

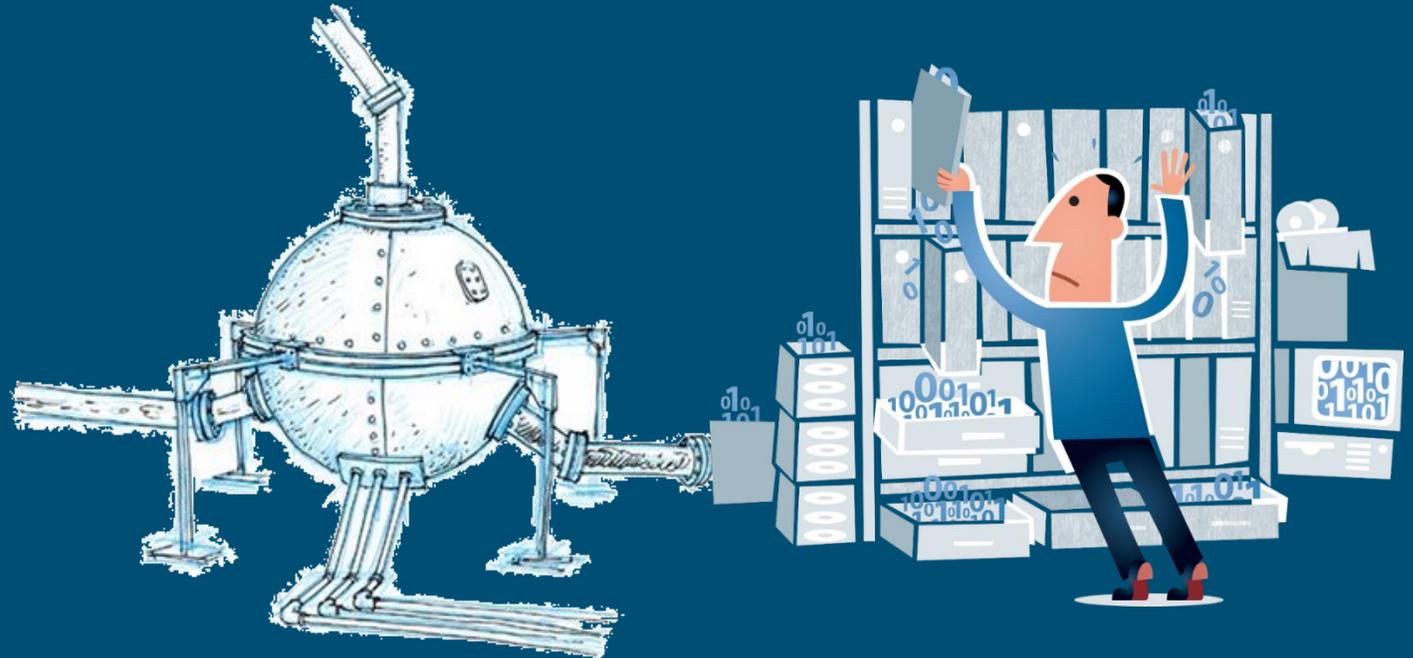
# Datenkompetenz von Anfang an – Grundlagen der Digitalisierung



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

4Ing-Workshop am 15.04.2024

Kevin Logan, Ning Xia, Prof. Peter Pelz



**MASCHINENBAU**

We engineer future

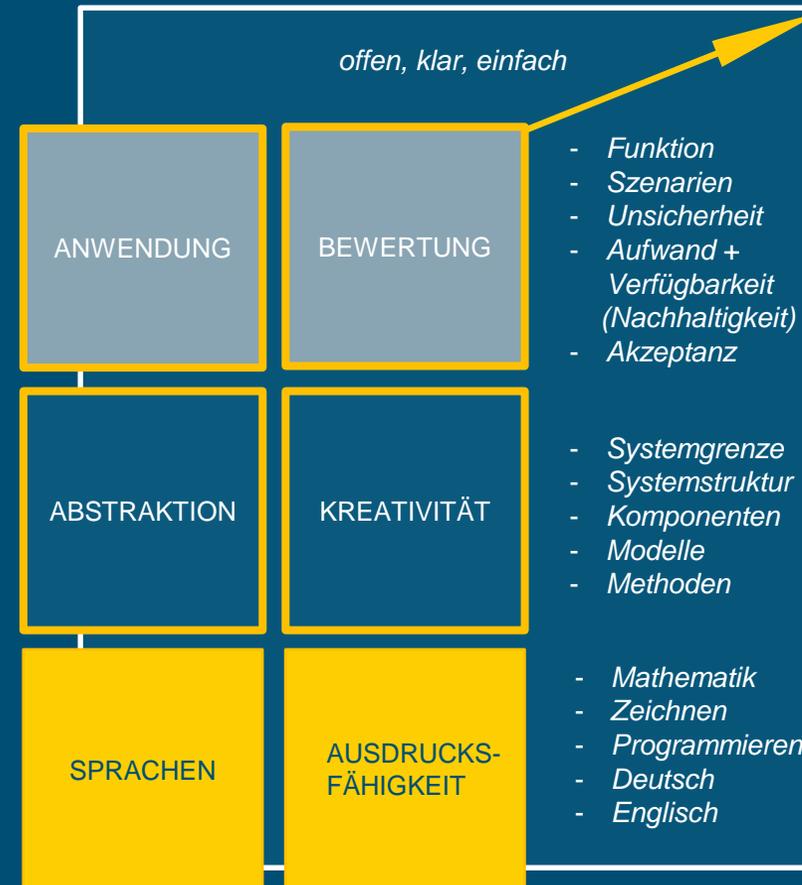
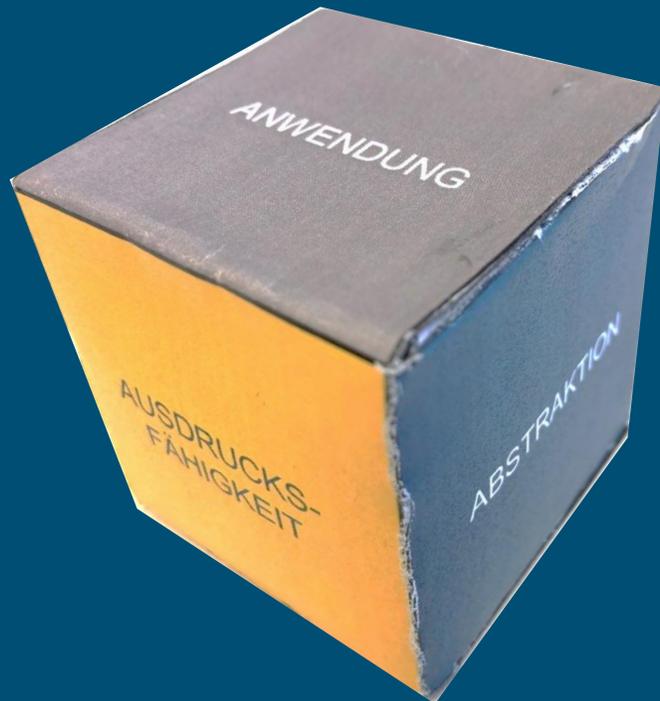
**FLUIDSYSTEMTECHNIK**

Prof. Dr.-Ing. Peter F. Pelz

# Entwicklung der wissenschaftlichen Methode

- ~ 1600 → **WISSENSCHAFTLICHE METHODE**  
Hypothese | Abstraktion | Laborexperimente | Verifikation und Validierung
- ~ 1949 → **AUTOMATISIERTE EXPERIMENTE**  
Erfindung des integrierten Schaltkreises (IC)
- ~ 1945 → **EXPERIMENTE IN SILICO**  
von Neumann-Maschine, Simulationen
- ~ 1961 → **BAYES'SCHE INFERENZ**  
Kálmán-Filter → Laborexperimente + Erfahrung aus dem Feld + Vorwissen
- ~ 2020 → **DATENMANAGEMENT**  
FAIRe Daten, Transparenz, Reproduzierbarkeit

# Kompetenzen der Ingenieurin





# Curriculum der TU Darmstadt

## Bachelor „Maschinenbau – Sustainable Engineering“

# SEMESTER 1

- EMB – PROJEKTARBEIT  
2 CP
- MATHEMATIK FÜR DEN MASCHINENBAU I  
8CP
- WERKSTOFFKUNDE I  
4 CP
- TECHNISCHE MECHANIK I (STATIK)  
6 CP
- TECHNOLOGIE DER FERTIGUNGSVERFAHREN  
6 CP
- GRUNDLAGEN DER DIGITALISIERUNG  
4 CP

# SEMESTER 2

- MATHEMATIK FÜR DEN MASCHINENBAU II  
8 CP
- WERKSTOFFKUNDE II  
4CP
- TECHNISCHE MECHANIK II (ELASTOSTATIK)  
6 CP
- EINFÜHRUNG IN DIE ELEKTROTECHNIK  
6 CP
- RECHNERGESTÜTZTES KONSTRUIEREN  
4 CP
- CHEMIE FÜR DEN MASCHINENBAU  
4 CP

# SEMESTER 3

- MATHEMATIK FÜR DEN MASCHINENBAU III  
4 CP
- WERKSTOFFKUNDE III  
2CP
- TECHNISCHE MECHANIK III (DYNAMIK)  
6 CP
- MASCHINENELEMENTE UND MECHATRONIK I  
8 CP
- TECHNISCHE THERMODYNAMIK I  
6 CP
- PHYSIK FÜR DEN MASCHINENBAU  
4 CP

# SEMESTER 4

- MATHEMATISCHE METHODEN DES MASCHINELLEN LERNENS 4 CP
- TECHNISCHE STRÖMUNGSLEHRE  
6 CP
- MASCHINENELEMENTE UND MECHATRONIK II  
8 CP
- MESSTECHNIK, SENSORIK UND STATISTIK  
6 CP
- TECHNISCHE THERMODYNAMIK II  
4 CP
- STUDIUM GENERALE  
3 – 6CP

# SEMESTER 5

- WAHLPFLICHT-BEREICH  
16 - 19 CP
- INGENIEURWISSENSCHAFT UND GESELLSCHAFT  
4 CP
- NUMERISCHE SIMULATIONS-METHODEN  
4 CP
- EINFÜHRUNG IN WISSENSCHAFTLICHES ARBEITEN UND SCHREIBEN,  
2CP
- BACHELOR THESIS  
12 CP
- WÄRME- UND STOFFÜBERTRAGUNG  
4 CP

# SEMESTER 6

- WAHLPFLICHT-BEREICH  
16 - 19 CP
- INGENIEURWISSENSCHAFT UND GESELLSCHAFT  
4 CP
- NUMERISCHE SIMULATIONS-METHODEN  
4 CP
- EINFÜHRUNG IN WISSENSCHAFTLICHES ARBEITEN UND SCHREIBEN,  
2CP
- BACHELOR THESIS  
12 CP

# SEMESTER 1

- EMB – PROJEKTARBEIT  
2 CP
- MATHEMATIK FÜR DEN MASCHINENBAU I  
8CP
- WERKSTOFFKUNDE I  
4 CP
- TECHNISCHE MECHANIK I (STATIK)  
6 CP
- TECHNOLOGIE DER FERTIGUNGSVERFAHREN  
6 CP
- GRUNDLAGEN DER DIGITALISIERUNG  
4 CP

# SEMESTER 2

- MATHEMATIK FÜR DEN MASCHINENBAU II  
8 CP
- WERKSTOFFKUNDE II  
4CP
- TECHNISCHE MECHANIK II (ELASTOSTATIK)  
6 CP
- EINFÜHRUNG IN DIE ELEKTROTECHNIK  
6 CP
- RECHNERGESTÜTZTES KONSTRUIEREN  
4 CP
- CHEMIE FÜR DEN MASCHINENBAU  
4 CP

# SEMESTER 3

- MATHEMATIK FÜR DEN MASCHINENBAU III  
4 CP
- WERKSTOFFKUNDE III  
2CP
- TECHNISCHE MECHANIK III (DYNAMIK)  
6 CP
- MASCHINENELEMENTE UND MECHATRONIK I  
8 CP
- TECHNISCHE THERMODYNAMIK I  
6 CP
- PHYSIK FÜR DEN MASCHINENBAU  
4 CP

# SEMESTER 4

- MATHEMATISCHE METHODEN DES MASCHINELLEN LERNENS 4 CP
- TECHNISCHE STRÖMUNGSLEHRE  
6 CP
- MASCHINENELEMENTE UND MECHATRONIK II  
8 CP
- MESSTECHNIK, SENSORIK UND STATISTIK  
6 CP
- TECHNISCHE THERMODYNAMIK II  
4 CP
- STUDIUM GENERALE  
3 – 6CP

# SEMESTER 5

- WAHLPFLICHT-BEREICH  
16 - 19 CP
- PRAKTIKUM DIGITALISIERUNG 2 CP
- SYSTEMTHEORIE UND REGELUNGSTECHNIK  
6 CP
- PRODUCT DESIGN PROJECT  
4 CP
- WÄRME- UND STOFFÜBERTRAGUNG  
4 CP

# SEMESTER 6

- INGENIEURWISSENSCHAFT UND GESELLSCHAFT  
4 CP
- NUMERISCHE SIMULATIONS-METHODEN  
4 CP
- EINFÜHRUNG IN WISSENSCHAFTLICHES ARBEITEN UND SCHREIBEN,  
2CP
- BACHELOR THESIS  
12 CP

SEMESTER  
1

SEMESTER  
2

SEMESTER  
3

SEMESTER  
4

SEMESTER  
5

SEMESTER  
6

EMB – PROJEKTARBEIT  
2 CP

MATHEMATIK FÜR DEN  
MASCHINENBAU II

MATHEMATIK FÜR DEN  
MASCHINENBAU III

MATHEMATISCHE  
METHODEN DES

WAHLPFLICHT-BEREICH  
16 – 19 CP

## BEGINN IM ERSTEN SEMESTER

4 CP

WERKSTOFFKUNDE II  
4 CP

TECHNISCHE MECHANIK  
III (DYNAMIK)  
6 CP

STRÖMUNGSLEHRE  
6 CP

INGENIEURWISSENSCHAFT UND  
GESELLSCHAFT  
4 CP

WERKSTOFFKUNDE I  
4 CP

TECHNISCHE MECHANIK

MASCHINENELEMENTE  
UND MECHATRONIK II

PRAKTIKUM  
DIGITALISIERUNG 2 CP

NUMERISCHE  
SIMULATIONEN

## KONTINUIERLICHES LERNEN IM „ROTEN FADEN DIGITALISIERUNG“

6 CP

EINFÜHRUNG IN DIE  
ELEKTROTECHNIK  
6 CP

4 CP

MESSTECHNIK,  
SENSORIK UND  
STATISTIK  
6 CP

EINFÜHRUNG IN  
WISSENSCHAFTLICHES  
ARBEITEN UND SCHREIBEN,  
2CP

TECHNOLOGIE DER  
FERTIGUNGSVER-  
FAHREN  
6 CP

RECHNERGESTÜTZTES

TECHNISCHE  
THERMODYNAMIK I  
6 CP

PRODUCT DESIGN  
PROJECT  
4 CP

BACHELOR THESIS  
12 CP

## HANDS-ON DURCH PRAKTISCHE ANWENDUNG

4 CP

MASCHINENBAU  
4 CP

4 CP

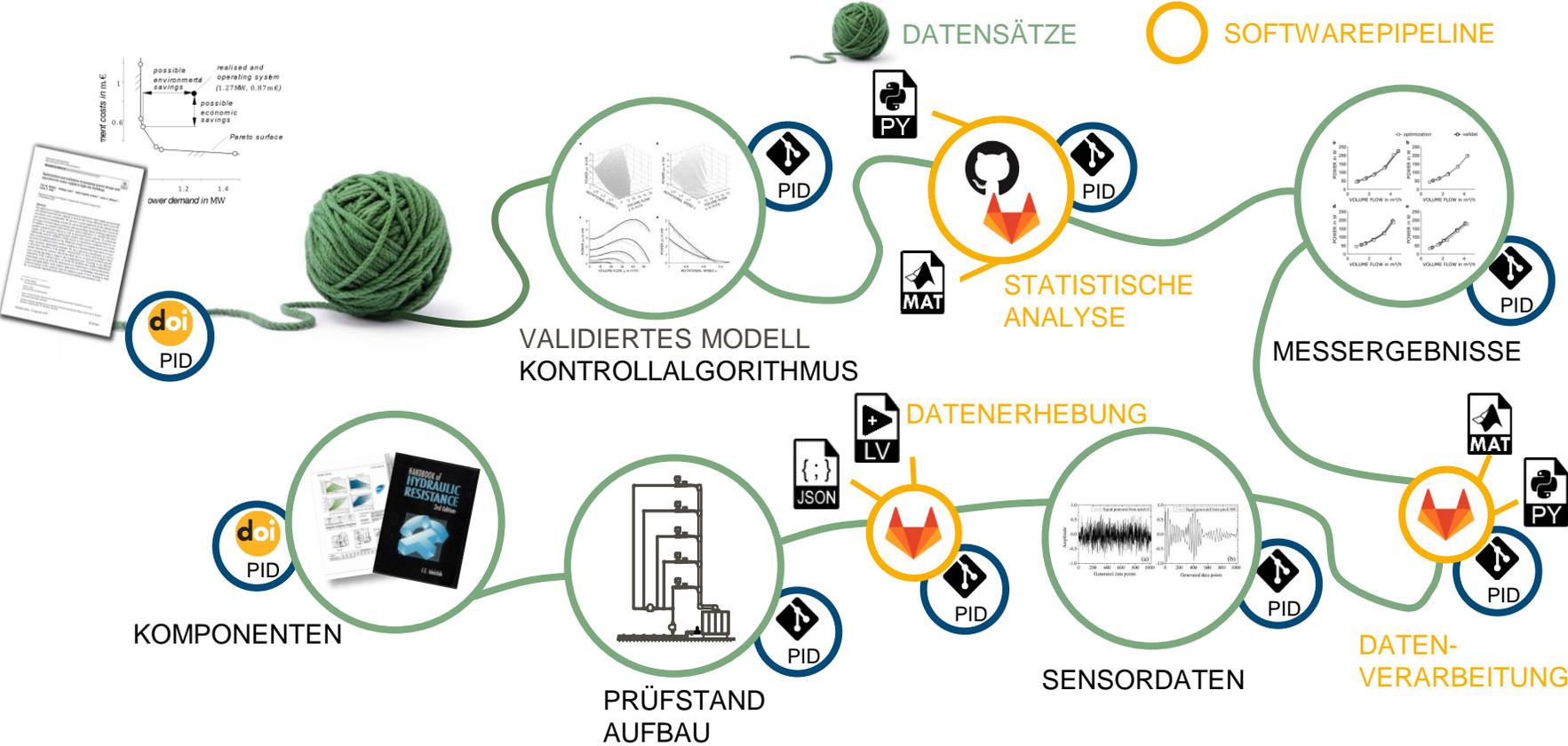
STUDIUM GENERALE  
3 – 6CP

# Datenkompetenz im Curriculum

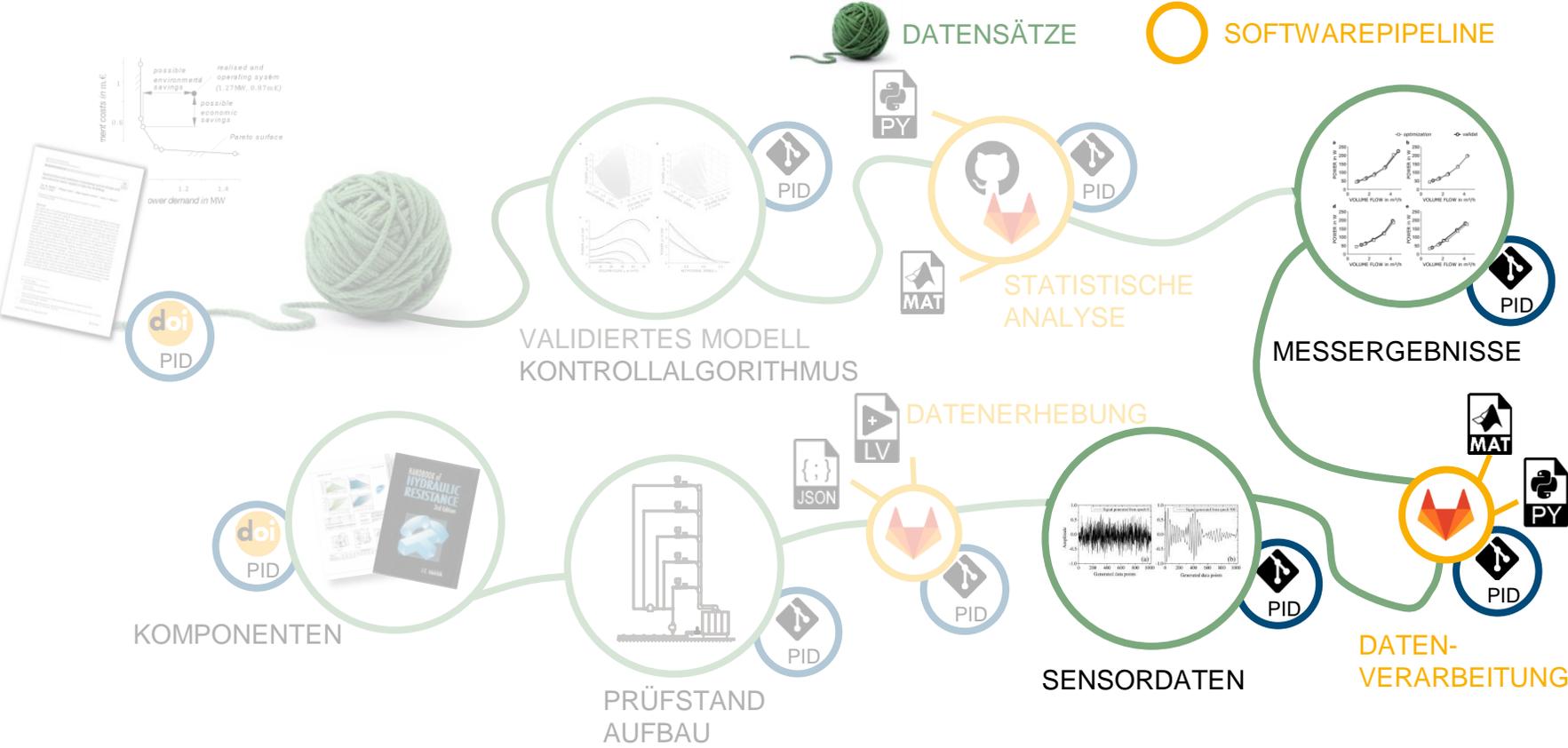


1. Die Vermittlung von Datenkompetenz startet im **ERSTEN SEMESTER BACHELORSTUDIUM**
2. Alle Dimensionen von Datenkompetenz müssen vermittelt werden.  
**SPRACHEN | GOVERNANCE | TECHNOLOGIEN | ETHIK**
3. **HANDS-ON** macht FDM begreifbar.

# Schatzkarte Datenkompetenz



# Schatzkarte Datenkompetenz



# Aufbau des Moduls

## Grundlagen der Digitalisierung



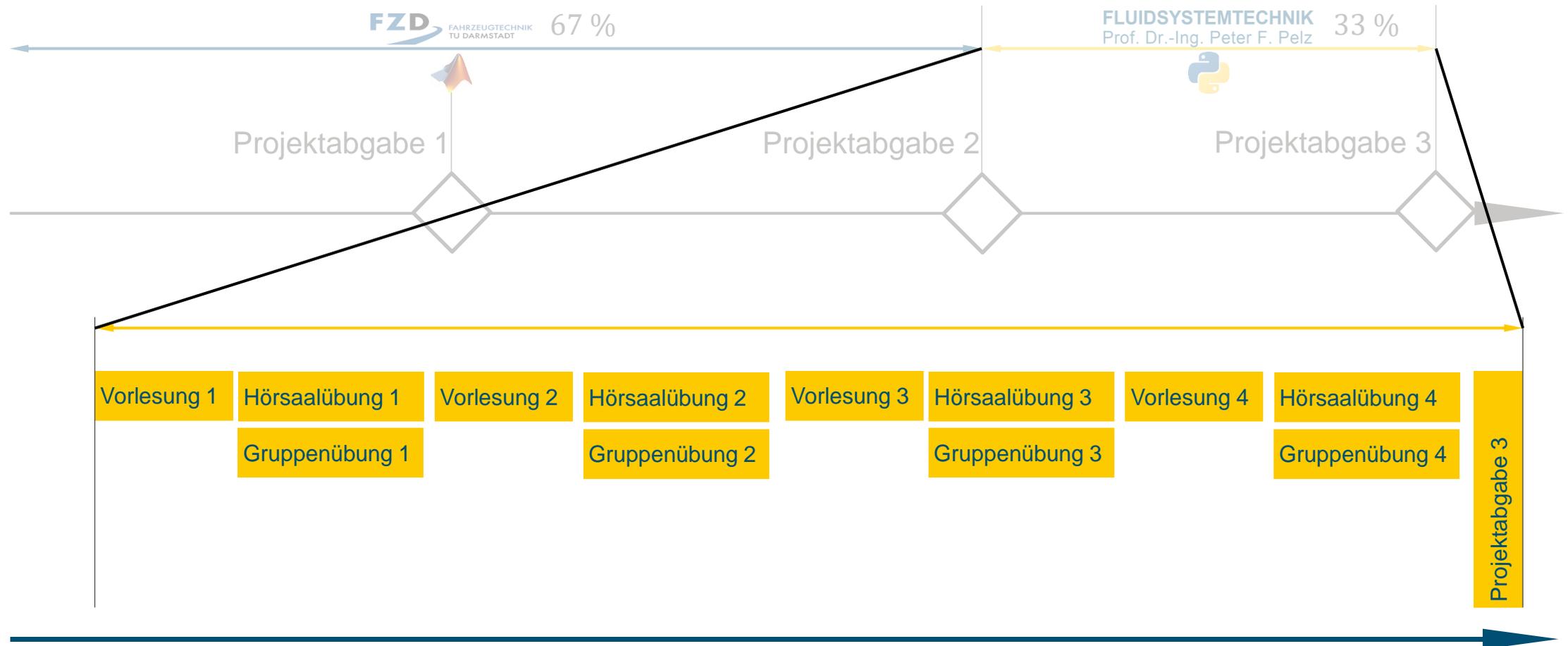
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



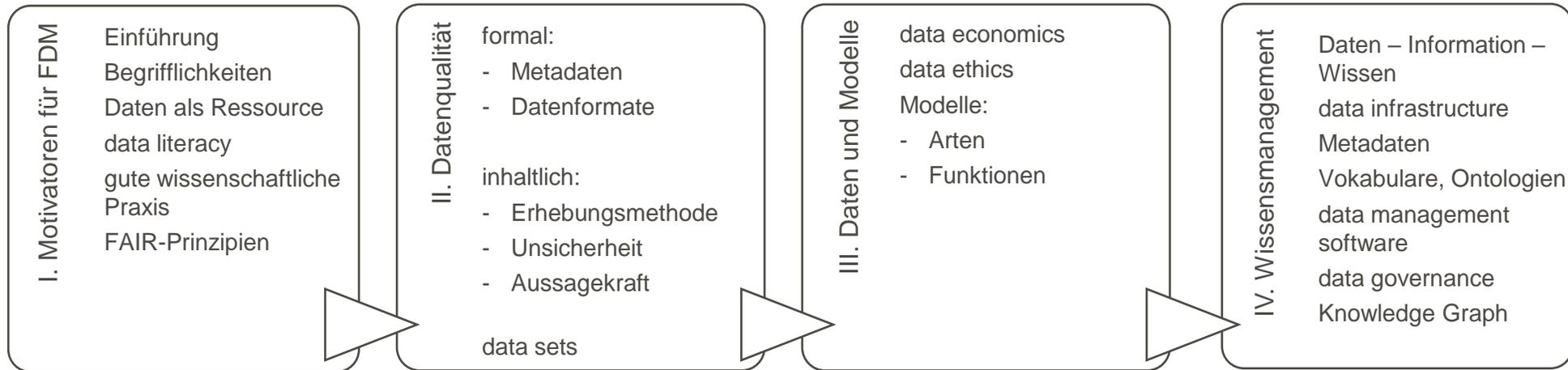
# Aufbau des Moduls Grundlagen der Digitalisierung



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



# Vorlesungsinhalte



# Motivation für Forschungsdatenmanagement



TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

ANALYSE: KAVITATION

SYNTHESE: SYSTEMPLANUNG

INDUSTRIE: COMPLIANCE

**Projekt Kavitationserosion**  
Gigorios Hatzissawidis

„Ich untersuche die **Schädigung** von verschiedenen Profilen und Materialien in **kavitierender Strömung**“

$R_v = 938 \text{ (00)}$   
 $\mu = 1.06$   
 $\sigma = 2$

$U = 22 \text{ m/s}$

**Bereitstellung der Daten**

Rohdaten → Sekundärdaten

Eigenmittelprojekt Metadatenmodell

**LD5**

MASCHINENBAU We engineer future

**Investitionsaufwand vs. Effizienz**

possible environmental savings (29 %)

realised and operating system (1.27 MW, 0.87 M €)

**Arbeitsablauf Optimierung**

DATEN → PREPROCESSING → OPTIMIERUNGSMODELL → INSTANZIIERUNG → SOLVER → POSTPROCESSING

DATEN: PUMPEN p1.json DATENBANK, pN.json

PREPROCESSING: Job.h5, sim.m

OPTIMIERUNGSMODELL: MENGEN PARAMETER, VARIABLEN, BEDINGUNGEN, ZIELFUNKTION

INSTANZIIERUNG: Job.h5

SOLVER: Einstellungen, Job.h5

POSTPROCESSING: Job.h5

rdm-server

MASCHINENBAU We engineer future

**ESG-Reporting**

Enviro Social

Ein ESG-Bericht

2022 Siemens Institutional and ESG Report

**EU Data Act**

Verordnung über harmonisierte Vorschriften für einen fairen Datenzugang und eine faire Datenanutzung

- **freier Datenfluss:** Unternehmen können Daten sammeln, speichern und verarbeiten unter bestimmten Bedingungen

**REACH**

Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals

- verpflichtet Hersteller oder Importeure zur Ermittlung der gefährlichen Eigenschaften von Stoffen und zur Bewertung der Wirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt im Rahmen einer

**Lieferkettengesetz CatenaX**

Das Lieferkettengesetz regelt die unternehmerische Verantwortung für die Einhaltung von Menschenrechten in globalen Lieferketten.

Catena-X: ein offenes Datenökosystem für die Automobilindustrie, das Datenketten bildet, mit denen Ihre Wertschöpfungskette optimiert werden kann:

- einheitliche und rechtsichere Rahmenbedingungen
- Datensouveränität
- Open-Source-Entwicklung
- radikale weltweite Zusammenarbeit

Catena-X Dashboard

MASCHINENBAU We engineer future

# Datenqualität = Form + Inhalt

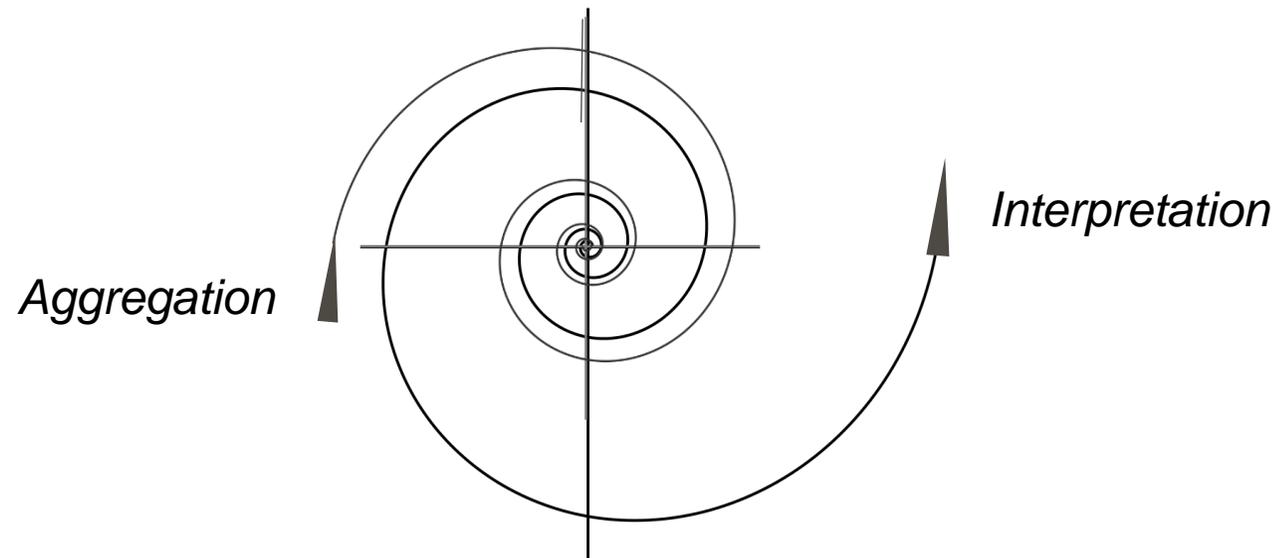


*formale Datenqualität*  
*FAIR-Prinzipien*

TRANSPARENZ /  
NACHVOLLZIEHBARKEIT /  
LESBARKEIT

*inhaltliche Datenqualität*  
*Unsicherheitsquantifizierung*  
*Datenreputation*

VERTRAUEN



# Daten und Modelle



**Grundbegriffe der Statistik**  
 (Baker-Jones: Practical Bayesian inference: a primer for physical scientists)

Wahrscheinlichkeit  
 Gegenwahrscheinlichkeit  
 $0 \leq P(A) \leq 1$   
 $P(\bar{A}) = 1 - P(A)$

Vereinigung  
 $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$

Schnittmenge  
 $P(A \text{ und } B) \equiv P(A \cap B)$

**Datenunsicherheit**

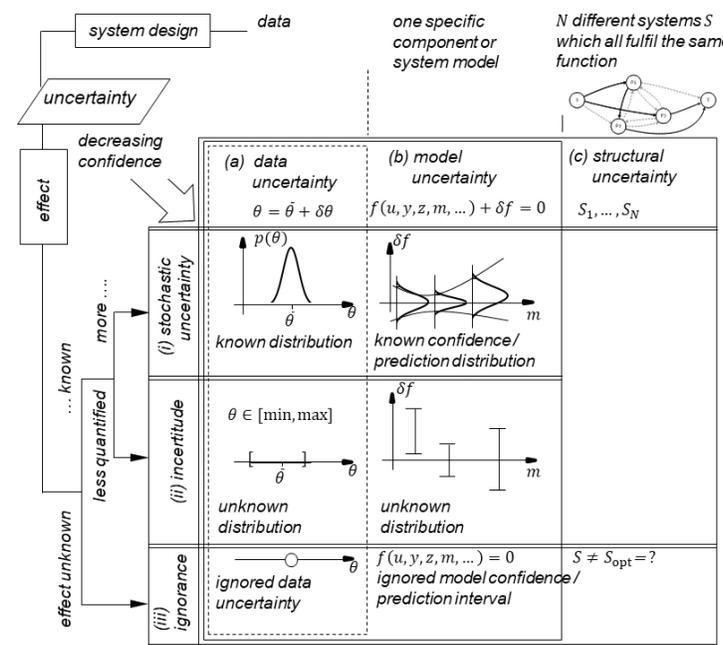
**summierte Unsicherheit**  
 Gaußsche Fehlerfortpflanzung  
 (siehe Kapitel 3.2 in: Eberhard, Steinhilber, Universität, Universität Darmstadt)

Messgröße  
 $z = f(x, y, \dots)$   
 $\sigma_z = \sqrt{\left(\frac{\partial f(x,y)}{\partial x}\right)^2 \sigma_x^2 + \left(\frac{\partial f(x,y)}{\partial y}\right)^2 \sigma_y^2 + \dots}$

Geschwindigkeitsmessung  
 zurückgelegter Weg  
 gemessene Zeit  
 Geschwindigkeit

Unsicherheit  
 $s = \bar{s} + \delta s$   
 $t = \bar{t} + \delta t$   
 $v(s, t) = \frac{ds}{dt}$   
 $\frac{dv}{ds} = \frac{1}{t} \frac{dv}{dt} = -\frac{s}{t^2}$   
 $\sigma_v = \sqrt{\left(\frac{1}{t}\right)^2 (\delta s)^2 + \left(-\frac{s}{t^2}\right)^2 (\delta t)^2}$

Grundlagen der Digitalisierung | Plantowermarkt | Prof. Dr.-Ing. Peter Pies | 29.01.2024 | 12



**Modelle**

„All models are wrong, but some are useful.“  
 - George Box

Modell = Bild der relevanten

**sozio-technische Wirklichkeit**

relevante Wirklichkeit

Model

Daten

Umwissen

Modellhorizont

**Anforderungen an Modelle**

Heinrich Hertz  
 Die Prinzipien der Mechanik (1894)

(i) klar (clear)  
 (ii) knapp (concise)  
 (iii) konsistent (consistent)  
 (iv) korrekt (correct)

Was müssen wir beachten?

Grundlagen der Digitalisierung | Plantowermarkt | Prof. Dr.-Ing. Peter Pies | 29.01.2024 | 13

# Wissensmanagement



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## DATENÖKONOMIE

**Revolution am Datenmarkt**  
EU-Datengesetz „Data Act“

- Hersteller verpflichten, die Daten ihrer Nutzer auf Verlangen kostenlos zur Verfügung zu stellen.
- Nutzer sollen Daten an Dritte weitergeben dürfen.
- Unternehmen wie Google sind ausgeschlossen (EU-Gesetz DMA)
- Daten dürfen nicht weiterentwickelt werden.
- Annahme durch EU-Kommission

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

**Wirtschaft**  
Revolution am Datenmarkt

**Public vs. Private**

PUBLIC, i.e. science and society	PRIVATE, i.e. private person and company
(i) gain of wealth, well-being, knowledge	(i) gain of profit, benefit
(ii) minimal social costs	(ii) minimal expenses
(iii) transparency	(iii) privacy

**SOCIO-TECHNICAL ENVIRONMENT**

**TECHNO-ECONOMIC SYSTEM**

UNQUALIFIED RESOURCES → RESOURCE USAGE → QUALIFIED RESOURCES

DATA OCEAN MODEL KEY

DATA OCEAN MODEL KEY

TECHNO-ECONOMIC SYSTEM

RESOURCE USAGE

RESOURCE SUPPLY

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

## DATENREPOSITORIEN

**LANGZEITARCHIVIERUNG**

**Haltbarkeit von Datenträgern**

ERE LEBENSDAUER in JAHREN

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

**Repository TU dataLib**

- ARCHIVIERUNG >10 Jahre
- ZITIERBARKEIT DOI
- TEILBARKEIT Links
- AUFFINDBARKEIT BASE, DataCite
- URHEBERSCHAFT ORCID

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

rdm-server (tape storage)

MASCHINENBAU We engineer future

Grundlagen der Digitalisierung | Filmwissenschaft | Prof. Dr.-Ing. Peter Pohl | 05.02.2024 | 21

## WISSENSGRAPHEN

**Google Knowledge Graph**

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Infobox neben Suchergebnissen  
verschiedene Quellen  
nutzt RDF

**Wie können wir Daten formalisiert beschreiben und semantisch vernetzen?**

→ Ontologien als Graph repräsentieren.

**zwei Möglichkeiten zur Darstellung**

Datenmodelle

Resource Description Framework (RDF)

Subjekt - Prädikat - Objekt

KNOTEN - KANTE - KNOTEN

Labelled Property Graph (LPG)

Subjekt - Prädikat - Objekt

EIGENSCHAFTEN - EIGENSCHAFTEN - EIGENSCHAFTEN

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

keine interne Struktur

interne Struktur (Eigenschaften)

MASCHINENBAU We engineer future

Grundlagen der Digitalisierung | Filmwissenschaft | Prof. Dr.-Ing. Peter Pohl | 05.02.2024 | 25

# Übungsinhalte



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



Programmiersprache



Versionsverwaltung



Dateiformate



Datenstrukturen



Datenvisualisierung



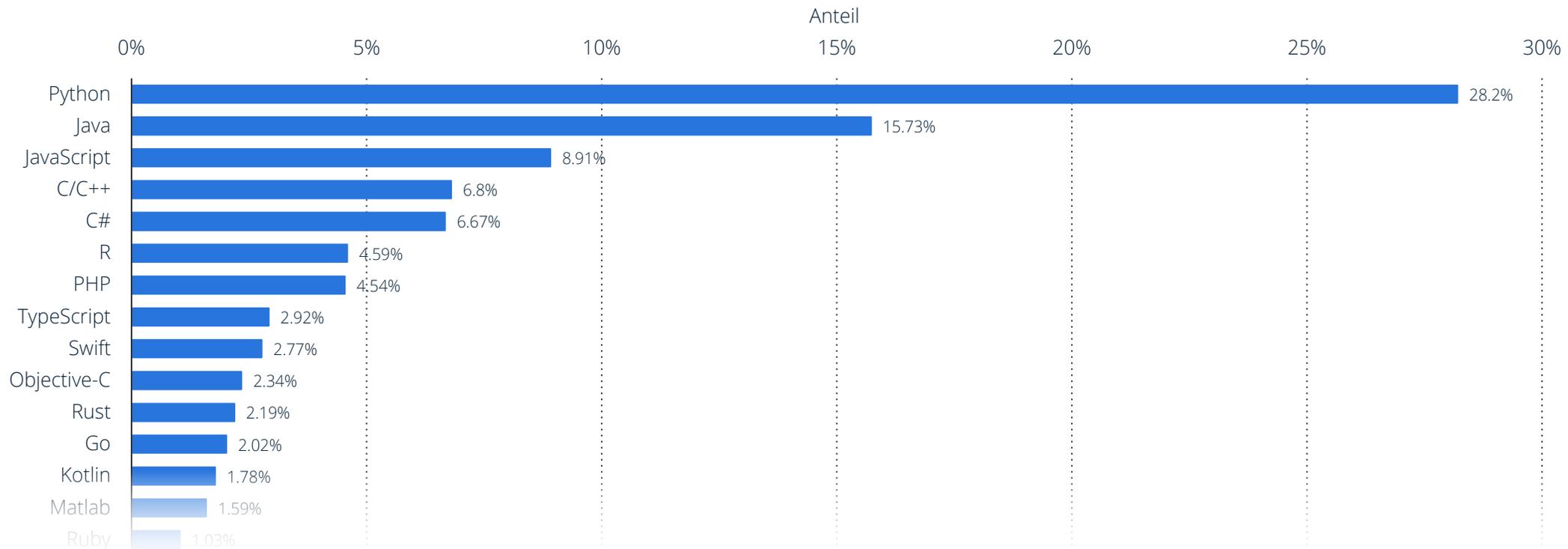
# Warum Python?



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## Die beliebtesten Programmiersprachen weltweit laut PYPL-Index im Januar 2024

Beliebteste Programmiersprachen weltweit laut PYPL-Index im Januar 2024



Hinweis(e): Weltweit

Quelle(n): PYPL; ID 678732

statista

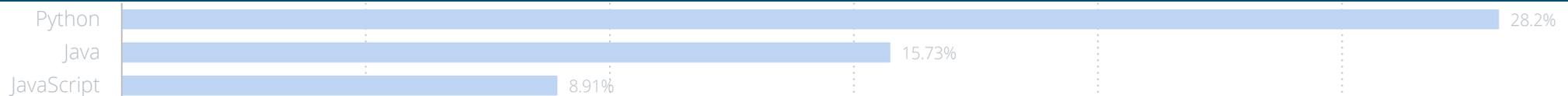
# Warum Python?



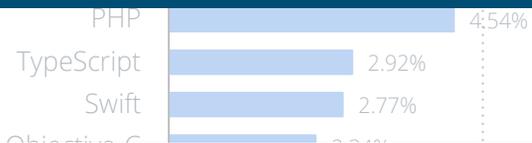
TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Die beliebtesten Programmiersprachen weltweit laut PYPL-Index im Januar 2024

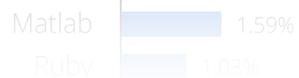
## WEIT VERBREITET, GROßE COMMUNITY



## FREI NUTZBAR



## KOEXISTENZ WICHTIG (MATLAB)



Hinweis(e): Weltweit

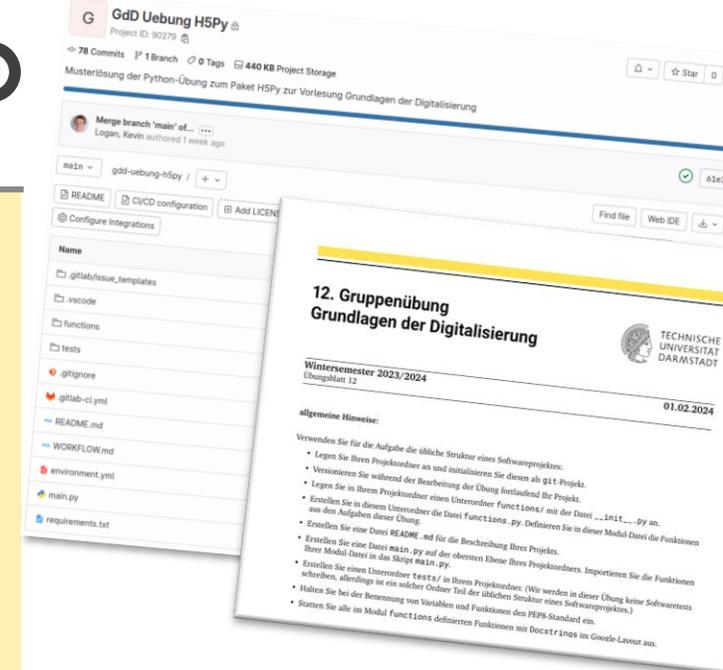
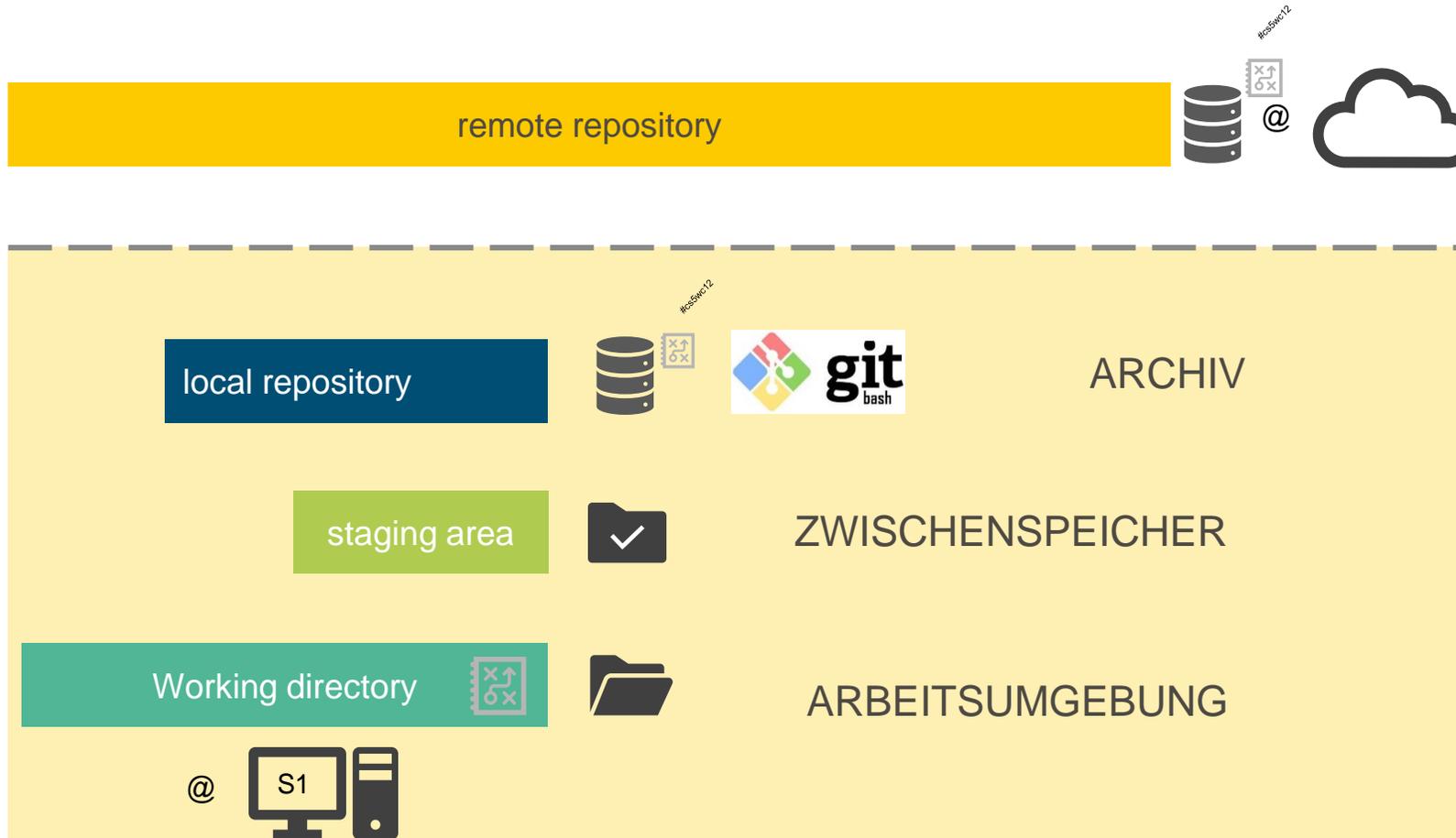
Quelle(n): PYPL; ID 678732

statista

# Versionsverwaltung mit Git



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



# Aufbau und Struktur



## PERSPEKTIVE SOFTWAREENTWICKLUNG

remote repository

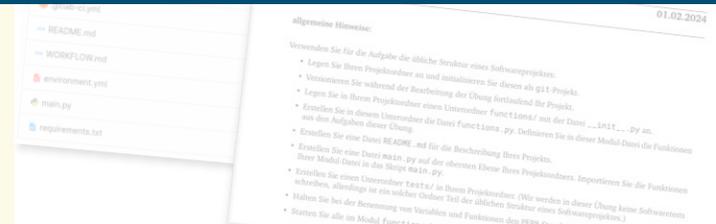


## SOFTWARE ALS FORSCHUNGSDATUM

staging area



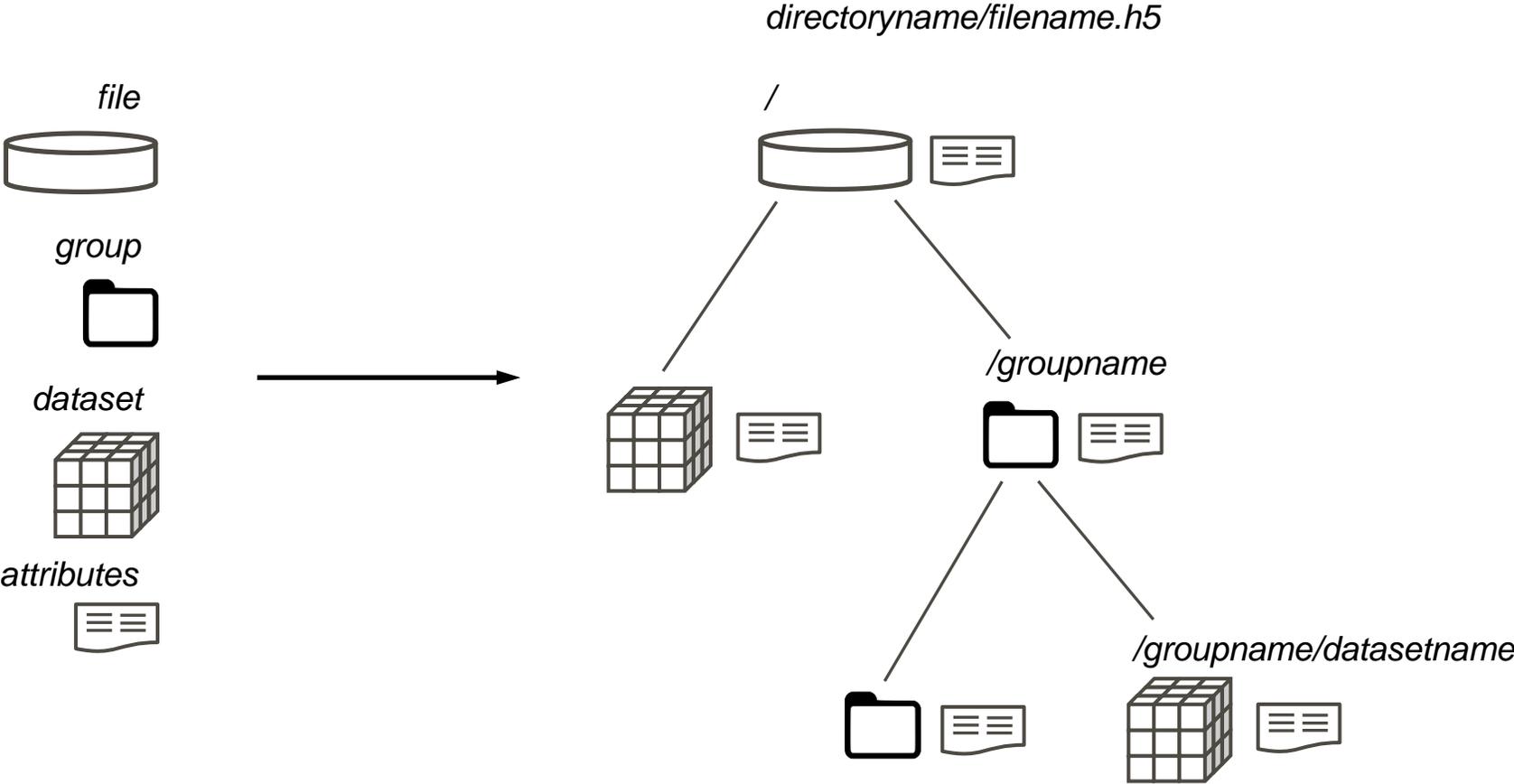
ZWISCHENSPEICHER



## VERSIONIERUNG ALS TEIL GUTER WISSENSCHAFTLICHER PRAXIS



# HDF5 Datenmodell



# HDF5 Datenmodell

FLEXIBLE STRUKTUR

*file*

INTEROPERABILITÄT GEWÄHRLEISTET (PYTHON, MATLAB)

EINGEBETTETE METADATEN

EINFACHE NUTZUNG

*/groupname/datasetname*

VORBEREITUNG PRAKTIKUM DIGITALISIERUNG

# Übersicht der Übungen

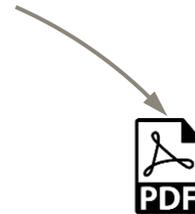


Übung	Hörsaalübung	Gruppenübung
1	Einführung in git Projektstruktur	erste Schritte in git Taschenrechner programmieren
2	Datenformate, hdf5 Python-Style-Guides Dokumentation, Docstrings	Daten erzeugen eigene hdf5-Datei erstellen Metadaten erzeugen
3	Pandas-Bibliothek Python-Style-Guides black, flake8	Verarbeiten von Pandas- DataFrames
4	Daten visualisieren	Plots erstellen Dokumentation mit PlotID

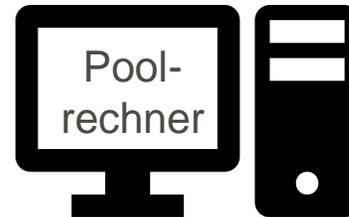
# Infrastruktur



- Ankündigungen
- Dokumente
- Forum



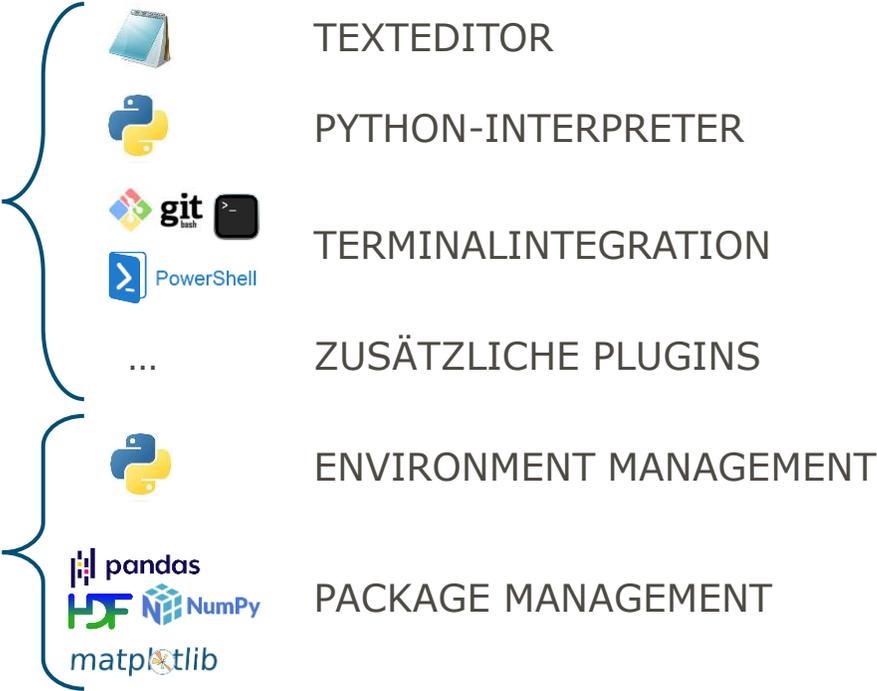
- Skript
- Aufgabenstellungen



# Software-Setup



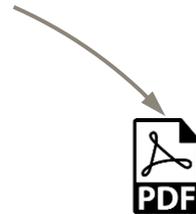
INTEGRATED DEVELOPMENT  
ENVIRONMENT



# Infrastruktur



- Ankündigungen
- Dokumente
- Forum



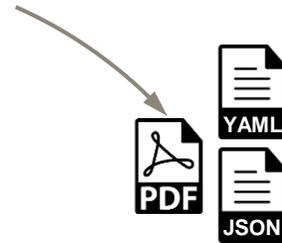
- Skript
- Aufgabenstellungen



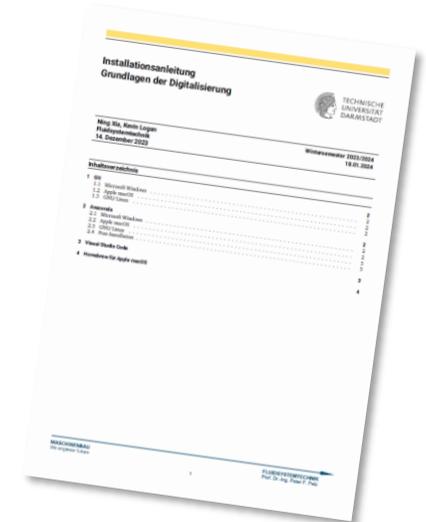
# Infrastruktur



- Ankündigungen
- Dokumente
- Forum



- Skript
- Aufgabenstellungen
- Installationsanleitung
- Konfiguration



# Prüfungsleistung

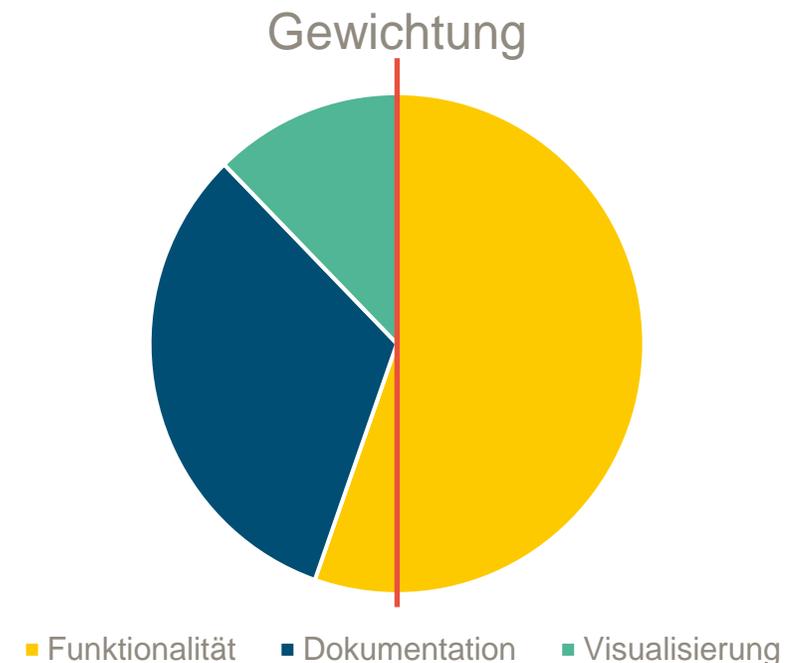


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

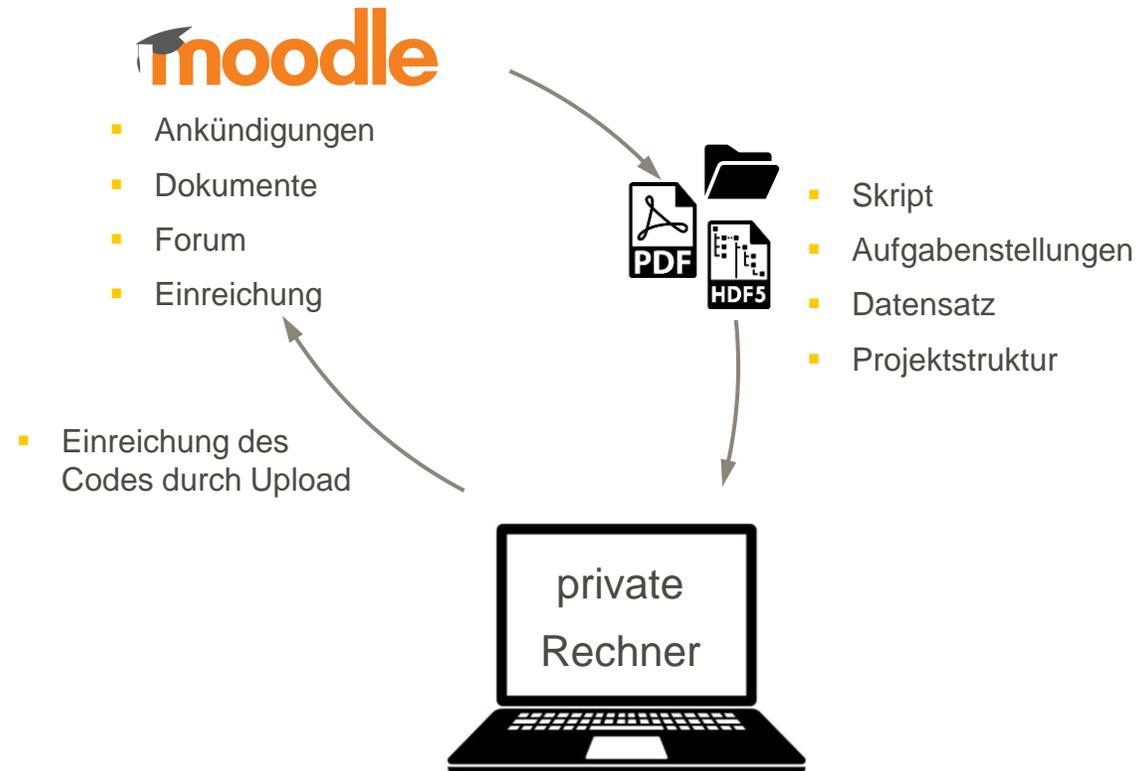
# Prüfungsform



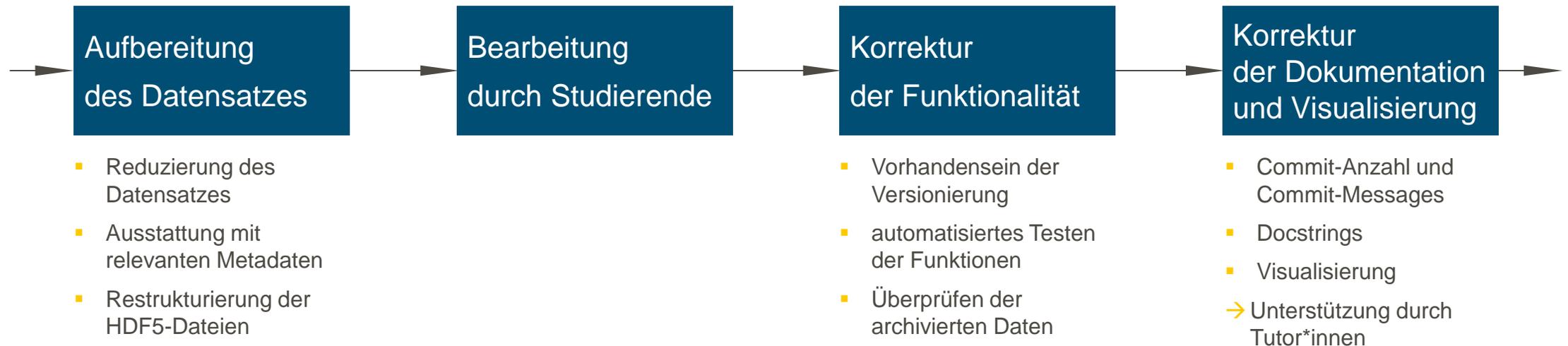
- Programmierprojekt
- Bearbeitungszeit: 4 Wochen
- Aufgabe
  - Nachnutzen eines gegebenen Datensatzes
  - Überprüfen der Daten
  - Weiterverarbeitung der Daten
  - Archivierung der eigenen Daten
  - Visualisierung der Daten
  - Versionierung des Codes → notwendiges Kriterium
  - Kommentierung des Codes
- maximal 33 Punkte, Bestehensgrenze 50%

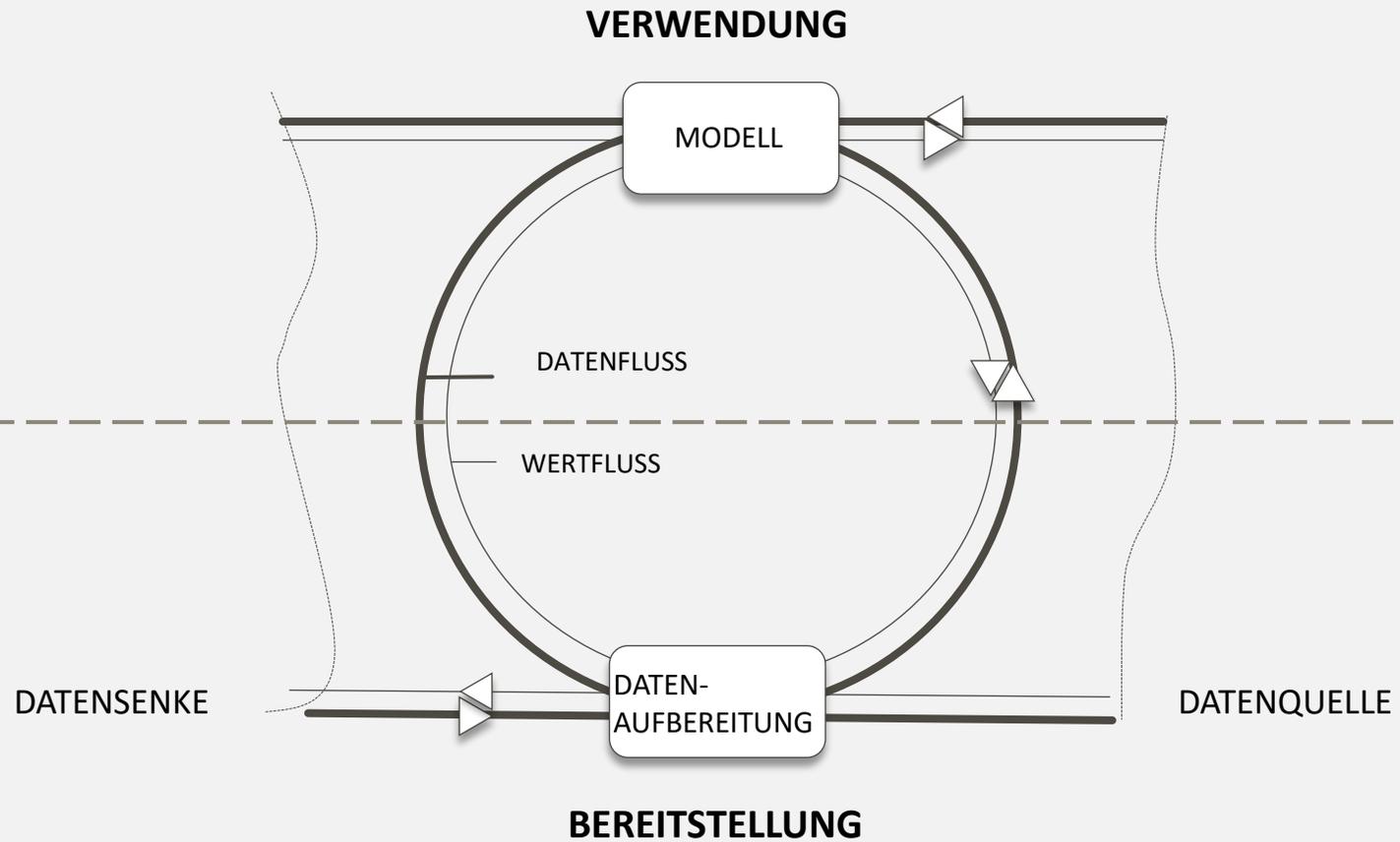


# Infrastruktur



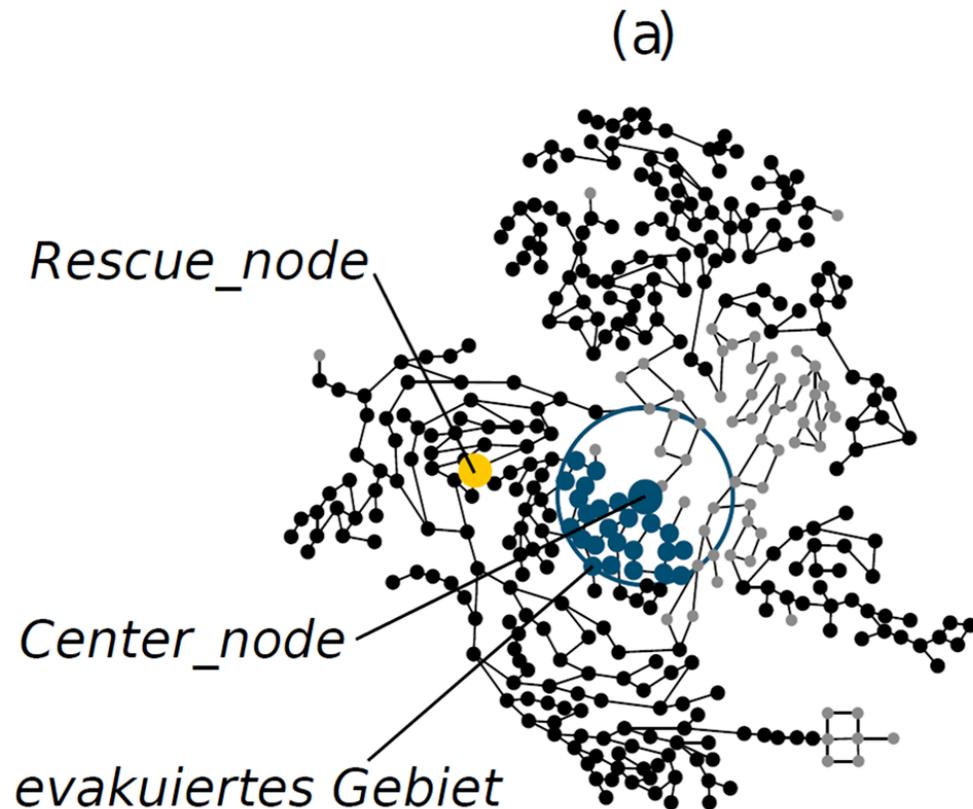
# Workflow Vorbereitung der Daten bis Korrektur





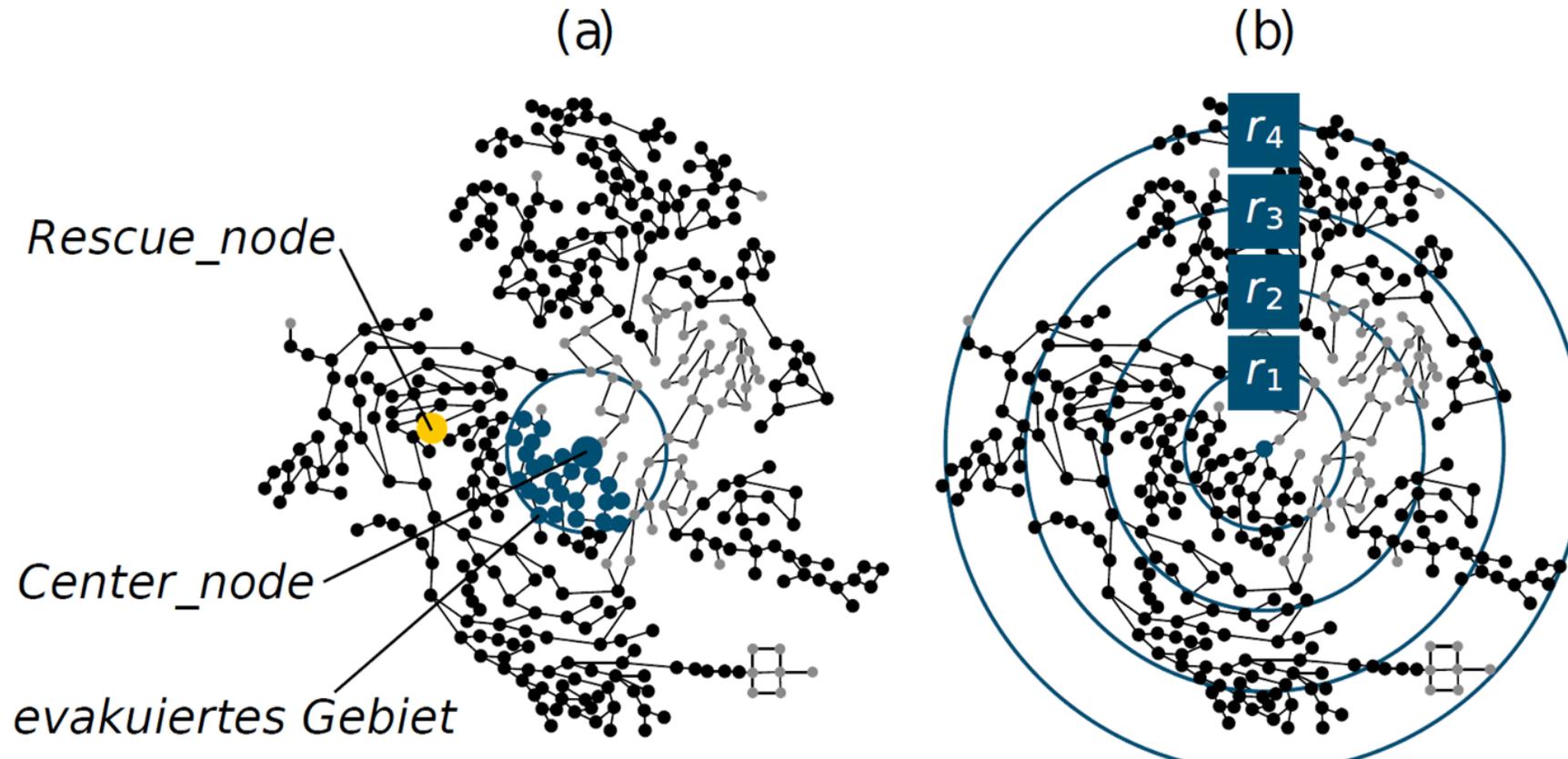
# WS 21/22

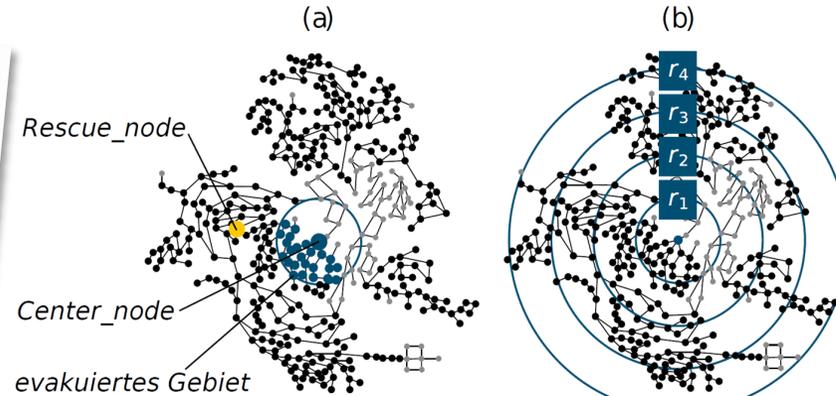
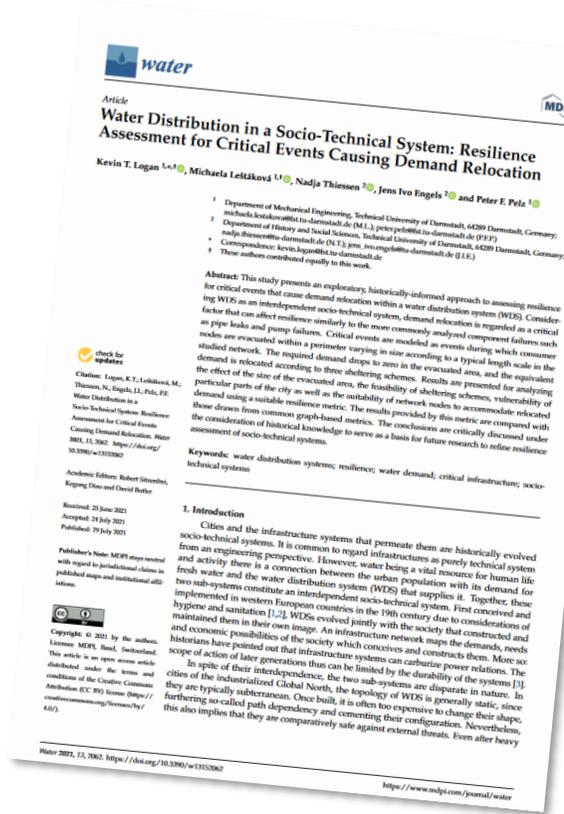
## Evakuierung eines Stadtgebiets

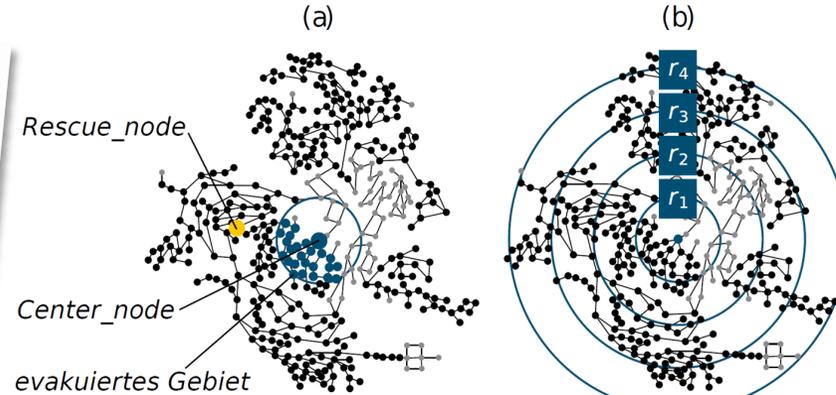
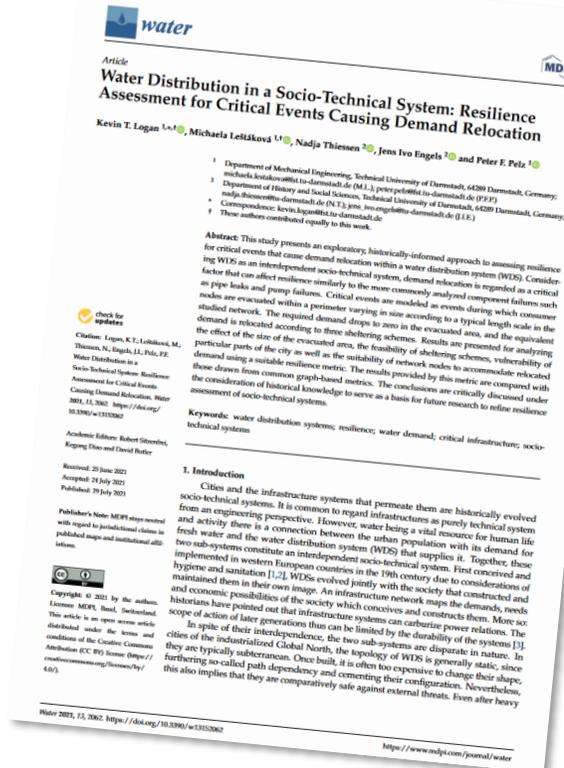


# WS 21/22

## Evakuierung eines Stadtgebiets







## DATENSATZ

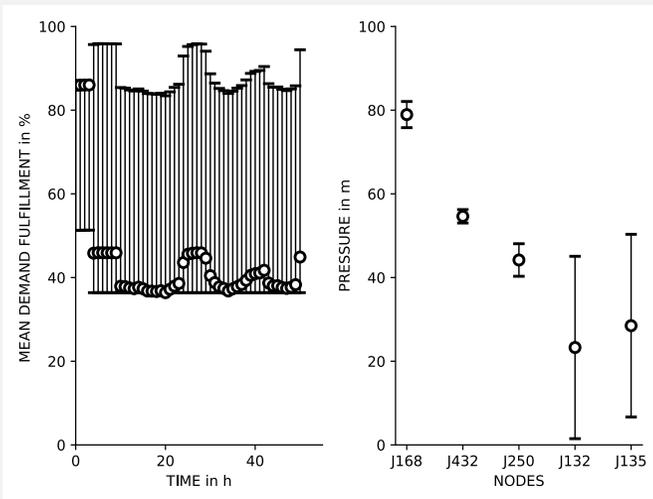
- Druck und Bedarfserfüllung an allen Knoten für alle Zeitschritte
- Variation des Zentrums des evakuierten Gebiets
- Variation der Größe des Gebiets
- Variation des Aufnahmeknotens

## AUFGABE

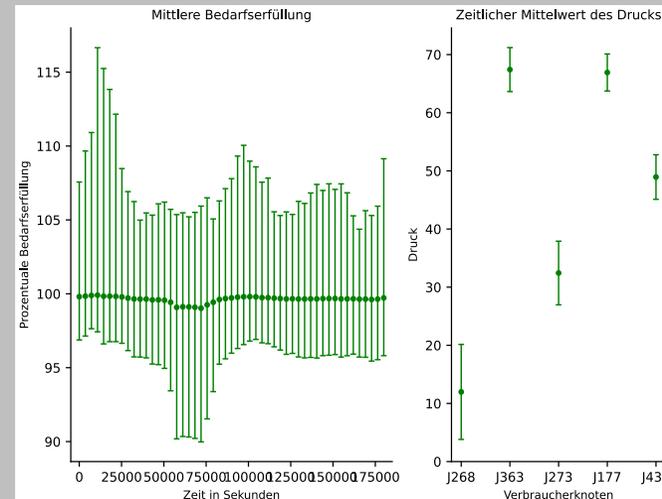
- Darstellung der mittleren Bedarfserfüllung mit Varianz für die Simulationsdauer
- Darstellung des mittleren Drucks und zeitlicher Varianz einzelner Knoten



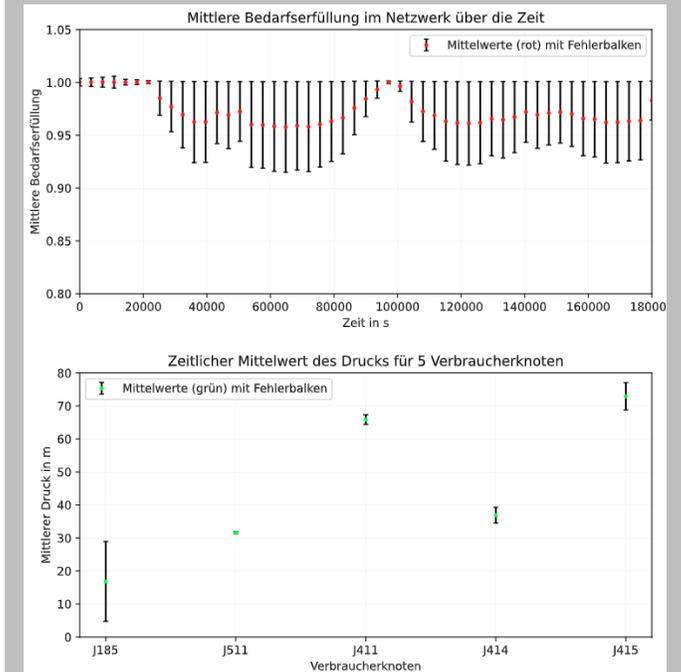
## SOLL



## IST I

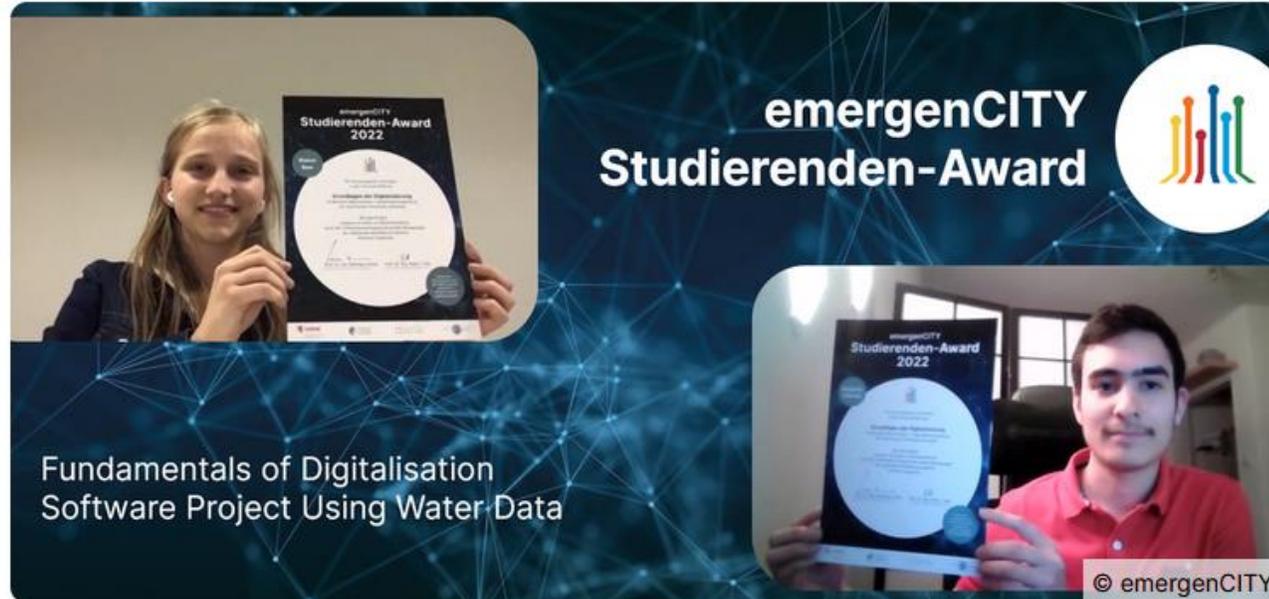


## IST II



Nov 16, 2022
Awards
Events

## First emergenCITY Student Award

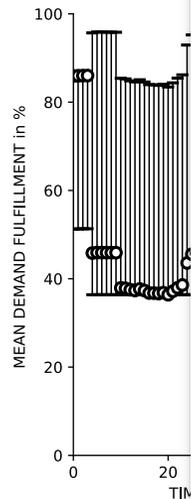


The two Bachelor students Bianca Beer and Benjamin Schmidt of the *Mechanical Engineering – Sustainable Engineering* program have been awarded the first emergenCITY Student Award. In the seminar *Fundamentals of Digitization – Software Project Using Water Data*, which emergenCITY-PI [Peter Pelz](#) held together with [Kevin Logan](#), [Manuela Richter](#) and [Michaela Leštáková](#) last summer semester, Beer and Schmidt presented exceptional results in the final software project.

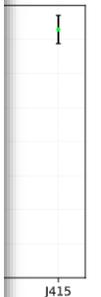
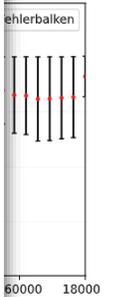
In this programming project, the students used an emergenCITY dataset from a [publication](#) by

Evak  
Erge

ERWARTU



UNISCHE  
ERSITÄT  
ASTADT



# WS 22/23

## modulare Sirupmischanlage



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



### DATENSATZ

- Kennfeldmessung einer Exzentrerschneckenpumpe
- 17 Betriebspunkte
- 6 Drehzahlen

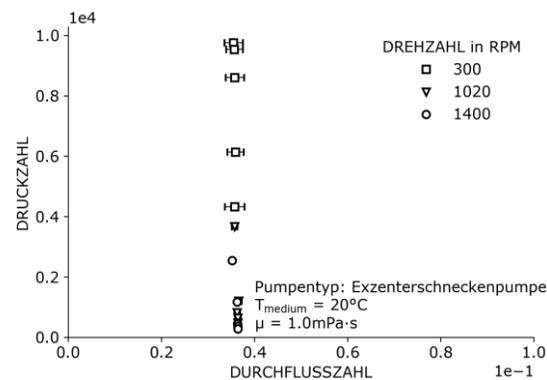
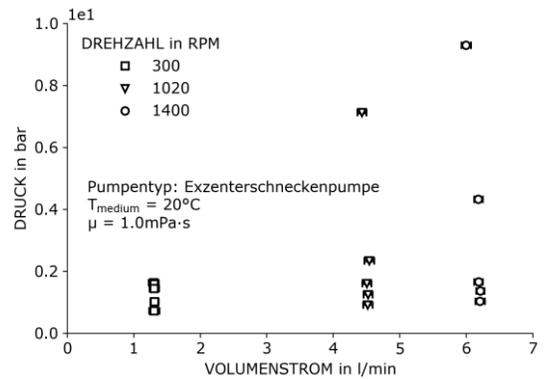
### AUFGABE

- Bestimmung der Mittelwerte und Unsicherheit für Druck und Volumenstrom
- Entdimensionierung der Größen und Unsicherheitsfortpflanzung
- Darstellung des Kennfelds und dimensionsloser Größen

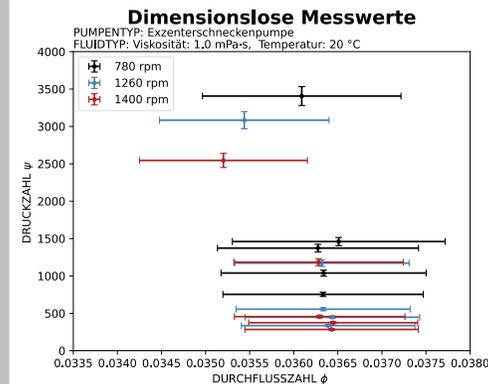
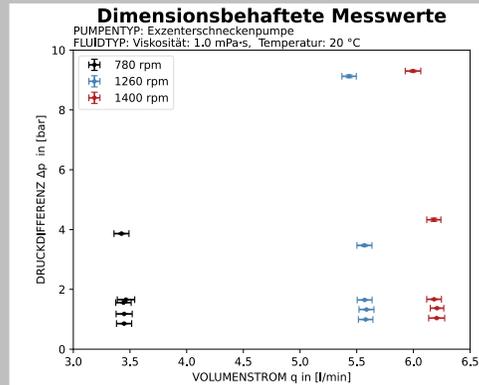
# WS 22/23 modulare Sirupmischanlage



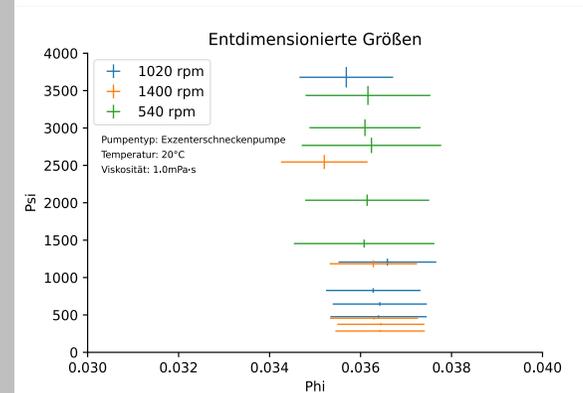
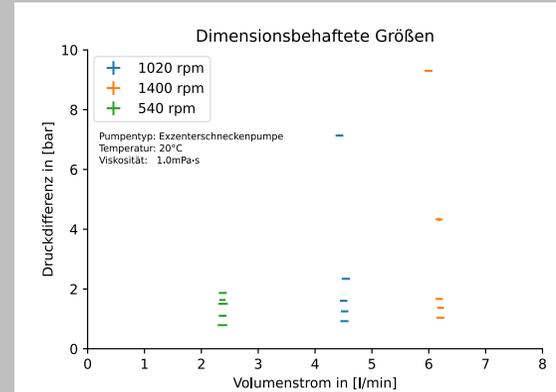
## SOLL



## IST I



## IST II

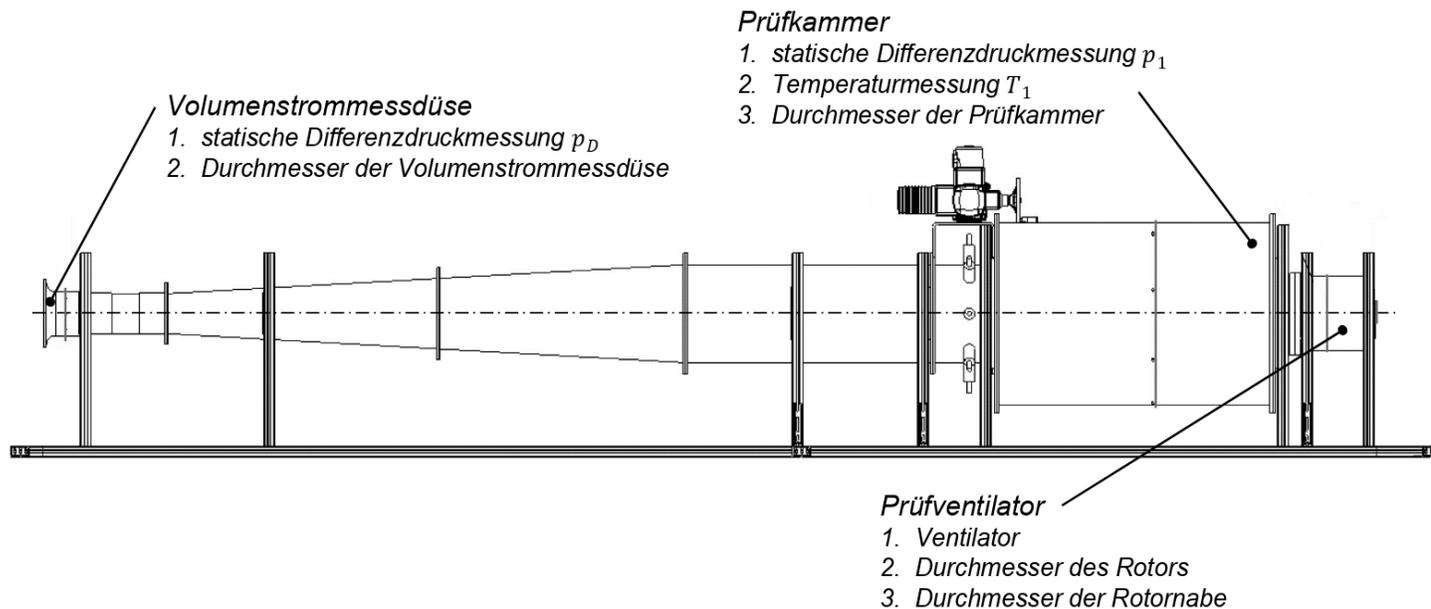


# WS 23/24

## Ventilator Kennfeld



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



### DATENSATZ

- Kennfeldmessung von Ventilatoren
- 5 Ventilatoren
- 5 Drehzahlen
- 6 Betriebspunkte

### AUFGABE

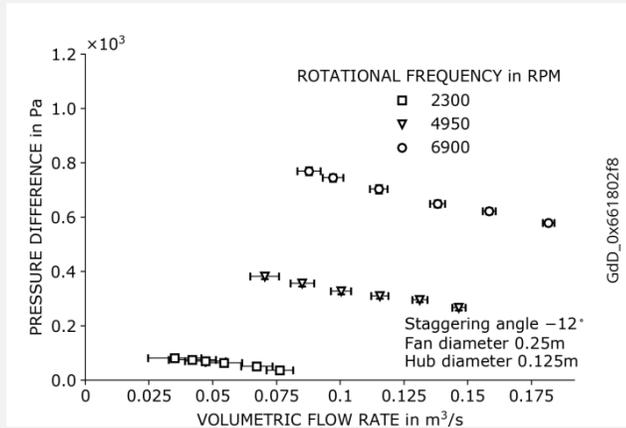
- Berechnung von Volumenstrom und Druckaufbau aus gemessenen Größen
- Bestimmung der Unsicherheit
- Darstellung des Kennfelds

# WS 23/24

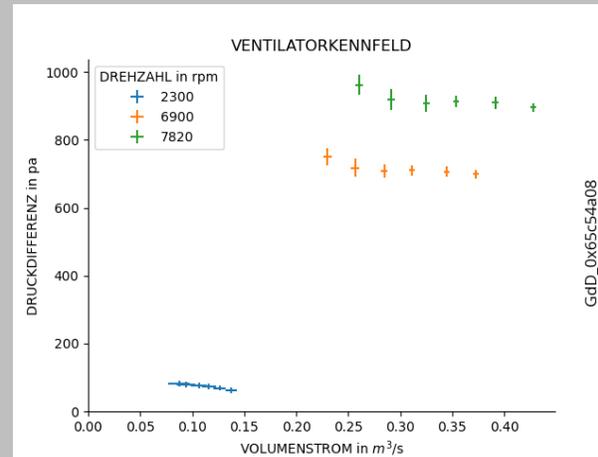
## Ventilator Kennfeld



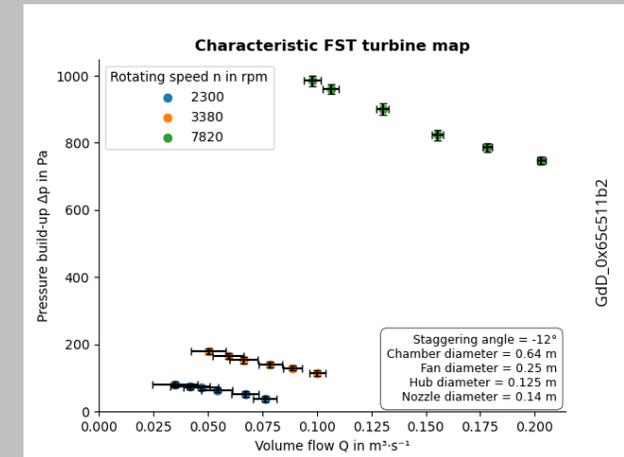
SOLL



IST I



IST II



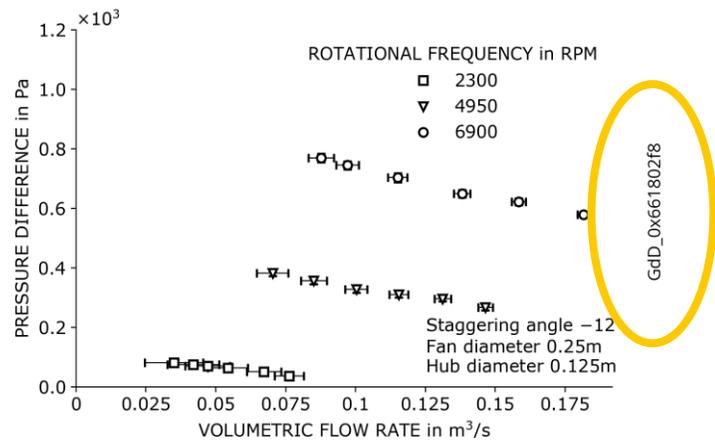
# WS 23/24

## Ventilator Kennfeld

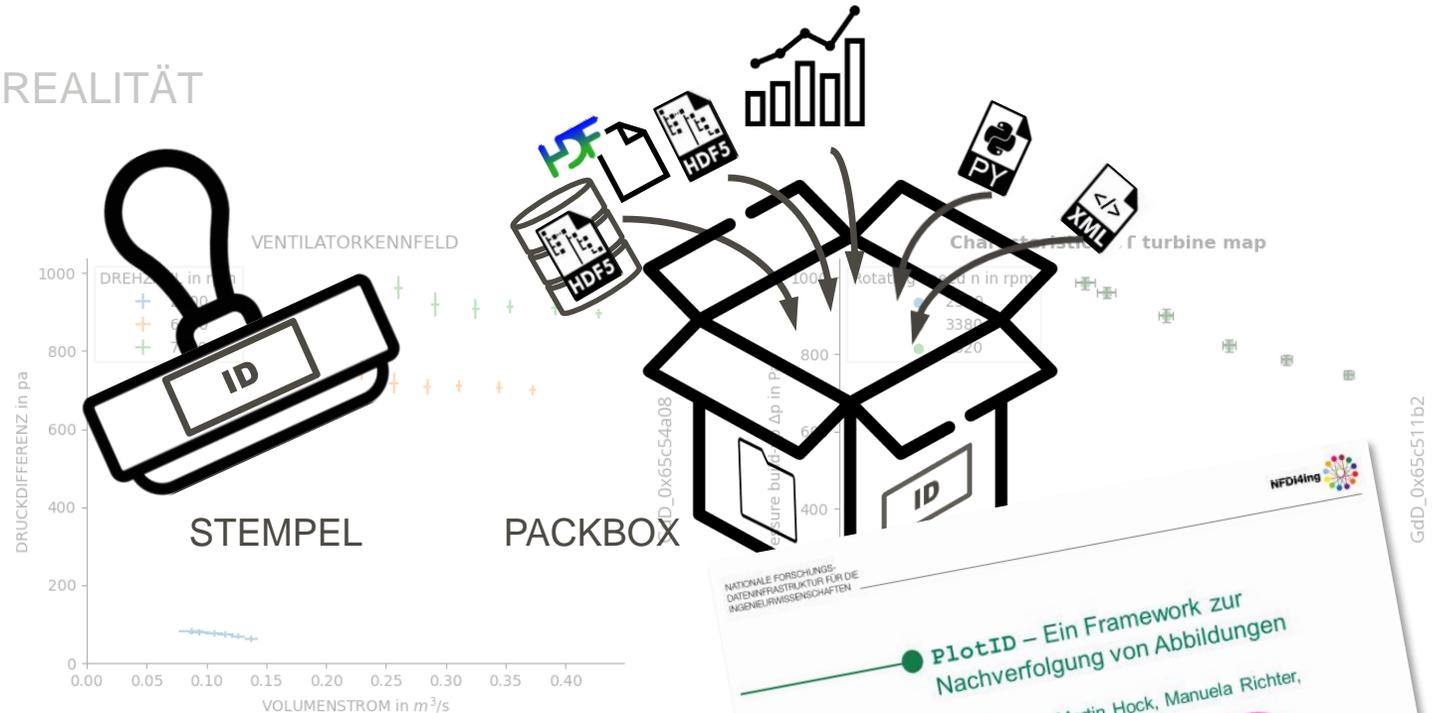


TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

ERWARTUNG



REALITÄT



NATIONALE FORSCHUNGS-DATENINFRASTRUKTUR FÜR DIE INGENIEURWISSENSCHAFTEN

**PlotID – Ein Framework zur Nachverfolgung von Abbildungen**

Jan Lemmer, Martin Hock, Manuela Richter,  
Prof. Peter Pelz  
TU Darmstadt, TA Alex

28.11.2023 – Seite 1



# Fazit und Ausblick



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

# Lessons Learned



## *Das funktioniert:*

- praxisnahe Aufgaben der Projektarbeit kommen sehr gut an
- Hörsaal- und Gruppenübungen bereiten sehr gut auf die Projektarbeit vor
- frühe Sensibilisierung für Code-Dokumentation sowie Unsicherheit von Daten

## *Das kann besser werden:*

- Software-Setup stellt eine Hürde dar und benötigt viel Unterstützung
- Anpassung der Übungsplans für unterschiedliche Lerngeschwindigkeiten
- stärkere Automatisierung der Korrektur

# Programmieren mit ChatGPT



## Projektaufgabe Grundlagen der Digitalisierung



Wintersemester 2022/2023  
09.02.2023

Prof. Dr.-Ing. Peter F. Pelz, Kevin Logan, Ning Xia, Manuela Richter  
Fluidsystemtechnik

Pumpen dienen dem Transport von Fluiden. Sie sind wichtiger Bestandteil nischer Anlagen, Wärme- und Kältesysteme, und andere. Am Institut für Verschleißerkennung in Komponenten verfahrenstechnische Anlagen für Sirupmischanlage konstruiert und aufgebaut worden, siehe Abbildung 1. Hierfür sind fünf Dosiermodule verbaut, welche jeweils ein Fluid in den Dosiermodulen kommen verschiedene Pumpentypen zum Einsatz.



Abb. 1: modulare

Um den einwandfreien Betrieb der Anlage und damit wird der Zustand der modularen Mischanlage über (Pumpen, Mischer, ...) mittels Sensoren erfasst und die Zustandsgrößen berechnet.

Das Verhalten einer Pumpe lässt sich durch den geringen einer Druckdifferenz erbracht werden kann Druckdifferenz über dem gemessenen Volumenstrom Betriebspunkte mit derselben Drehzahl ergeben je bezeichnet.

Sie haben die Messdaten einer Exzentrerschnecke zu ermitteln und grafisch darzustellen. Das er

MASCHINENBAU  
We engineer future

### Aufgabe 1: Daten prüfen

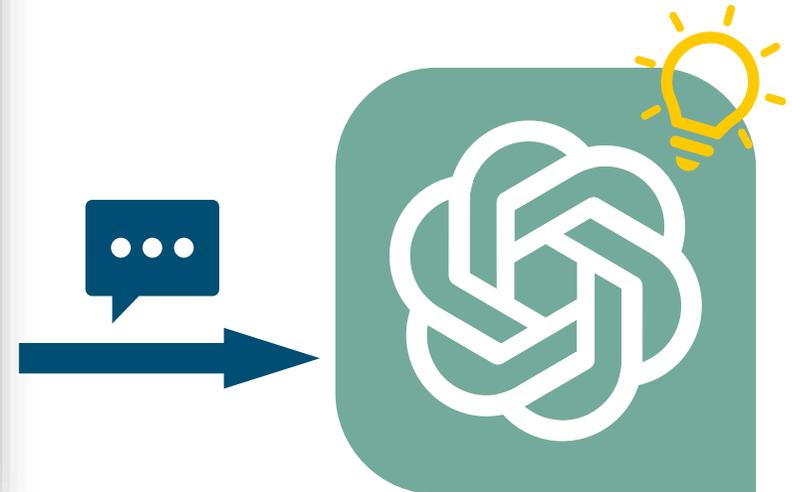
Für die Auswertung von Messdaten ist es zuerst wichtig zu prüfen, ob diese verfügbar sind, wie sie entstanden sind und ob sie plausibel sind.

- Deklarieren Sie zunächst den Pfad zur HDF5-Datei in der Variable `data_file`. Legen Sie die HDF5-Datei im Unterordner `data` ab.
- Schreiben Sie eine Funktion `gen_path_for_multi_speeds()`, die die Pfade zu Ihren persönlichen Daten innerhalb der HDF5-Datei als Liste ausgibt. Die Pfadangaben selbst sind Strings. Übergabeparameter sind die beiden Listen der Drehzahlen und der Ventilöffnungsgrade sowie der Index der übergeordneten Gruppe (`run1`). Deklarieren Sie letzteren in einer Variablen `run_id` und weisen Sie der Variablen den Wert 1 zu. Rückgabewert ist eine Liste der Pfade der Gruppen, welche die Daten der Betriebspunkte bei den von Ihnen betrachteten Drehzahlen und Ventilöffnungsgraden enthalten. Legen Sie die beiden Listen an. Eine Liste enthält Ihre Drehzahlen. Die andere Liste enthält die Werte des Ventilöffnungsgrades der Betriebspunkte, die für die Kennlinie relevant sind (vgl. Listing 1).

Listing 1: Liste der zu verwendenden Ventilöffnungsgrade

```
index = ['deg16.5', 'deg18', 'deg24', 'deg36', 'deg60']
```

- Deklarieren Sie eine Liste `features_of_interest`, welche die Spaltennamen der relevanten Messgrößen `cyan_dp` und `cyan_q` enthält.
- Implementieren Sie die Funktion `read_dataframe_metadata()`, die die Metadaten eines Betriebspunktes ausliest. Nutzen Sie hierfür die Funktionalitäten des `pandas`-Paketes. Übergabeparameter sind der Pfad zur HDF5-Datei, der Pfad zu der Gruppe, welcher die Daten des Betriebspunktes enthält sowie der Name des Metadatums. Rückgabewert ist der Wert des Metadatums. Wenn das Attribut nicht vorhanden ist, ist ein `KeyError` auszulösen und eine Nachricht im Terminal auszugeben.



# Programmieren mit ChatGPT



```
def gen_path_for_multi_speeds(drehzahlen, ventiloeffnungsgrade, run_id=1):  
    paths = []  
    for drehzahl in drehzahlen:  
        for grad in ventiloeffnungsgrade:  
            path = f"/run(run_id)/drehzahl_{drehzahl}/grad_{grad}"  
            paths.append(path)  
    return paths
```



```
8 def gen_path_for_multi_speeds(  
9     run_id: int, index: list[str], pump_speeds: list[float]  
10 ) -> list[str]:  
11     """the function generate a list in which all interested paths in hdf5 are stored.  
12  
13     Args:  
14         run_id (int): run id  
15         index (list[str]): list of valve opening degree  
16         pump_speeds (list[float]): list of pump speeds  
17  
18     Returns:  
19         list[str]: list of paths  
20     """  
21     path_list = []  
22     for deg in index:  
23         for speed in pump_speeds:  
24             path_list.append("run{}/Kennlinie_ESP_c_{}-{}".format(run_id, speed, deg))  
25     return path_list
```

# Programmieren mit ChatGPT



```
def read_dataframe_metadata(data_file, group_path, metadata_name):
    try:
        with pd.HDFStore(data_file, 'r') as store:
            metadata = store[group_path].attrs[metadata_name]
            return metadata
    except KeyError:
        print(f"Das Metadatum '{metadata_name}' ist nicht vorhanden.")
        return None
```



```
28 def read_dataframe_metadata(
29     file: str, path: str, att_key: str
30 ) -> Union[np.float64, np.int32, np.str_, None]:
31     """function for reading and printing attribute values of a group in which a dataframe was
32
33     Args:
34         file (str): path to hdf5 file
35         path (str): path to dataset in hdf5 file
36         att_key (str): name of the attribute to be read
37
38     Returns:
39         Union[np.float64, np.int32, np.bytes_, None]: value of the attribute
40     """
41     with pd.HDFStore(file, "r") as store:
42         try:
43             att_value = store.get_storer(path).attrs[att_key]
44             return att_value
45         except KeyError:
46             print("{} ist kein Attribut dieser Gruppe({}).".format(att_key, path))
```

## GUT FORMULIERTE AUFGABENSTELLUNG

```
def read_dataframe_metadata(data_file, group_path, metadata_name):  
    try:  
        with pd.HDFStore(data_file, 'r') as store:  
            metadata = store[group_path].attrs[metadata_name]  
        return metadata
```

## GEWICHTUNG DER CODE-DOKUMENTATION

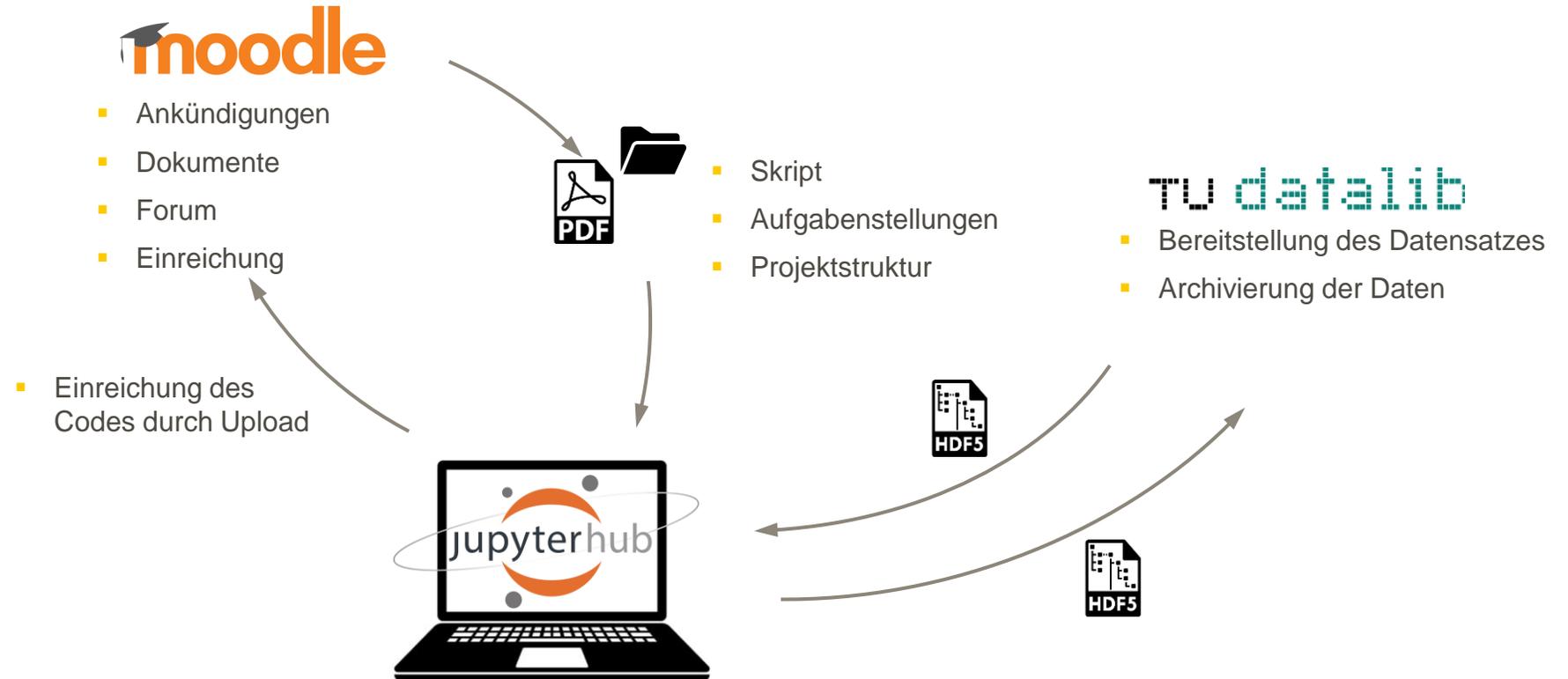


```
32  
33     Args:  
34         file (str): path to hdf5 file  
35         path (str): path to dataset in hdf5 file  
36         att_key (str): name of the attribute to be read  
37  
38     Returns:  
39         Union[float64, np.int32, np.bytes_, None]: value of the attribute
```

## SENSIBILISIERUNG DER STUDIERENDEN FÜR IHRE VERANTWORTUNG

```
44         return att_value  
45     except KeyError:  
46         print("{} ist kein Attribut dieser Gruppe({}).".format(att_key, path))
```

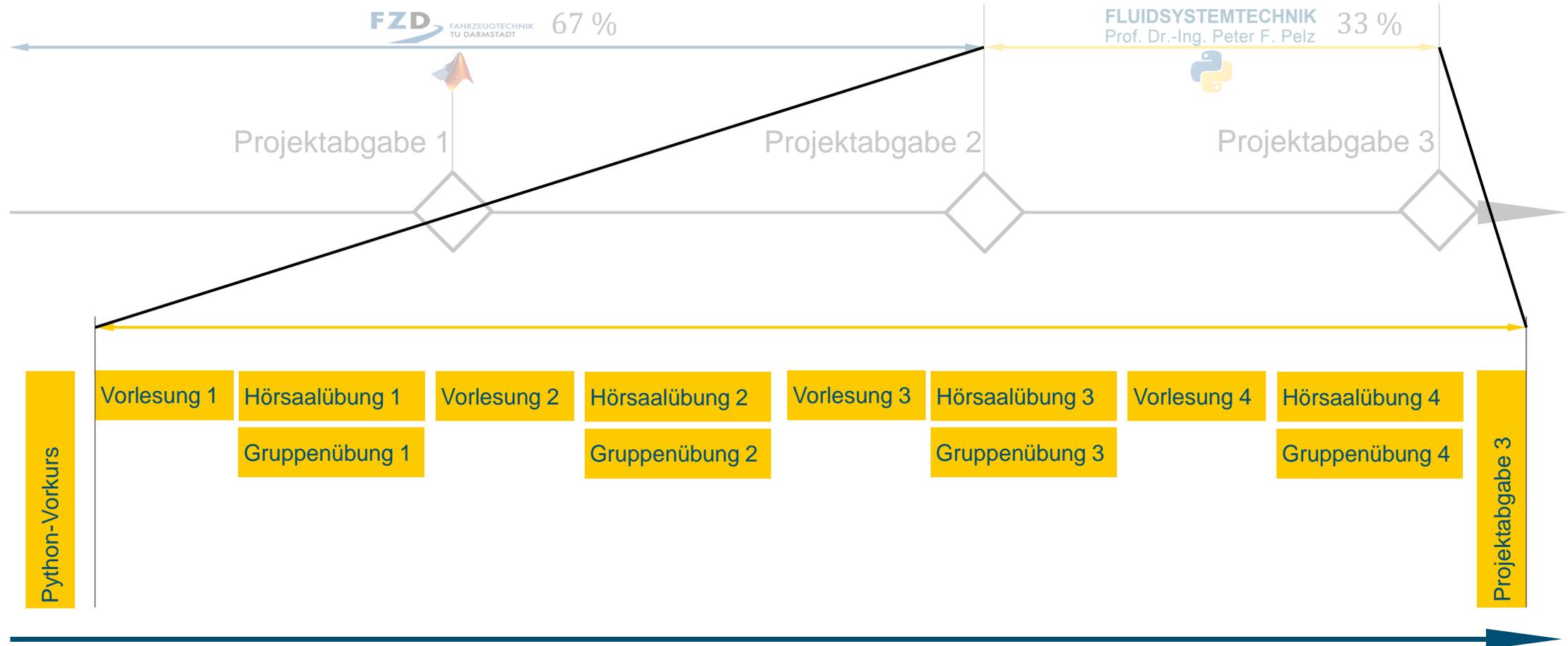
# Erweiterung der Infrastruktur



# Aufbau der Lehrveranstaltung



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT



# Selbstlernkurse für Python



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

## Lehrende entwerfen

- Material
- Übungen
- automatisierte Tests



## Selbstlernkurse

- Python-On-Ramp
- Einführung in generische Pakete
- Fachspezifische Erweiterungen

## Studierende

- lernen selbstbestimmt in individuellem Tempo
- überprüfen ihre Ergebnisse selbst mittels bereitgestellter Tests



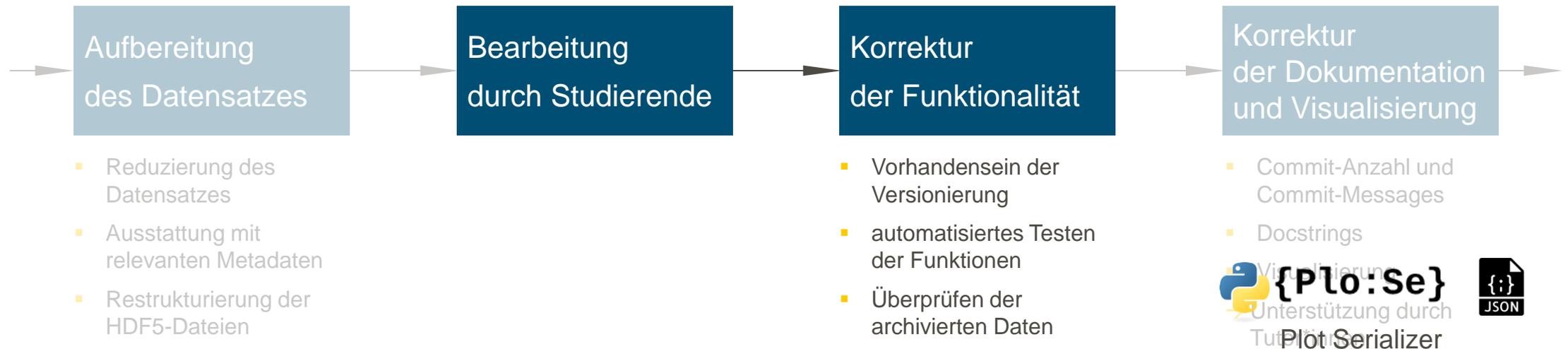
```
Python Dictionaries
Wörterbücher werden verwendet, um Datenwerte in Schlüssel-Wert Paaren zu speichern.
Ein Wörterbuch ist eine Sammlung, die geordnet und veränderbar ist und keine Duplikate zulässt.
Ab Python Version 3.7 sind Dictionaries geordnet. In Python 3.6 und früher sind die Dictionaries ungeordnet.
Erstellen und drucken Sie ein Dictionary:
[147]: thdict = {
        "brand": "Ford",
        "model": "Mustang",
        "year": 1964
    }
    print(thdict)
[147]: {'brand': 'Ford', 'model': 'Mustang', 'year': 1964}

Dictionary Elemente
Dictionary Elemente sind geordnet
Dictionary Elemente werden in geordneter Reihenfolge gedruckt
Zugriff auf Elemente
Druckt den "brand" Wert des Dictionaries
[148]: thdict = {
        "brand": "Ford",
        "model": "Mustang",
        "year": 1964
    }
    print(thdict["brand"])
Ford
Es gibt auch eine Methode für den Zugriff auf Dictionary Elemente:
[149]: print(thdict.get("brand"))
Ford
Dictionary Element hinzufügen
Sie können den Wert eines Dictionary Elements ändern
[150]: thdict = {
        "brand": "Ford",
        "model": "Mustang",
        "year": 1964
    }
    thdict["year"] = 2018
    print(thdict)
[150]: {'brand': 'Ford', 'model': 'Mustang', 'year': 2018}
```

```
Python Dictionaries
Wörterbücher werden verwendet, um Datenwerte in Schlüssel-Wert Paaren zu speichern.
Ein Wörterbuch ist eine Sammlung, die geordnet und veränderbar ist und keine Duplikate zulässt.
Ab Python Version 3.7 sind Dictionaries geordnet. In Python 3.6 und früher sind die Dictionaries ungeordnet.
Erstellen und drucken Sie ein Dictionary:
[147]: thdict = {
        "brand": "Ford",
        "model": "Mustang",
        "year": 1964
    }
    print(thdict)
[147]: {'brand': 'Ford', 'model': 'Mustang', 'year': 1964}

Dictionary Elemente
Dictionary Elemente sind geordnet
Dictionary Elemente werden in geordneter Reihenfolge gedruckt
Zugriff auf Elemente
Druckt den "brand" Wert des Dictionaries
[148]: thdict = {
        "brand": "Ford",
        "model": "Mustang",
        "year": 1964
    }
    print(thdict["brand"])
Ford
Es gibt auch eine Methode für den Zugriff auf Dictionary Elemente:
[149]: print(thdict.get("brand"))
Ford
Dictionary Element hinzufügen
Sie können den Wert eines Dictionary Elements ändern
[150]: thdict = {
        "brand": "Ford",
        "model": "Mustang",
        "year": 1964
    }
    thdict["year"] = 2018
    print(thdict)
[150]: {'brand': 'Ford', 'model': 'Mustang', 'year': 2018}
```

# Automatisierung der Korrektur



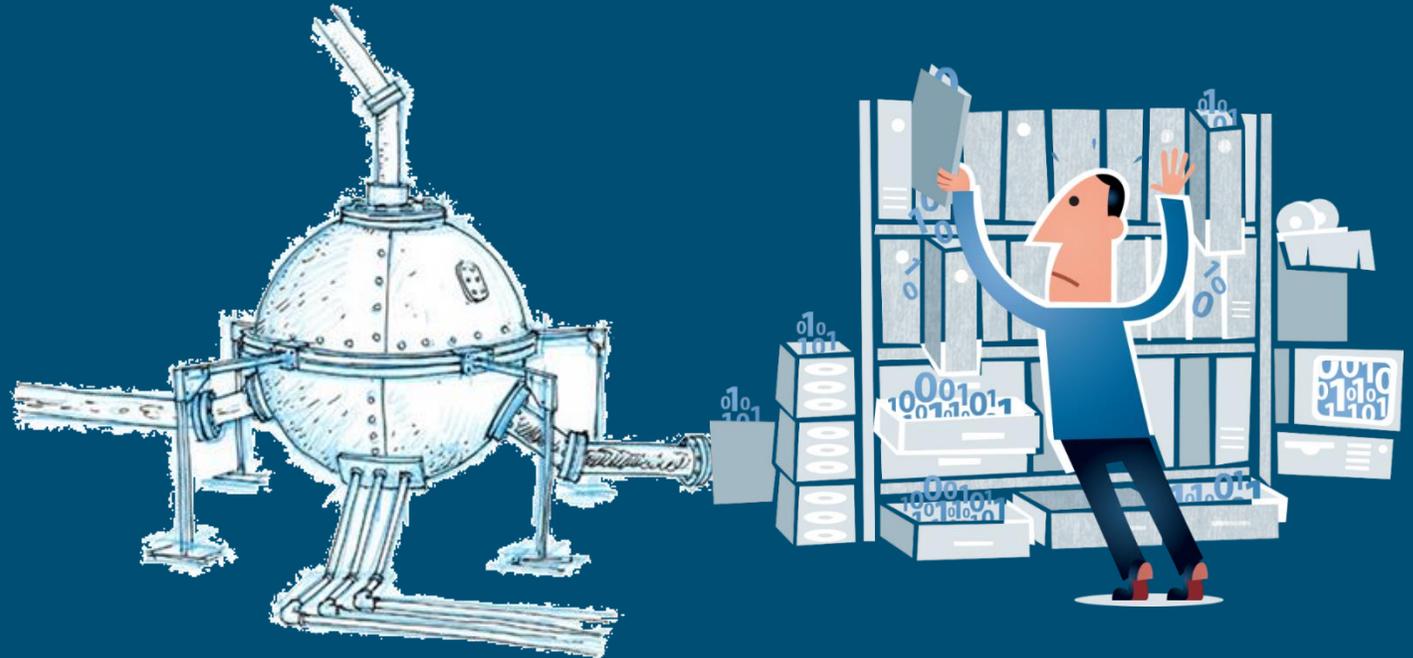
# Datenkompetenz von Anfang an – Grundlagen der Digitalisierung



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

4Ing-Workshop am 15.04.2024

Kevin Logan, Ning Xia, Prof. Peter Pelz



**MASCHINENBAU**

We engineer future

**FLUIDSYSTEMTECHNIK**

Prof. Dr.-Ing. Peter F. Pelz