

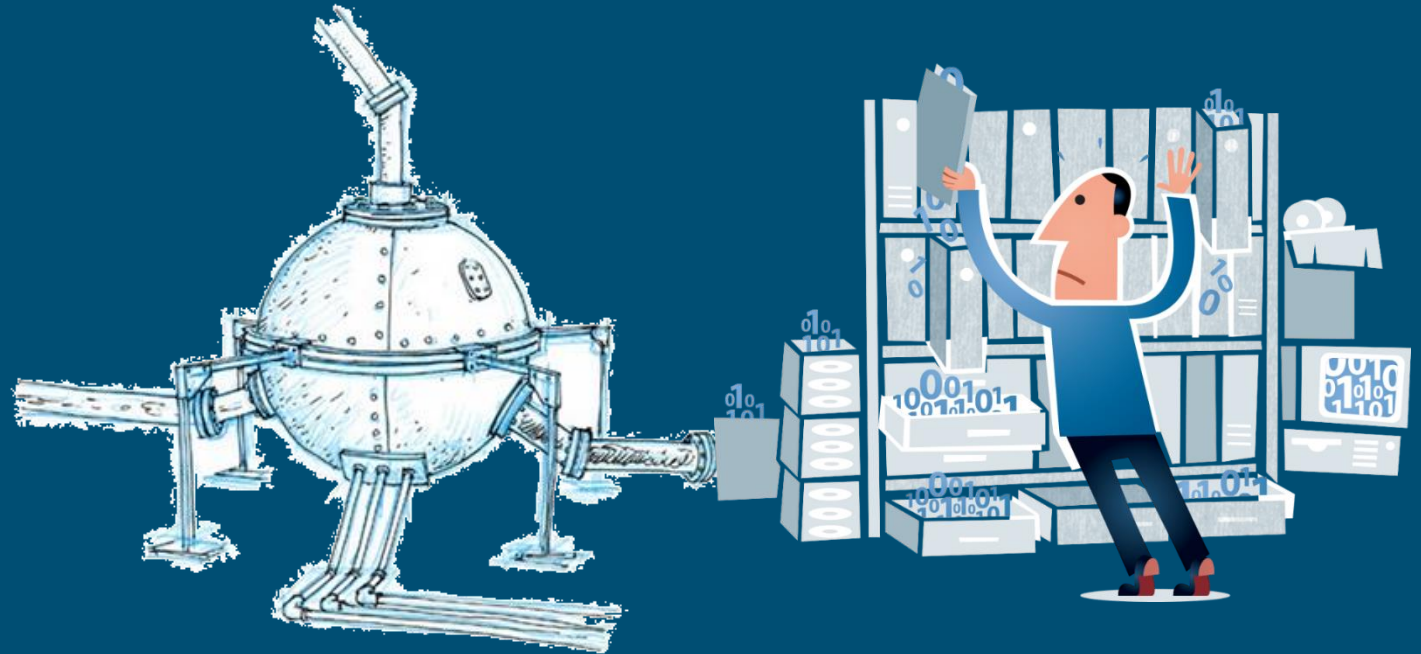
Datenkompetenz von Anfang an – Grundlagen der Digitalisierung



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

4Ing-Workshop am 15.04.2024

Kevin Logan, Ning Xia, Prof. Peter Pelz



MASCHINENBAU

We engineer future

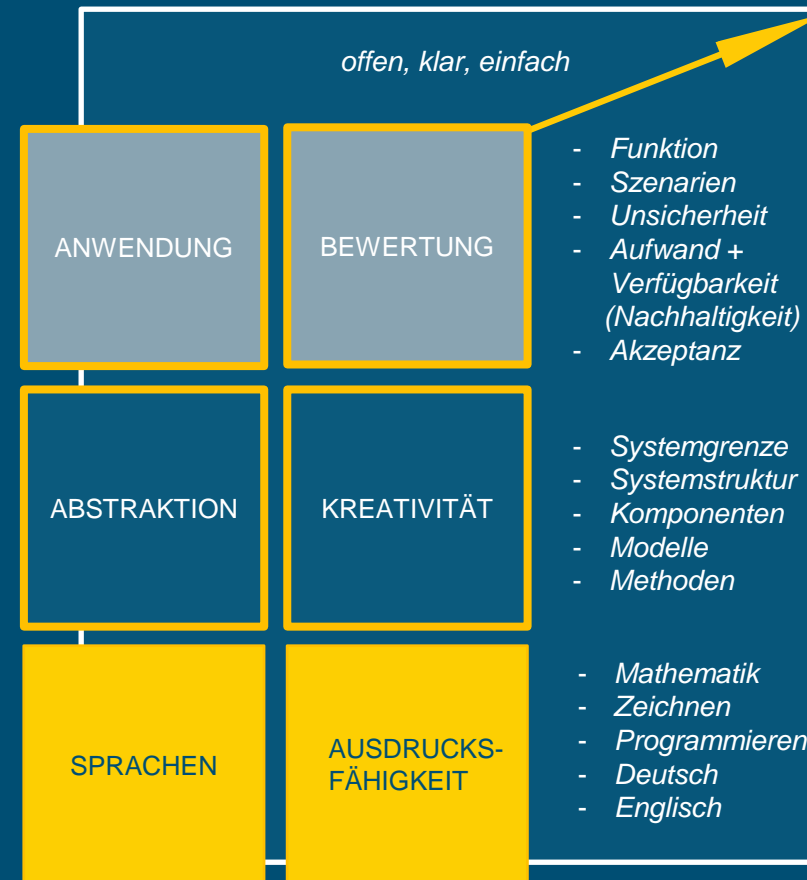
FLUIDSYSTEMTECHNIK

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
- 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

- 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

WERKSTOFFKUNDE I
4 CP

WERKSTOFFKUNDE II
4 CP

TECHNISCHE MECHANIK
III (DYNAMIK)
6 CP

STRÖMUNGSLEHRE
6 CP

INGENIEURWISSENSCHAFT UND
GESELLSCHAFT
4 CP

NUMERISCHE
SIMULATIONEN

KONTINUIERLICHES LERNEN IM „ROTEN FADEN DIGITALISIERUNG“

WERKSTOFFKUNDE I
4 CP

TECHNISCHE MECHANIK

MASCHINENELEMENTE
UND MECHATRONIK II

PRAKTIKUM
DIGITALISIERUNG 2 CP

NUMERISCHE
SIMULATIONEN

NUMERISCHE
SIMULATIONEN

HANDS-ON DURCH PRAKTISCHE ANWENDUNG

TECHNOLOGIE DER
FERTIGUNGSVER-
FAHREN
6 CP

EINFÜHRUNG IN DIE
ELEKTROTECHNIK
6 CP

TECHNISCHE
THERMODYNAMIK I
6 CP

MESSTECHNIK,
SENSORIK UND
STATISTIK
6 CP

PRODUCT DESIGN
PROJECT
4 CP

EINFÜHRUNG IN
WISSENSCHAFTLICHES
ARBEITEN UND SCHREIBEN,
2CP

TECHNOLOGIE DER
FERTIGUNGSVER-
FAHREN
6 CP

RECHNERGESTÜTZTES

TECHNISCHE
THERMODYNAMIK I
6 CP

MESSTECHNIK,
SENSORIK UND
STATISTIK
6 CP

PRODUCT DESIGN
PROJECT
4 CP

BACHELOR THESIS
12 CP

4 CP

MASCHINENBAU
4 CP

4 CP

STUDIUM GENERALE
3 – 6CP

4 CP

4 CP

Datenkompetenz im Curriculum

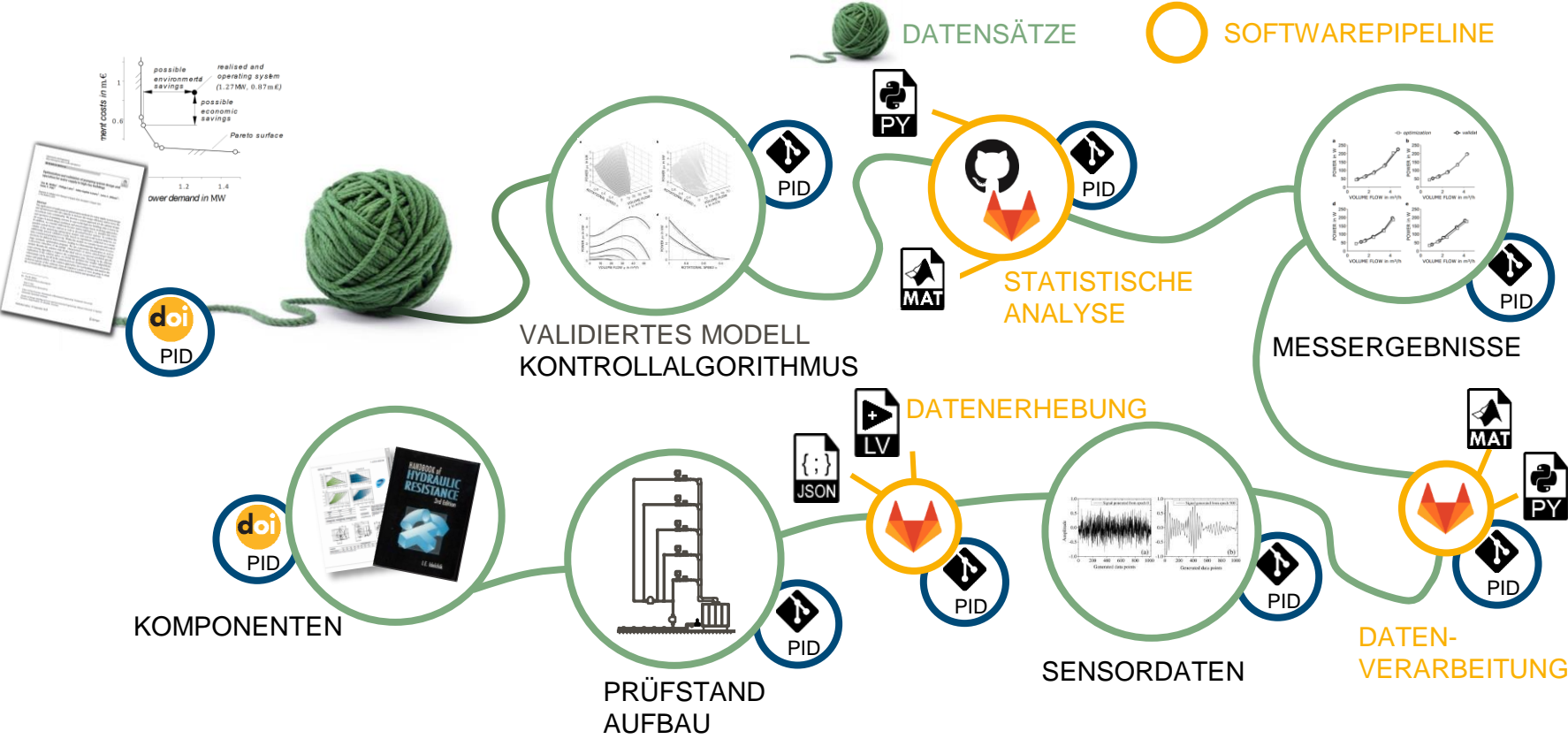


1. Die Vermittlung von Datenkompetenz startet im **ERSTEN SEMESTER BACHELORSTUDIUM**
2. Alle Dimensionen von Datenkompetenz müssen vermittelt werden.
SPRACHEN | GOVERNANCE | TECHNOLOGIEN | ETHIK
3. **HANDS-ON** macht FDM begreifbar.

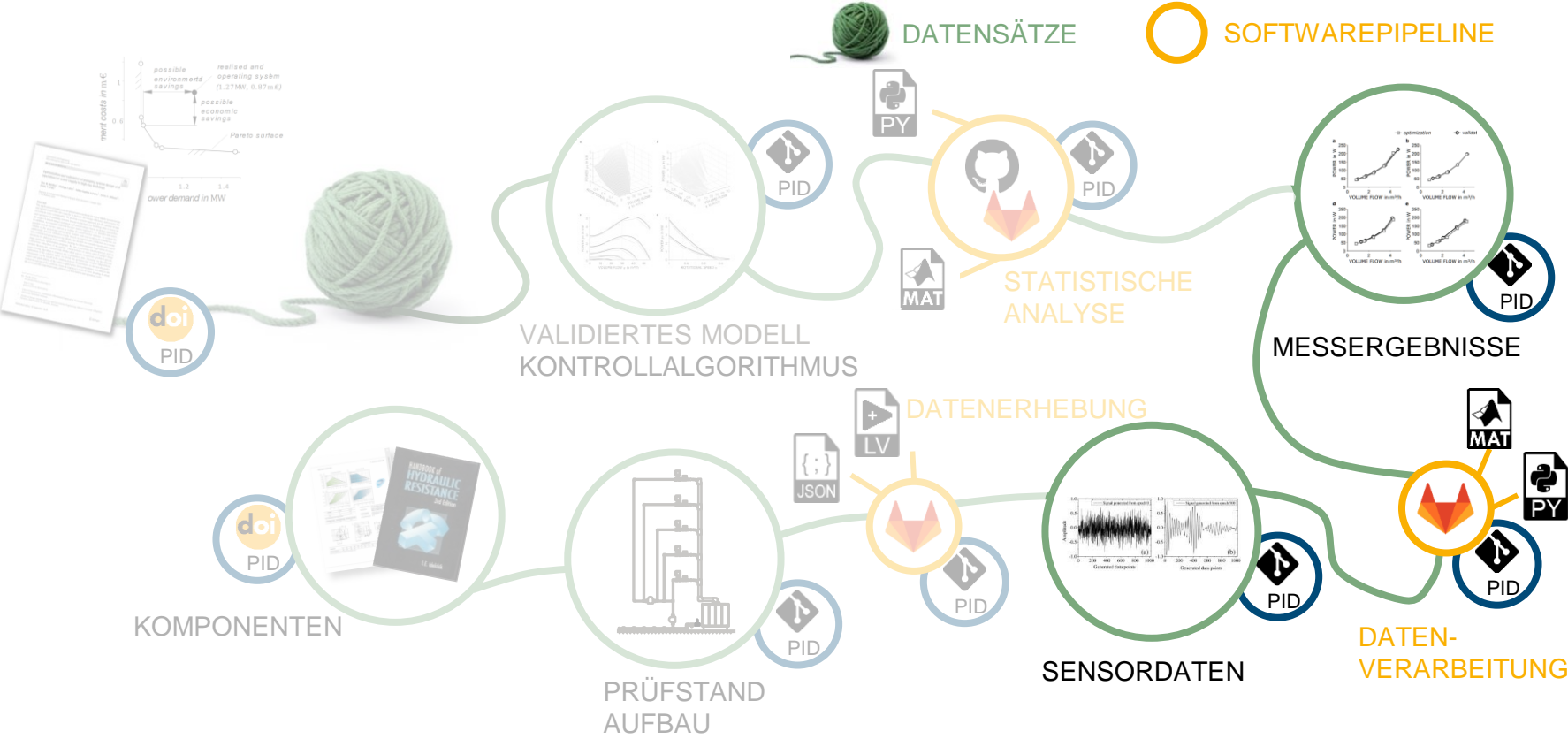
Schatzkarte Datenkompetenz



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Schatzkarte Datenkompetenz



Aufbau des Moduls Grundlagen der Digitalisierung



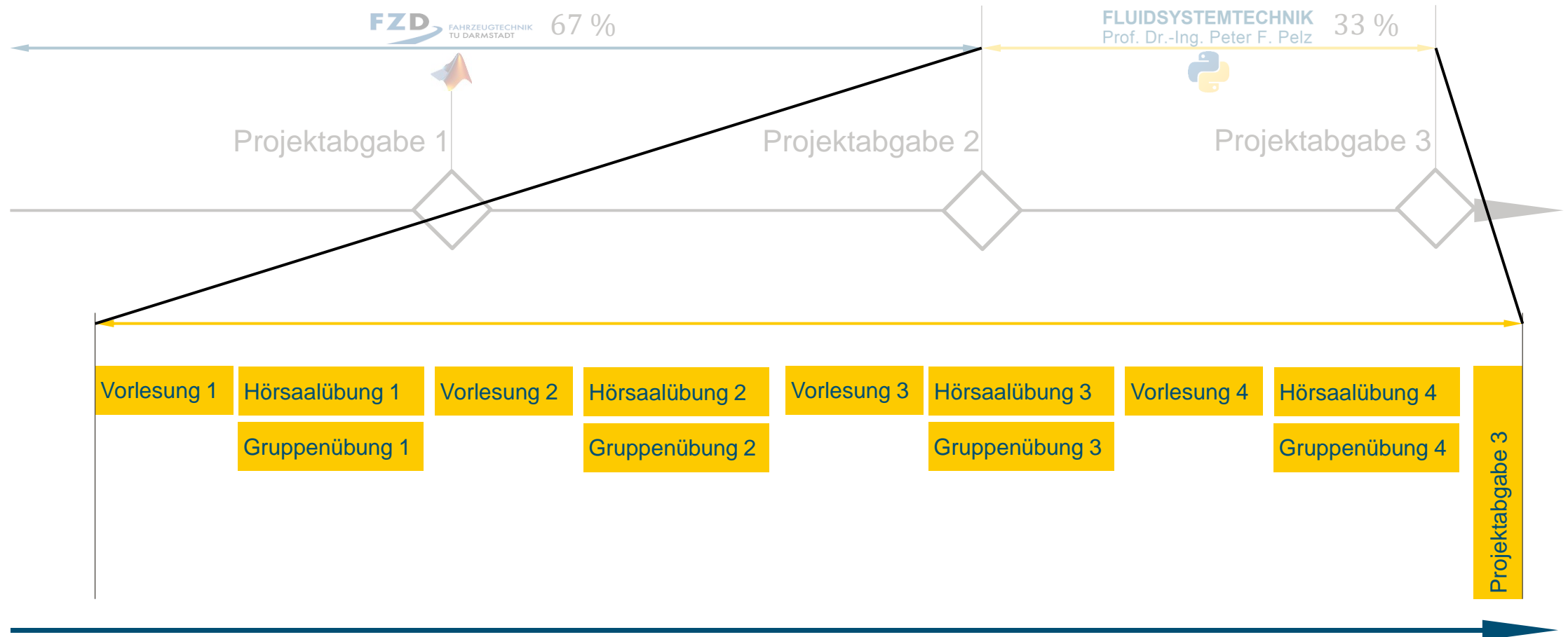
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



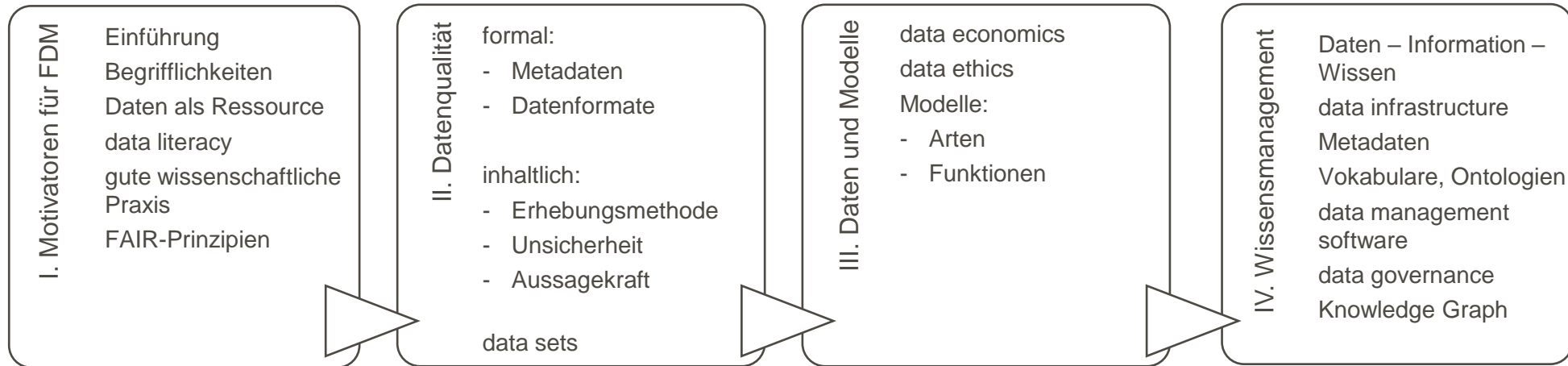
Aufbau des Moduls Grundlagen der Digitalisierung



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

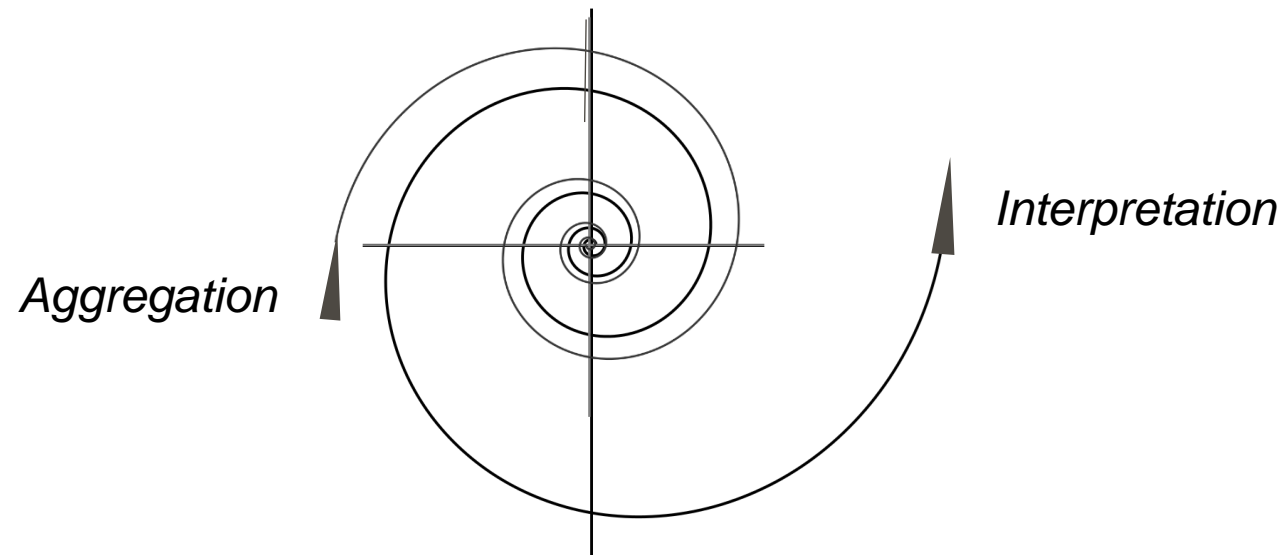


formale Datenqualität
FAIR-Prinzipien

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

Datenunsicherheit

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

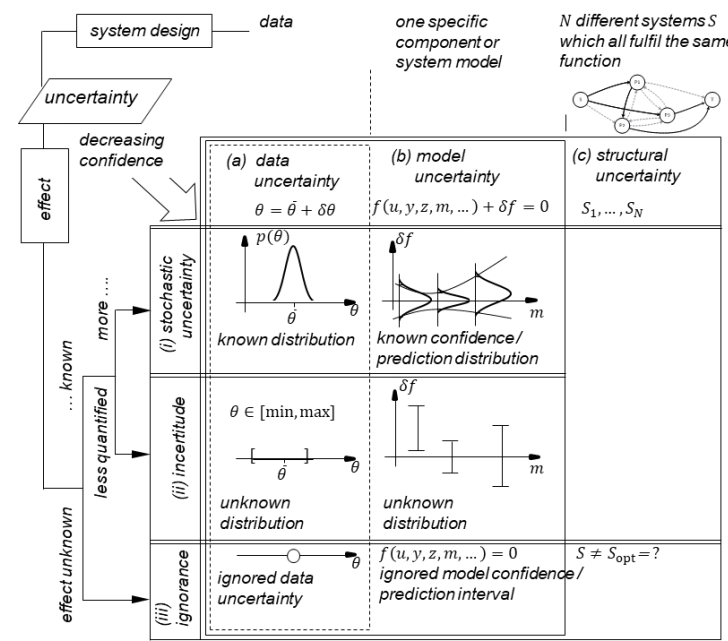
Messgröße
 $z = f(x, y, \dots)$

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

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 | 19

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 weiter entwickelt werden.
- Annahme durch EU-Kommission

Wirtschaft

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

ÖKONOMIE

PUBLIC, i.e. science and society

- (i) gain of wealth, well-being, knowledge
- (ii) minimal social costs
- (iii) transparency

PRIVATE, i.e. private person and company

- (i) gain of profit, benefit
- (ii) minimal expenses
- (iii) privacy

TECHNO-ECONOMIC SYSTEM

SOCIO-TECHNICAL ENVIRONMENT

UNQUALIFIED RESOURCES

RESOURCE USAGE

QUALIFIED RESOURCES

RESOURCE SUPPLY

TECHNO-ECONOMIC SYSTEM

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

rdm-server (tape storage)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

MASCHINENBAU We engineer future

WISSENSGRAPHEN

Google Knowledge Graph

Infobox neben Suchergebnissen

verschiedene Quellen

nutzt RDF

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

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

keine interne Struktur

interne Struktur (Eigenschaften)

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

MASCHINENBAU We engineer future

Übungsinhalte



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



Programmiersprache



Versionsverwaltung



Dateiformate



Datenstrukturen



Datenvisualisierung



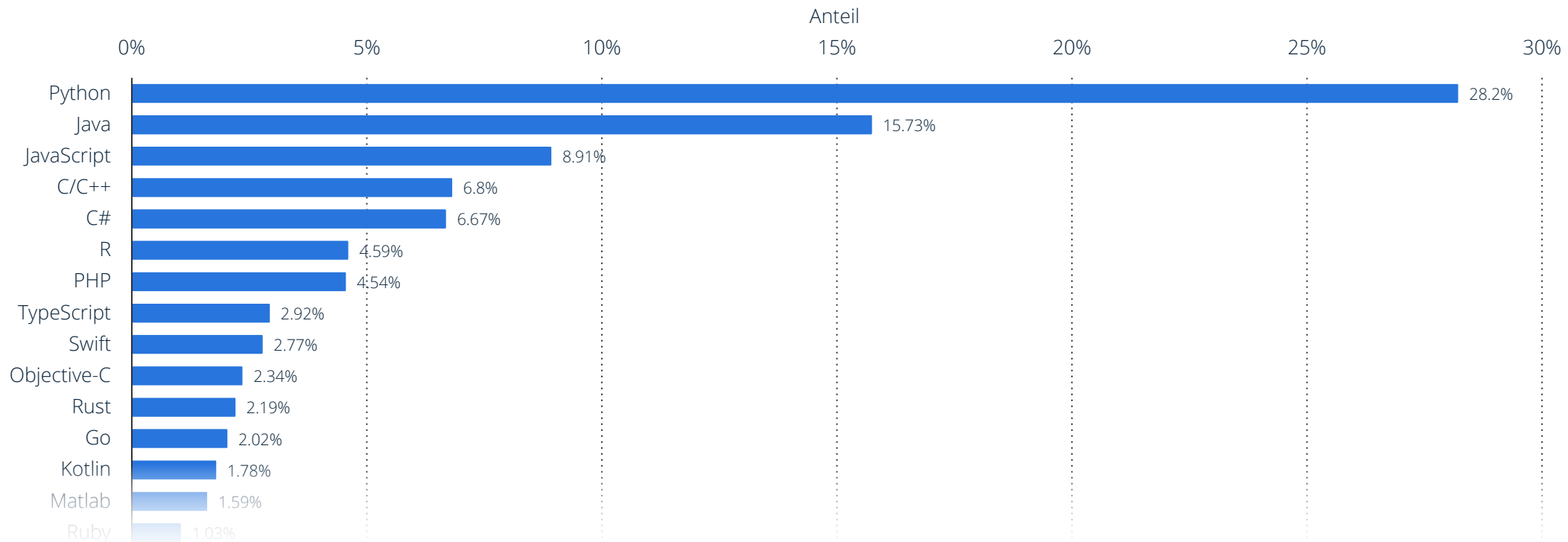
Warum Python?



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

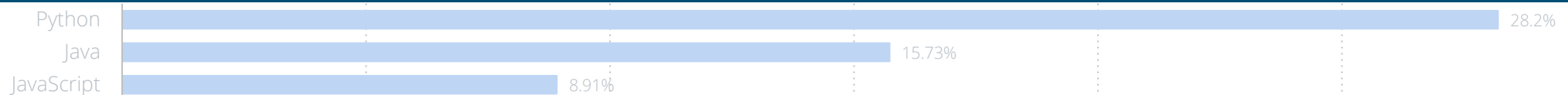
Warum Python?



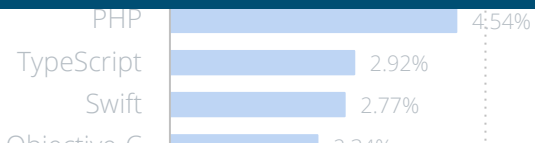
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Die beliebtesten Programmiersprachen weltweit laut PYPL-Index im Januar 2024

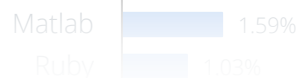
WEIT VERBREITET, GROßE COMMUNITY



FREI NUTZBAR



KOEXISTENZ WICHTIG (MATLAB)

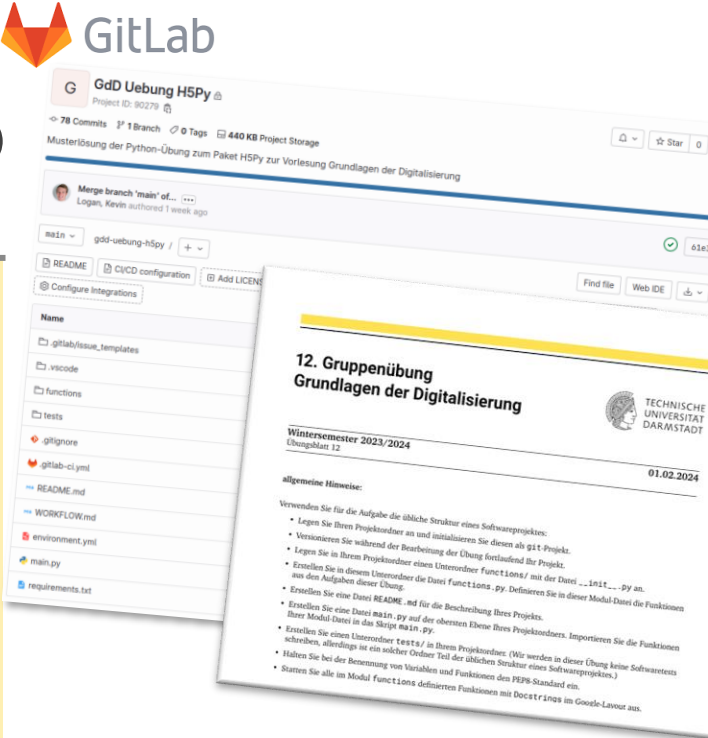
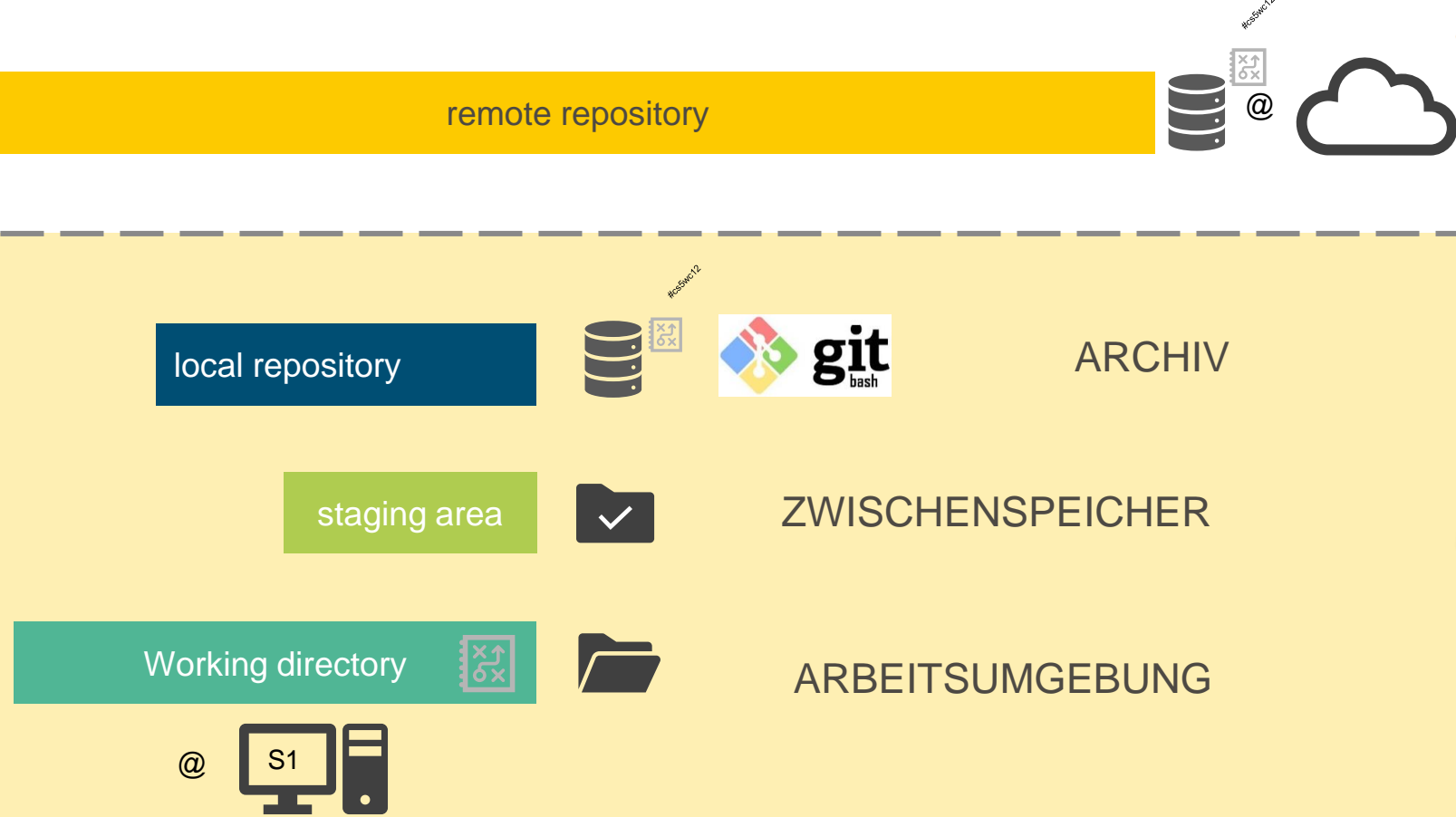


Hinweis(e): Weltweit

Quelle(n): PYPL; ID 678732

statista

Versionsverwaltung mit Git

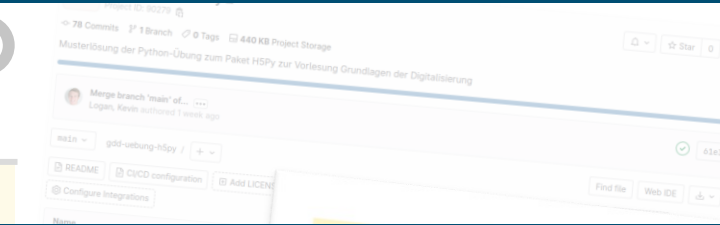


Aufbau und Struktur



PERSPEKTIVE SOFTWAREENTWICKLUNG

remote repository

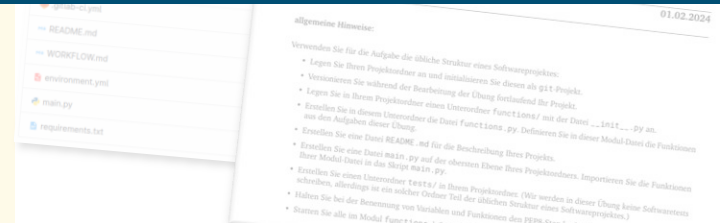


SOFTWARE ALS FORSCHUNGSDATUM

staging area



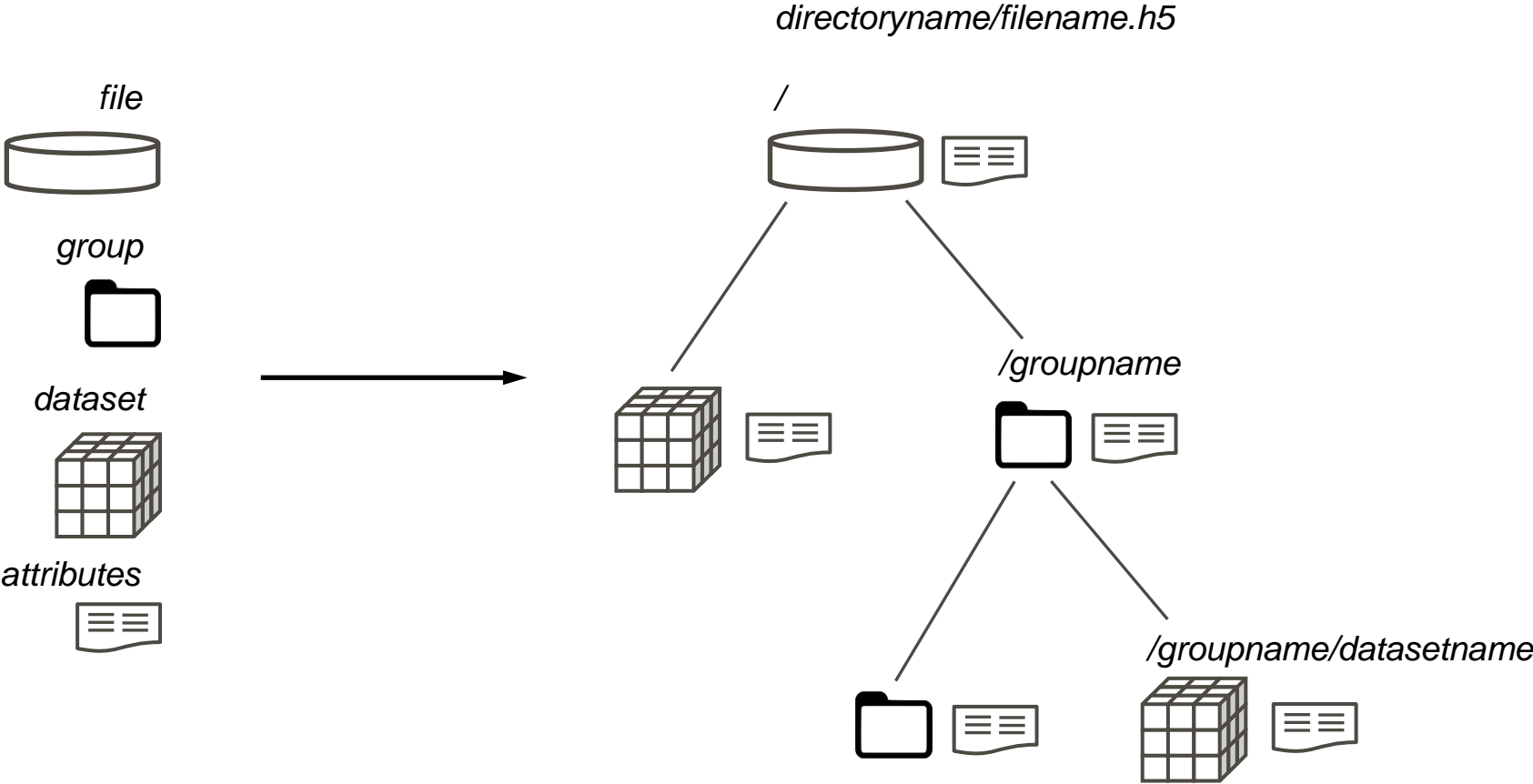
ZWISCHENSPEICHER



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

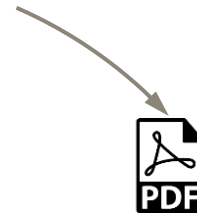


Übung	Hörsaalübung	Gruppenübung
1	Einführung in git Projektstruktur	erste Schritte in git Taschenrechner programmieren
2	Datenformate, hdf5 Python-Style-Guides Dokumentation, Docstrings	Daten erzeugen eigene hdf5-Datei erstellen Metadaten erzeugen
3	Pandas-Bibliothek Python-Style-Guides black, flake8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

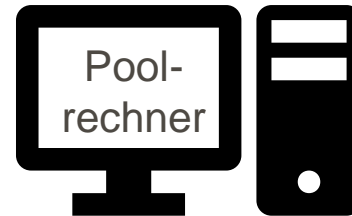
Infrastruktur



- Ankündigungen
- Dokumente
- Forum



- Skript
- Aufgabenstellungen



Software-Setup



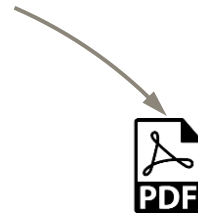
INTEGRATED DEVELOPMENT
ENVIRONMENT



Infrastruktur



- Ankündigungen
- Dokumente
- Forum



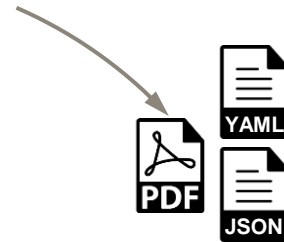
- Skript
- Aufgabenstellungen



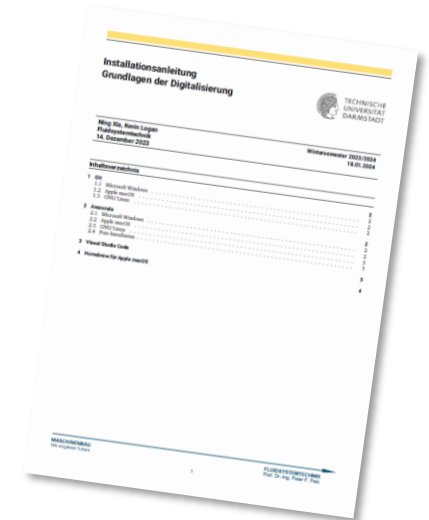
Infrastruktur



- Ankündigungen
- Dokumente
- Forum



- Skript
- Aufgabenstellungen
- Installationsanleitung
- Konfiguration



Prüfungsleistung

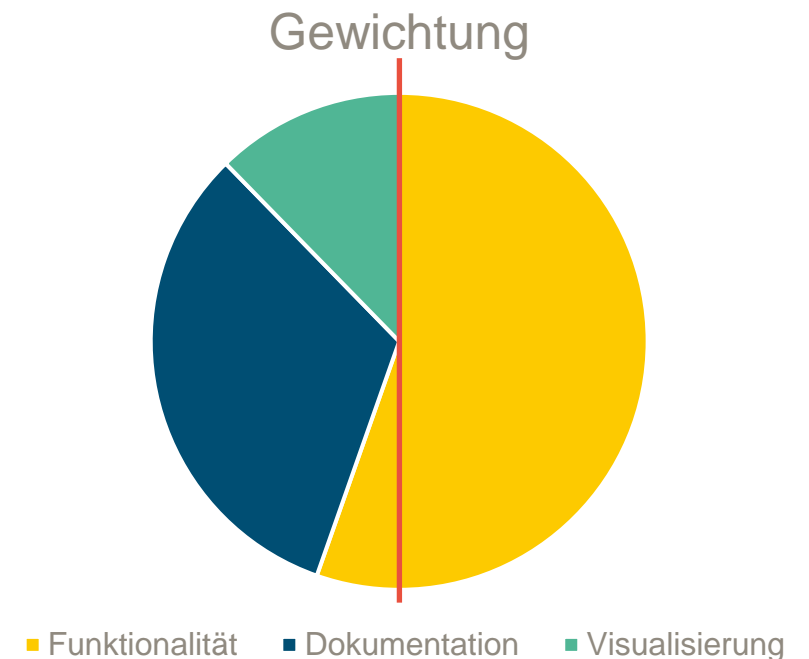


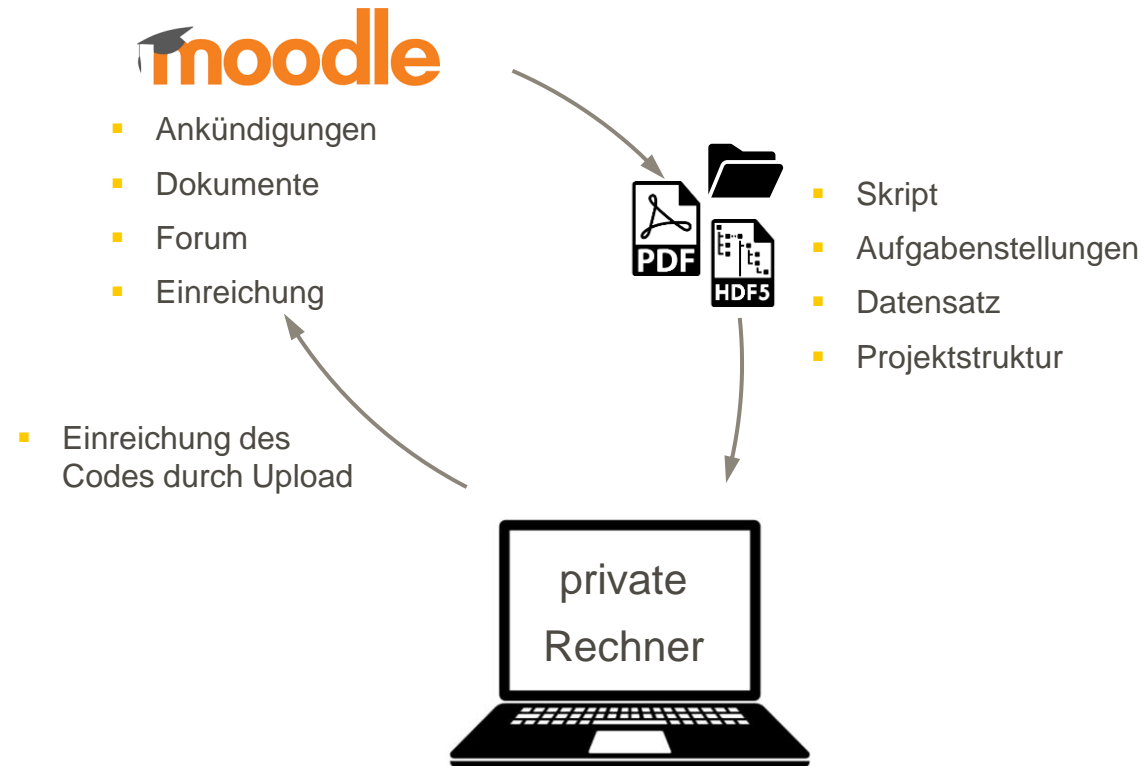
TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Prüfungsform

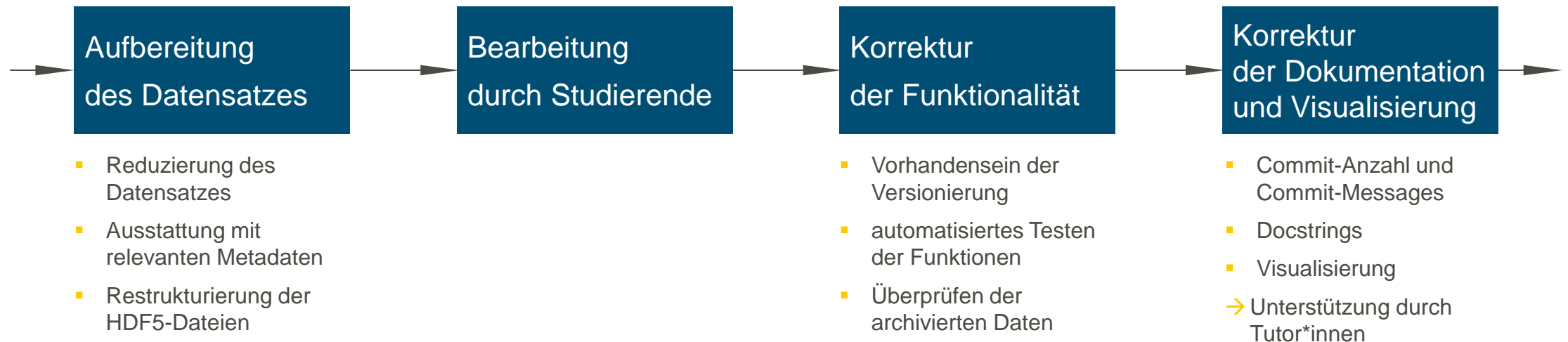


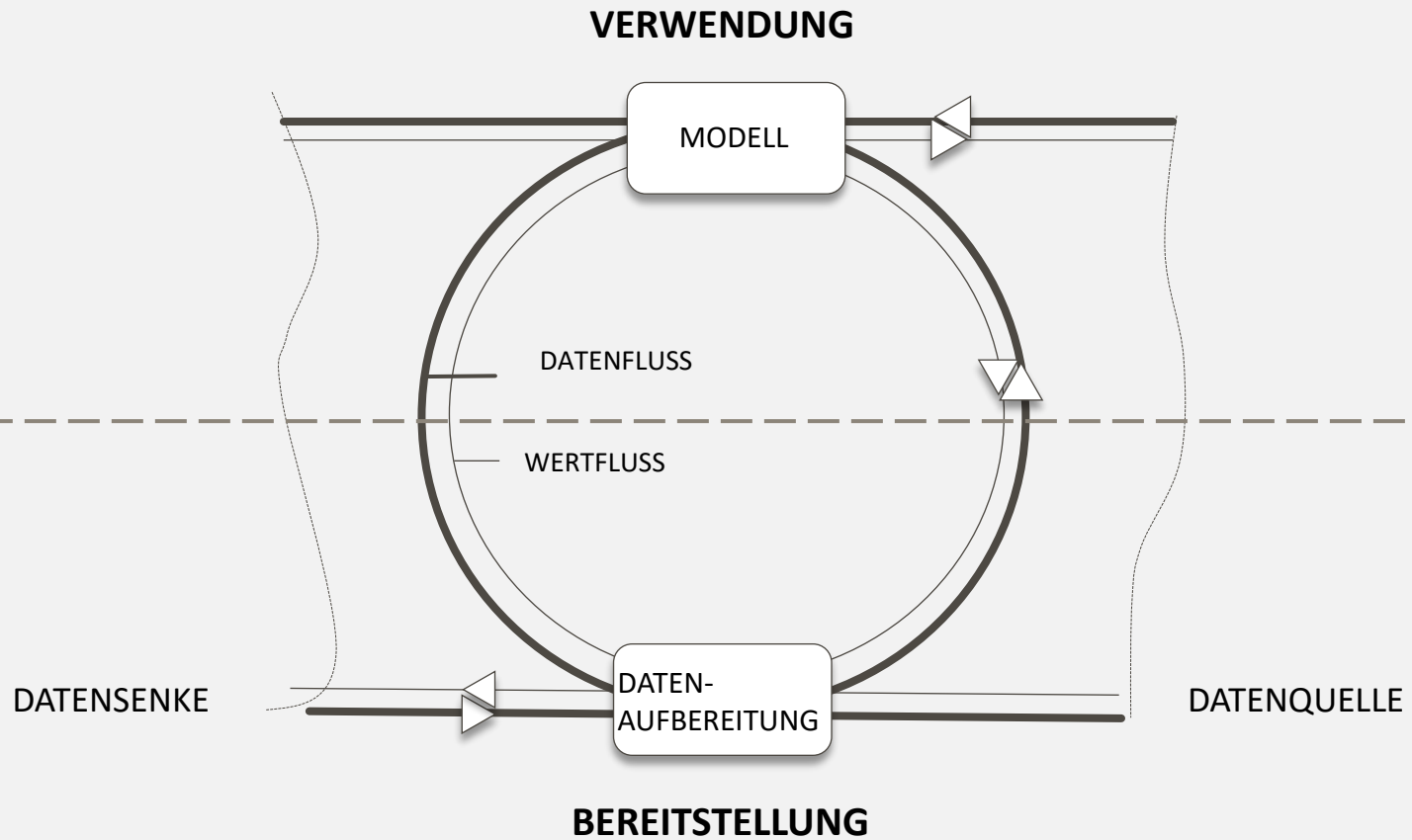
- Programmierprojekt
- Bearbeitungszeit: 4 Wochen
- Aufgabe
 - Nachnutzen eines gegebenen Datensatzes
 - Überprüfen der Daten
 - Weiterverarbeitung der Daten
 - Archivierung der eigenen Daten
 - Visualisierung der Daten
 - Versionierung des Codes → notwendiges Kriterium
 - Kommentierung des Codes
- maximal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





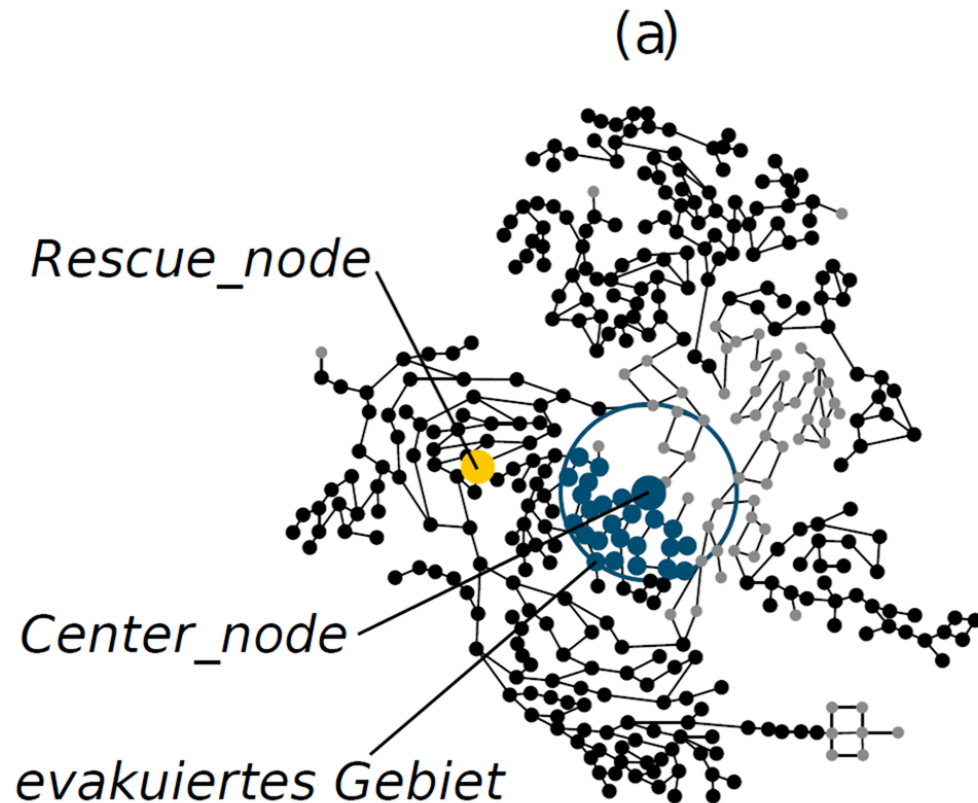
Workflow Vorbereitung der Daten bis Korrektur





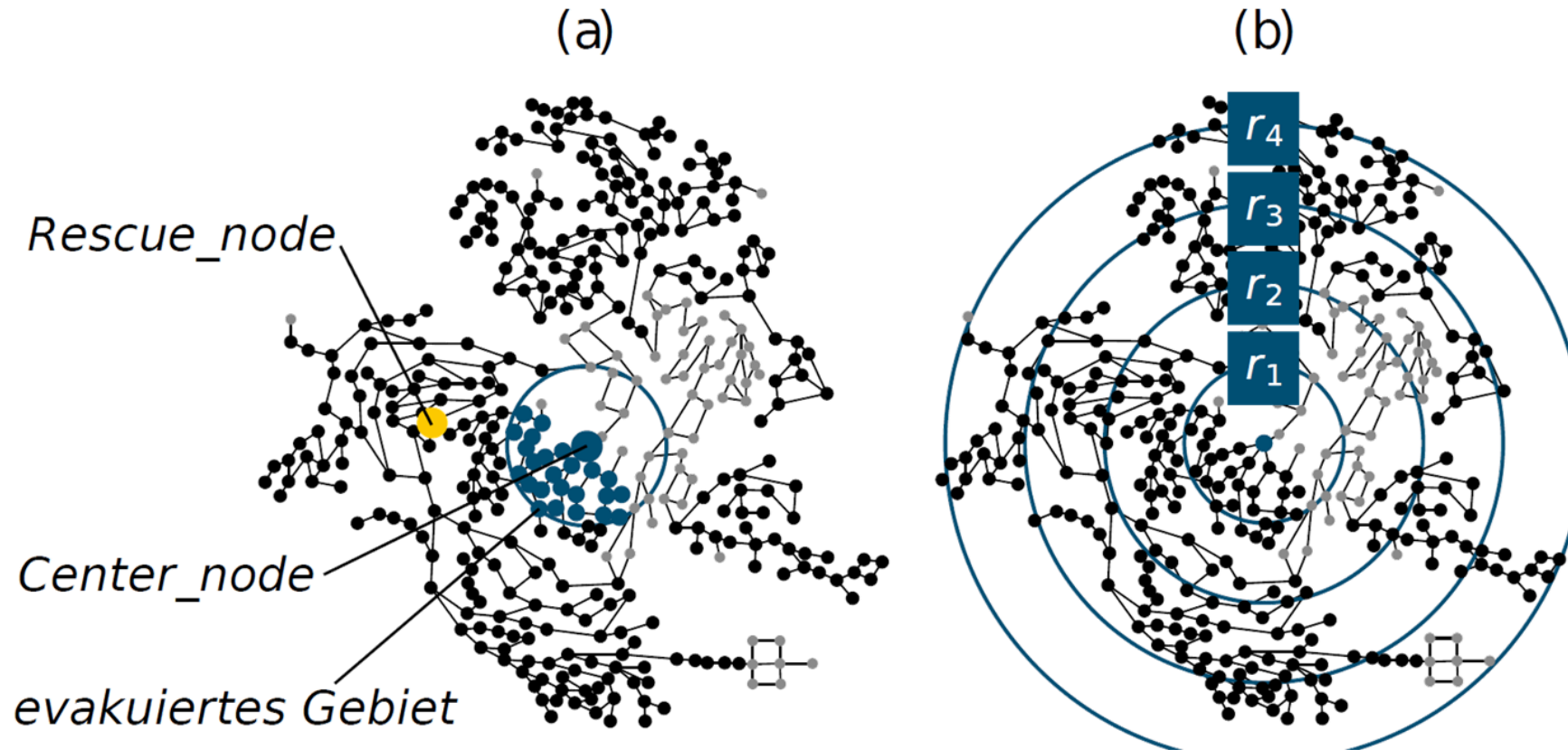
WS 21/22

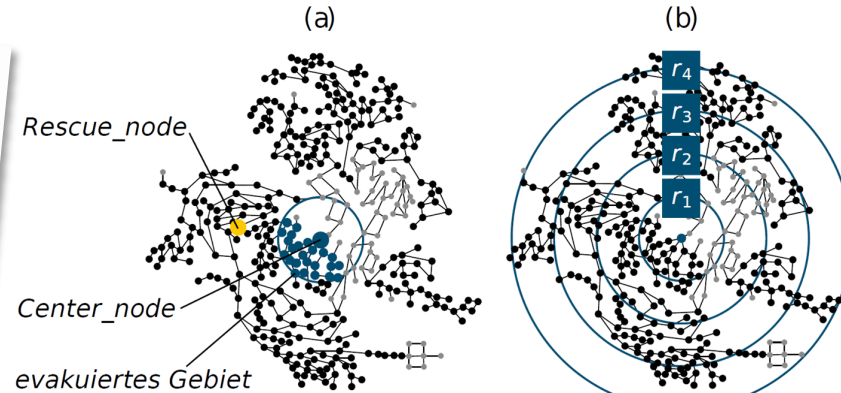
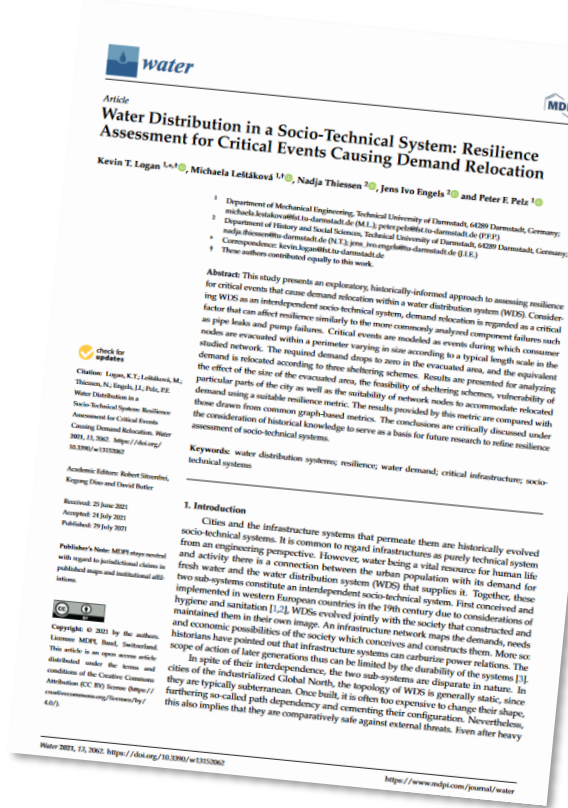
Evakuierung eines Stadtgebiets

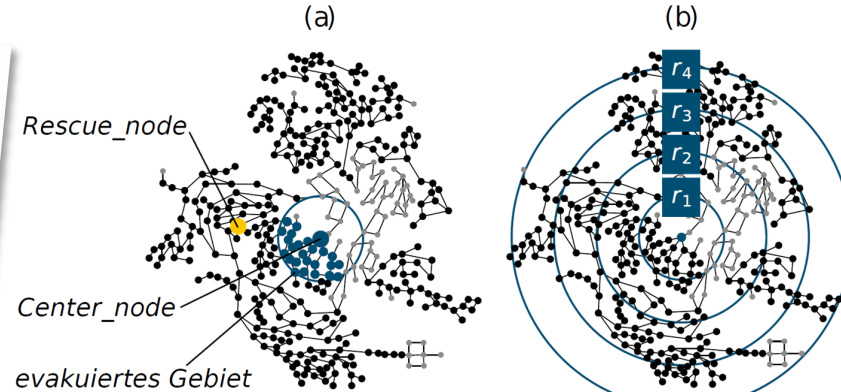
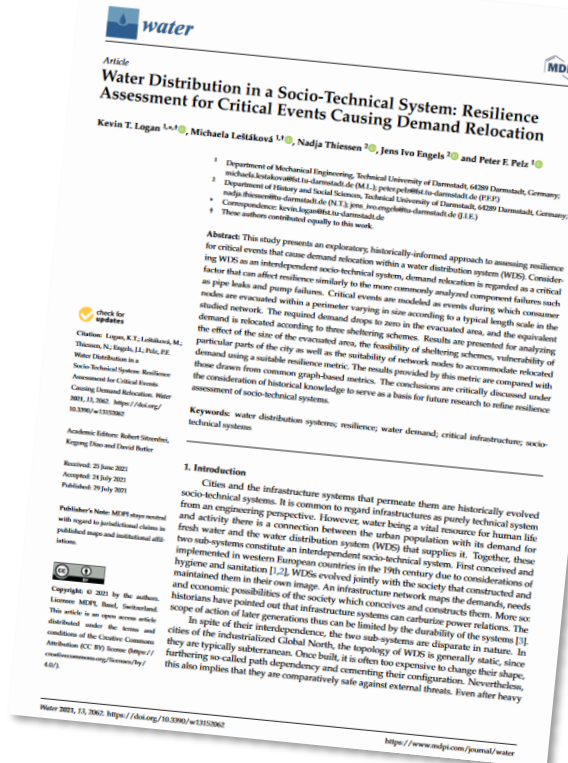


WS 21/22

Evakuierung eines Stadtgebiets







DATENSATZ

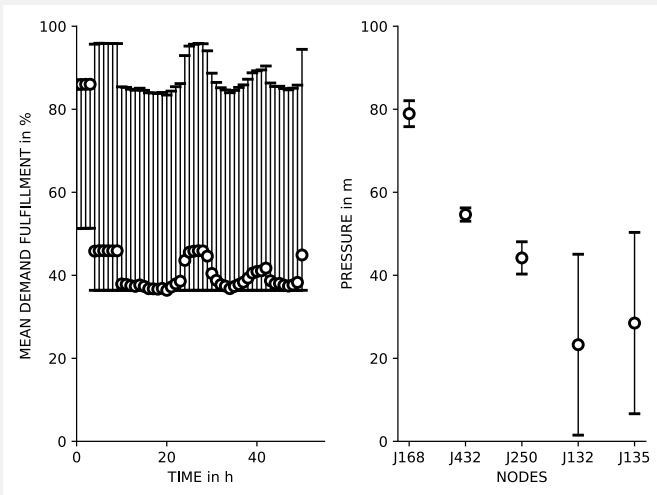
- Druck und Bedarfserfüllung an allen Knoten für alle Zeitschritte
- Variation des Zentrums des evakuierten Gebiets
- Variation der Größe des Gebiets
- Variation des Aufnahmeknotens

AUFGABE

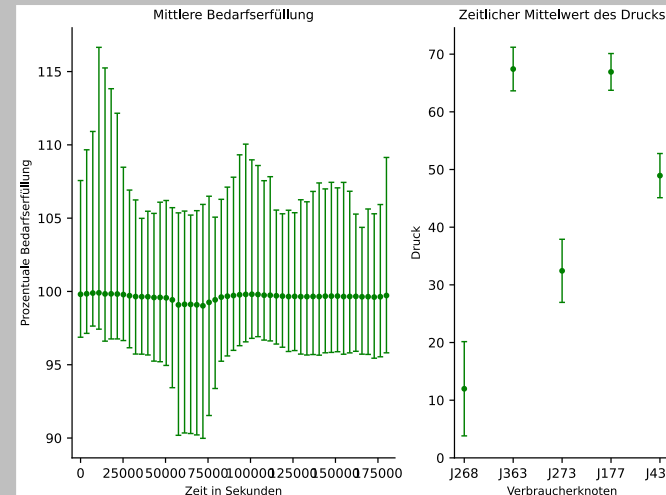
- Darstellung der mittleren Bedarfserfüllung mit Varianz für die Simulationsdauer
- Darstellung des mittleren Drucks und zeitlicher Varianz einzelner Knoten



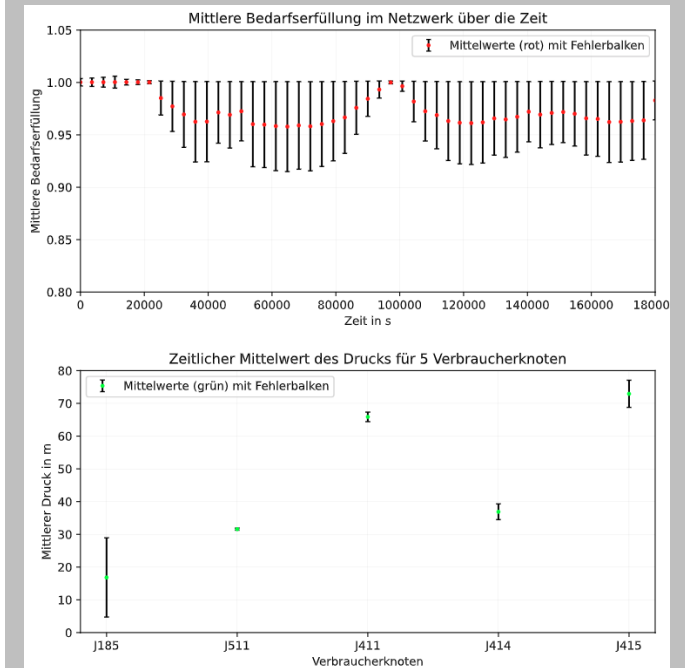
SOLL



IST I



IST II



Nov 16, 2022
Awards
Events

First emergenCITY Student Award

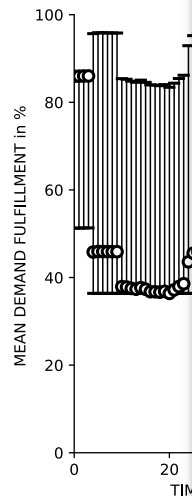


The two Bachelor students Bianca Beer and Benjamin Schmidt of the *Mechanical Engineering – Sustainable Engineering* program have been awarded the first emergenCITY Student Award. In the seminar *Fundamentals of Digitization – Software Project Using Water Data*, which emergenCITY-PI Peter Pelz held together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

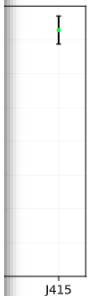
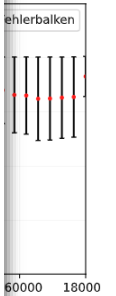
In this programming project, the students used an emergenCITY dataset from a publication by

Evak Erge

ERWARTU



NISCHE
ERSITÄT
ASTADT



WS 22/23

modulare Sirupmischanlage



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



DATENSATZ

- Kennfeldmessung einer Exzentrerschneckenpumpe
- 17 Betriebspunkte
- 6 Drehzahlen

AUFGABE

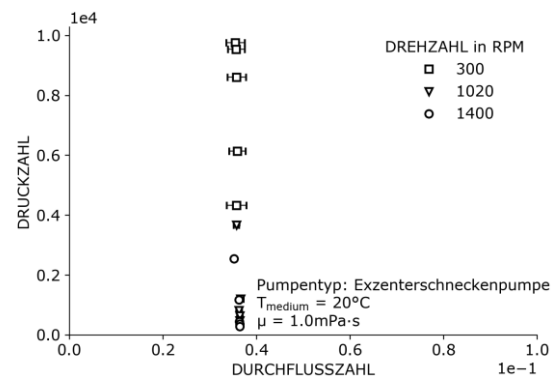
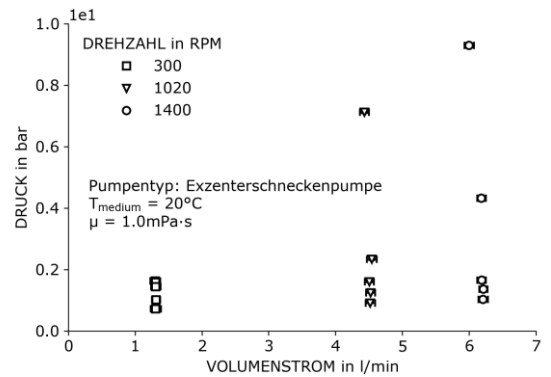
- Bestimmung der Mittelwerte und Unsicherheit für Druck und Volumenstrom
- Entdimensionierung der Größen und Unsicherheitsfortpflanzung
- Darstellung des Kennfelds und dimensionsloser Größen

WS 22/23

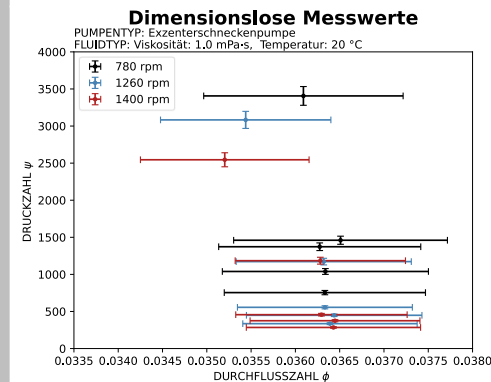
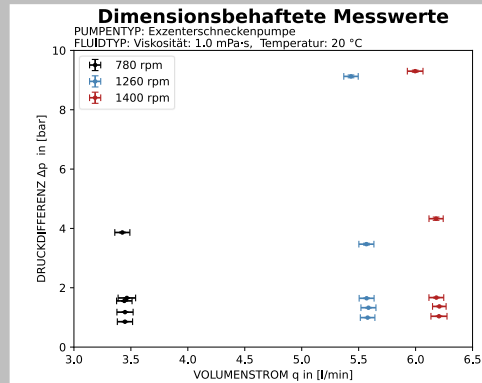
modulare Sirupmischanlage



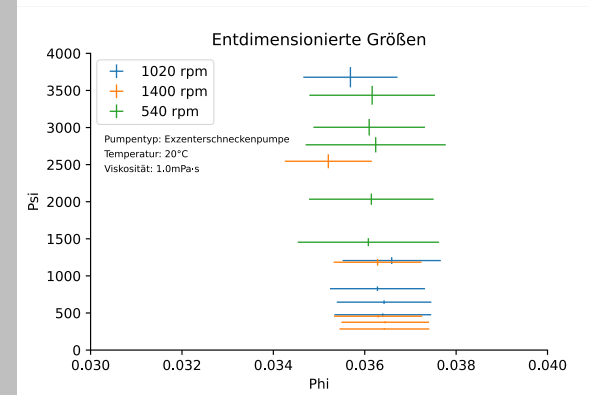
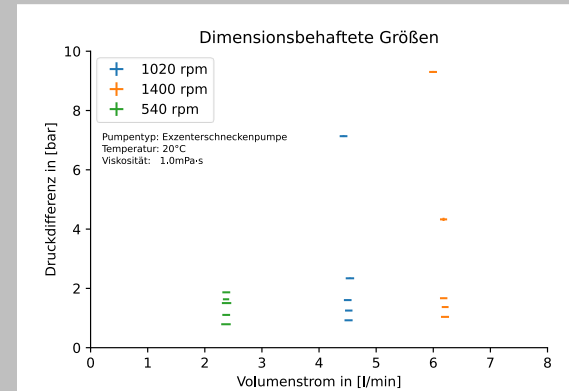
SOLL



IST I



IST II

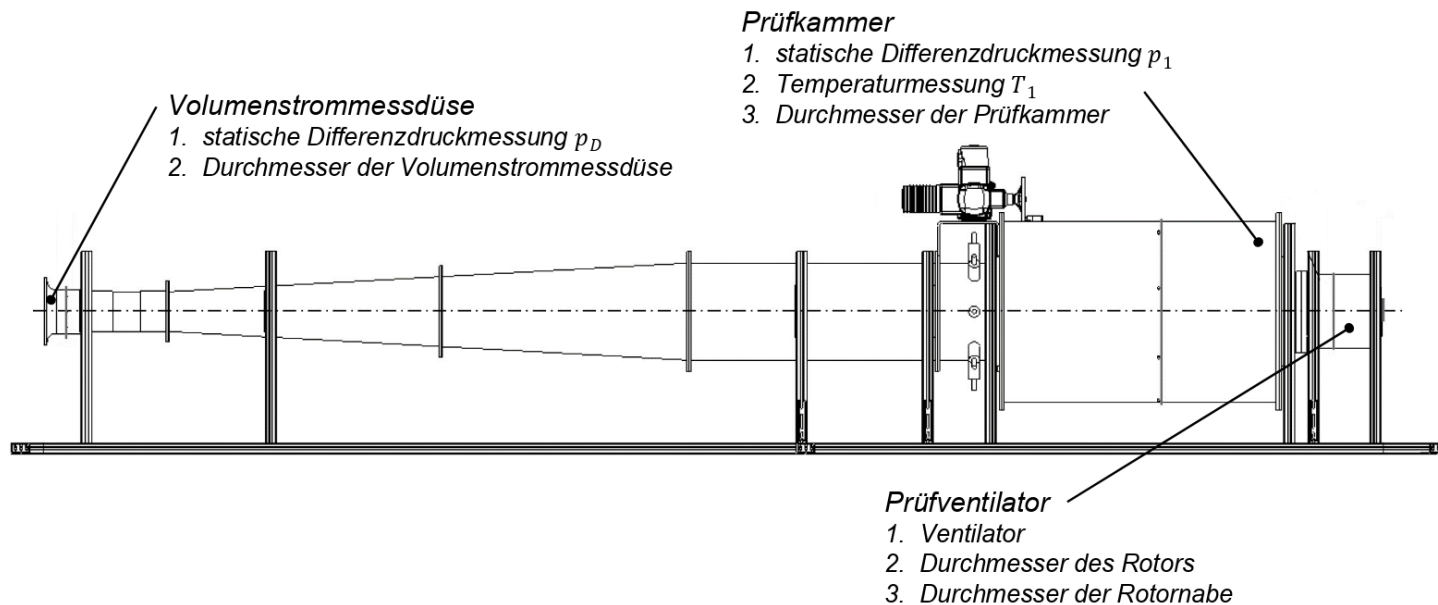


WS 23/24

Ventilator Kennfeld



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT



DATENSATZ

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

AUFGABE

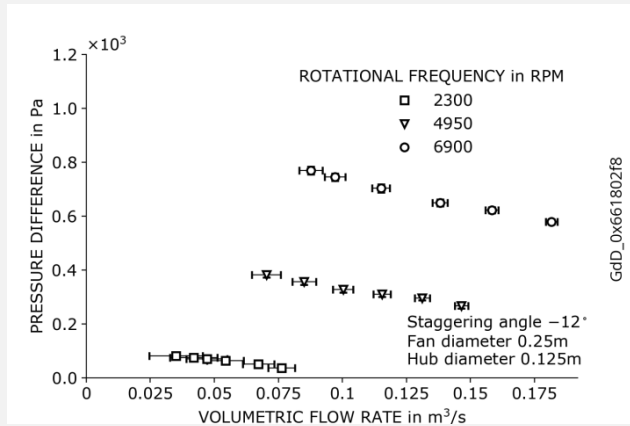
- Berechnung von Volumenstrom und Druckaufbau aus gemessenen Größen
- Bestimmung der Unsicherheit
- Darstellung des Kennfelds

WS 23/24

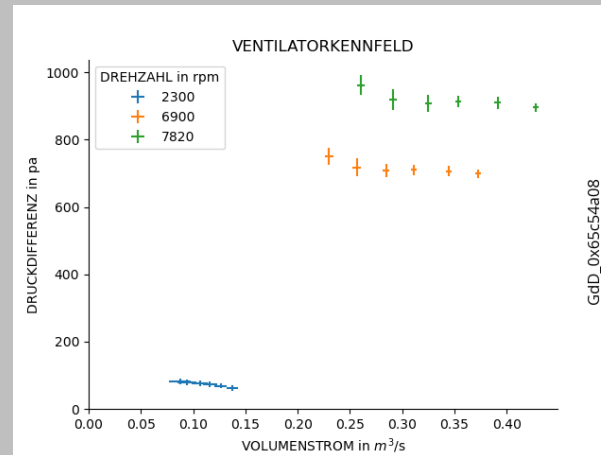
Ventilator Kennfeld



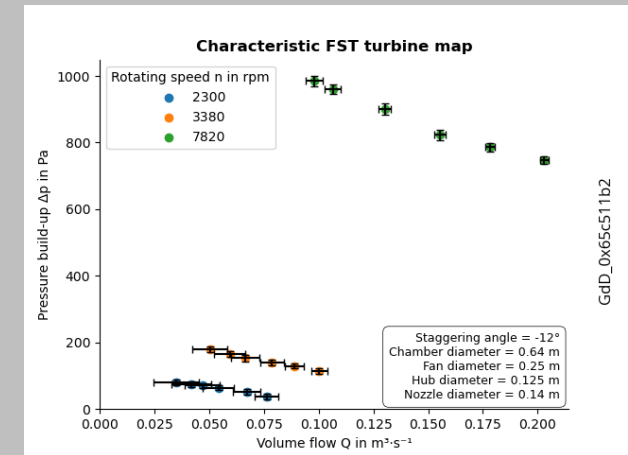
SOLL



IST I



IST II



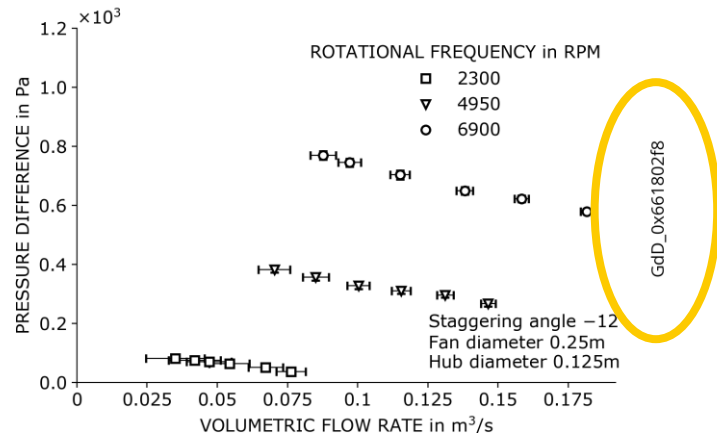
WS 23/24

Ventilator Kennfeld

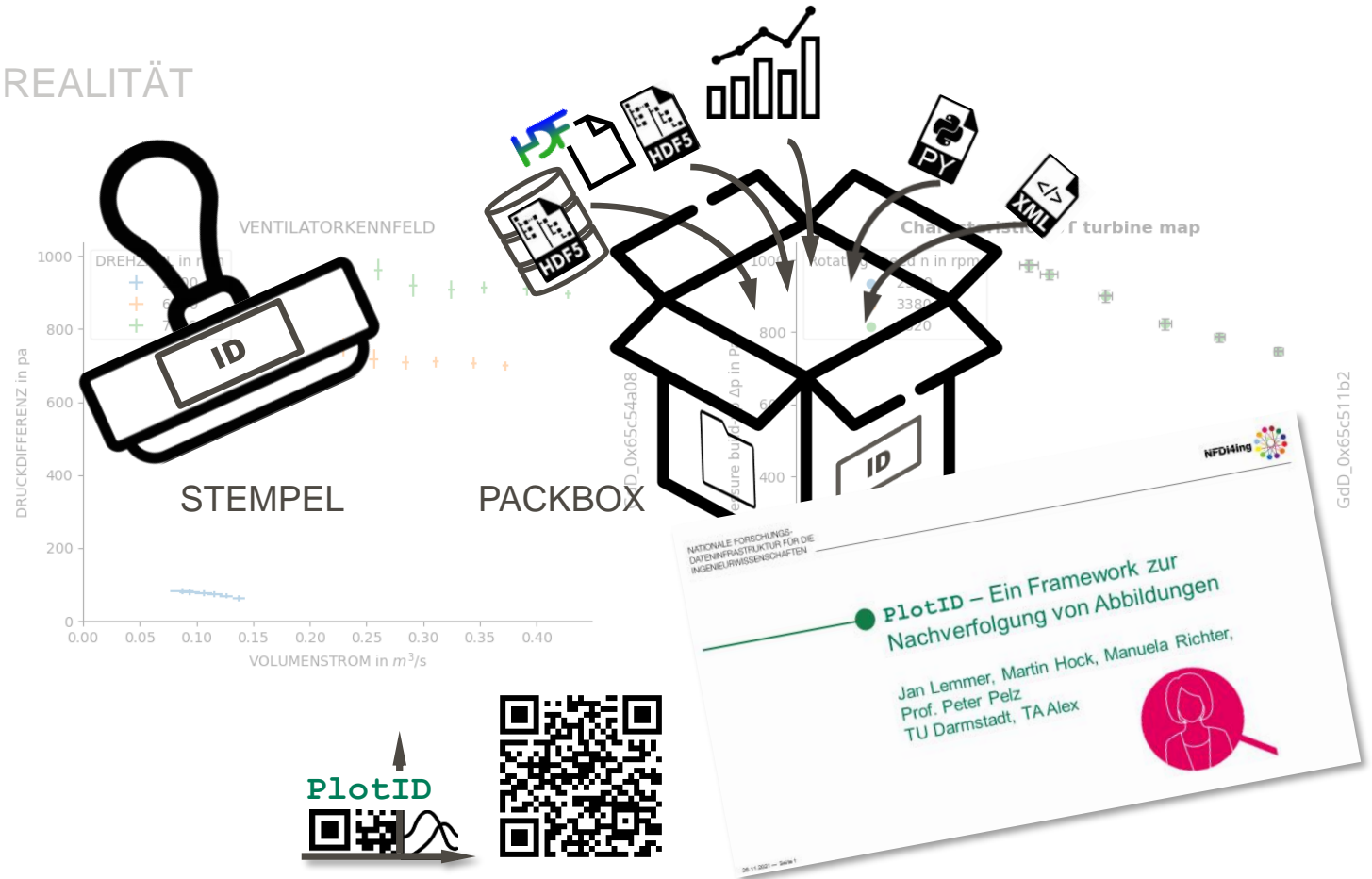


TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

ERWARTUNG



REALITÄT



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

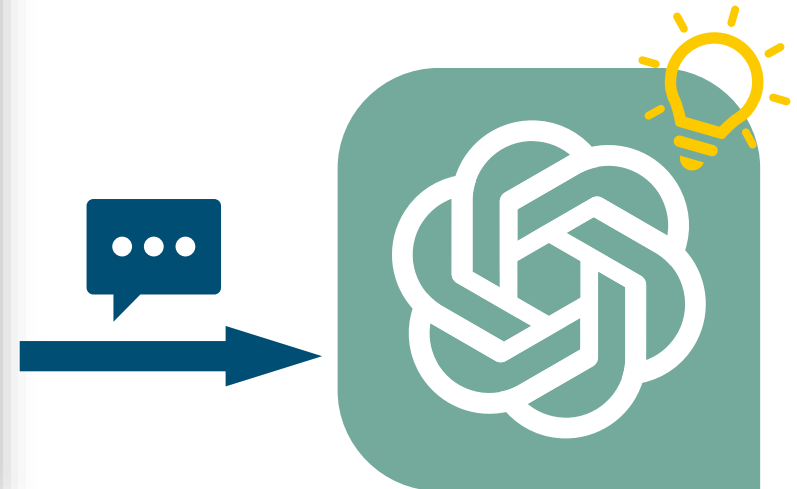
Für die Auswertung von Messdaten ist es zuerst wichtig zu prüfen, ob diese verfügbar sind, wie sie entstanden sind und ob sie plausibel sind.

- 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

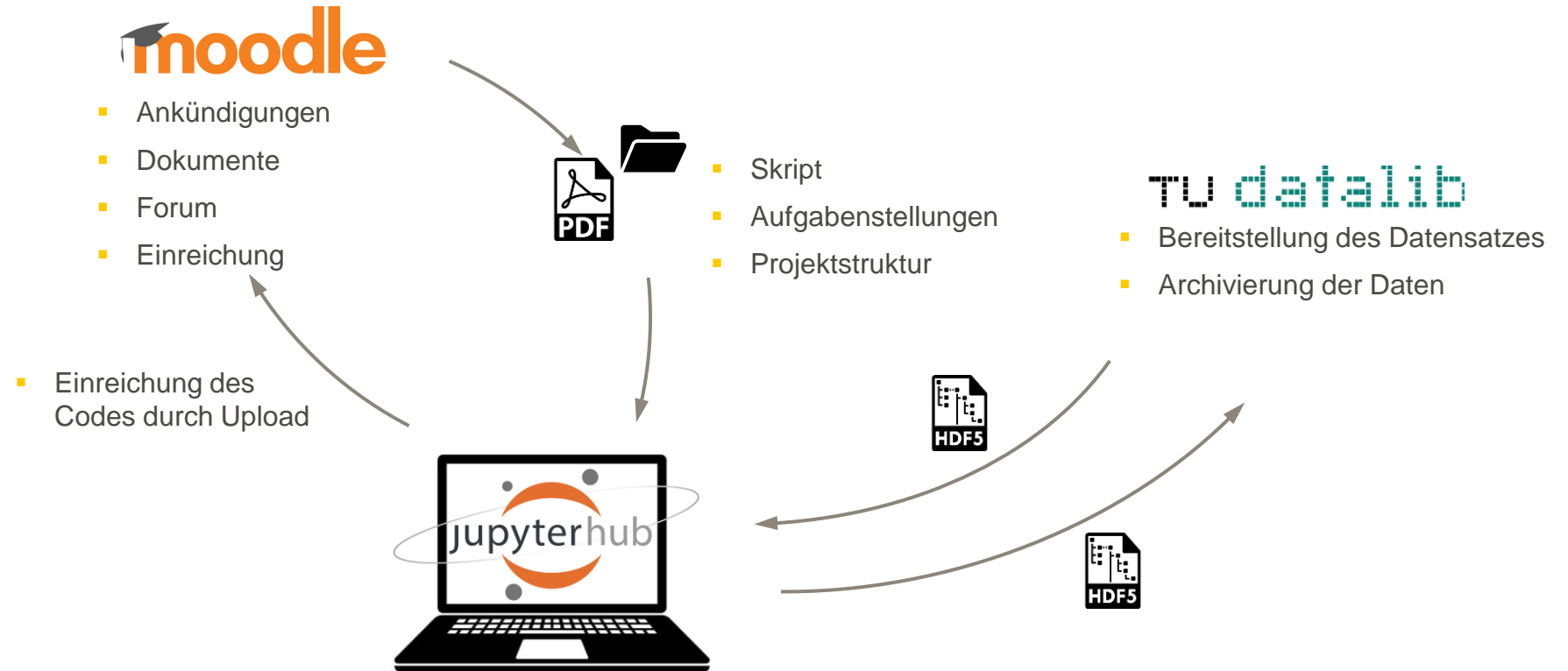


```
32  
33     Args:  
34         file (str): path to hdf5 file  
35         path (str): path to dataset in hdf5 file  
36         att_key (str): name of the attribute to be read  
37  
38     Returns:  
39         Union[float64, np.int32, np.bytes_, None]: value of the attribute
```

SENSIBILISIERUNG DER STUDIERENDEN FÜR IHRE VERANTWORTUNG

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

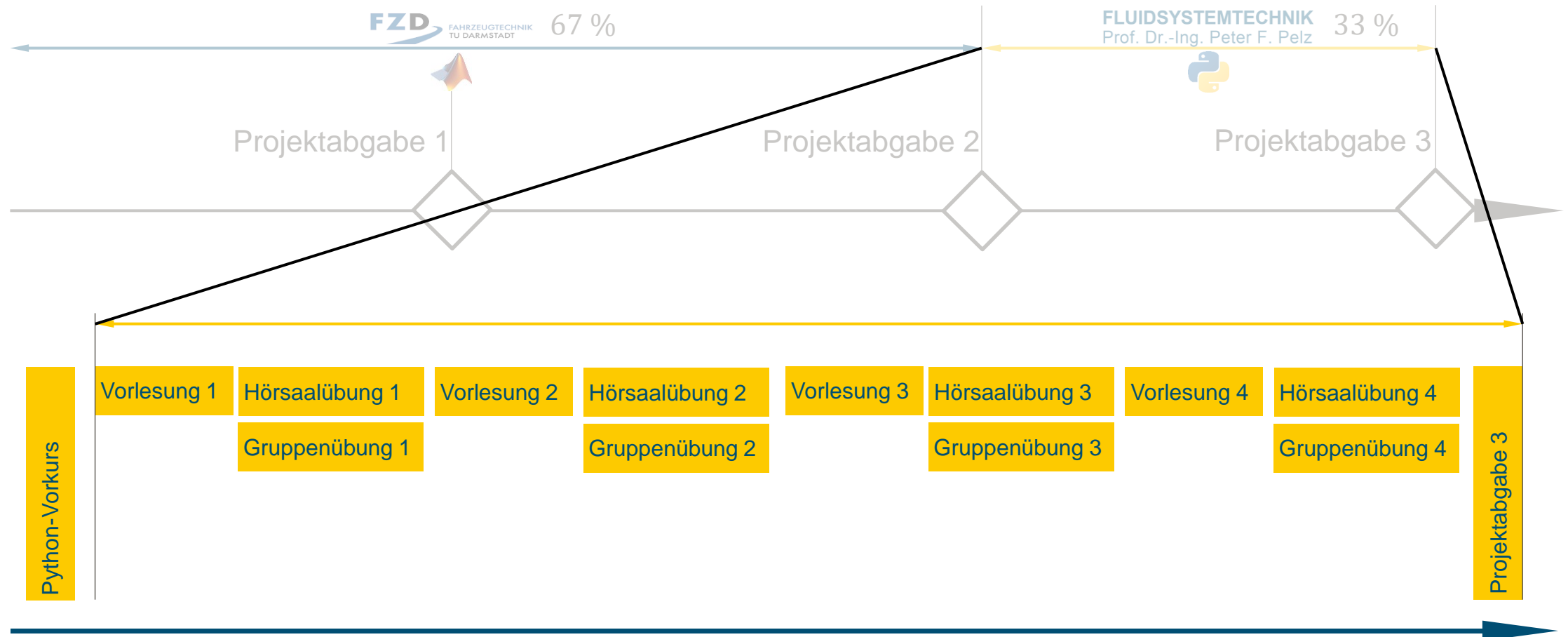
Erweiterung der Infrastruktur



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



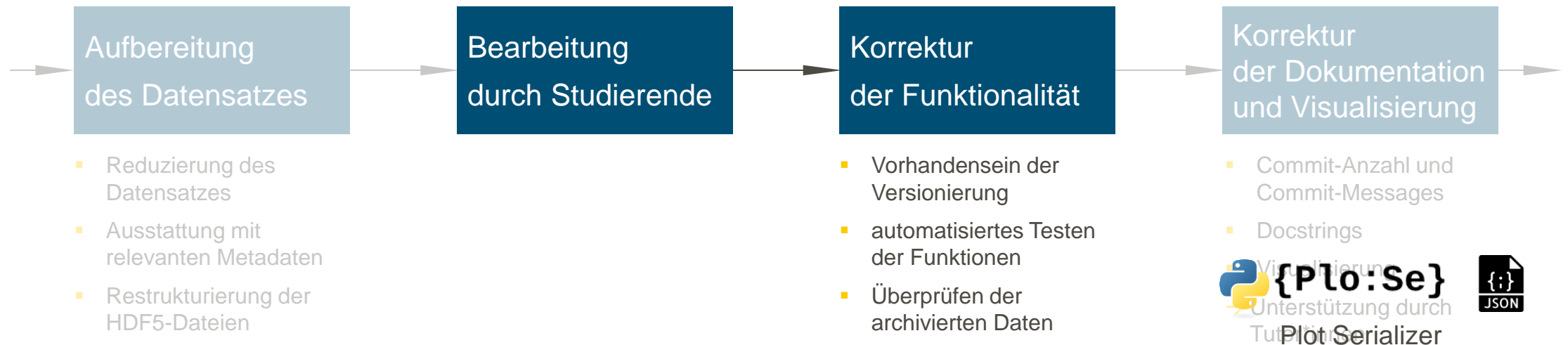
```
Python Dictionaries
Wörterbücher werden verwendet, um Datenwerte in Schlüssel-Wert Paaren zu speichern.
Ein Wörterbuch ist eine Sammlung, die geordnet und veränderbar ist und keine Duplikate zulässt.
Ab Python Version 3.7 sind Dictionaries geordnet. In Python 3.6 und früher sind die Dictionaries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

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

```
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)
        ['brand': 'Ford', 'model': 'Mustang', 'year': 1964]

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

Automatisierung der Korrektur



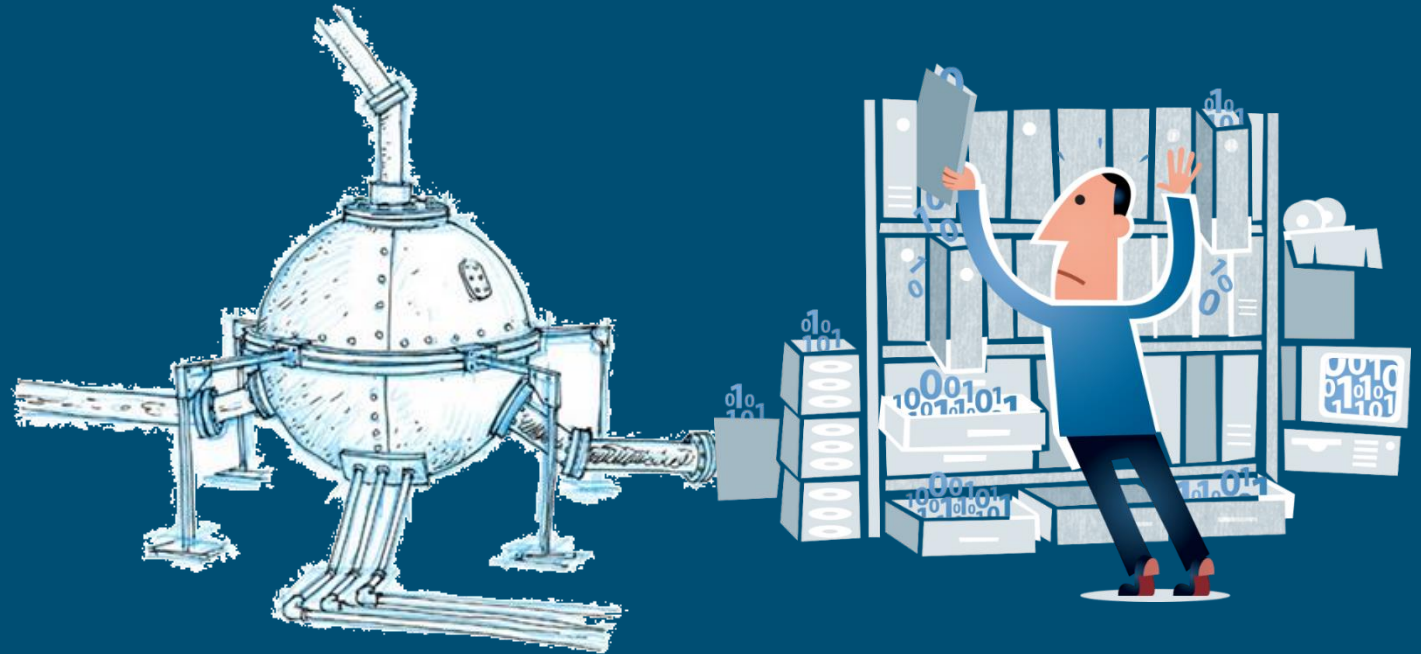
Datenkompetenz von Anfang an – Grundlagen der Digitalisierung



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