung von Bauteilen – Festigkeit	10



3.3.1	Stab unter Normalkraft	10
3.3.2	Balken unter Biegung	10
3.3.3	Schub aus Querkraft	10
3.3.4	Schub aus Torsion	10
3.3.5	Plastische Querschnittstragfähigkeit	10
3.4	Bemessung von Bauteilen – Stabilität	10
3.4.1	Allgemeines	10
3.4.2	Knicken von Druckstäben	10
3.4.3	Kippen von Biegeträgern	10
3.4.4	Beulen von Blechfeldern	10
3.4.5	Beulen von Schalen	10
3.4.6	Sonderfälle: Beulen unter Zug	10
3.5	Bemessung von Anschlüssen	10
3.5.1	Geschraubt Scher-Lochleibung	10
3.5.2	Geschraubt gleitfest vorgespannt	10
3.5.3	Geschraubt Zug	10
3.5.4	Geschweißt	10
3.6	Lebensdauer und Betriebsfestigkeit	10
3.7	Kritische Rißlänge – Bruchmechanik	10
3.8	Dauerhaftigkeit – Korrosion	11
3.8.1	Beschichtung	11
3.8.2	Selbstpassivierende Werkstoffe	11
3.9	Bemessung unter Brandbeanspruchung	11
3.9.1	Brandschutzbeschichtung	11
3.9.2	Warmbemessung	11
<u>4.</u>	<u>Grundaufgaben im Verbundbau</u>	<u>12</u>
<u>5.</u>	<u>Stahlbauspezifische Bauformen</u>	<u>13</u>
5.1	Allgemeines	13
5.2	Industriebau	13
5.2.1	Halle in Einfeldträger-Bauweise	13
5.2.2	Rahmenhalle	13
5.2.3	Trapezbleche als Dach- und Wandverkleidung	13
5.3	Kranbahnen	13
5.3.1	Kranbahnträger	13
5.3.2	Kranbahnkonsole	13
5.3.3	Kranbrücken	13
5.4	Fachwerktürme	14
5.5	Rohrmaste, Schornsteine	14
5.6	Behälter	14
5.6.1	Drucklose Tanks nach DIN 4119	14
5.6.2	(Aufgeständerte) Silos	14
5.7	Brücken	14
5.7.1	Förderbrücken	14
5.7.2	Geh- und Radwegbrücken	14
5.7.3	Straßenbrücken	14
5.7.4	Eisenbahnbrücken	14
5.8	Anlagenbau	14
5.8.1	Förderschnecken	14
5.9	Glas- und Fassadenbau	14
<u>6.</u>	<u>Ausbildungsziel: Standsicherheitsnachweis</u>	<u>14</u>
<u>7.</u>	<u>Methoden des Wissenserwerbs</u>	<u>15</u>
7.1	Vorwärts: „normales“ Studium	15
7.2	Rückwärts: Analysieren von Schadensfällen	15

## **1. Allgemeines**

Mit der folgenden Struktur der Haupt- und Nebenüberschriften wird die Einbettung des Faches Stahlbau in die benachbarten Ingenieurdisziplinen und Grundlagenwissenschaften beschrieben.

## **2. Grundlagen und erforderliche Vorkenntnisse**

### **2.1 Allgemeines**

Die nachfolgend aufgeführten Fachgebiete sollte man kennen bzw. das dort gelehrt Handwerkszeug können, wenn man beginnt, „Stahlbau“ zu lernen.

Entsprechende Vorlesungen werden an der FH angeboten, so dass eine detaillierte Aufzählung der benötigten Fertigkeiten nicht notwendig ist. In den folgenden Abschnitten werden daher in subjektiver Auswahl diejenigen Anknüpfungspunkte an die Grundlagenfächer aufgeführt, die mir besonders wichtig erscheinen.

### **2.2 Mathematik**

#### **2.2.1 Darstellung von Zahlen**

25 % ist gleichbedeutend mit 0,25 – z.B. bei der Bruchdehnung eines unlegierten Baustahles.

#### **2.2.2 Genauigkeit von Zahlen**

Genauigkeit bei einziffrigen Zahlen:

einziffrige Zahlen liegen zwischen „1“ und „9“, damit können Zahlen gemeint sein von +0,5 bis +1,49 und von +8,5 und +9,49

Der relative Fehler liegt daher zwischen

$$\text{rel\_F} = 0,5 / 1 = 50 \%$$

und

$$\text{rel\_F} = 0,5 / 9 = 6 \%$$

Frage: warum wurde „0“ im obigen Beispiel ausgeklammert?

Eine Zahl mit einer signifikanten Stelle (nicht zu verwechseln mit „Nachkommastelle“) ist z.B. 0,003. Wie groß ist hier der relative Fehler?

Genauigkeit bei zweiziffrigen Zahlen:

zweiziffrige Zahlen liegen zwischen „10“ und „99“, damit können Zahlen gemeint sein von +9,5 bis +10,49 und von +98,5 und +99,49

Der relative Fehler liegt daher zwischen

$$\text{rel\_F} = 0,5 / 10 = 5 \%$$

und

$$\text{rel\_F} = 0,5 / 99 = 0,5 \%$$

Eine Zahl mit zwei signifikanten Stellen ist z.B. 0,0030. Wie groß ist hier der relative Fehler?

Genauigkeit bei dreiziffrigen Zahlen:

dreiziffrige Zahlen liegen zwischen „100“ und „999“, damit können Zahlen gemeint sein von

+99,5 bis +100,49 und von +998,5 und +999,49

Der relative Fehler liegt daher zwischen

$$\text{rel\_F} = 0,5 / 100 = 0,5 \%$$

und

$$\text{rel\_F} = 0,5 / 999 = 0,05 \%$$

Im Bauingenieurwesen reicht für das Anfertigen von Standsicherheitsnachweisen im Allgemeinen eine Genauigkeit von 2 Ziffern, wissenschaftlich orientierte Arbeiten benutzen mindestens 3 Ziffern.

Beispiele:

$$2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$$

E-Modul von Stahl

Es ergibt keinen Sinn, einen E-Modul als Mittelwert aus 13 Versuchsergebnissen zu bestimmen, und dann mit beliebig vielen Kommastellen anzugeben. Man täuscht dadurch eine Genauigkeit vor, die nicht da ist.

**ACHTUNG:**

In der Prüfung verlange ich 3 Ziffern Genauigkeit, weil ich sonst beim Korrigieren in vielen Fällen nicht sehen kann, ob bestimmte Dinge richtig oder falsch gemacht

wurden.

Die richtige Lösung für  $1/1000$  in Dezimalschreibweise ist demzufolge 0,00100, die Angabe 0,001 ist falsch.

## **2.3 Technische Mechanik**

Physik mit Einheiten

Hauptspannung, Hauptspannungsrichtung, Trajektorien

Kraftfluss, Kerbspannungen

Vergleichsspannungshypothesen

## **2.4 Baustatik**

### **2.4.1 Lastermittlung**

Wird wegen der knapp bemessenen Vorlesungszeit nur „nebenher“ gelehrt.

### **2.4.2 Modellierung von Tragwerken**

Wann wird ein Deckenträger in einem Geschößbau „gelenkig“ gerechnet?

Wann wird die Fußplatte einer Stütze als Platte gerechnet? Wann als Plattenstreifen?

### **2.4.3 Schnittgrößenermittlung**

Schnittgrößen werden im Allgemeinen nur mit 2, höchstens 3 Ziffern Genauigkeit angegeben (siehe Abschnitt Grundlagen – Mathematik – Genauigkeit von Zahlen). Wenn ein Ingenieur die Stützenlast in einem Parkhaus mit 1538,75 kN angibt (weil das der Taschenrechner halt so gezeigt hat), dann fragt man sich, ob der überhaupt weiß, was er da tut. Hinsichtlich der Genauigkeit der Eigen- und Verkehrslasten ist eigentlich „1500 kN“ angemessen, „1540 kN“ ist auch noch in Ordnung – und wäre „prüfungstauglich“, weil das 3 signifikante Ziffern sind.

### **2.4.4 Software**

Stabwerksprogramm

Finite-Elemente-Programm

## **2.5 Baudynamik**

### 2.5.1 Lineare Schwinger

### 2.5.2 Nichtlineare Schwinger

### 2.5.3 Dämpfung

### 2.5.4 Karmansche Wirbelerregung

## **2.6 Lastannahmen**

Eigenlasten, Verkehrslasten, Wind, Schnee, Erdbeben

## **2.7 Sicherheit und Ausfallswahrscheinlichkeit**

Die sogenannten Sicherheitsfaktoren sind eigentlich Unsicherheitsfaktoren. Wir benötigen sie, weil sowohl die Lasten als auch die Widerstände (Querschnittswerte und Werkstoffeigenschaften) streuende Größen sind. Über die in den Normen festgelegten Nennwerte multipliziert mit Sicherheitsfaktoren wird eine genügend kleine Ausfallswahrscheinlichkeit erreicht. Im Bauwesen beträgt diese ca.  $10^{-6}$  pro Jahr. Saloppe Interpretation: wenn in Deutschland hunderttausend Eisenbahnbrücken stünden, würde im Mittel jede 10 Jahre eine einfallen.

Hinweis: bei kerntechnischen Anlagen beträgt die Ausfallswahrscheinlichkeit ca.  $10^{-7}$  bis  $10^{-8}$ .

## **2.8 Baustoffkunde**

### 2.8.1 Unlegierte Baustähle

Festigkeit, Bruchdehnung, Spannungs-Dehnungs-Verhalten

Festigkeitssteigerung durch Kaltverformung

### 2.8.2 Hochfeste Stähle

Die Festigkeitssteigerung ist meistens mit einer Abnahme der Zähigkeitseigenschaften verbunden.

### 2.8.3 Nichtrostende Stähle

Austenitische Chrom-Nickel-Stähle

Allgemeine Bauaufsichtliche Zulassung

### 2.8.4 Aluminium

Komplizierter Werkstoff – Stichwort Wärmeeinflusszone; technisch interessant aufgrund des geringen spezifischen Gewichts und der Korrosionsbeständigkeit.

## **2.9 Baurecht**

### 2.9.1 Vergabe und Vertragsrecht

Stichwort VOB – wird hier nicht behandelt

### 2.9.2 Technisches Baurecht

Vom Grundgesetz über die Landesbauordnung zur „DIN-Norm“;

In BY heißt das Bayerische Bauordnung (BayBO) in der Fassung vom 04.08.97, zuletzt geändert am 10.03.06.

LTB – Liste der technischen Baubestimmungen (siehe Internet).

Ist eine Norm verbindlich?

Wann und wie ist eine Norm verbindlich?

Was sind die „anerkannten Regeln der Technik“?

### 2.9.3 Haftung

Wann und für was haftet ein Bauingenieur?

## **2.10 Methodenkompetenz**

Word, Excel, MathCAD:

nicht nur irgendwas in Word eintippen, sondern auch wissen, wie man mit Formatvorlagen umgeht

AutoCAD



siehe Baustatik Software

## **2.11 Softskills**

### **2.11.1 Allgemein**

die berühmte Teamfähigkeit

mindestens eine Fremdsprache (am besten Englisch)

Phantasie, Selbstdisziplin, Zielorientierung,

Fehlerkultur: wie gehe ich mit eigenen Fehlern um?

Als spätere Führungsfigur: wie gehe ich mit den Fehlern meines Teams um?

Qualitätsmanagement – die „Sicherung der Qualität“ – Redundanz und Kontrolle

### **2.11.2 Speziell**

Technisches Denken im Alltag – Naturwissenschaften

Milchtüte in der Kühlschrankschranktür





### **3. Grundaufgaben im Stahlbau**

#### **3.1 Allgemeines**

#### **3.2 Werkstoffwahl**

##### **3.2.1 Allgemeines**

Ausreichende Duktilität sicherstellen

Sprödbruch vermeiden

##### **3.2.2 Unlegierte Baustähle**

Technische Lieferbedingung DIN EN 10025

DAST-Richtlinie 009

##### **3.2.3 Hochfeste Baustähle**

##### **3.2.4 Hochlegierte korrosionsbeständige Stähle**

##### **3.2.5 Aluminium-Legierungen**

### **3.3 Bemessung von Bauteilen – Festigkeit**

#### 3.3.1 Stab unter Normalkraft

#### 3.3.2 Balken unter Biegung

#### 3.3.3 Schub aus Querkraft

#### 3.3.4 Schub aus Torsion

#### 3.3.5 Plastische Querschnittstragfähigkeit

### **3.4 Bemessung von Bauteilen – Stabilität**

#### 3.4.1 Allgemeines

Grundsätzlich muß für jedes Bauteil, in dem Druckbeanspruchung auftritt, Stabilität untersucht werden.

#### 3.4.2 Knicken von Druckstäben

#### 3.4.3 Kippen von Biegeträgern

#### 3.4.4 Beulen von Blechfeldern

#### 3.4.5 Beulen von Schalen

#### 3.4.6 Sonderfälle: Beulen unter Zug

### **3.5 Bemessung von Anschlüssen**

#### 3.5.1 Geschraubt Scher-Lochleibung

#### 3.5.2 Geschraubt gleitfest vorgespannt

#### 3.5.3 Geschraubt Zug

#### 3.5.4 Geschweißt

### **3.6 Lebensdauer und Betriebsfestigkeit**

siehe [www.peterknoedel.de/papers/papers.htm](http://www.peterknoedel.de/papers/papers.htm)

### **3.7 Kritische Rißlänge – Bruchmechanik**

siehe Skript Knödel über Bruchmechanik im Internet



### **3.8 Dauerhaftigkeit – Korrosion**

#### 3.8.1 Beschichtung

#### 3.8.2 Selbstpassivierende Werkstoffe

### **3.9 Bemessung unter Brandbeanspruchung**

#### 3.9.1 Brandschutzbeschichtung

#### 3.9.2 Warmbemessung



#### **4. Grundaufgaben im Verbundbau**

## **5. Stahlbauspezifische Bauformen**

### **5.1 Allgemeines**

Wer die stahlbauspezifischen Aufgabenstellungen als Handwerkszeug beherrscht, kann beliebige „stahlbauspezifischen Bauformen“ erfolgreich bemessen.

Je nach „Bauform“ benötigt man dabei ein anderes Bündel der Grundaufgaben, und meistens tritt eine bestimmte Grundaufgabe stark in den Vordergrund.

Zusätzlich sind jedoch branchenspezifische Regeln zur Berechnung und konstruktiven Gestaltung zu berücksichtigen, die sich im Laufe der Zeit entwickelt haben.

### **5.2 Industriebau**

#### **5.2.1 Halle in Einfeldträger-Bauweise**

#### **5.2.2 Rahmenhalle**

#### **5.2.3 Trapezbleche als Dach- und Wandverkleidung**

Beanspruchung senkrecht zur Fläche als Biegeträger

Beanspruchung in der Fläche als Schubfeld

Befestigungsmittel

### **5.3 Kranbahnen**

#### **5.3.1 Kranbahnträger**

#### **5.3.2 Kranbahnkonsole**

#### **5.3.3 Kranbrücken**

## **5.4 Fachwerktürme**

z.B. Strommasten

## **5.5 Rohrmaste, Schornsteine**

## **5.6 Behälter**

5.6.1 Drucklose Tanks nach DIN 4119

5.6.2 (Aufgeständerte) Silos

## **5.7 Brücken**

5.7.1 Förderbrücken

5.7.2 Geh- und Radwegbrücken

5.7.3 Straßenbrücken

5.7.4 Eisenbahnbrücken

## **5.8 Anlagenbau**

5.8.1 Förderschnecken

## **5.9 Glas- und Fassadenbau**

Die Hochzeit von Glas mit Stahl und Aluminium

Die Umsetzung ausgefallenster Architektenwünsche – Motor des technischen Fortschrittes

## **6. Ausbildungsziel: Standsicherheitsnachweis**

Im Volksmund „Statik“ genannt.

Die „Statik“ ist aber oft eine „Dynamik“

Wie macht man eine Statik?



Welche Teile hat eine Statik?

siehe Skript Knödel unter FH-KA Behälterbau

## **7. Methoden des Wissenserwerbs**

### **7.1 Vorwärts: „normales“ Studium**

### **7.2 Rückwärts: Analysieren von Schadensfällen**