INFOMOTION
we love data

Teile und (Be-) Herrsche

Einführung in Bayessche Hierarchische Modelle

IFM Workshop, 28.01.2021

Dr. Sven Thies

AGENDA

INFOMOTION
we love data

1. Theorie
   i. Machine Learning vs. Statistische Modellierung
   ii. Grundlagen der Bayesschen Modellierung
   iii. Pymc3 – Ein probabilistisches Programmierframework

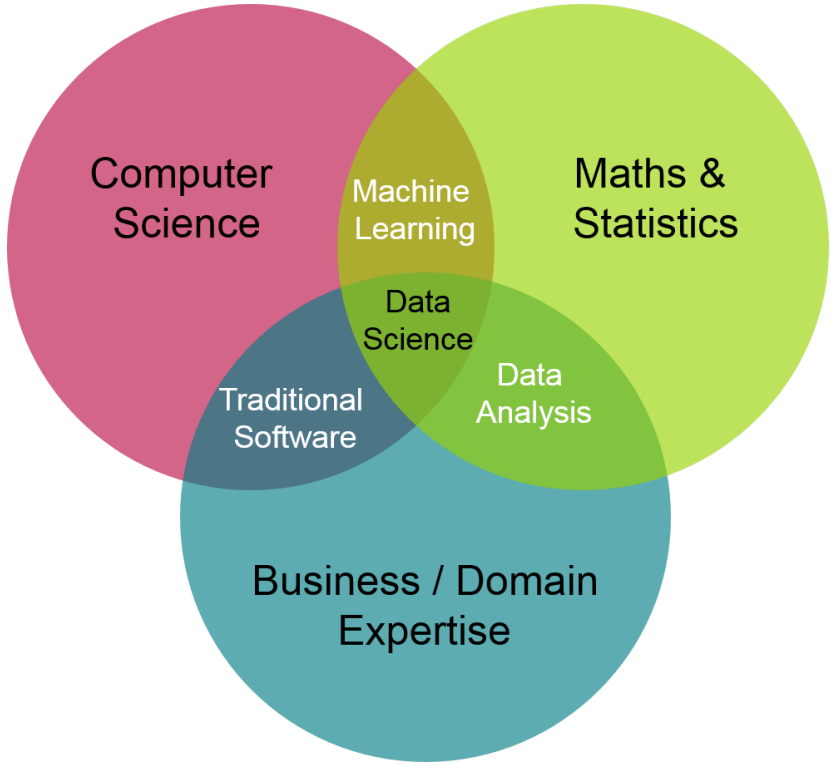
2. Praxis
   i. Unsicherheit beherrschen: Bayessche Lineare Modelle
   ii. Informationen teilen: Bayessche Hierarchische Modelle

Machine Learning vs. Statistische Modellierung

Machine Learning vs. Statistische Modellierung

Unterschiedliche Hintergründe bestimmen Weltbild und Herangehensweise

Der Informatiker



Der Statistiker

Machine Learning vs. Statistische Modellierung

Data Science Stereotypen

… als Data Scientist

Der Informatiker

Verwendet Python (TF, sklearn)

Große Datensätze sind notwendig

Sorgt sich um Overfitting

Prüft die Vorhersagekraft

Verwendet nichtlineare Modelle

Modelle sind oft Black-Box

Strebt nach Automatisierung

Der Statistiker

Quelle: In Anlehnung an „Machine Learning and Statistics: Don't Mind the Gap“, Thomas Wiecki, ODSC Europe, 2018

Machine Learning vs. Statistische Modellierung

Herangehensweise bei der Modellierung

… als Data Scientist

Der Informatiker

Viele Daten
Große Modelle

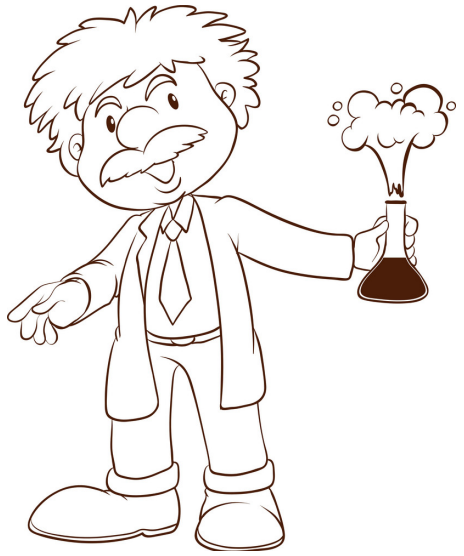
Regularisierung

Finales Modell

Top-Down

Machine Learning-Ansatz

Der Statistiker

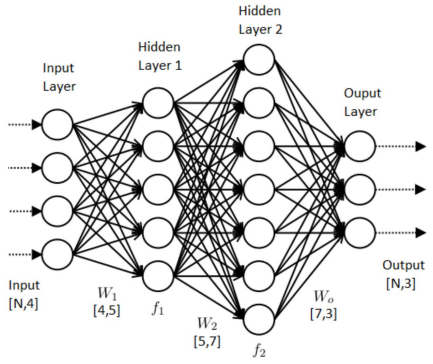


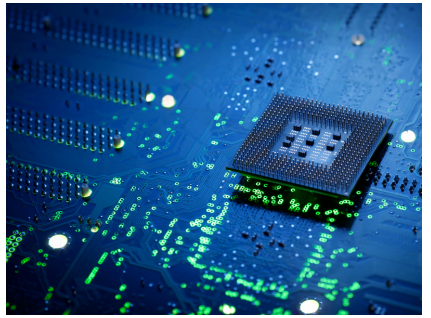
Machine Learning vs. Statistische Modellierung

Prozess der Modellierung nach Informatikern

Automatisiert

Collect Data → Engineer Features → Build Model → Evaluate Model





Machine Learning vs. Statistische Modellierung

Data Science Stereotypen

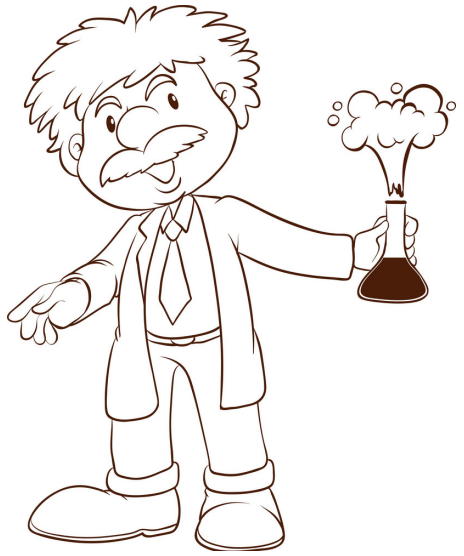
… als Data Scientist

Der Informatiker

- Verwendet Python (TF, sklearn)
- Große Datensätze sind notwendig
- Sorgt sich um Overfitting
- Prüft die Vorhersagekraft
- Verwendet nichtlineare Modelle
- Modelle sind oft Black-Box
- **Strebt nach Automatisierung**

Der Statistiker

- Verwendet R
- Große Datensätze sind Problem
- Sorgt sich um Annahmen
- Prüft asymptotisches Verhalten
- Verwendet lineare Modelle
- Modelle sind verständlich
- **Strebt nach Erkenntnis**



Quelle: In Anlehnung an „Machine Learning and Statistics: Don't Mind the Gap“, Thomas Wiecki, ODSC Europe, 2018

Machine Learning vs. Statistische Modellierung

Herangehensweise bei der Modellierung

… als Data Scientist

Der Informatiker

Viele Daten
Große Modelle

Regularisierung

Finales Modell

Top-Down

Machine Learning-Ansatz

Finales Modell

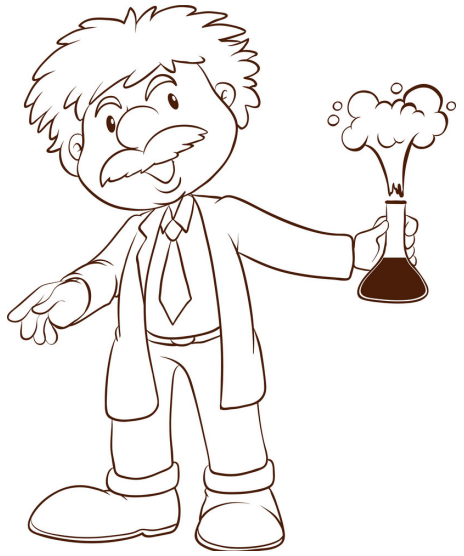
Experimente

Wenige Daten
Kleine Modelle

Bottom-Up

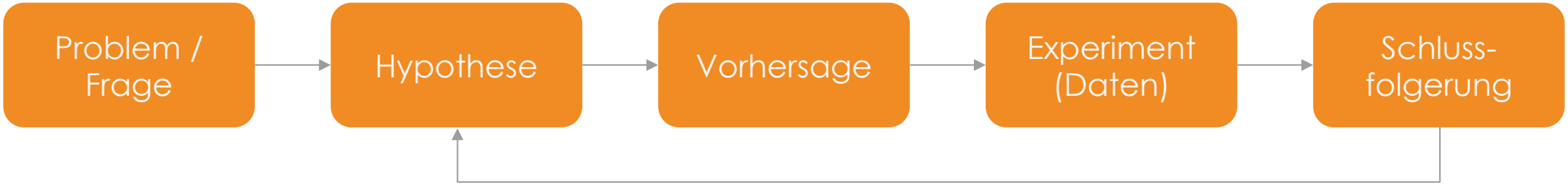
Inferenz-basierter Ansatz

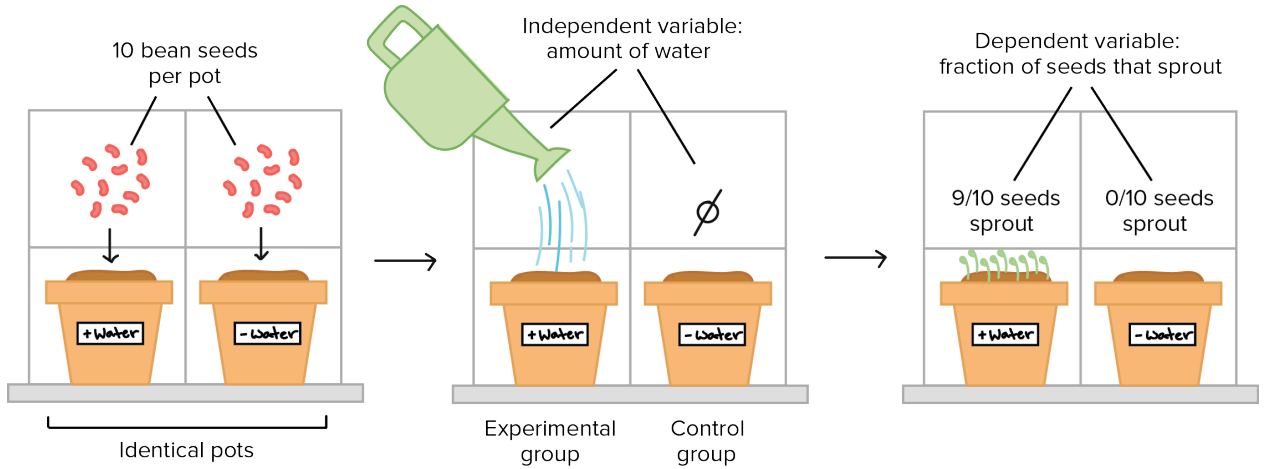
Der Statistiker



Machine Learning vs. Statistische Modellierung

Prozess der Modellierung nach Statistikern





Grundlagen der Bayesschen Modellierung

Grundlagen der Bayesschen Modellierung

Mathematische Formulierung des wissenschaftlichen Prozesses: Der Satz von Bayes

1701 – 1761

$$P(H|D) = \frac{P(D|H)P(H)}{P(D)}$$

$$P(H|D) \propto P(D|H)P(H)$$

Wissen | **Beobachtungen** | **Vorwissen**

Grundlagen der Bayesschen Modellierung

Das Posteriori Wissen ist eine Kombination von A-Priori Wissen und Beobachtungen

Posterior Probability

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Hypothese wahr ist, nachdem wir die Daten gesehen haben.

Likelihood

Die Wahrscheinlichkeit der beobachteten Daten, angenommen, die Hypothese sei wahr.

Prior Probability

Die Wahrscheinlichkeit, dass die Hypothese Wahr ist (bevor wir die Daten gesehen haben).

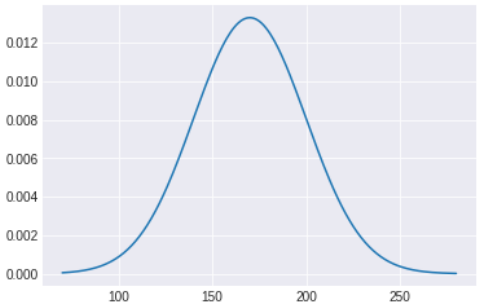
$$P(H|D) \propto P(D|H)P(H)$$

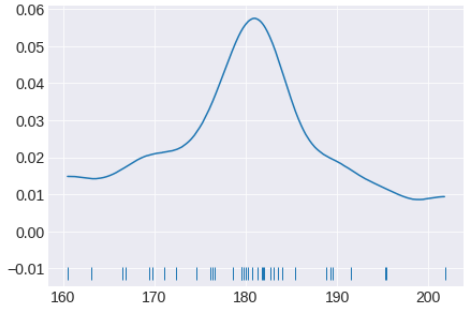
Alles wird als Verteilung dargestellt

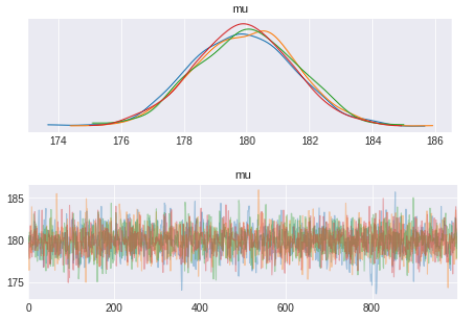
Vorwissen wird genutzt

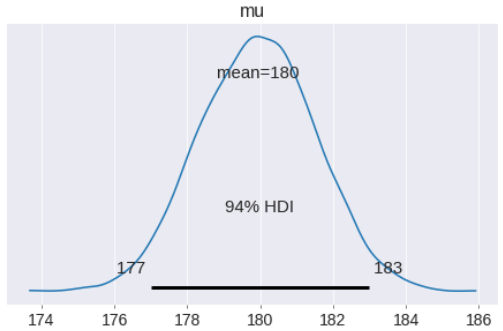
Grundlagen der Bayesschen Modellierung

Prozess der Bayesschen Modellierung





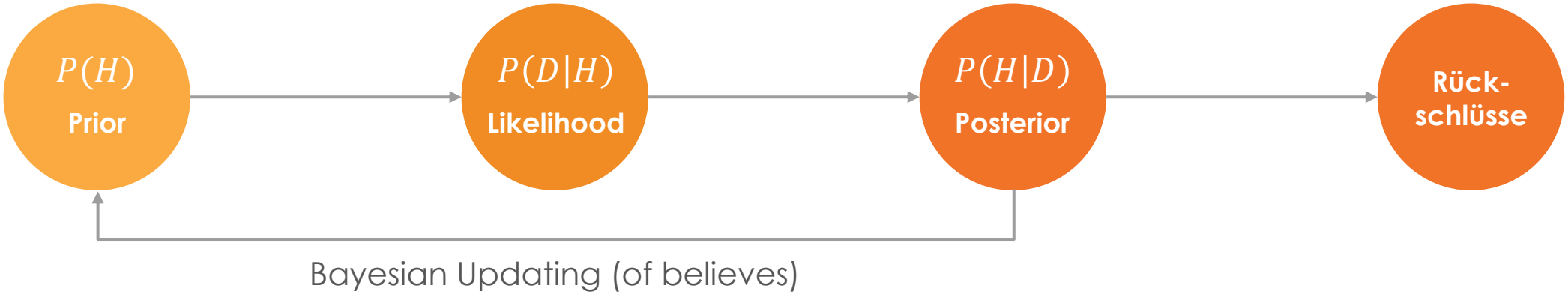




$$P(\mu) \rightarrow \mu \sim N(170, 30)$$

$$P(y|\mu) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

$$P(\mu|y) \propto P(y|\mu, \sigma)P(\mu)$$

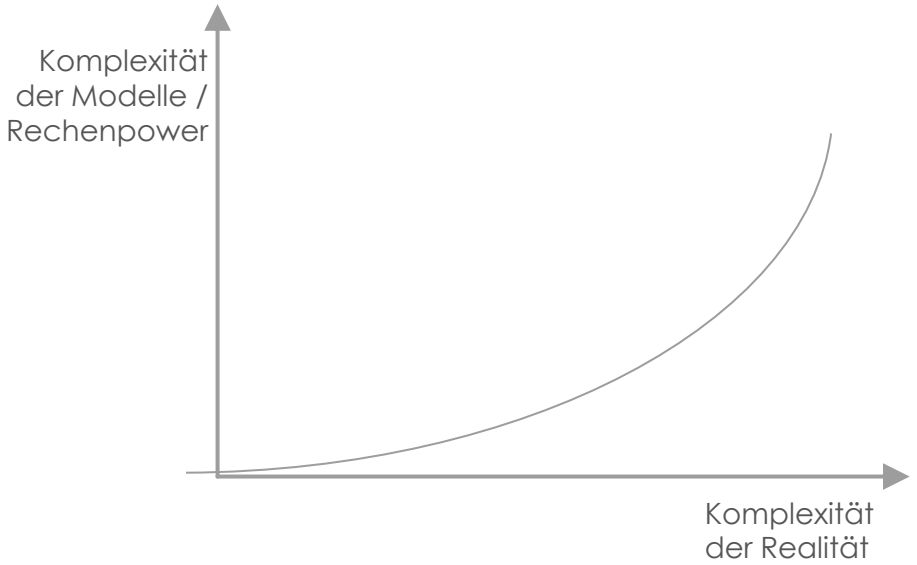


Pymc3 – Ein probabilistisches Programmierframework

Herausforderungen bei der Bayesschen Modellierung

Kernaktivität: Multiplikation von Wahrscheinlichkeitsverteilungen

- Modelle werden schnell komplex
- Modelle werden schnell analytisch unlösbar



Pymc3 – Ein probabilistisches Programmierframework

Vereinfachung der Bayesschen Modellierung mit Pymc3

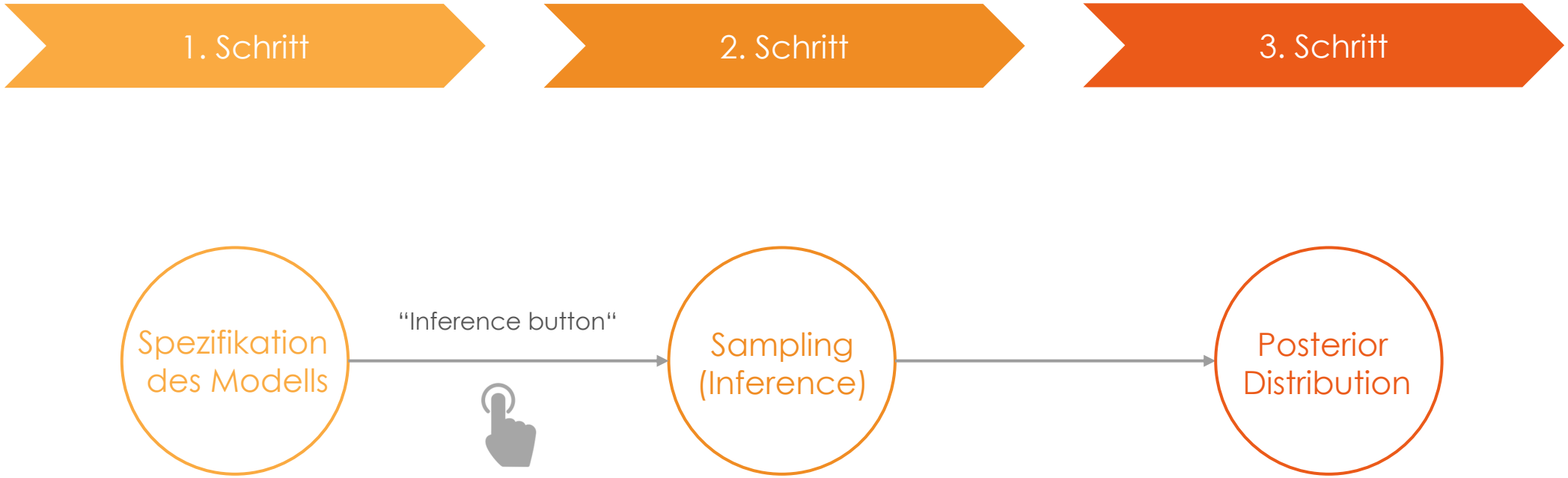
- Leicht zu bedienende API
  - Beliebige Verteilungen kombinieren
  - Intuitive Modellspezifikation

```
mu = pm.Normal('mu', mu=170, sigma=30)
```

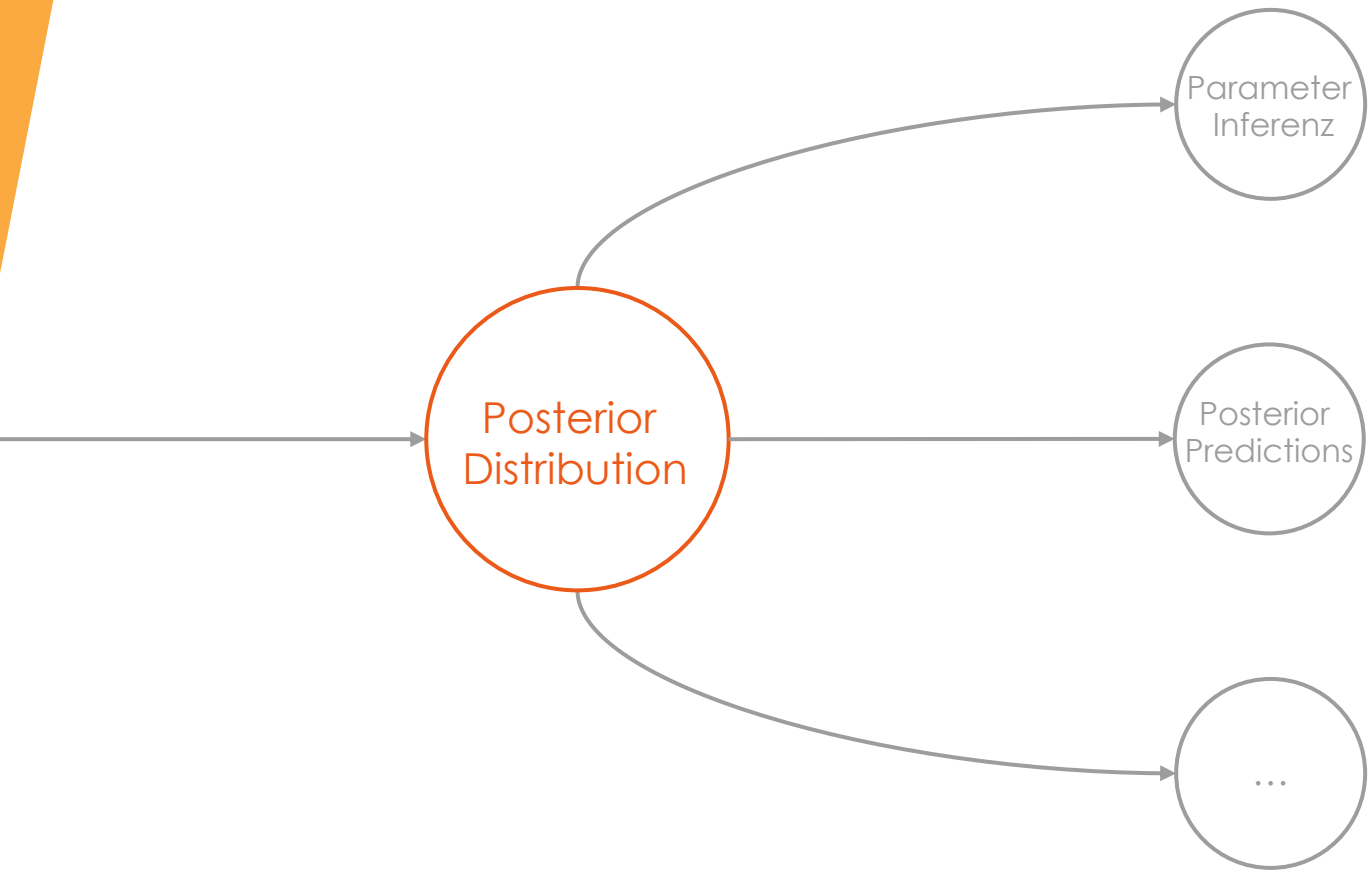
- Starkes Backend für numerische Berechnung
  - MCMC und Variational Inferenz Algorithmen
  - Automatische Algorithmenauswahl
  - Verwendet Theano (Deep Learning Library)

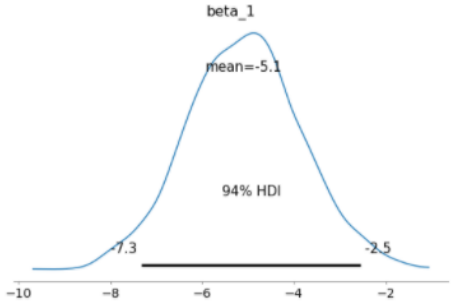
Pymc3 – Ein probabilistisches Programmierframework

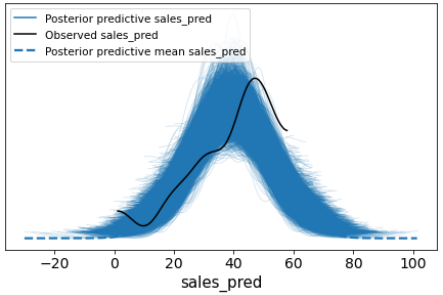
Grundlegendes Prinzip: Trennung von Modell und Inferenz



Posterior Distribution ist Ausgangspunkt weiterführender Untersuchungen







Praxis