

Predictive Maintenance

Einführung

Agenda

- 
1. Organisatorisches rund um den Kurs
 - i. Termine
 - ii. Klausur, Übungen, etc.
 - iii. Einbettung der Veranstaltung
 2. Unsere Tools
 - i. Anaconda
 - ii. JupyterLab
 - iii. Spyder
 3. Predictive Maintenance



Organisatorisches rund um den Kurs

Regensburg School of Digital Sciences (RSDS)



OSTBAYERISCHE
TECHNISCHE HOCHSCHULE
REGENSBURG

REGENSBURG SCHOOL
OF DIGITAL SCIENCES

- Dieses Modul wird (auch) im **Rahmen der Regensburg School of Digital Sciences** angeboten
- Wenn dieses Modul in Ihrem **Modulkatalog** eingebettet ist, dann ist eine **Anrechnung von Hause aus** möglich
- Andernfalls müssen Sie mit Ihrer **Prüfungskommission** über die Anrechenbarkeit Rücksprache halten

Teilnahmebestätigung

- Nach erfolgreicher Teilnahme können Sie sich – zusätzlich zur eingetragenen Note – eine Teilnahmebestätigung ausstellen lassen
- Wenden Sie sich hierzu bitte nach bestandener Prüfung an **Frau Manon Georg**



First Step

Anaconda Installers

Windows

Python 3.7
64-Bit Graphical Installer (466 MB)

32-Bit Graphical Installer (423 MB)

Python 2.7
64-Bit Graphical Installer (413 MB)
32-Bit Graphical Installer (356 MB)

MacOS

Python 3.7
64-Bit Graphical Installer (442 MB)

64-Bit Command Line Installer (430 MB)

Python 2.7
64-Bit Graphical Installer (637 MB)
64-Bit Command Line Installer (409 MB)

Linux

Python 3.7
64-Bit (x86) Installer (522 MB)
64-Bit (Power8 and Power9) Installer (276 MB)

Python 2.7
64-Bit (x86) Installer (477 MB)
64-Bit (Power8 and Power9) Installer (295 MB)



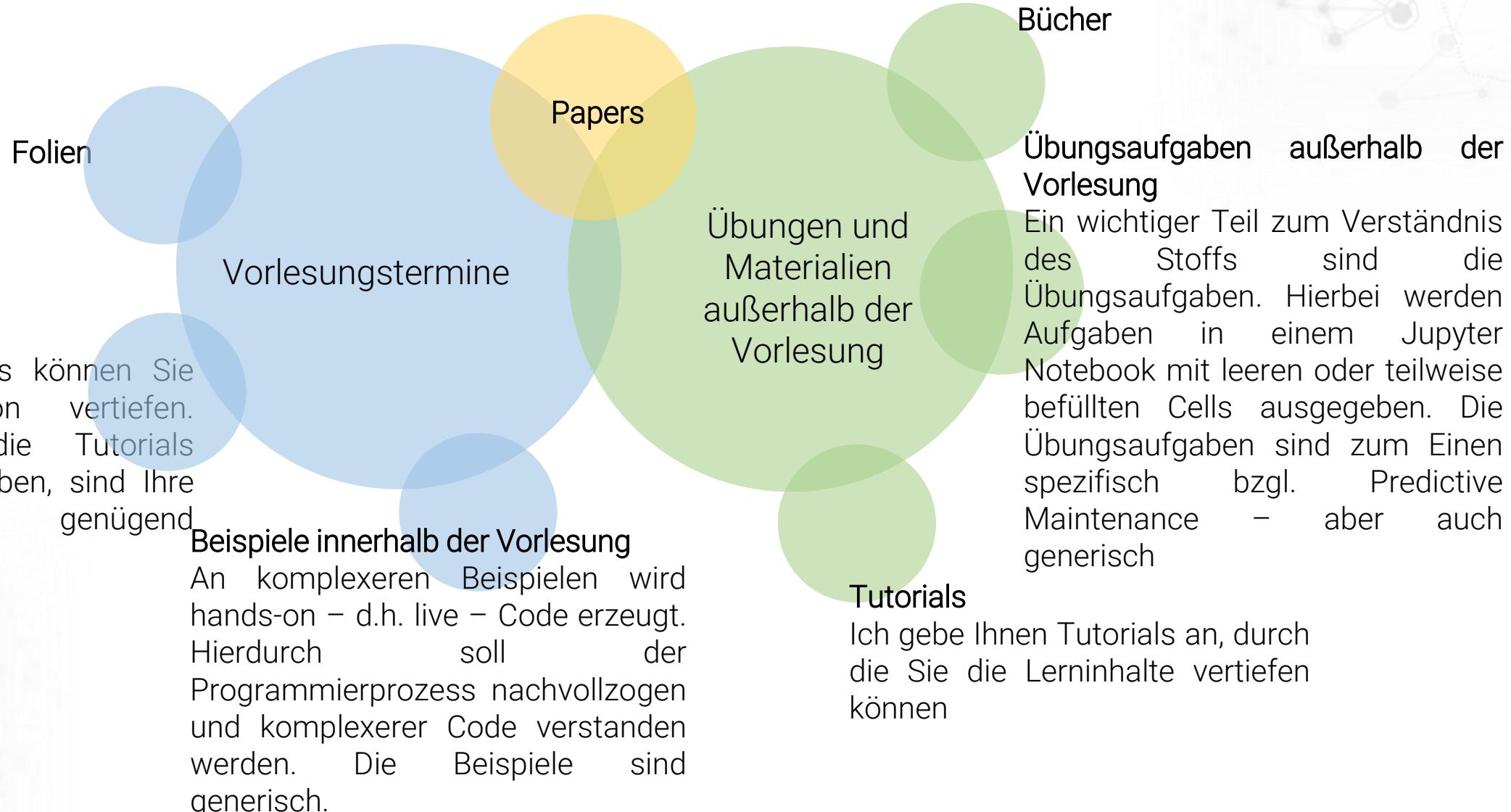
So what?

Bitte an allen CIP-Pool PCs
nachschauen, ob Anaconda
installiert ist!

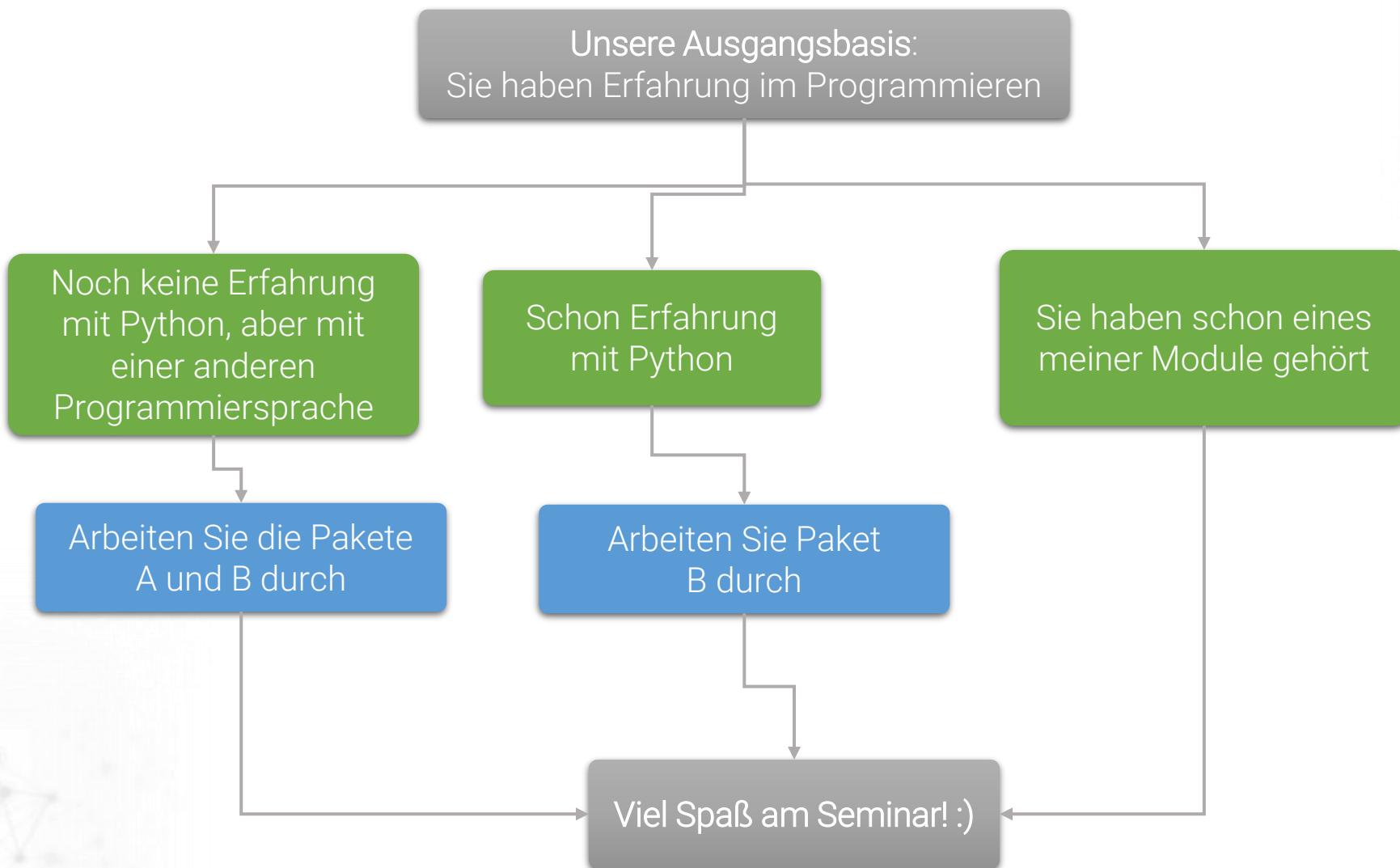
Download Anaconda
<https://www.anaconda.com/products/individual>

Struktureller Aufbau dieser Vorlesung

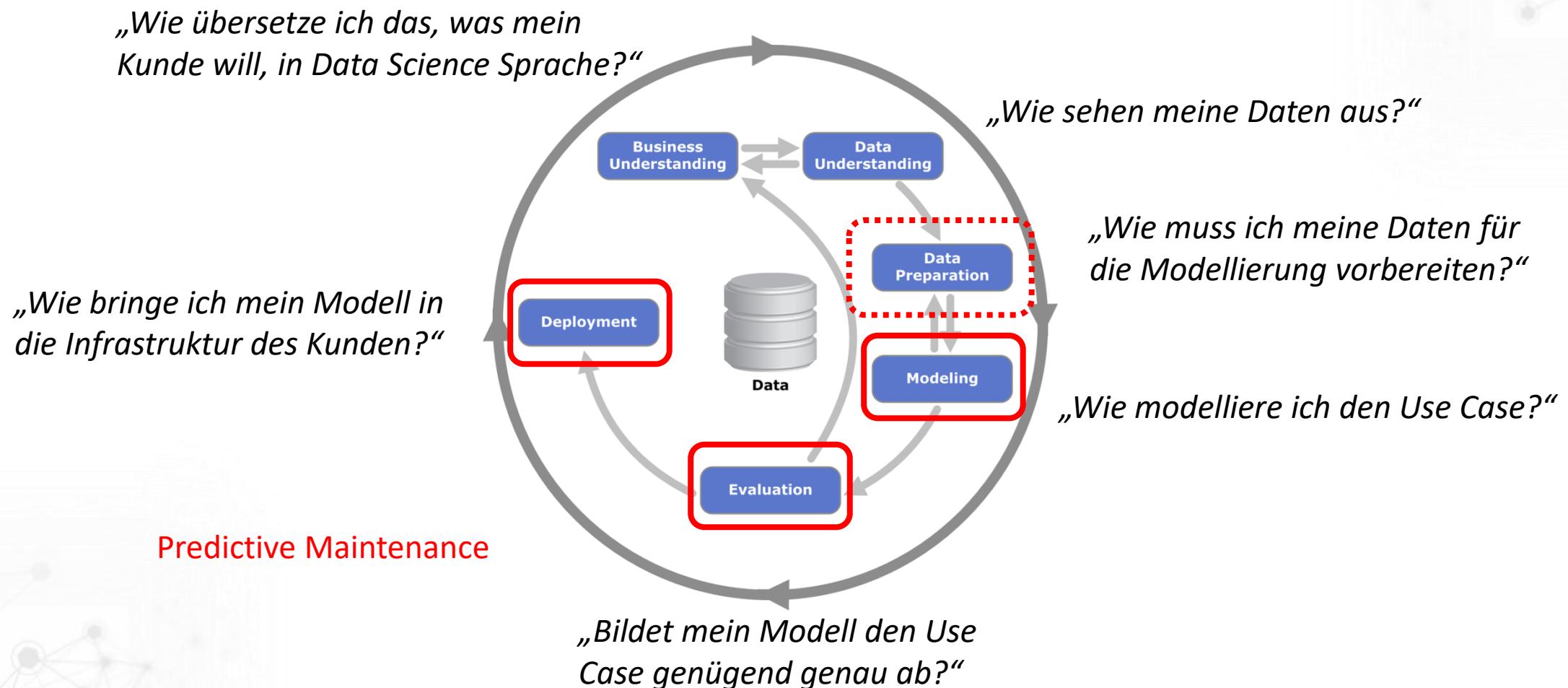
2 x 2SWS



Schätzen Sie sich selbst ein

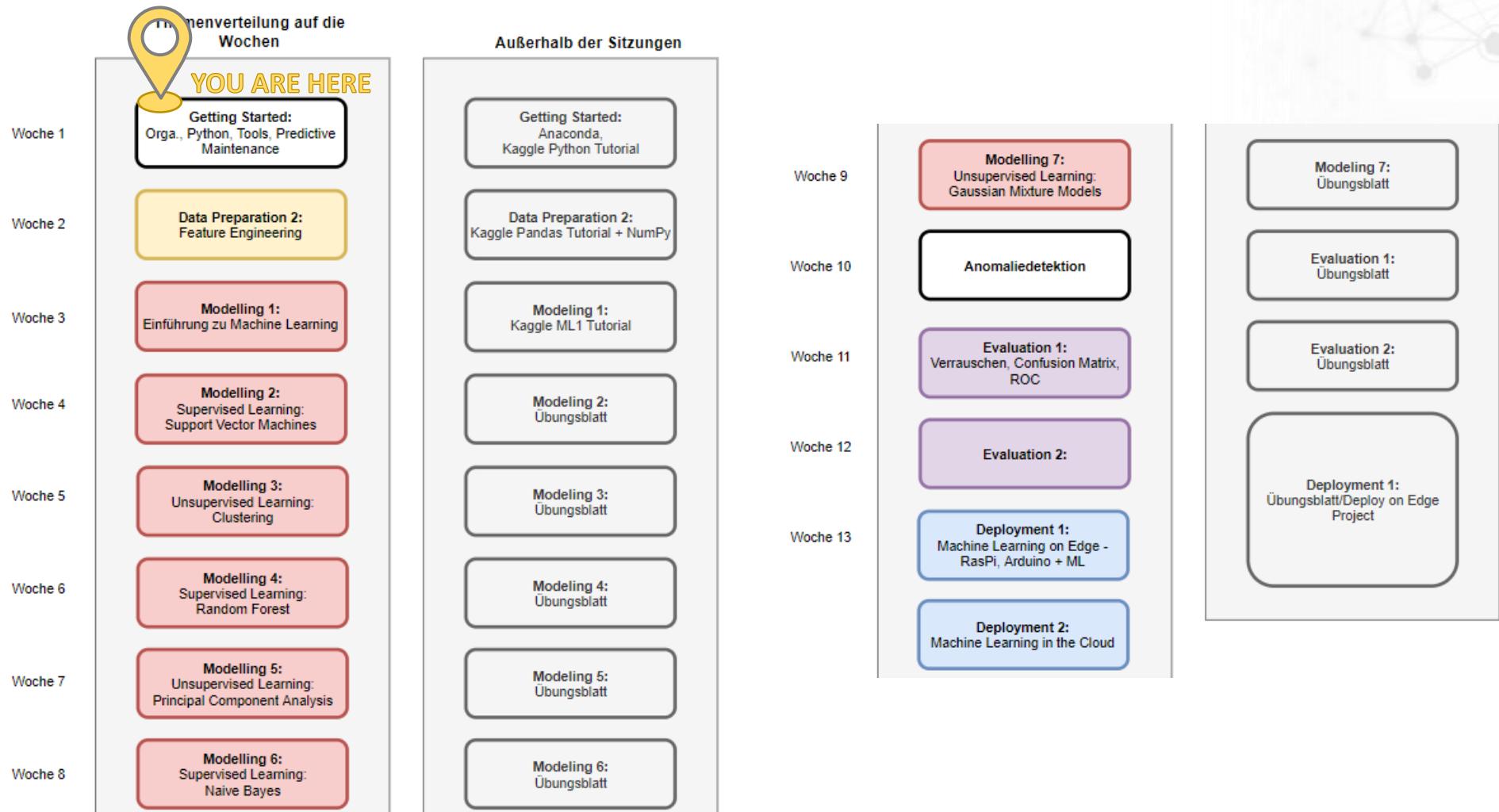


CRISP-DM als Grundlage



https://en.wikipedia.org/wiki/Cross-industry_standard_process_for_data_mining#/media/File:CRISP-DM_Process_Diagram.png

Konkrete Themen der einzelnen Termine



Präsenzzeit/Eigenstudium: Aufteilung Ihrer Zeit

Gesamtarbeitsaufwand
150 Stunden

- Entspricht 5 ECTS
 - Präsenzzeit: 14 Wochen x 4 SWS = 42h
 - Eigenstudium: 108h
- 108h / 14 Wochen ~ 7,7h/Woche

Aufteilung dieser Zeit:

- Bearbeitung der Übungsaufgaben
- Bearbeitung der Tutorials
- Lesen entsprechender Literatur

Übungen

variables-datatypes-datastru X functions-and-packages.ipynb Python 3

2. Aufgaben

2.1. Funktionen

2.1.1. Aufgabe: Fakultät (Mathematik) - rekursive Funktionsaufrufe

In der Mathematik gibt es die Funktion *Fakultät* einer Zahl ([https://de.wikipedia.org/wiki/Fakult%C3%A4t_\(Mathematik\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Fakult%C3%A4t_(Mathematik))). Dies ist mathematisch folgendermaßen dargestellt:

$$n! = 1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot n = \prod_{k=1}^n k.$$

Um diese Funktion in Python zu implementieren, müssen wir neben einer Schleife eine neue Funktionalität von Python nutzen: die sogenannte *Rekursivität*. Wir können innerhalb einer Funktion diese gleich wieder aufrufen. Dies wird als rekursiver Funktionsaufruf bezeichnet.

Definieren Sie die Funktion `factorial()` mit dem Eingabeargument `n` und versuchen Sie diese Aufgabe durch rekursiven Funktionsaufruf zu lösen. Da wir dies noch nicht in der Vorlesung behandelt haben: googlen Sie danach und schauen Sie wie weit Sie kommen.

2.1.1.1. Lösung

...

2.1.2. Aufgabe: Eine Variable nach einer anderen filtern

```
#functions #loops #conditions #enumerate #append
```

Schreiben Sie eine Funktion, die zwei Variablen als Eingabeargumente nimmt - `signal_variable` und `filter_variable`. Letztere soll

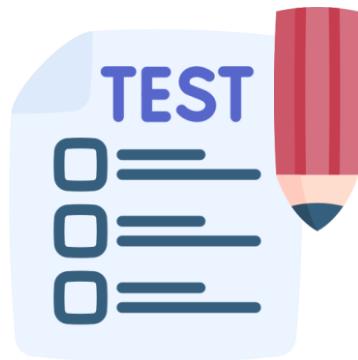


So what?

Vor der Übung die Übungsaufgaben
(eigenständig!) durcharbeiten!

- Jede Woche wird ein Übungsblatt mit Aufgaben gestellt
- Das Format: JupyterNotebook
- Die Übungsaufgaben werden dann in den Ubungsterminen **durchgearbeitet**
- Während der Übungen können Sie sich austauschen – ca. 5-10min pro Aufgabe – dann besprechen wir die Aufgabe gemeinsam

Prüfung



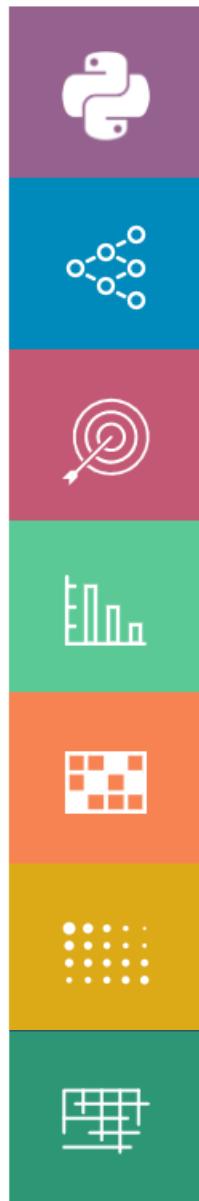
Prüfung

- Am Ende des Semesters gibt es eine Prüfung im CIP-Pool
- Dauer: 90 Minuten + 30 Minuten Treffen vorab im CIP-Pool
- Hilfsmittel: alle (bis auf Anwendungen wie z.B. ChatGPT)
- Datum und weitere Infos gibt es dann **während des Semesters**

Tutorials

- Klare Empfehlung: arbeiten Sie neben der Vorlesung und den Übungen auch Tutorials durch
- Die Tutorials werden den einzelnen Themenblöcken zugeordnet (s. vorhergehende Folien)

<https://www.kaggle.com/learn/overview>



Python

Learn the most important language for data science.

Intro to Machine Learning

Learn the core ideas in machine learning, and build your first models.

Intermediate Machine Learning

Learn to handle missing values, non-numeric values, data leakage and more. Your models will be more accurate and useful.

Data Visualization

Make great data visualizations. A great way to see the power of coding!

Pandas

Solve short hands-on challenges to perfect your data manipulation skills.

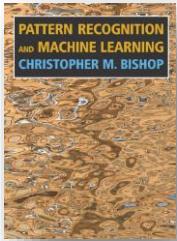
Feature Engineering

Discover the most effective way to improve your models.

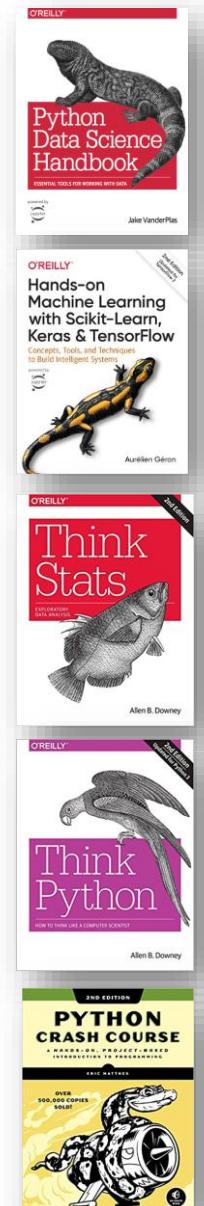
Data Cleaning

Master efficient workflows for cleaning real-world, messy data.

Literatur



Christopher M. Bishop. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer. 2006.
→ Vertiefendes Buch zu Machine Learning generell
→ <https://www.microsoft.com/en-us/research/uploads/prod/2006/01/Bishop-Pattern-Recognition-and-Machine-Learning-2006.pdf>



Jake VanderPlas. *Python Data Science Handbook: Essential Tools for working with Data*. O'Reilly UK Ltd. 2016.

→ <https://github.com/jakevdp/PythonDataScienceHandbook>

Aurélien Géron. *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow, 2nd Edition*. O'Reilly Media, Inc. 2019.

Allen B. Downey. *Think Stats: Exploratory Data Analysis*. O'Reilly UK Ltd. 2014.

→ <https://github.com/AllenDowney/ThinkStats2>

Allen B. Downey. *Think Python: How to Think Like a Computer Scientist*. O'Reilly UK Ltd. 2015.

→ <https://github.com/AllenDowney/ThinkPython2>

Eric Matthes. *Python Crash Course, 2nd Edition: A Hands-On, Project-Based Introduction to Programming*. No Starch Press. 2019.

Git und GitLab



- Alle Unterlagen finden Sie im zugehörigen **Git-Repository**
- Nutzen Sie gerne `git clone` und `git pull`, um sich die Unterlagen **runterzuladen** bzw. zu **aktualisieren**
- Wenn Sie kein Git verwenden möchten, dann sind in unserem **ELO-Kurs** auch die Unterlagen **verlinkt**

https://gitlab.oth-regensburg.de/gom39655/predictive_maintenance

ELO ist unser zentraler Punkt für

- Informationsaustausch außerhalb der Termine
- Materialsammlungen (Folien, Literatur, URLs, JupyterNotebooks, Umfragen, Forum, etc.)

Termine

- Übung: Montags, 15:15–16:45
- Vorlesung: Donnerstags, 13:30–15:00

Zoom-Link zur Vorlesung und Übung

<https://oth-regensburg.zoom.us/j/99743011625?pwd=dCthYmREeVNaVS9VZ25XaCtrcm94Zz09>

Forum zum Kurs

 Fragen & Antworten: Diskussionsforum zum Kurs

Anaconda: Open Source Data Science Distribution

 Download-Link Anaconda

 User Guide „JupyterLab Interface“

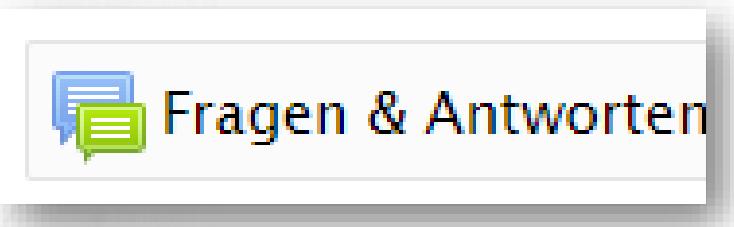
 User Guide „Jupyter Notebooks“

Unsere Kommunikationsformen



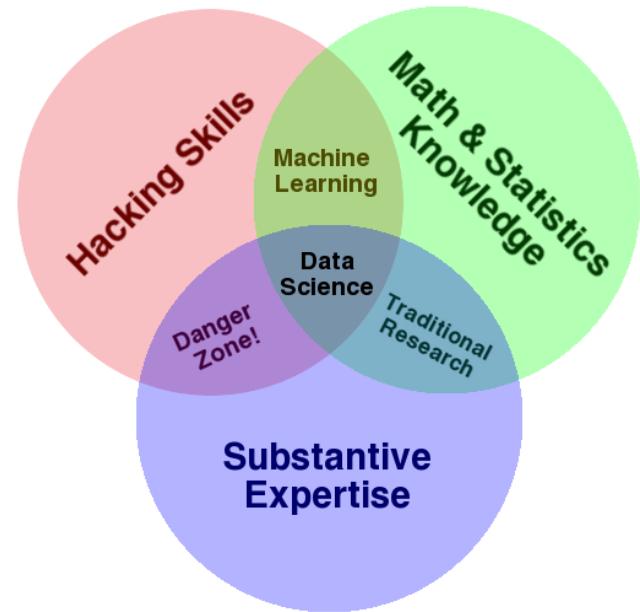
Regelmäßige Teilnahme an der Vorlesung +
Fragen unbedingt erwünscht!

Regelmäßige Teilnahme an den Übungen +
aktive Teilnahme!



Außerhalb der Veranstaltungen: kommen Sie
auf mich zu, wenn es Fragen gibt. Am besten
über unser „Fragen & Antworten“-Forum
→ Gerne auch Diskussionen untereinander!

What is Data Science/Machine Learning?



Um vom BuzzWord-Bingo wegzukommen:
fundiertes Wissen nötig in

- Programmierung
- Mathematik/Statistik
- Domäne



<http://drewconway.com/zia/2013/3/26/the-data-science-venn-diagram>

https://img;ifunny.co/images/214609f7699d03aba54cf316acff21770d3b401931921461d0dbb6893cd6a60d_1.jpg

Data Science/Machine Learning ohne Mathe



<https://i.imgur.com/0rW2b1s.gif>



So what?

- Data Science ohne Mathe ist wie blind Autofahren
- Der Kurs ist anwendungsorientiert – aber wir werden auch etwas Mathematik brauchen, um vor allem die Machine Learning Verfahren zu verstehen

Fragen?

Zum organisatorischen Teil

Unsere Tools

Anaconda und Virtual Environments
JupyterLab

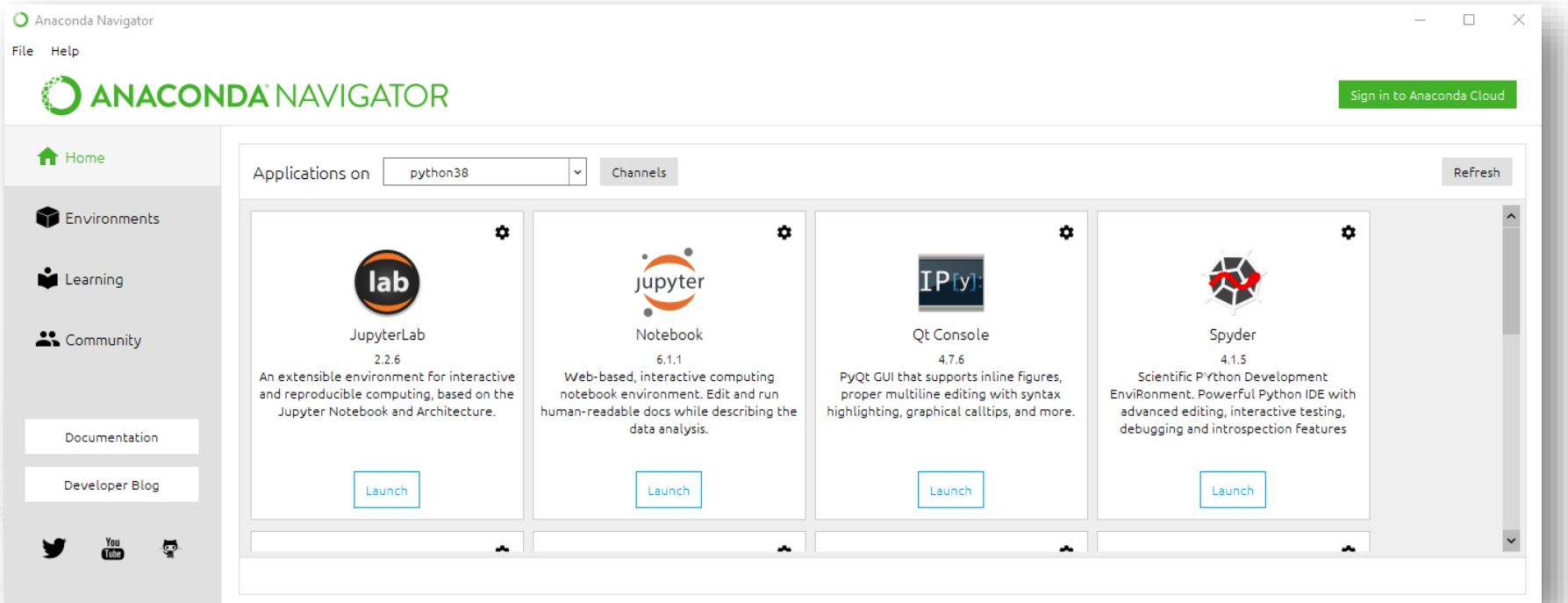
Anaconda



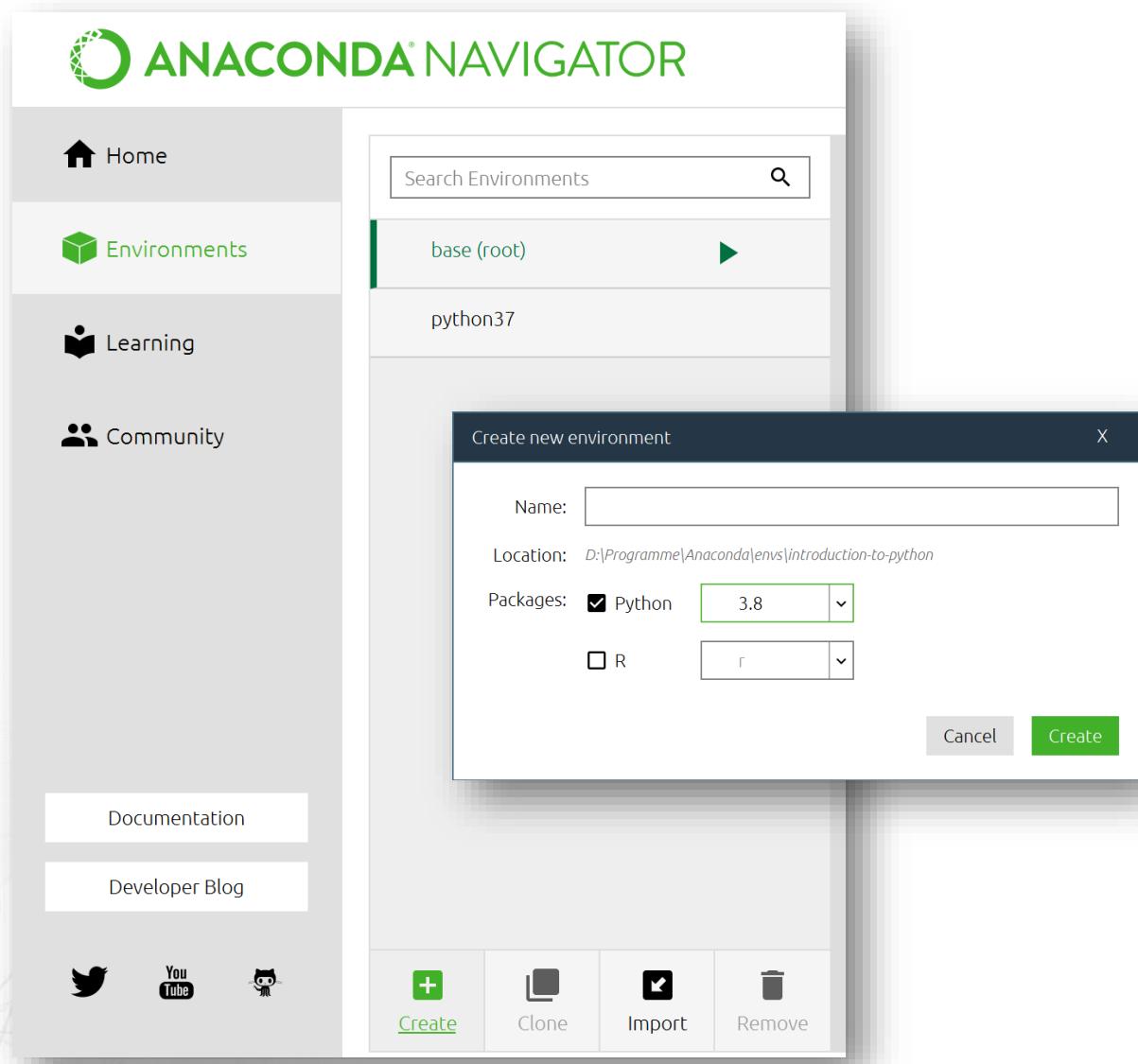
- Anaconda ist eine Open-Source-Distribution für die Programmiersprachen **Python** und R
- Vereinfacht Installation/Nutzung von Tools und Packages

Anaconda: „Single Point of Truth“

- Die meisten unserer Python-Aktivitäten/-Tools gründen auf Anaconda
- Vorteil: kein Chaos



Anaconda: Virtual Environment



- Virtual Environments stellen abgeschlossene Programmierumgebung dar
- Es macht Sinn VEs projekt- bzw. aufgabenbasiert zu erzeugen
- Anaconda bietet einfache GUI hierfür

Wir erzeugen uns ein VE mit dem Namen data-science-mit-python mit dem Anaconda Navigator wie links dargestellt

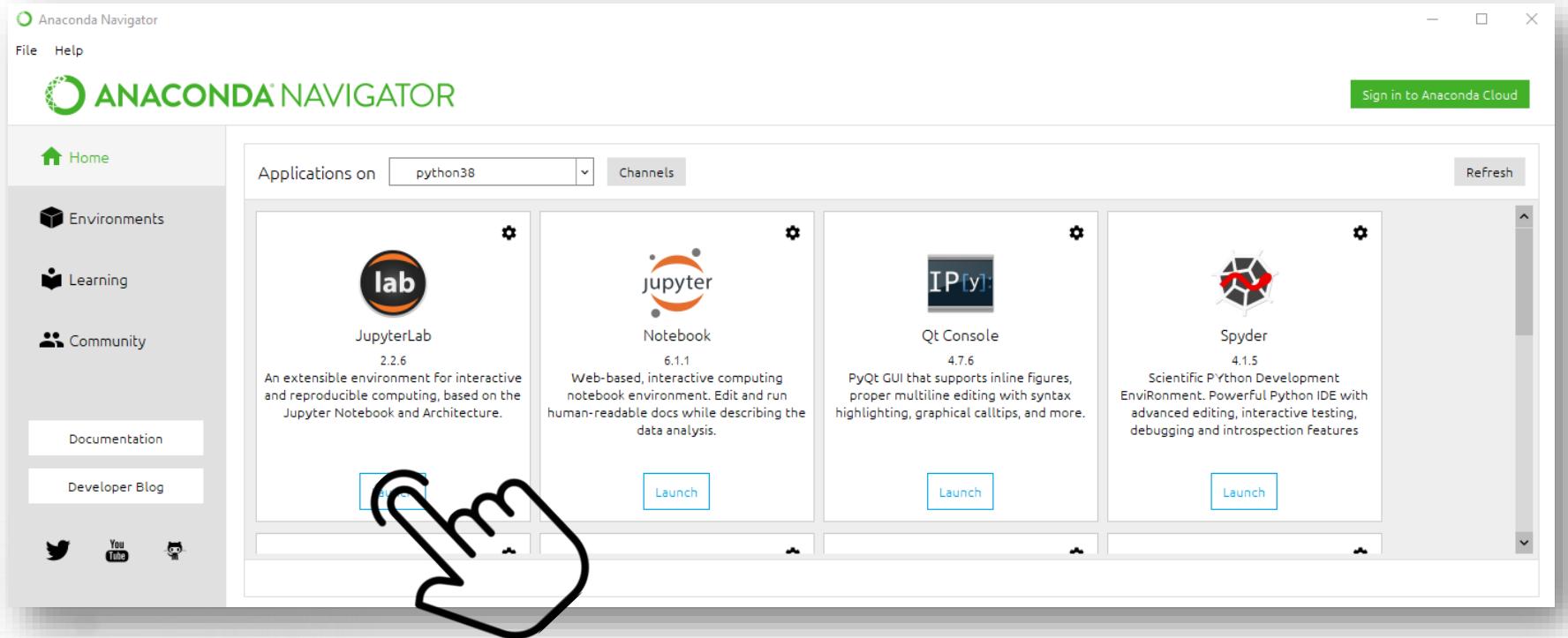
Das VE ist nach Erzeugung aktiv!
(grüner Pfeil neben VE)



So what?

- Ich habe Ihnen ein conda environment im Repo/in ELO zur Verfügung gestellt
- Bitte nutzen Sie dieses → Import

Anaconda: „Single Point of Truth“



Wir installieren

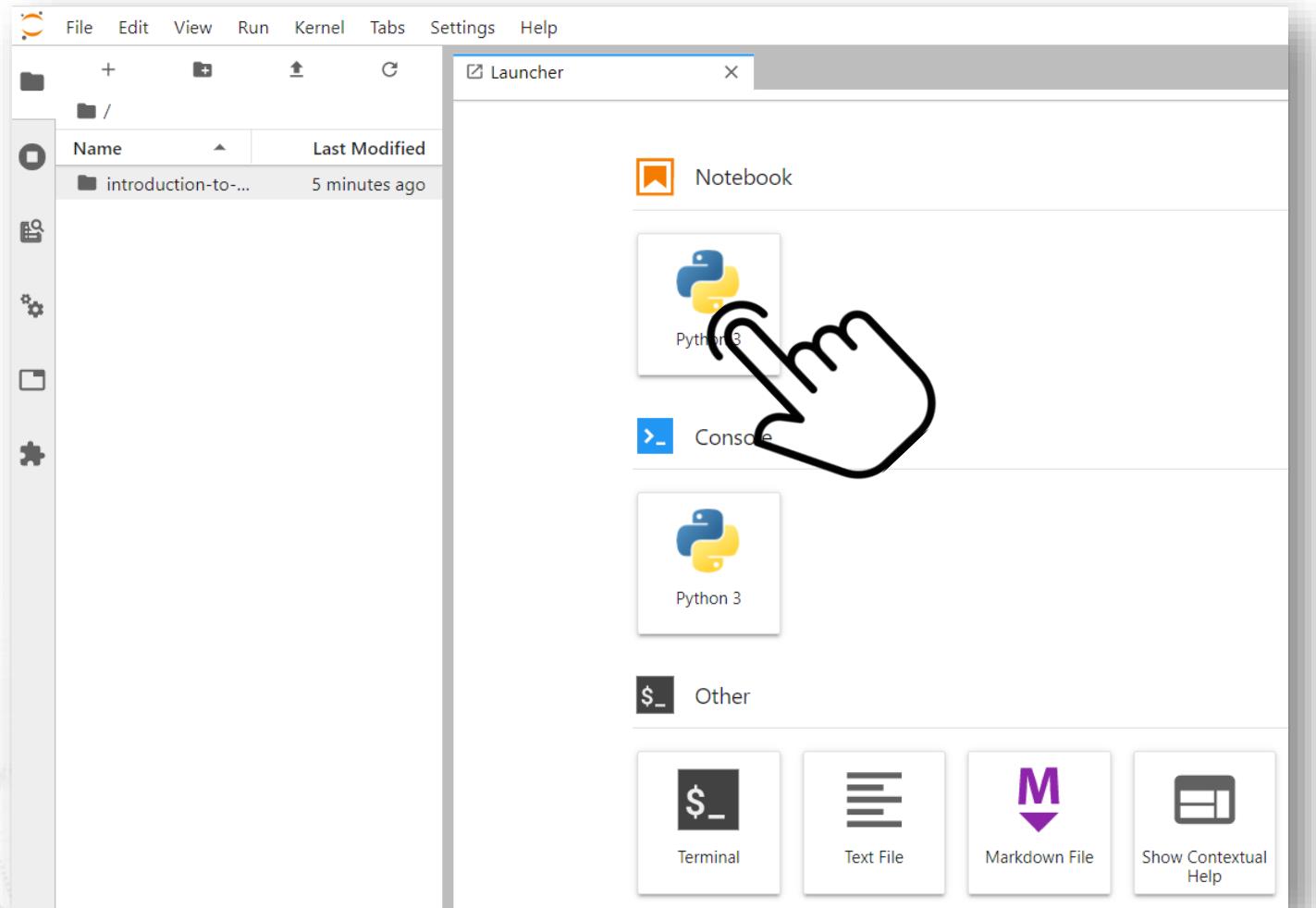
- Spyder
- JupyterLab

JupyterLab/Notebook



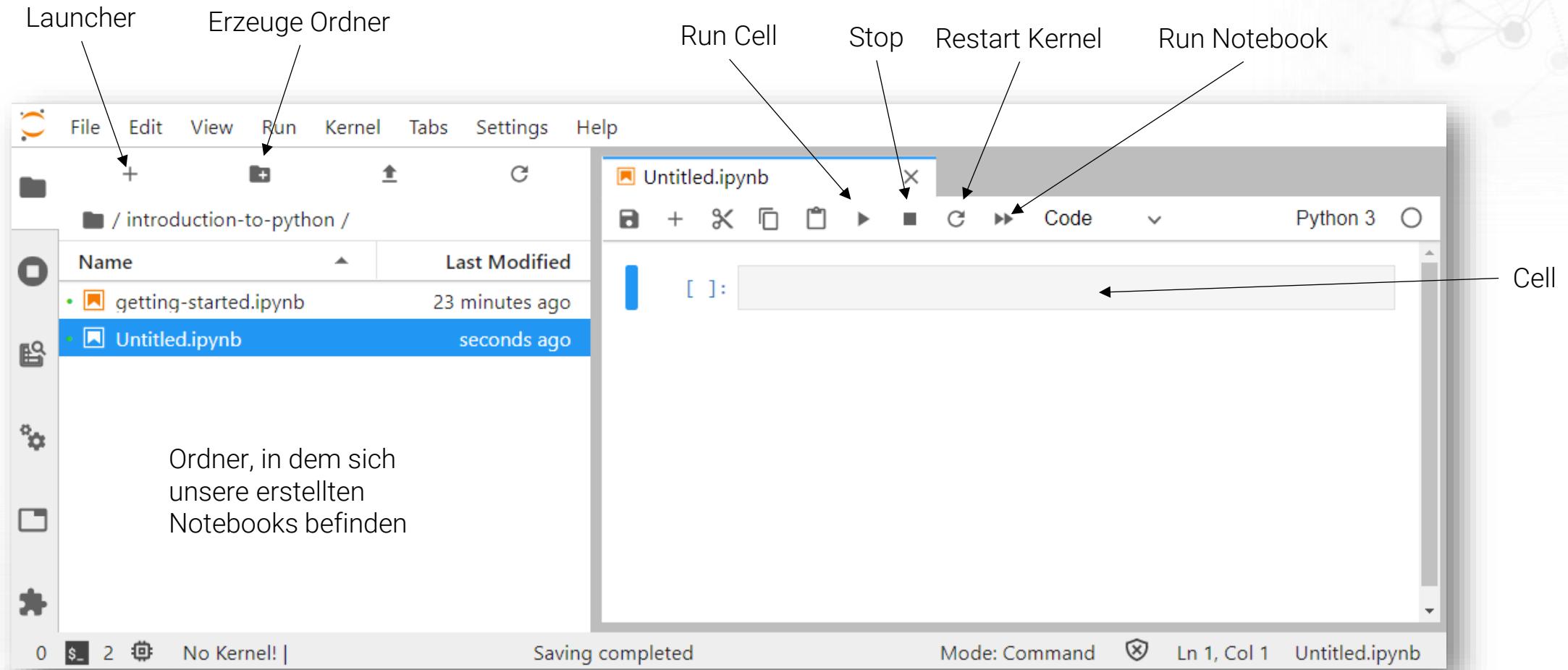
- Jupyter Notebook ist eine web-basierte interaktive Umgebung, mit der Jupyter-Notebook-Dokumente erstellt werden können
- Ein Jupyter-Notebook-Dokument ist ein JSON-Dokument mit einem versionsabhängigen Schema, das aus einer Liste von Eingabe- und Ausgabezellen besteht, die jeweils Code, Text und Plots enthalten können
- JupyterLab ist eine neuere Umgebung zur Ausführung von Jupyter Notebooks

JupyterLab: Launcher



- Nach dem Start sehen wir den Launcher
- Hier kann ein neues Notebook erzeugt werden

JupyterLab: Interface und Notebooks



Jupyter Notebook Cheat Sheet

https://cheatography.com/weidadeyue/cheat-sheets/jupyter-notebook/pdf_bw/

JupyterLab: Notebooks: Cell Types

The screenshot shows a JupyterLab interface with several code cells demonstrating different cell types:

- HEADERS**:

```
# This is an <h1> tag
## This is an <h2> tag
##### This is an <h6> tag
```
- LISTS**:
 - Unordered
 - * Item 1
 - * Item 2
 - * Item 2a
 - * Item 2b
 - Ordered
 - 1. Item 1
 - 2. Item 2
 - 3. Item 3
 - * Item 3a
 - * Item 3b
- IMAGES**:

!GitHub Logo](./images/logo.png)

Format: ![Alt Text](url)
- LINKS**:

[http://github.com - automatic!](http://github.com)

[GitHub](http://github.com)
- EMPHASIS**:

```
*This text will be italic*
_This will also be italic_

**This text will be bold**
__This will also be bold__

*You **can** combine them*
```

Markdown Cheat Sheet

<https://www.heise.de/mac-and-i/downloads/65/1/1/6/7/1/0/3/Markdown-CheatSheet-Deutsch.pdf>

Drei Cell Types:

- Code
 - Hier wird der Python Code geschrieben und ist dann ausführbar
- Markdown
 - In diesem Cell Type wird dokumentiert
 - Markdown ist eine einfache sog. Auszeichnungssprache für die Gliederung und Formatierung von Text
 - Markdown versteht auch LaTeX
- Raw (wird kaum benötigt)

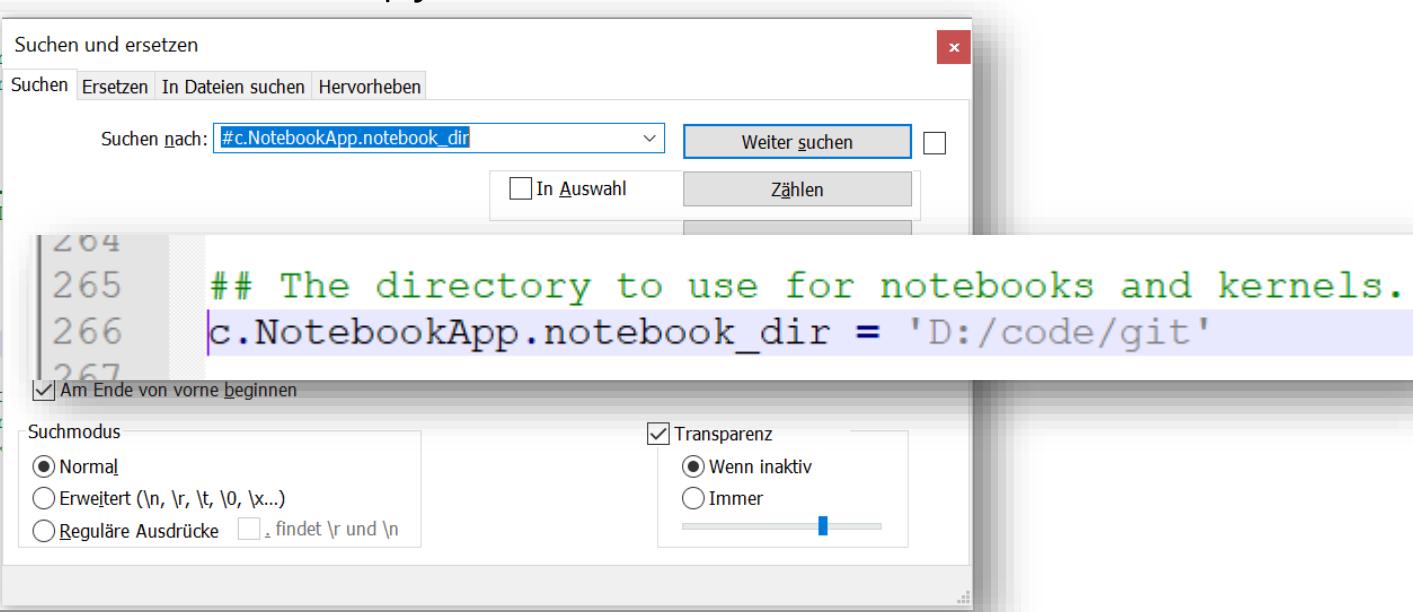
JupyterLab: Setup Working Directory

- Anaconda Prompt öffnen
- Zeile suchen
- Pfad eingeben
- Auskommentieren (# am Zeilenanfang entfernen)
- Speichern
- JupyterLab ausführen

```
C:\> Administrator: C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

(introduction-to-python) C:\Users\Ich>jupyter notebook --generate-config
Writing default config to: C:\Users\Ich\.jupyter\jupyter_notebook_config.py

(introduction-to-python) C:\Users\Ich>
```



```
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
```

```
## Gets or sets a lower bound on the open file handles process uses.
# This may need to be increased if you run into an OSError: [Errno 24] Too many
# open files. This is not applicable when running on Windows.
#c.NotebookApp.min_open_files_limit = 0

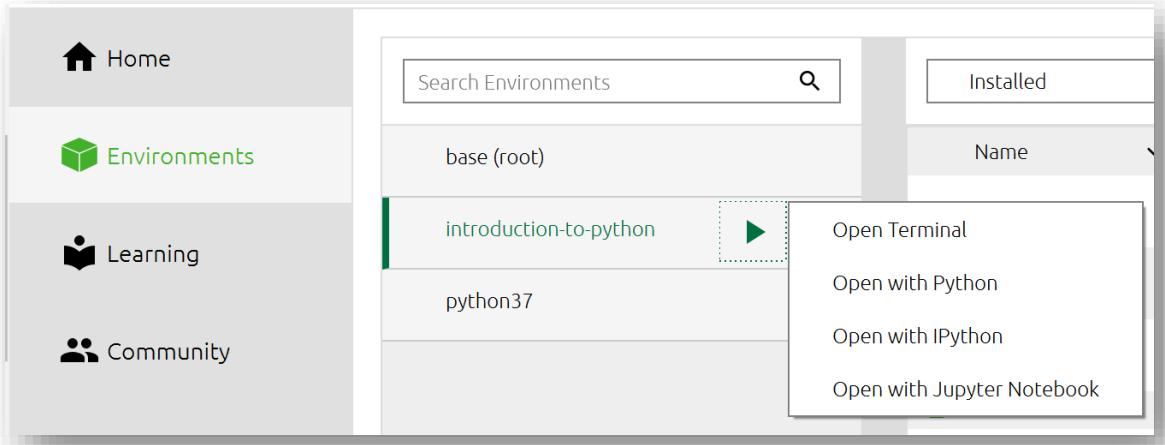
## Dict of Python modules to load as notebook server extensions.
# be used to enable and disable the loading of the extensions. They
# will be loaded in alphabetical order.
#c.NotebookApp.nbserver_extensions = {}

## The directory to use for notebooks and kernels.
c.NotebookApp.notebook_dir = ''

## Whether to open in a browser after starting. The specific browser is
# platform dependent and determined by the python standard library's
# module, unless it is overridden using the --browser (NotebookApp)
# configuration option.
#c.NotebookApp.open_browser = True

## Hashed password to use for web authentication.
#
# To generate, type in a python/Python shell:
```

Anaconda: Prompt und Installation von Packages



Wir öffnen ein Terminal für unsere VM und
tippen ein:
`pip install numpy`

- Unserer VM liegt ein Terminal zugrunde
- Hierüber können z.B. Installationen von Python-Erweiterungen – sog. Packages – durchgeführt werden
- Mittels pip können Packages installiert werden

JupyterLab: Funktionen und Anwendung



- User Guide „JupyterLab Interface“:
<https://jupyterlab.readthedocs.io/en/stable/user/interface.html>
- User Guide „Jupyter Notebooks“:
<https://jupyterlab.readthedocs.io/en/stable/user/notebook.html>
- User Guide „Terminals“:
<https://jupyterlab.readthedocs.io/en/stable/user/terminal.html>
- User Guide „File and Output Formats“:
https://jupyterlab.readthedocs.io/en/stable/user/file_formats.html
- User Guide „Extensions“:
<https://jupyterlab.readthedocs.io/en/stable/user/extensions.html>

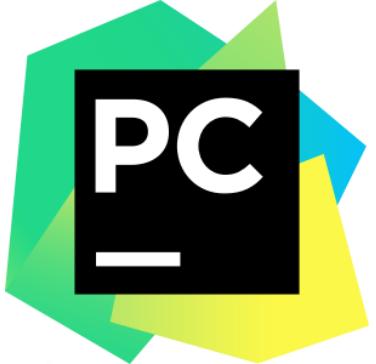
Spyder



"Spyder is a powerful scientific environment written in Python, for Python, and designed by and for scientists, engineers and data analysts. It features a unique combination of the advanced editing, analysis, debugging, and profiling functionality of a comprehensive development tool with the data exploration, interactive execution, deep inspection, and beautiful visualization capabilities of a scientific package."

<https://docs.spyder-ide.org/current/first-steps-with-spyder.html>

PyCharm: eine IDE für Python



- PyCharm ist eine Integrierte Entwicklungsumgebung (IDE) für Python
- Im Gegensatz zu JupyterLab nutzen wir PyCharm, wenn wir längere Programme schreiben
→ also im Bereich der Softwareentwicklung

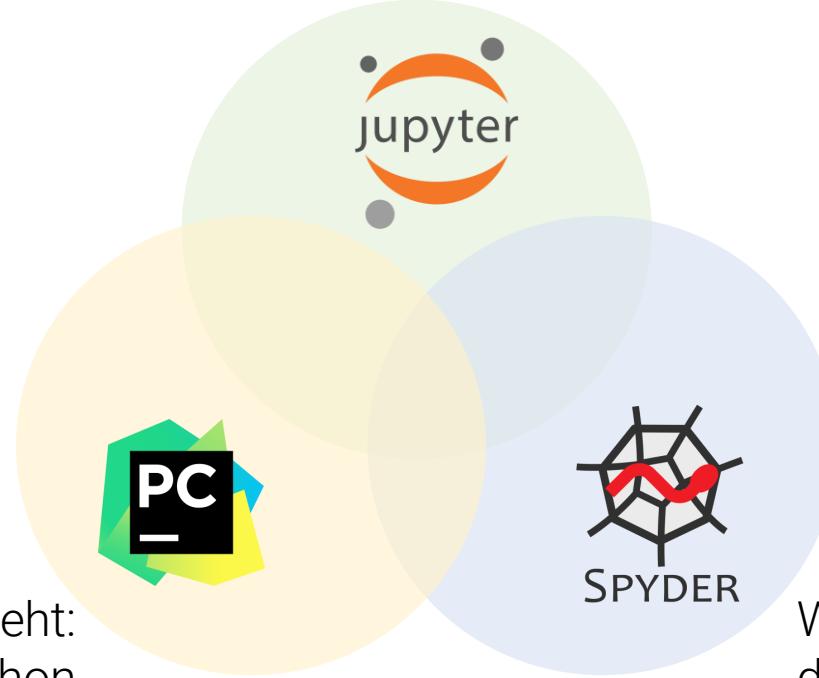
Was für was?

Wenn es um Freiheit und Kreativität geht:
Scientific Computing und Datenexploration mit Python

Wir nutzen hauptsächlich JupyterLab. Wenn wir größere Programme schreiben, dann steigen wir auf PyCharm um.

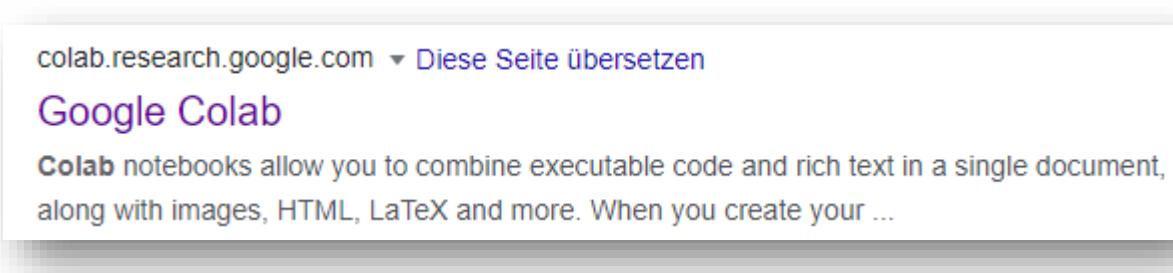
Spyder nutzen wir nur in Ausnahmefällen und kann als „zur Vollständigkeit erwähnt“ betrachtet werden

Wenn es an's Eingemachte geht:
Softwareentwicklung mit Python



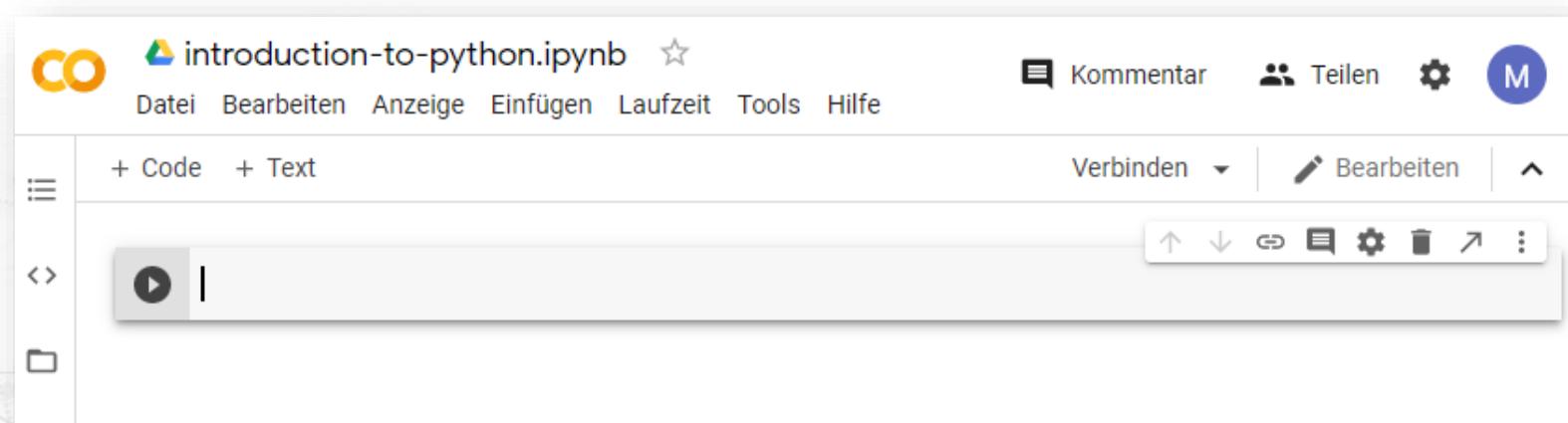
Wenn keine Zeit für Tests ist:
direktes Debugging mit Python

Fallback Lösung: Google Colab



A screenshot of the Google Colab landing page at colab.research.google.com. The page features the 'CO' logo, a navigation bar with 'Diese Seite übersetzen', and a main section titled 'Google Colab' with a brief description: 'Colab notebooks allow you to combine executable code and rich text in a single document, along with images, HTML, LaTeX and more. When you create your ...'.

- Frei verfügbare Rechenressourcen
- Jupyter Notebooks direkt im Browser erstellen und ausführen
- Wenn es Probleme mit obigen Installationen gibt, dann kann Google Colab genutzt werden



A screenshot of a Google Colab notebook titled 'introduction-to-python.ipynb'. The interface includes a toolbar with file operations like 'Datei', 'Bearbeiten', 'Anzeige', 'Einfügen', 'Laufzeit', 'Tools', and 'Hilfe'. Below the toolbar is a menu bar with 'Verbinden', 'Bearbeiten', and other options. The main workspace shows a code cell with a play button and a text cell with a plus sign. On the left, there's a sidebar with a file tree and a search bar.

Dateitypen: .py- und .ipynb-Dateien

 **hello_world.py**

.py-Dateien

- Diese Endung bezeichnet Dateien, in denen Python-Source Code als Skript organisiert ist
- Es handelt sich hierbei um die originäre Dateiendung für Python-Programme
- Diese Dateien können von IDEs gelesen werden, die Python verstehen

 **getting-started.ipynb**

.ipynb-Dateien

- Diese Endung bezeichnet Jupyter Notebook Dateien
- Sie werden im sogenannten JSON-Format abgespeichert
 - Aufgebaut wie ein Dictionary in Python
- Kann von Standard-IDEs meist nicht gelesen werden
 - Oft durch Plugins lesbar

Fragen?

Zu den Tools

Predictive Maintenance

Another BuzzWord?

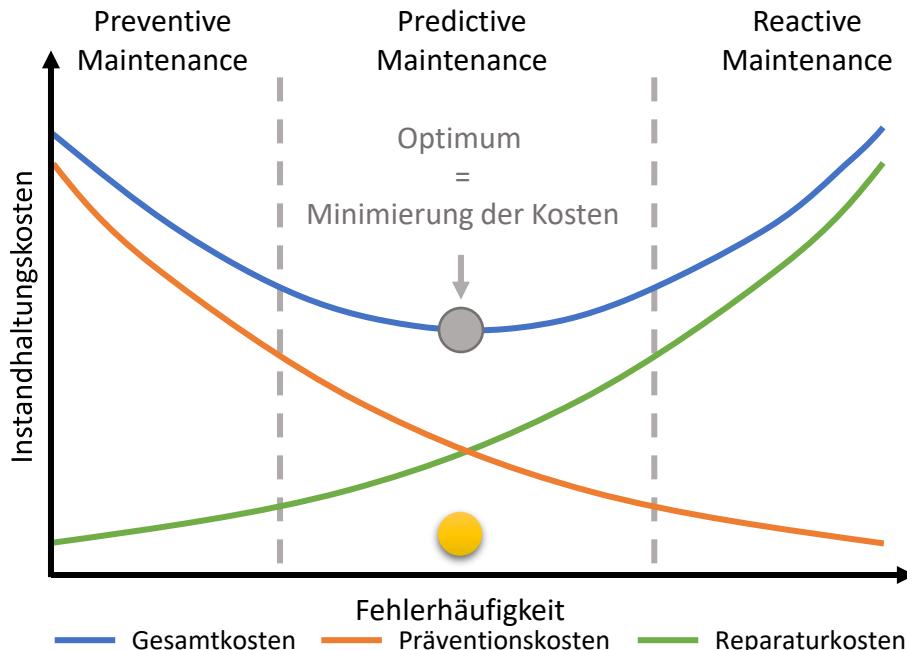
Begriffsklärung: Predictive Maintenance

Betriebsstunden: >5000



Preventive Maintenance

- Ist eine Routine zur regelmäßigen Überprüfung
- mit dem Ziel Probleme zu beheben bevor sie sich entwickeln.



Percussive Maintenance



Just in time



Predictive Maintenance

- lernt von historischen und gegebenenfalls in Echtzeit verfügbaren instandhaltungsrelevanten Daten.
- Durch die Prognose von zukünftigen Ereignissen kann die Frage „Was wird wann passieren?“ beantwortet werden.



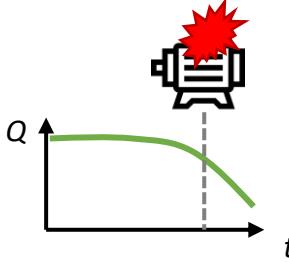
Reactive Maintenance

- wird nach der Fehlererkennung durchgeführt
- und zielt darauf ab die ursprüngliche Funktionalität wieder herzustellen



Was denken Sie?
Wie minimieren wir
diese Kosten?

Was ist Predictive Maintenance unter der Haube?

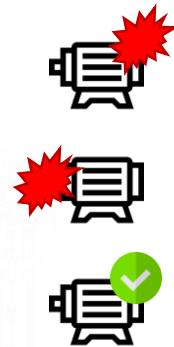
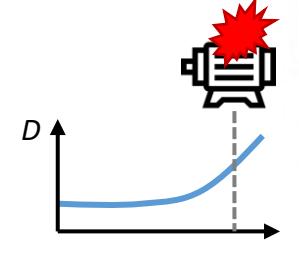


Remaining Useful Life (RUL) Prediction

- KI-Modell lernt den Abnutzungsvorrat einer Maschine vorherzusagen
- KI-Modell im Betrieb: gibt an wie lange der Abnutzungsvorrat noch ausreichen wird

Time to Failure (TTF) Prediction

- KI-Modell lernt die Zeit bis zum nächsten Fehler vorherzusagen
- KI-Modell im Betrieb: gibt an wann und wie wahrscheinlich der nächste Fehler sein wird

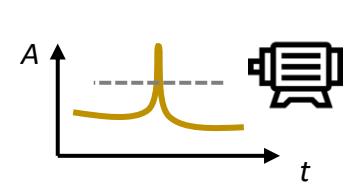


Fault Classification

- KI-Modell lernt Schadensklassen zu unterscheiden
- KI-Modell in Produktion meldet, ob Maschine im Normalzustand ist oder in einer bestimmten Schadensklasse

Anomaly Detection

- Anlernen von KI-Modellen an „Gutzeiträumen“
- KI-Modell in Produktion meldet Anomalien



Abgrenzung/Begriffsklärung: Predictive Maintenance zu... bzw. Verwechslungsgefahr

Condition-based Monitoring

- Behandelt die Zustandsüberwachung von – z.B. Maschinen – anhand der Überprüfung von Rohsignalen und/oder Kennwerten (oft KPIs genannt)
- Sobald eine prädiktive Komponente auftaucht, gruppieren wir das Verfahren unter den Begriff Predictive Maintenance

Visualisierung/visuelle Exploration

- Werden Daten visualisiert und anhand derer Schlüsse durch Menschen gezogen, dann spricht man von visueller Exploration
- Fehlt also eine komputative Komponente, die für uns das Schlussfolgern übernimmt, so betrachten wir dies nicht als PRM



So what?

- Das „Predictive“ in PRM bedeutet für uns, dass nicht wir, sondern der Computer Schlüsse zieht
- Wenn wir es tun – z.B. anhand der Interpretation von Grafiken – dann sind wir in der visuellen Datenexploration unterwegs
- D.h. PRM benötigt *per definitionem* komputative bzw. maschinelle Verfahren, die eigenständig Vorhersagen treffen können
→ Machine Learning ist Kern von Predictive Maintenance

Fragen?

Zu allem

Quellen

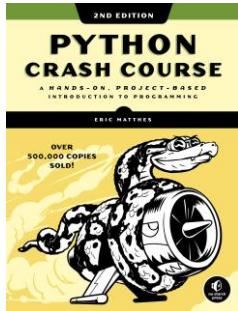


<https://i.gifer.com/g0bL.gif>

Weitere Quellen

PY4E

www.py4e.com



Python Crash Course, 2nd Edition

A Hands-On, Project-Based Introduction to Programming

by Eric Matthes



[Document icons created by Yoteyo - Flaticon](https://www.flaticon.com/free-icons/document "document icons")