

Ingenieure würfeln nicht!

Marcel Steiner-Curtis, FHNW

Zukunft des Statistik und Stochastik-Unterrichts
auf BA- und MA-Stufe an Schweizer Fachhochschulen
GMFH, 21.10.2017

Motivationskiller für den Ingenieur

1.3 PROBABILITY AXIOMS

Let (Ω, \mathcal{S}) be the sample space associated with a statistical experiment. In this section we define a probability set function and study some of its properties.

Definition 1. Let (Ω, \mathcal{S}) be a sample space. A set function P defined on \mathcal{S} is called a *probability measure* (or simply, *probability*) if it satisfies the following conditions:

- (i) $P(A) \geq 0$ for all $A \in \mathcal{S}$.
- (ii) $P(\Omega) = 1$.
- (iii) Let $\{A_j\}$, $A_j \in \mathcal{S}$, $j = 1, 2, \dots$, be a disjoint sequence of sets; that is, $A_j \cap A_k = \emptyset$ for $j \neq k$, where \emptyset is the null set. Then

$$(1) \quad P\left(\sum_{j=1}^{\infty} A_j\right) = \sum_{j=1}^{\infty} P(A_j),$$

where we have used the notation $\sum_{j=1}^{\infty} A_j$ to denote union of disjoint sets A_j .

Problemstellung



Messgrößen



Direkter Luftschall



Sekundärer
Luftschall



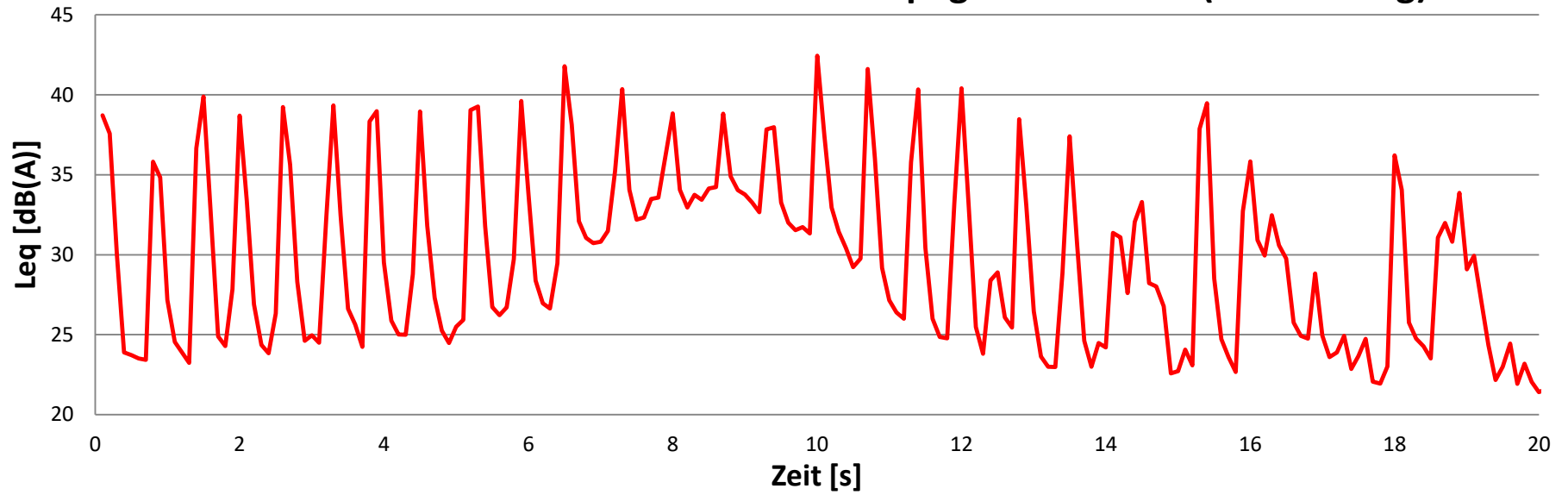
Erschütterungen



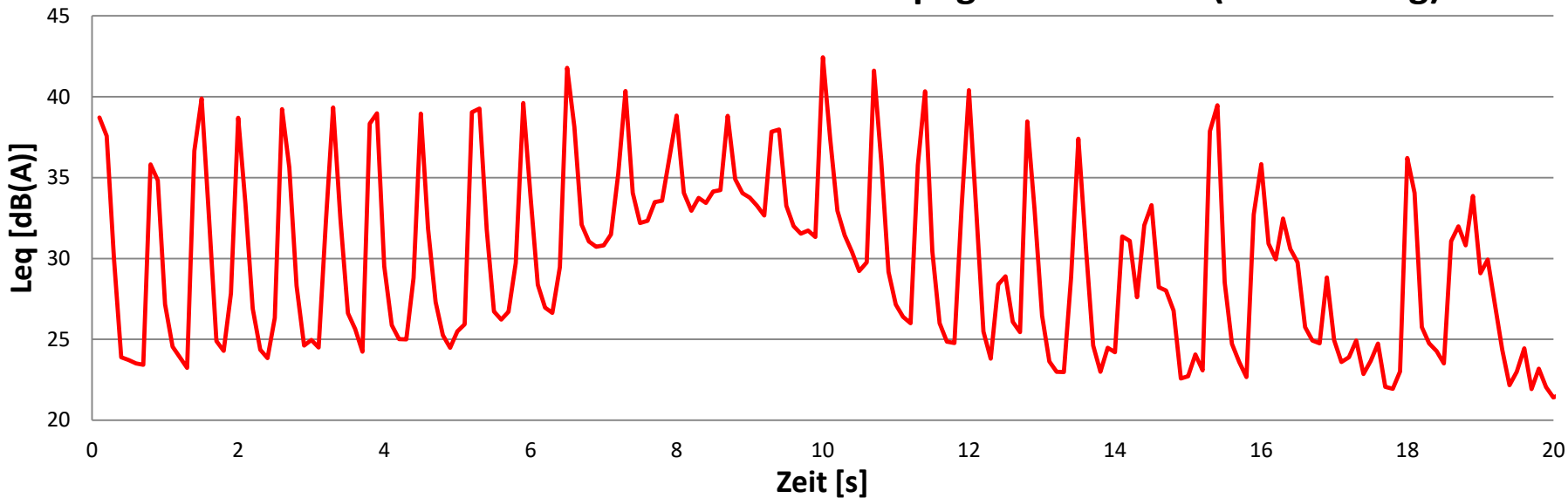
Störgrössen



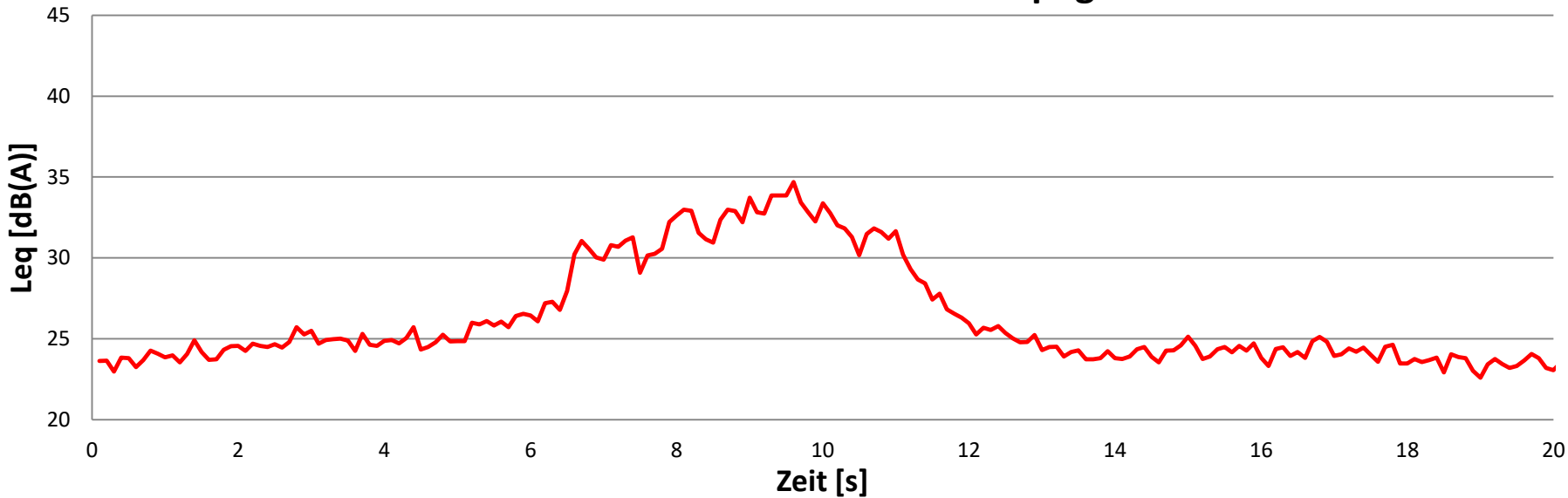
Strassenbahnvorbeifahrt: Schalldruckpegel versus Zeit (mit Störung)



Strassenbahnvorbeifahrt: Schalldruckpegel versus Zeit (mit Störung)



Strassenbahnvorbeifahrt: Schalldruckpegel versus Zeit



Kosmologie – Hubble-Konstante

Universum expandiert wie Oberfläche eines Ballons beim Aufblasen.

Hubble-Konstante

Rate der Expansion des Universums

$$H_0 = 74.3 \text{ km/s/Mpc}$$

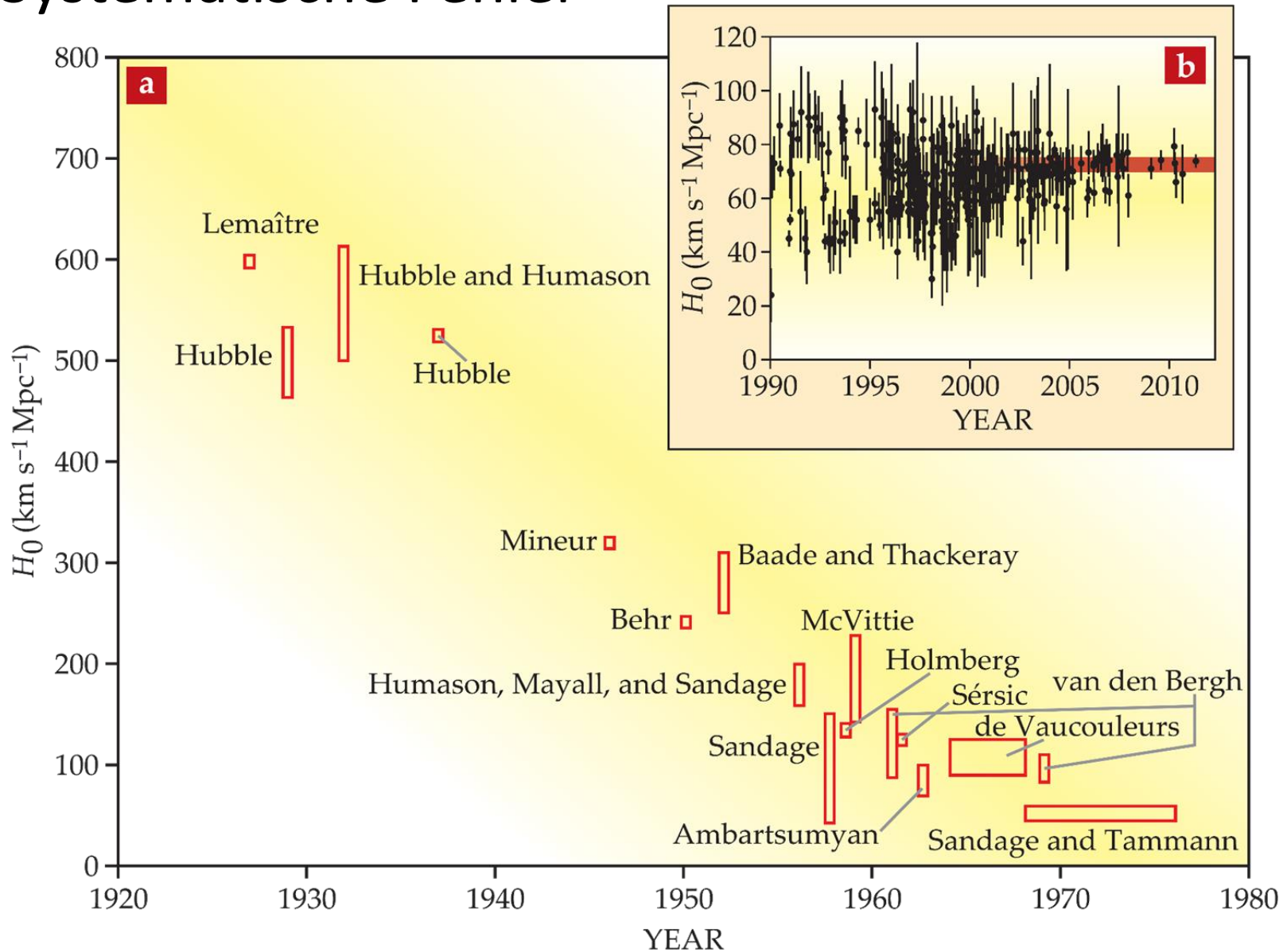
Alter des Universums

$$T_0 = 1/H_0 = 13.8 \text{ Milliarden Jahre}$$

Bildquelle: www.nasa.gov



Systematische Fehler



Finite Element Analysis

The image shows the Abaqus/CAE 6.12-3 software interface. The main window displays the 'Start Session' dialog box, which includes options for creating a model database (Standard/Explicit, CFD, or Electromagnetic), opening a database, running a script, or starting a tutorial. Below these options is a 'Recent Files' list with five entries, all pointing to files related to 'Job-CFD-Bottleneck.odb' or 'Runde Flasche/Job-Flow.odb'. The Simulia logo is prominently displayed at the bottom of the dialog. The background shows the software's main workspace with a model database tree on the left and a toolbar at the top. A console window at the bottom left displays the following text:

```
Executing "onCaeStartup()" in the site directory ...  
A new model database has been created.  
The model "Model-1" has been created.
```

The Simulia logo is also visible in the bottom right corner of the interface.

Trockene Spaghetti brechen



Richard Feynman
(1918-1988)

“If you get a spaghetti stick and you break it, it will almost always break into three pieces.

Why is this true ... why does it break into three pieces?

We spent the next two hours coming up with crazy ideas. We thought up experiments, like breaking it underwater because we thought that might dampen the sound, the vibrations.

Well, we ended up at the end of a couple of hours with broken spaghetti all over the kitchen and no real good theory about why spaghetti breaks in three.”

Quelle: “No Ordinary Genius” Daniel W. Hillis describes his and Richard Feynman’s experiments.

Spaghetti zu fest gekocht



Bemerkungen:

- Dauer der FEM-Simulation: 25 ms
- Dauer der Berechnung: rund 5 h
- aber immerhin bricht/reisst Spaghetti
- Falsche Materialparameter → Design of Experiment

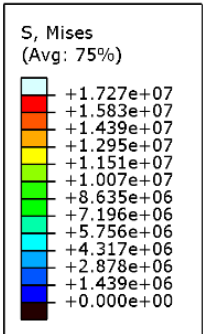
Spaghetti zu fest gekocht



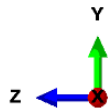
Bemerkungen:

- Dauer der FEM-Simulation: 25 ms
- Dauer der Berechnung: rund 5 h
- aber immerhin bricht/reisst Spaghetti
- Falsche Materialparameter → Design of Experiment

Spaghetti bricht



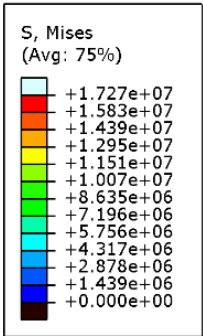
Step: Step-Ben Frame: 0
Total Time: 0.000000



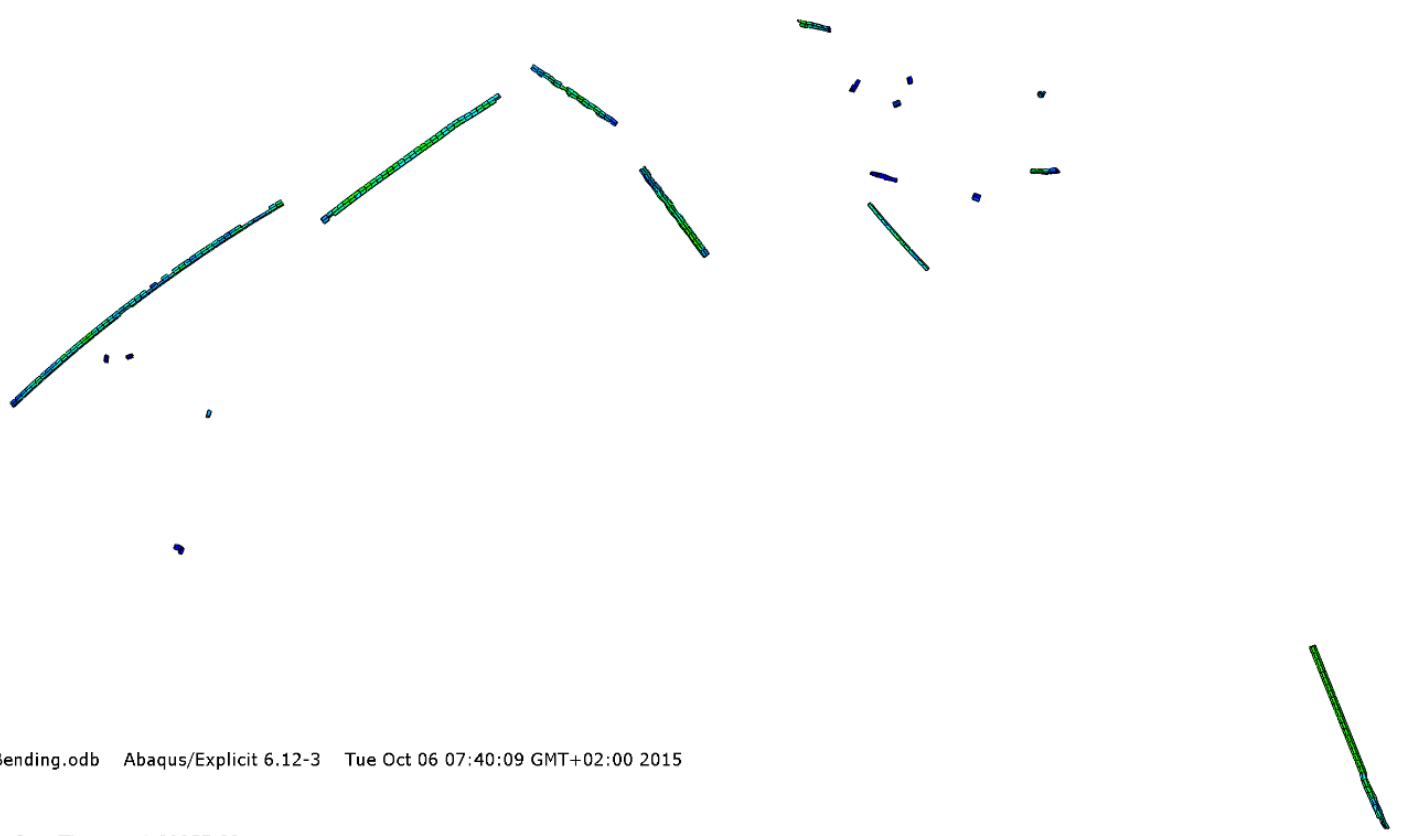
ODB: Job-SpaghettiBending.odb Abaqus/Explicit 6.12-3 Tue Oct 06 07:40:09 GMT+02:00 2015

Step: Step-Bending
Increment 0: Step Time = 0.0
Primary Var: S, Mises
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.000e+00
Status Var: STATUS

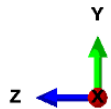
Spaghetti bricht



Step: Step-Fly Frame: 927
Total Time: 0.003201



ODB: Job-SpaghettiBending.odb Abaqus/Explicit 6.12-3 Tue Oct 06 07:40:09 GMT+02:00 2015



Step: Step-Flying
Increment 1479478: Step Time = 1.3905E-03
Primary Var: S, Mises
Deformed Var: U Deformation Scale Factor: +1.000e+00
Status Var: STATUS

Ingenieur: «Ich habe Daten gesammelt.»

Diagramm einfügen ? X

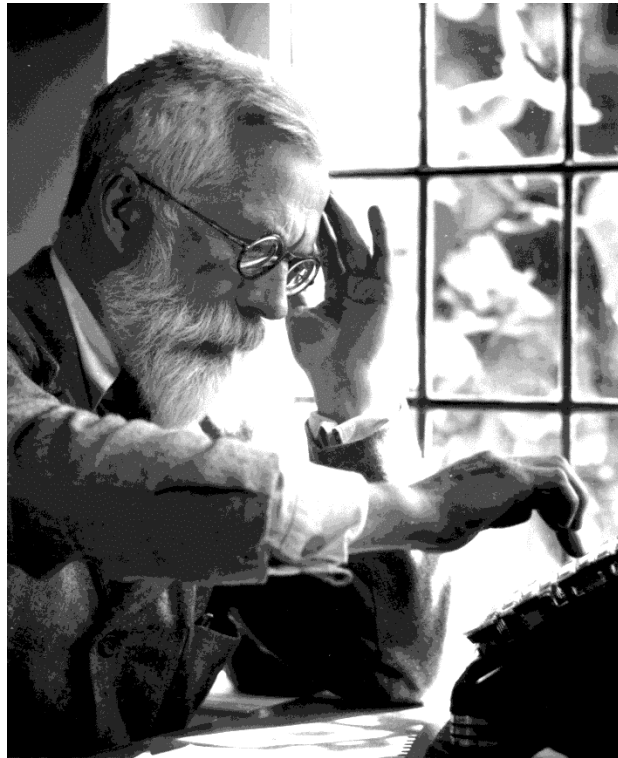
Empfohlene Diagramme Alle Diagramme

- Zuletzt verwendet
- Vorlagen
- Säule
- Linie
- Kreis
- Balken
- Fläche
- Punkt (X Y)**
- Kurs
- Oberfläche
- Netz
- Treemap
- Sunburst
- Histogramm
- Kastengrafik
- Wasserfall
- Verbund

Punkt (X Y)

OK Abbrechen

Data Scientist: *Statistical Thinking*

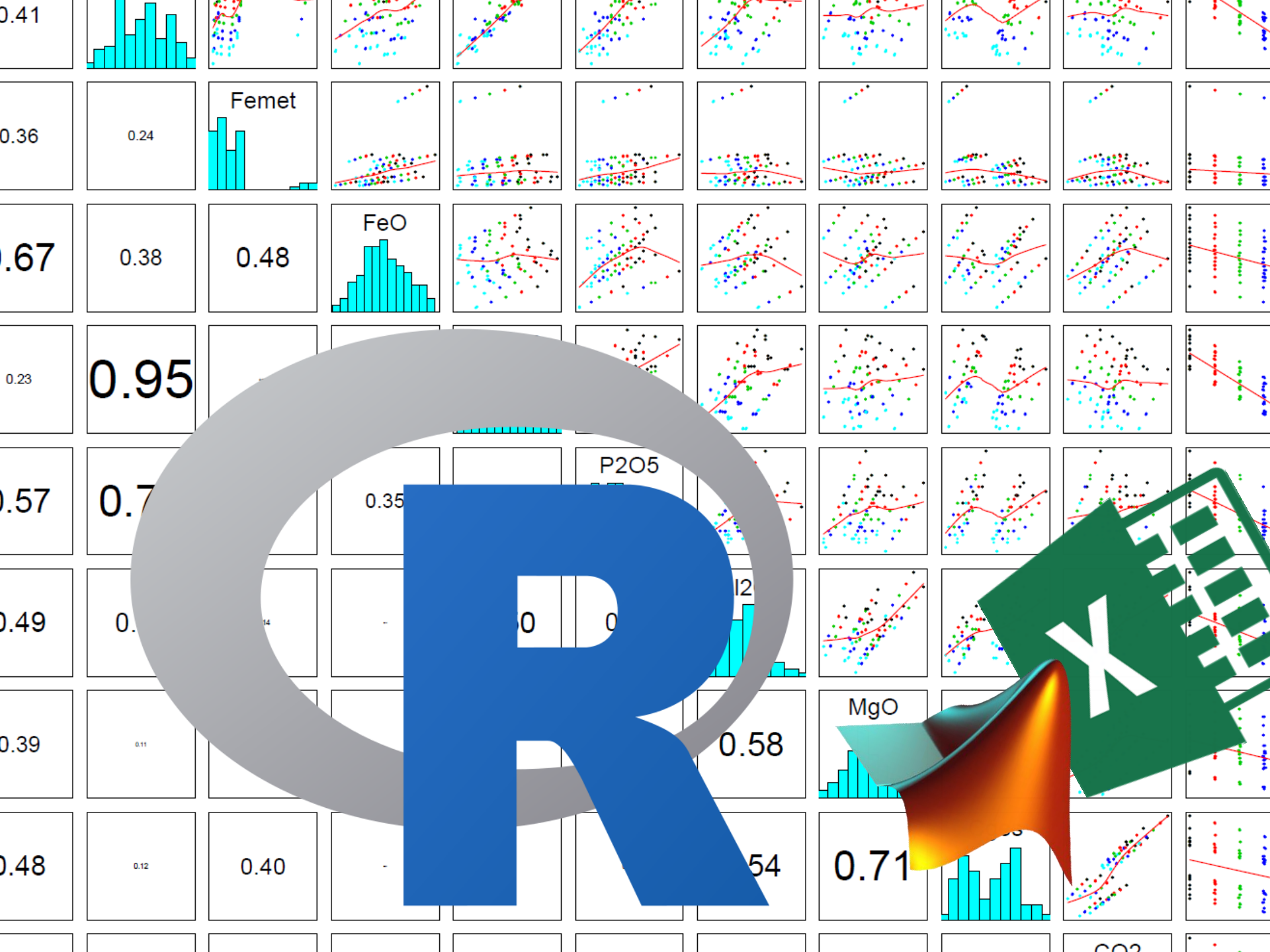


Sir Ronald Aylmer Fisher
(1890-1962)

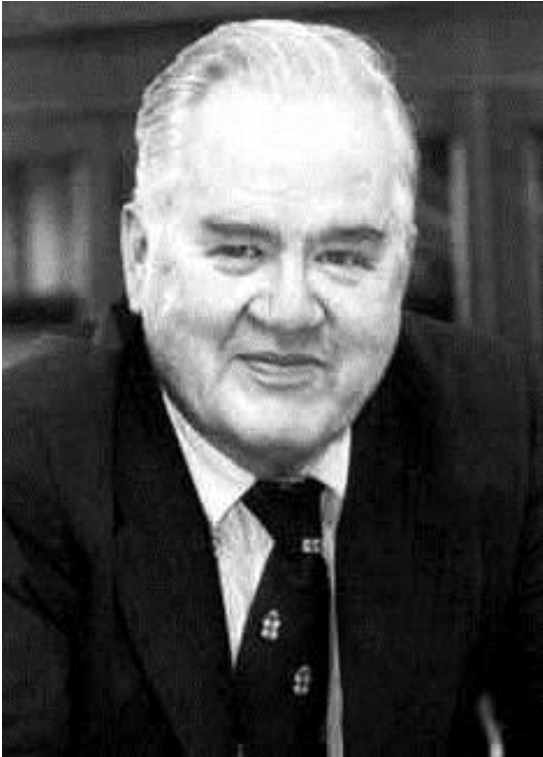
«To call in the statistician after the experiment is done may be no more than asking him to perform a postmortem examination:

he may be able to say what the experiment died of.»

Indian Statistical Congress,
Sankhya, 1938



Data Analysis



John Wilder Tukey
(1915–2000)

Exploratory Data Analysis
Box- and Whiskersplot
Cooley-Tukey FFT Algorithm

Francis John Anscombe
(1918–2001)



*«A computer should make both
calculations and graphs.»*

Total Fachgrundlagen, Fachvertiefung und Fachergänzung

111 von 213

Modulgruppe Vertiefung

18 von 72

Modulgruppe Fachergänzung

0 von 36

Legende

Min. Anzahl ECTS aus dieser Modulgruppe

Modulbezeichnung
Stundenplankürzel
(Verantwortlicher Dozent)
Lektionen/Woche
Modulabschlussprüfung
Anzahl ECTS Credits

Semester	Modulgruppe Vertiefung	Modulgruppe Fachergänzung	Modulgruppe Kontext
6. Semester	<p>6</p> <p>Wo-Lektionen: 12 Credits: 12</p> <p>Energietechnik (18)</p> <p>Thermodynamik mit Labor 4 thdL4 (GrL) 3 MSP Fluidmechanik mit Labor 4 flmL4 (Wsd) 3 MSP</p> <p>Kunststofftechnik (18)</p> <p>Sonderverfahren sov (Rp) 3 MSP Kunststofftechnik 2 kt2 (Kuf) 3 MSP</p> <p>Produktionstechnik und Prozesse (18)</p> <p>Produktionslabor prlab (Bo) 3 Fertigungstechnik 2 fert2 (Bo) 3 MSP</p> <p>Operations Management (WING) (18)</p> <p>Materialflusssimulation mfs (Sta) 3 MSP Fin. Unternehmensführung Plant CtrI fupce (Sta) 3 MSP Fabrik- und Produktionspl2 fpp2 (Sta) 3 MSP</p>	<p>Mech. Design ET medce (Go) 3 MSP Mech. Design mecdI (Mnz) 3 MSP Adv. Composites advcp (Drc) 3 MSP Adv. Simulation Validation asimv (Go) 3 MSP</p> <p>Turbomaschinen Verbrennungsm. turmo (Go) 3 Produktentwicklung 2 pent2 (Kuf) 3 MSP Industriekustik idaku (Bo) 3 MSP</p> <p>Operations Management Modul (Sta) 3 MSP</p>	<p>GSW Wahlfach Kultur (Sf) 2 GSW Wahlfach Ethik Umwelt (Sf) 2 GSW Wahlfach Wirtschaft Recht (Sf) 2</p> <p>Modulgruppe Wahlfacher GSW 6 von >20</p>
5. Semester	<p>5</p> <p>Wo-Lektionen: 6 Credits: 6</p> <p>Energietechnik (18)</p> <p>Thermodynamik mit Labor 3 thdL3 (GrL) 3 MSP Fluidmechanik mit Labor 3 flmL3 (Wsd) 3 MSP Wärmeübertragung (Hei) 3 Energietechnik und Kerntechnik (Go/Hy) 3</p> <p>Kunststofftechnik (18)</p> <p>Kunststoffverarbeitung kuv (Rp) 3 Kunststofftechnik 1 kt1 (Kuf) 3 Faser-Kunststoff-Verbunde 1 (Rp) 3 MSP Faser-Kunststoff-Verbunde 2 (Rp) 3 MSP</p> <p>Produktionstechnik und Prozesse (18)</p> <p>Produktentwicklung 1 pent1 (Kuf) 3 Steuerungen 2 st2 (Bo) 3 Fertigungstechnik 1 fert1 (Bo) 3 Steuerungen 1 st1 (Bo) 3</p> <p>Operations Management (WING) (18)</p> <p>Logistiksystemplanung lsp (Sta) 3 MSP Fabrik- und Produktionspl.1 fpp1 (Sta) 3 MSP Produktionsmanagement pmgm (Sta) 3 MSP</p>	<p>Simulation und Validierung simv (Kuf/Gbhp) 3 Mikro- und Nanotechnik minat (Sif) 3 MSP LabView labv (Wj.) 3 Produktentwicklung 1 pent1 (Kuf) 3 Mess- und Sensortechnik mst (Kma) 3 MSP Regelungstechnik mit Labor rtl (Wk) 4 MSP</p>	<p>GSW Wahlfach Kultur (Sf) 2 GSW Wahlfach Ethik Umwelt (Sf) 2 GSW Wahlfach Wirtschaft Recht (Sf) 2</p> <p>Modulgruppe Wahlfacher GSW 6 von >20</p>
4. Semester	<p>4</p> <p>Wo-Lektionen: 6 Credits: 6</p> <p>Energietechnik (18)</p> <p>Datenanalyse dan (Stmc) 3 Analysis 3 an3M (Stmc) 4 MSP Numerik num(Stmc) 3</p> <p>Kunststofftechnik (18)</p> <p>Schwingungen und Wellen swv (Sr) 4 MSP Werkstoffe 3 werk3 (Rp) 3 MSP</p> <p>Produktionstechnik und Prozesse (18)</p> <p>Mess- und Sensortechnik msM (Kma) 4 CFD Simulation cfdS (Wsd) 3 FEM Simulation fems (Kuf) 3</p> <p>Operations Management (WING) (18)</p> <p>Dimensionierung dms (Mnz) 3 Kinetik & Maschinendyn. kmndI (Gbhp) 3 MSP</p>	<p>Energieleisnische Systeme eglS (Hei) 3 MSP Antriebstechnik mit Labor atL (Wk) 4</p> <p>Fluidmechanik flm (Wsd) 4 MSP Elektrotechnik eItM (Wk) 4 MSP</p> <p>Thermodynamik thd (GrL) 4 MSP</p>	<p>Modulgr. BWL 4 von 6 Betriebswirtschaft bufor, brvsm (WIL) 2 Betriebswirtschaft bprma (WIL) 2 Kommunikation agrh, sprx (Sf) 2 Kommunikation agrh, sprx (Sf) 2</p>
3. Semester	<p>3</p> <p>Wo-Lektionen: 6 Credits: 6</p> <p>Energietechnik (18)</p> <p>Wahrsch. und Statistik wst (Stmc) 3 MSP Analysis 4 an4M (Stmc) 4 MSP</p> <p>Kunststofftechnik (18)</p> <p>Elektromagnetismus (Sr) 4 MSP Werkstoffe 2 werk2 (Wa) 3 MSP Maschinenelemente mel (Bkdg) 3</p> <p>Produktionstechnik und Prozesse (18)</p> <p>Labor Physik/ Werkstoffe phwKL (Sr/Wa) 4 Elastostatik elstK (Fr) 4 MSP Kinematik und Kinematik kmk (Gbhp) 3</p> <p>Operations Management (WING) (18)</p> <p>Statik stK (Fr) 4</p>	<p>Assessment 1/2 Semester 27 von 36</p>	<p>Modulgr. BWL 4 von 6 Betriebswirtschaft bufor, brvsm (WIL) 2 Betriebswirtschaft bprma (WIL) 2 Kommunikation agrh, sprx (Sf) 2 Kommunikation agrh, sprx (Sf) 2</p>
2. Semester	<p>2</p> <p>Wo-Lektionen: 6 Credits: 6</p> <p>Energietechnik (18)</p> <p>Lin. Algebra 2 laI2 (Heim) 4 Analysis 2 an2 (Stmc) 4 MSP</p> <p>Kunststofftechnik (18)</p> <p>Wärme und Strahlung wus (Sr) 4 MSP Werkstoffe 2 werk2 (Wa) 3 MSP Maschinenelemente mel (Bkdg) 3</p> <p>Produktionstechnik und Prozesse (18)</p> <p>Labor Chemie/ Konstruktion chKL (Do.) 4 Statik stK (Fr) 4</p>	<p>Assessment 1/2 Semester 27 von 36</p>	<p>Modulgr. BWL 4 von 6 Betriebswirtschaft bufor, brvsm (WIL) 2 Betriebswirtschaft bprma (WIL) 2 Kommunikation agrh, sprx (Sf) 2 Kommunikation agrh, sprx (Sf) 2</p>
1. Semester	<p>1</p> <p>Wo-Lektionen: 6 Credits: 6</p> <p>Energietechnik (18)</p> <p>Lin. Algebra 1 laI1 (Heim) 4 MSP Analysis 1 an1 (Stmc) 4 MSP</p> <p>Kunststofftechnik (18)</p> <p>Chemie 1 ch1 (Do) 3 MSP Herstellung und Konstruktion hkon (Th) 3 Werkstoffe 1 werk1 (Wa) 3</p> <p>Produktionstechnik und Prozesse (18)</p> <p>Labor Chemie/ Konstruktion chKL (Do.) 4 Statik stK (Fr) 4</p>	<p>Assessment 1/2 Semester 27 von 36</p>	<p>Modulgr. BWL 4 von 6 Betriebswirtschaft bufor, brvsm (WIL) 2 Betriebswirtschaft bprma (WIL) 2 Kommunikation agrh, sprx (Sf) 2 Kommunikation agrh, sprx (Sf) 2</p>
	<p>Projekte 42 von 42 Mathematik 1 9 von 15 Mathematik 2 9 von 15 Naturwissenschaften 9 von 15 Werkstoffe /Fertigung / Konstruktion 12 von 15 Modulgruppe Labor 6 von 15 Modulgruppe Technische Mechanik 12 von 15 Modulgruppe Energietechnik 12 von 15</p>	<p>Modulgruppe Kontext 8 von >16 Modulgr. Englisch 4 von 8</p>	

Statistikmodule (eigene Erhebung)

7 ETCS

- Maschinenbau
- Systemtechnik

6 ETCS

- Informatik
- Optometrie

3 ETCS

- Elektro- und Informationstechnik
- Energie- und Umwelttechnik
- iCompetence
- Wirtschaftsingenieurwesen

Statistikmodule (eigene Erhebung)

7 ETCS

- Maschinenbau
- Systemtechnik

6 ETCS

- Informatik
- Optometrie

3 ETCS

- Elektro- und Informationstechnik
- Energie- und Umwelttechnik
- iCompetence
- Wirtschaftsingenieurwesen

Problematik: Wahlmöglichkeiten

Beispiel: BA-Studiengang Maschinenbau

- 1. Semester** (2 Module à 3 ETCS)
Analysis 1 und Lineare Algebra 1
- 2. Semester** (2 Module à 3 ETCS)
Analysis 2 und Lineare Algebra 2
- 3. Semester** (2 Module à 3 ETCS)
Differentialgleichungen, Numerik
- 4. Semester** (2 Module à 3 ETCS)
Mehrdimensionale Analysis, **Wahrscheinlichkeitstheorie und Stochastik**
- 5. Semester** (1 Modul à 3 ETCS)
Datenanalyse
- 6. Semester** (1/3 Modul à 3 ETCS)
Statistische Zuverlässigkeitsanalyse (Technisches Risikomanagement)

Statistikmodule (Maschinenbau, Systemtechnik)

Wahrscheinlichkeitstheorie und Stochastik

Beschreibende Statistik, Kombinatorik, Wahrscheinlichkeit, Verteilungen, Tests, Regression

Tools: Excel, Matlab, R (freiwillig)

Datenanalyse

Multivariate Regression, Versuchsplanung, Fehlerrechnung, Ausreisserproblematik, parameterfreie Verfahren, Zeitreihen, Signalanalyse im Zeit- und Frequenzbereich (DFT)

Tools: Matlab, R (freiwillig)

Statistische Zuverlässigkeitsanalyse

Lebensdauervertelungen (Weibullverteilung), zensierte Daten, beschleunigte Experimente, Entscheidungstheorie, Bayes

Tools: Excel, Matlab, R (freiwillig)

Zwei Statistikmodule (gleichzeitig im Angebot)

Applied Statistics and Data Analysis

- Statistical Quality Control
- Multiple Regression Analysis
- Design of Experiment

Tool: R

Predictive Modelling

- Fundamental Concepts of Probability and Statistics
- Regression Analysis
- Classification
- Time Series Analysis

Tool: R

Zwei Statistikmodule (gleichzeitig im Angebot)

Applied Statistics and Data Analysis

- Statistical Quality Control
- Multiple Regression Analysis
- Design of Experiment

Tool: R

Predictive Modelling

- Fundamental Concepts of Probability and Statistics
- Regression Analysis
- Classification
- Time Series Analysis

Tool: R

Problematik

- Heterogenes Vorwissen (je nach BA-Studiengang und FH)
- Studierende ohne Kenntnisse in Statistik
- Studierende, die in BA-Mathematik «nur gewürfelt haben».
- Studierende, die schon alles gehört haben.
- Anzahl Studierende

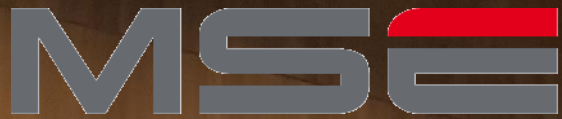
Master of Science in Engineering

Angewandte Statistik und Datenanalyse

- Das Modul ist in drei Einheiten unterteilt in drei Modulen:
1. Statistische Prozess- und Qualitätskontrolle (SPC)
mit Marco Steinbrunn, 24.04. 2008/09
 2. Multiple Regressionsrechnung
mit Andreas Rappich, 24.04. 2008/09
 3. Design of Experiment (DoE)
mit Andreas Rappich, 24.04. 2008/09

FS 2008

Applied Statistics: 60 Studierende

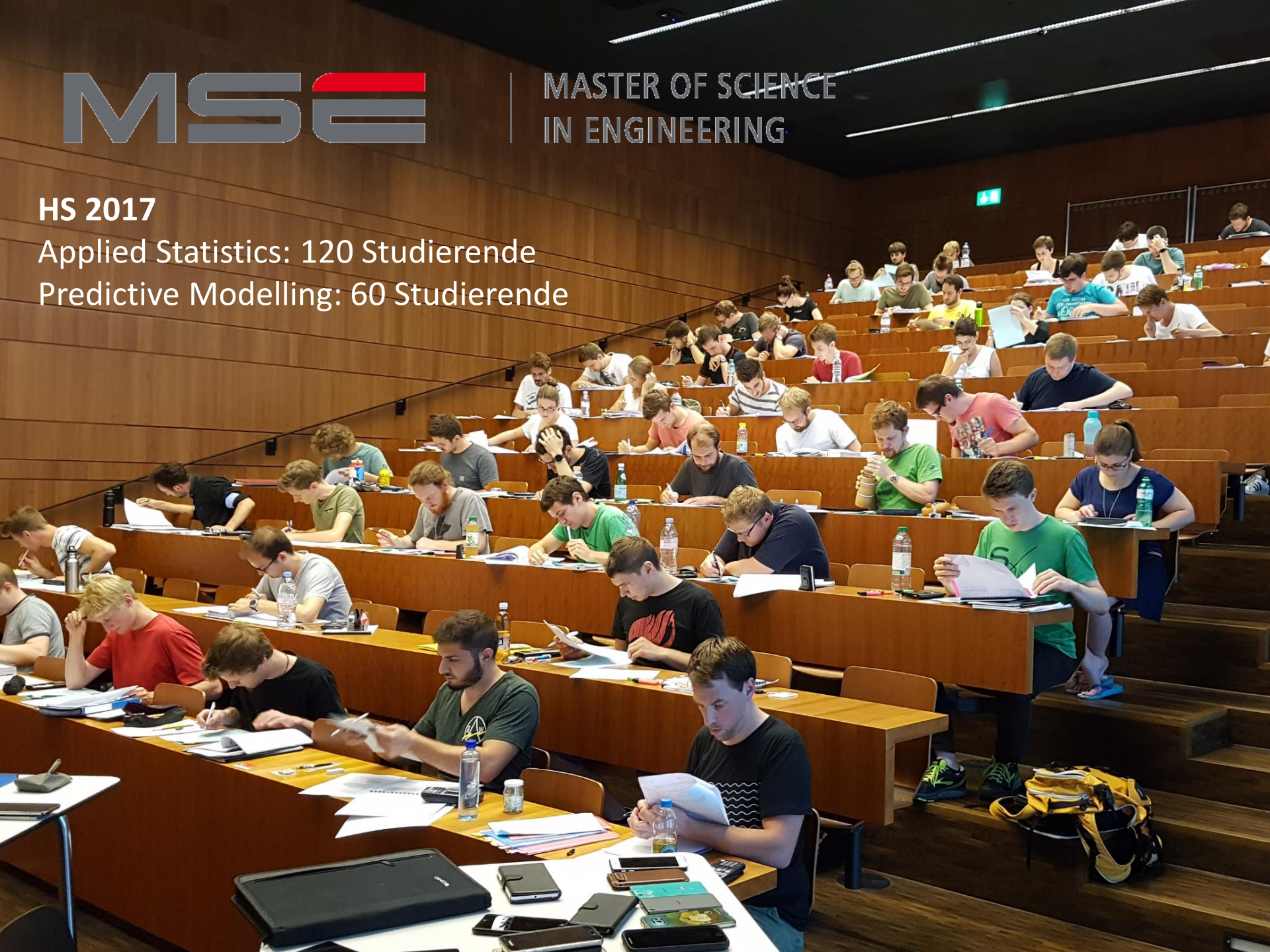


MASTER OF SCIENCE
IN ENGINEERING

HS 2017

Applied Statistics: 120 Studierende

Predictive Modelling: 60 Studierende



Daten – Theorie – Statistiken

«Nur wer die Entstehung von Daten berücksichtigt und sich mit der Theorie auskennt, kann mit Statistiken umgehen.»



Peter Atteslander
(1926-2016)