

ML-unterstützte Entwurfsmethoden zum Finden erlaubter Eingabeparameter Am Beispiel von Crashtesting

Verteidigung Masterarbeit – Julian Haluska

24.03.2020

Beispiel: Crashsimulationen

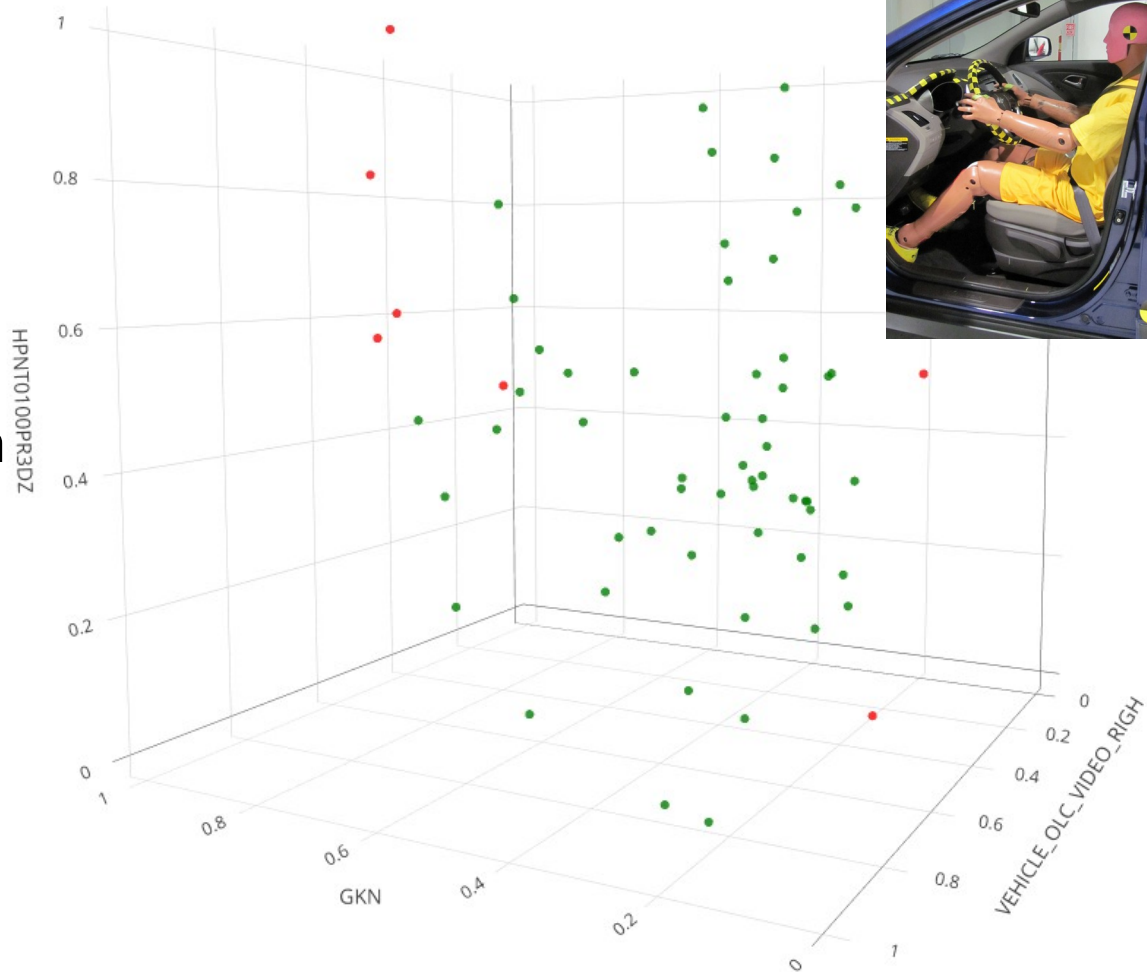
■ Ingenieure optimieren Designs bzgl. Gewicht, Kosten etc.

■ Dabei werden Werte für Designparameter festgelegt

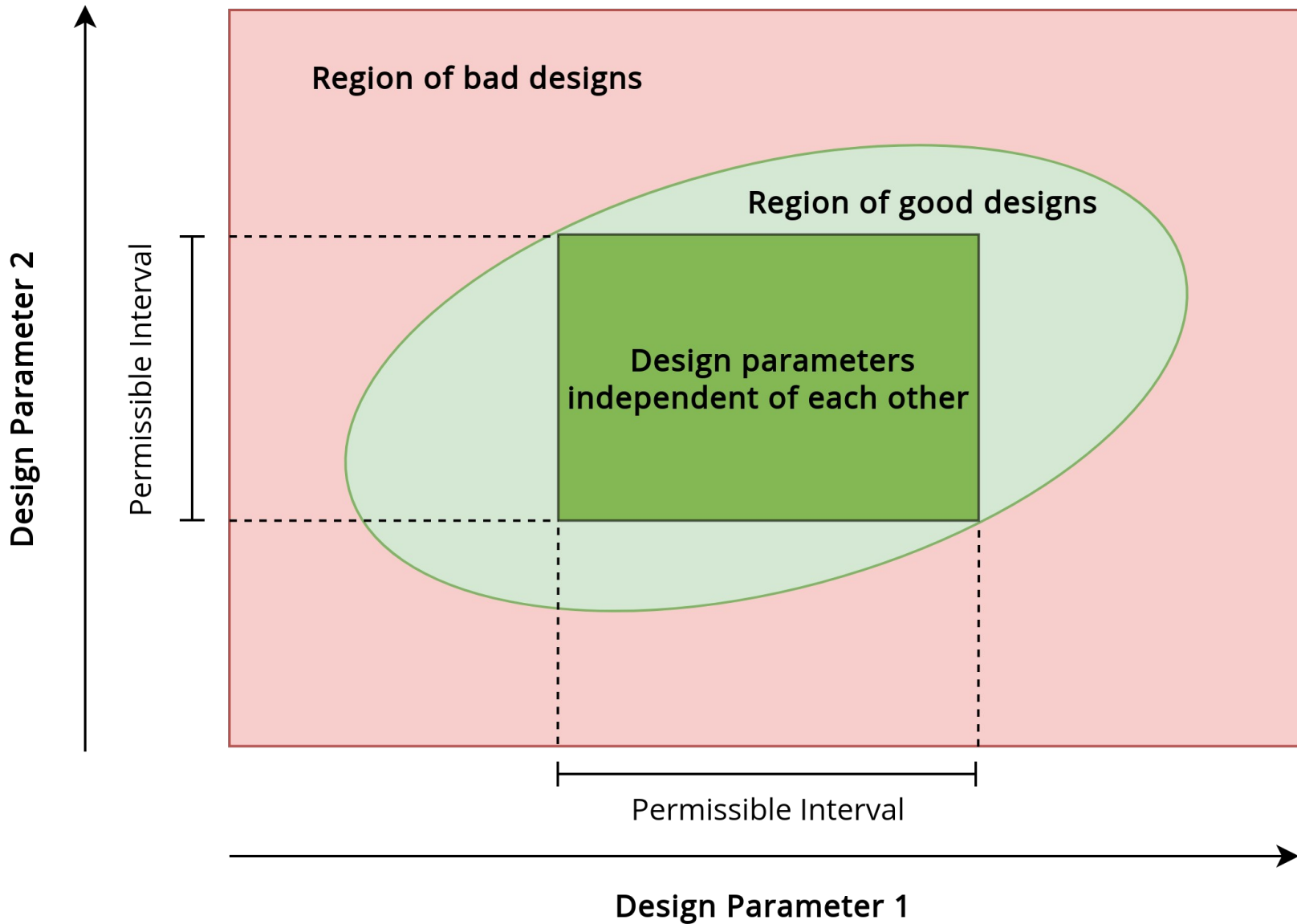
■ Falls die Systemantwort über einem bestimmten Grenzwert ist:

✘ Dummy verletzt

✓ Dummy sicher

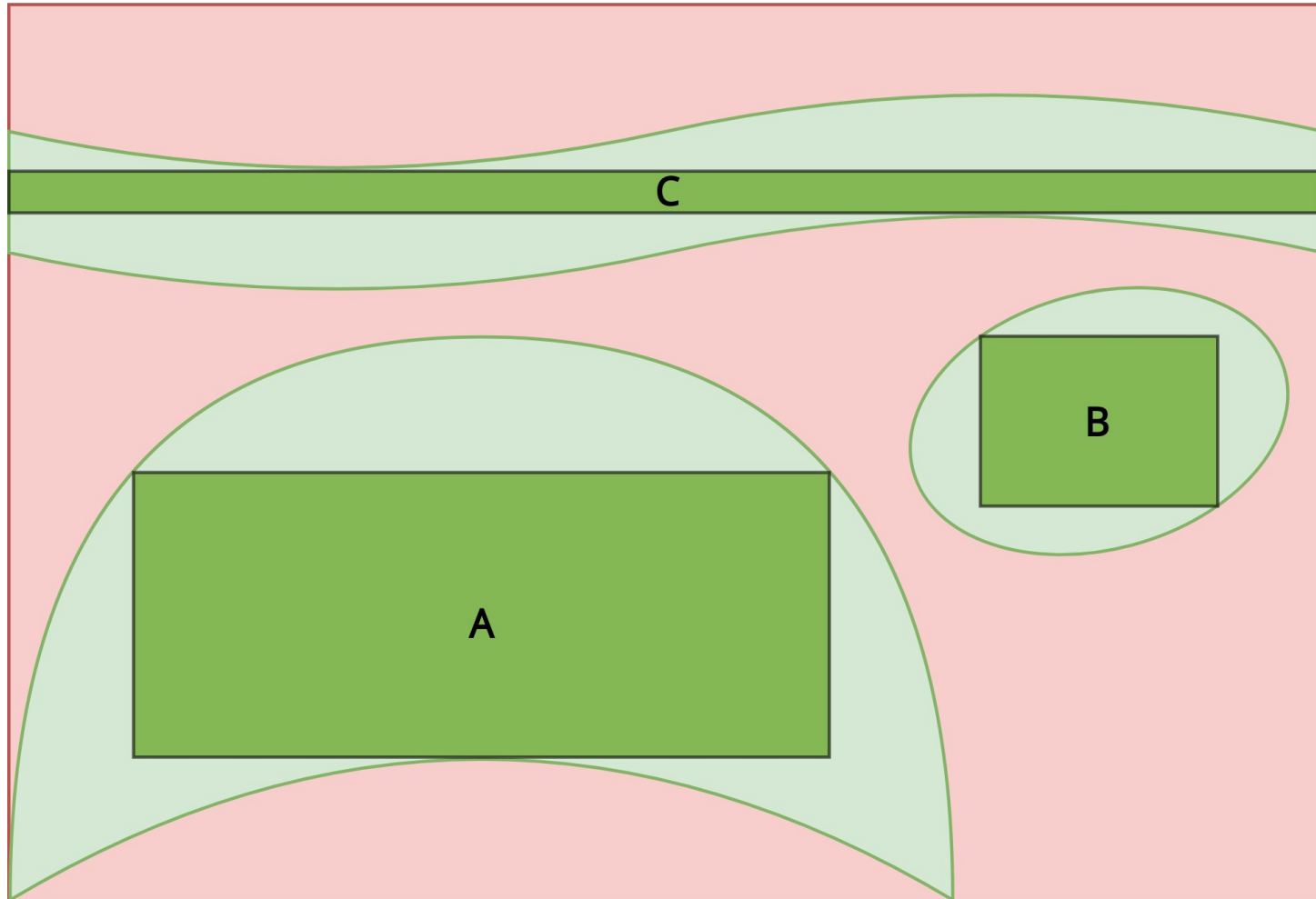


Unabhängige, erlaubte Intervalle = Lösungsbox



Mehrere Lösungsboxen

- Clustering des Designraums, um mehr als eine Lösung anzubieten



Box: Definition, Fitness & Maximierung

■ Boxdefinition

$$\Omega = I_1 \times I_2 \times \dots \times I_p \quad I_i = [x_i^l, x_i^u], i \in [1, p]$$

■ Boxfitness (Volumen)

$$\mu(\Omega) = \begin{cases} -\infty & , \text{if } b = 0, g = 0 \\ -b & , \text{if } b > 0 \\ 100(x_1^u - x_1^l)(x_2^u - x_2^l)\dots(x_p^u - x_p^l) & \text{else} \end{cases}$$

b = # schlechte Designs

g = # gute Designs

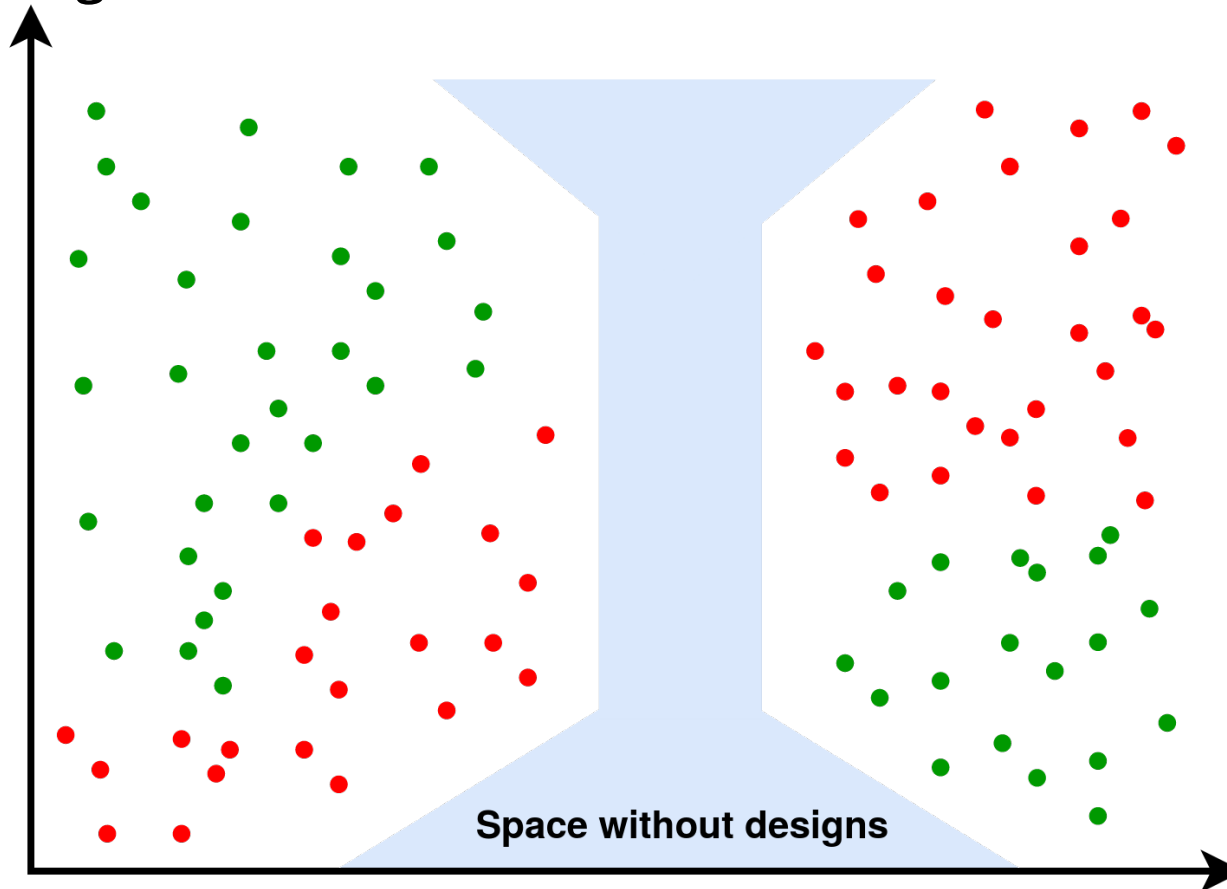
■ Box-Maximierungsproblem

$$\mu(\Omega) \rightarrow \max$$

Praktisches Problem: Schwach besetzter Designraum

- Echte Crashtests sind teuer und
Crashsimulation zeitaufwendig zu berechnen

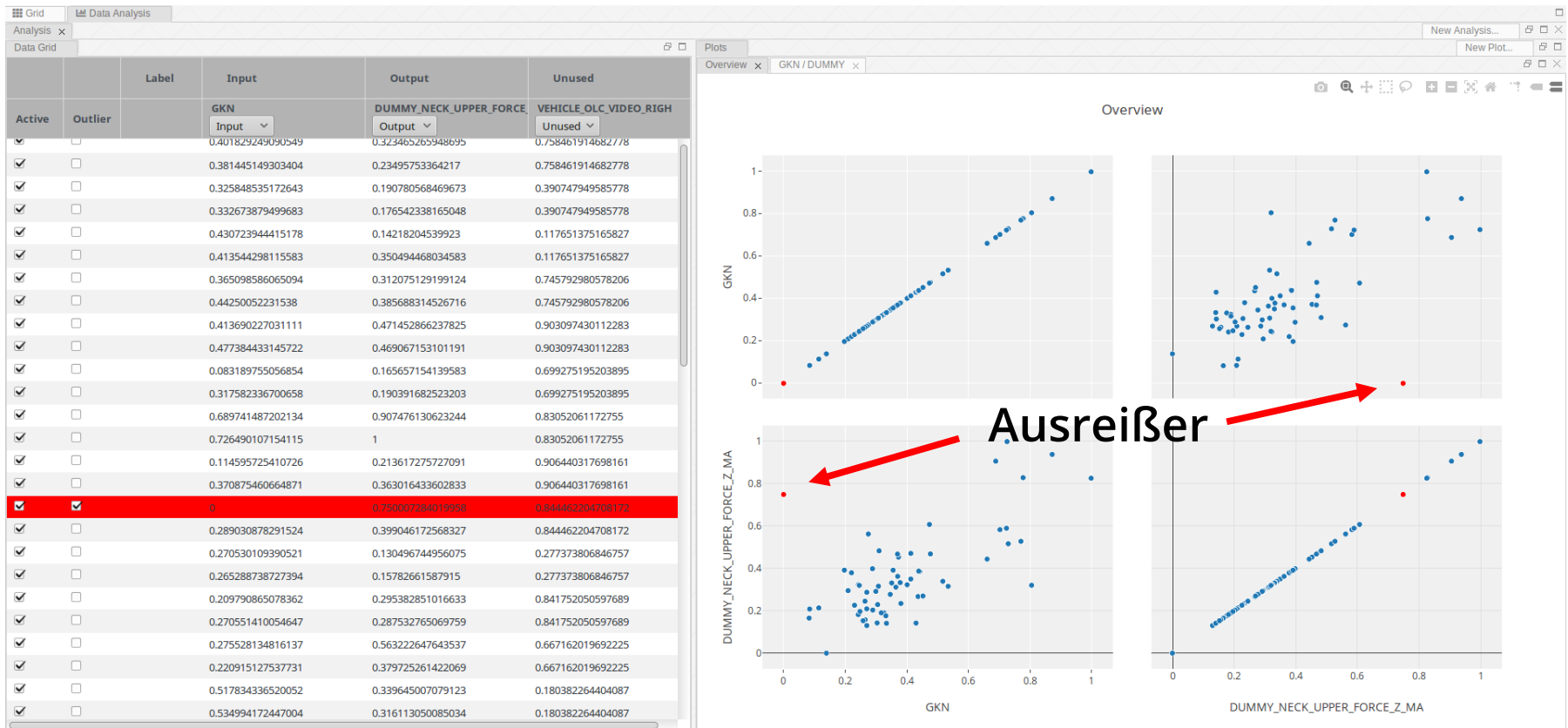
→ der Designraum weist sichtbare Lücken auf



Praktisches Problem 2: Ausreißer

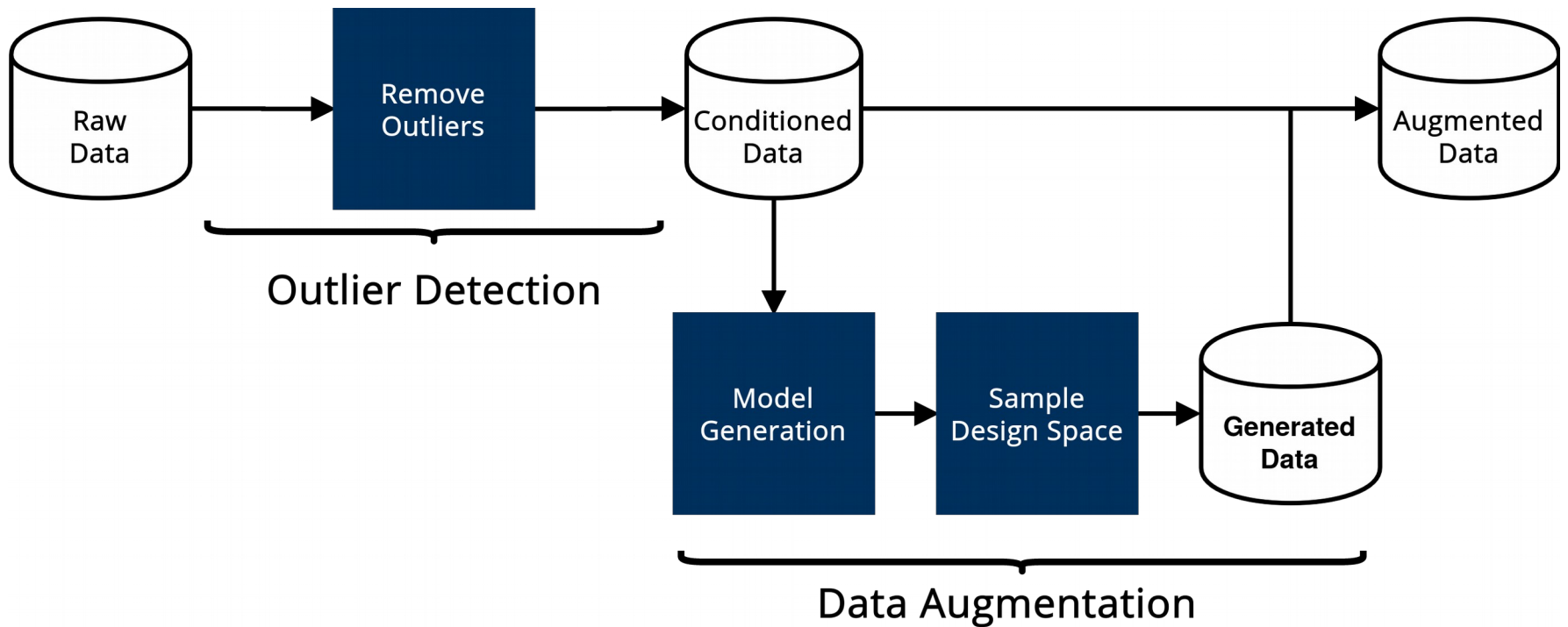
Daten können Ausreißer enthalten

→ müssen gefunden und entfernt werden

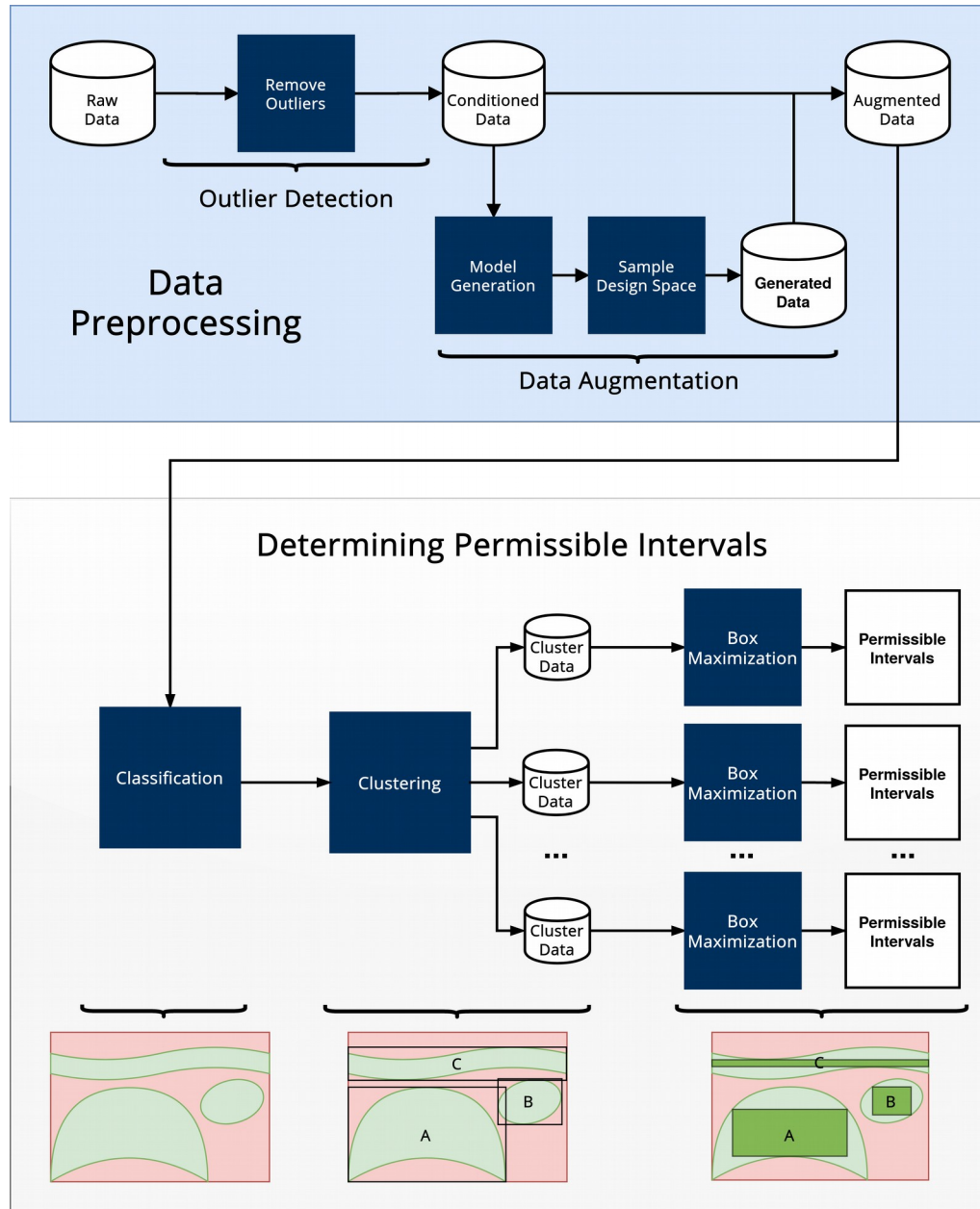


Datenvorverarbeitung (Data Preprocessing)

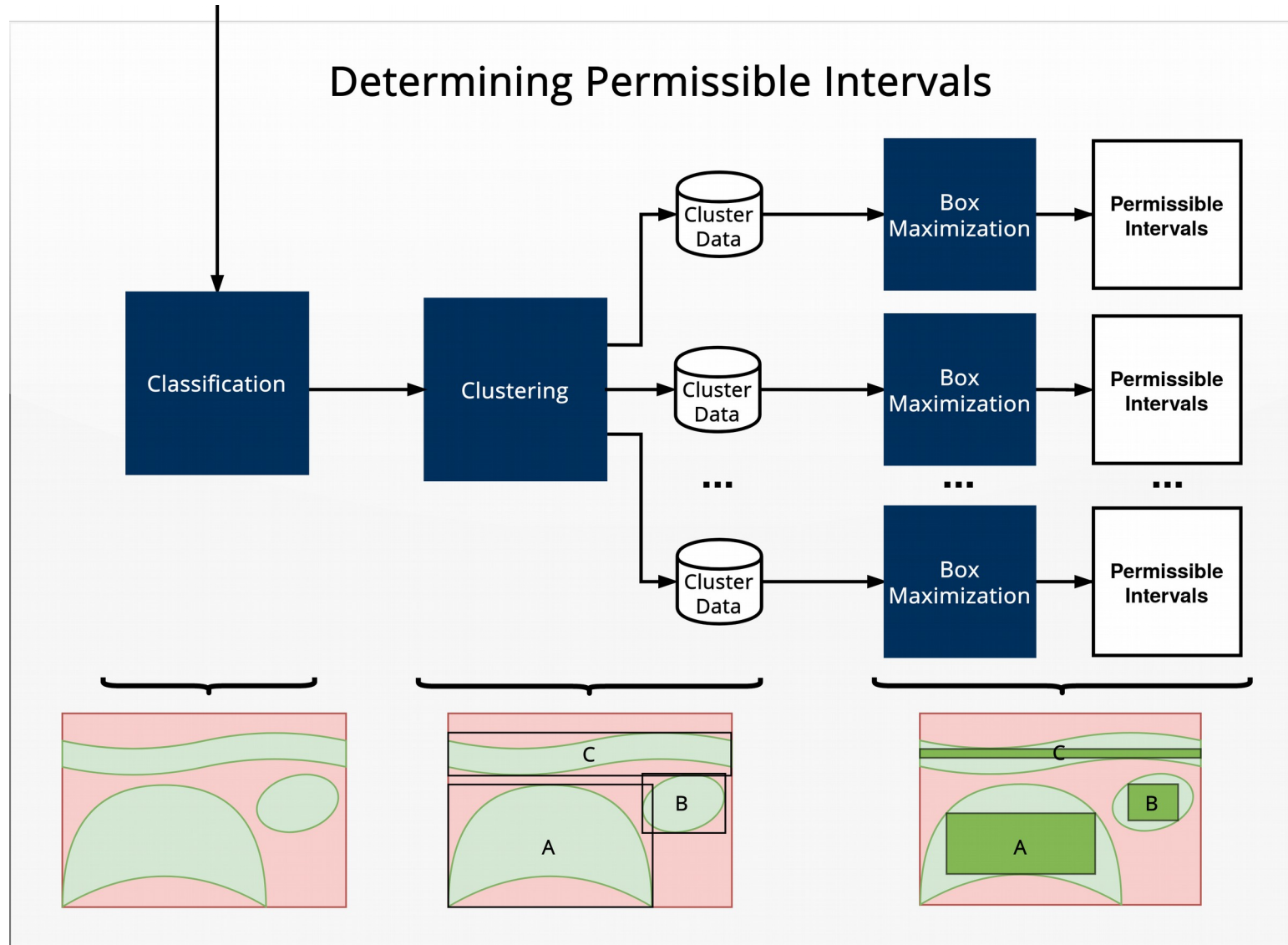
- Praktische Probleme werden durch einen Datenvorverarbeitungsschritt gelöst



Überblick Konzept



Überblick Konzept



Implementierung

Ausreißerentdeckung

- Isolation Forest
- k Nächste Nachbarn
- DBSCAN

Clustering

- DBSCAN

Boxmaximierung

- Exact Max Box
- Anneal Max Box
- Random Max Box

Software-Prototyp

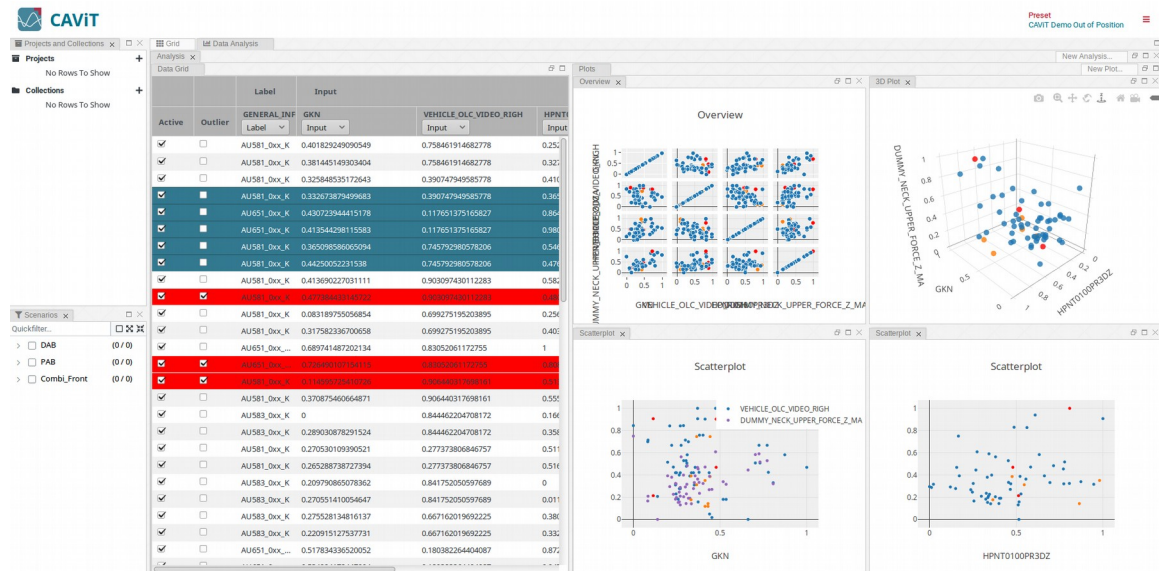


Modelgenerierung

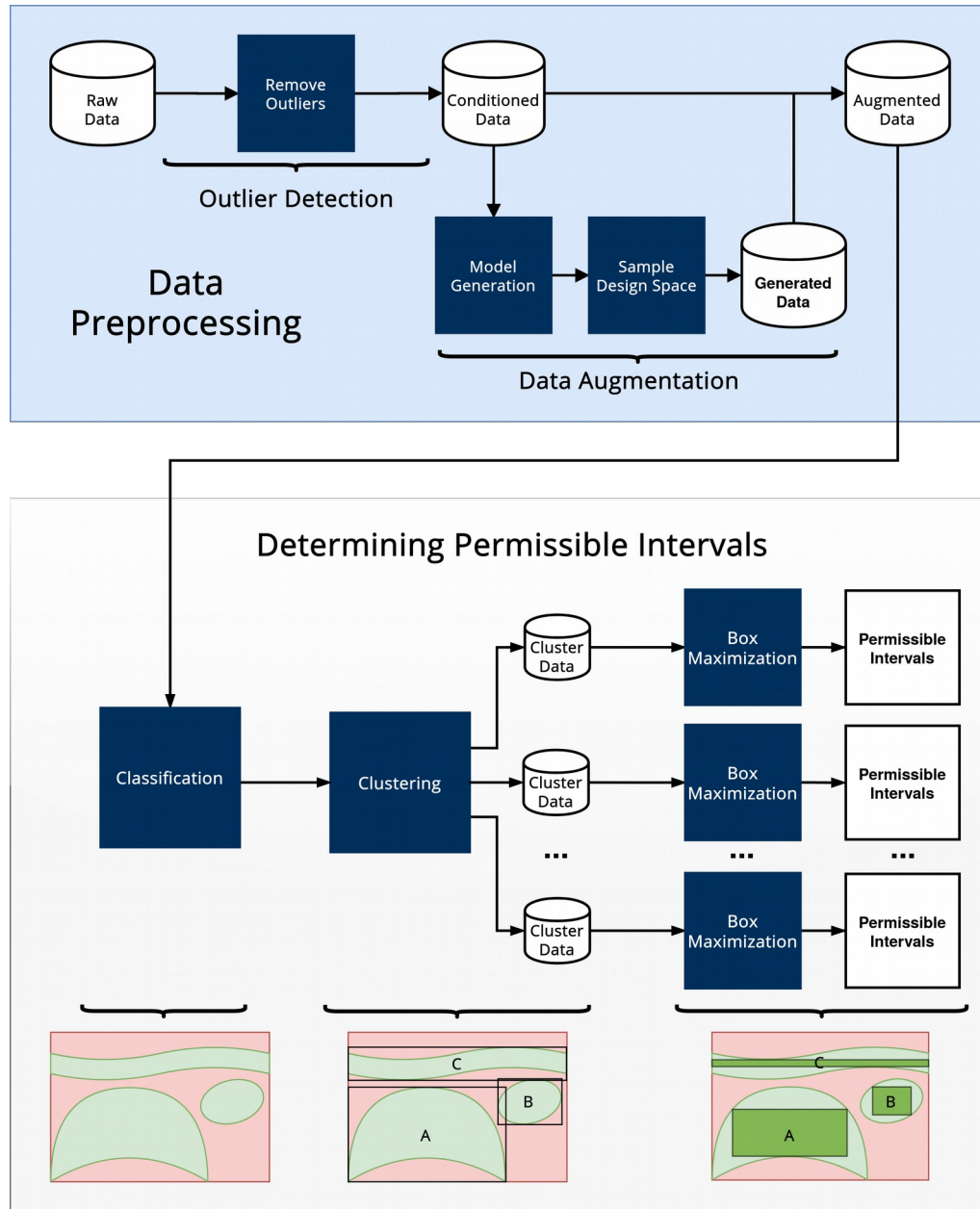
- Polynomielle Regression
- Neuronale Netze



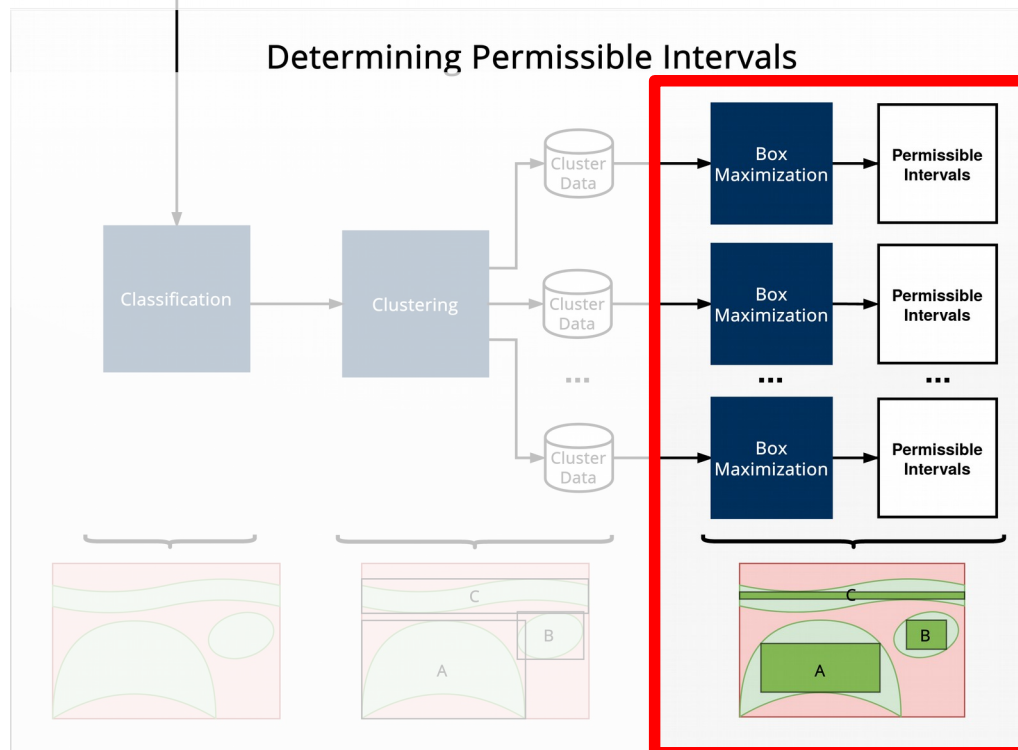
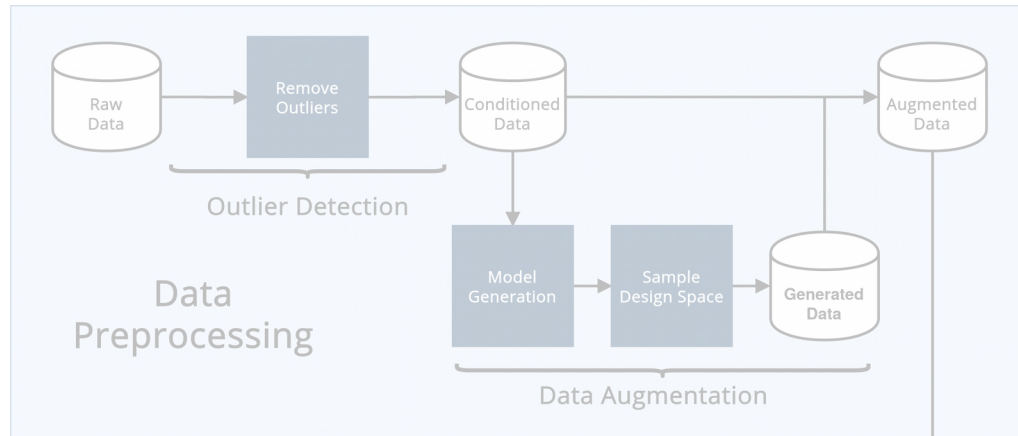
TensorFlow.js



Überblick - Komponentenweise Evaluation



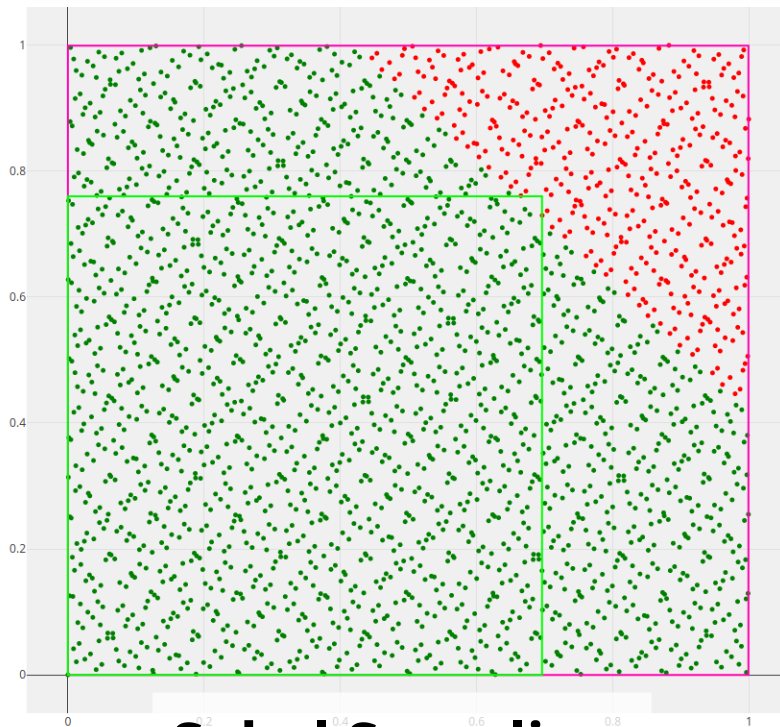
Überblick - Komponentenweise Evaluation



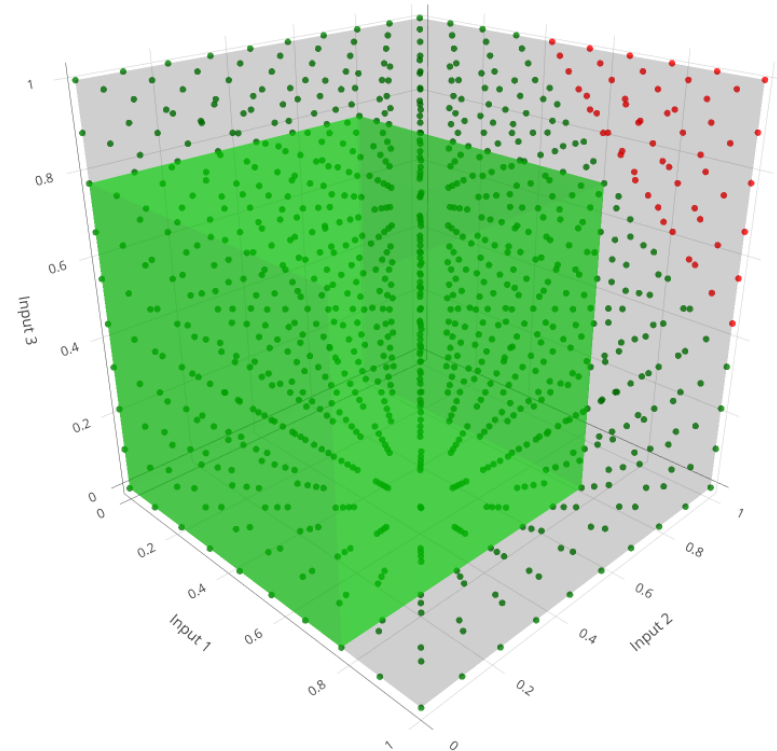
Boxmaximierung - Komponentenweise Evaluation

■ Synthetische Funktion für die Evaluation

Summenfunktion $f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{i \leq n} x_i \quad x_i \in [0, 1], n \in \mathbb{N}_{\neq 0}$



Sobol Sampling



Grid Sampling

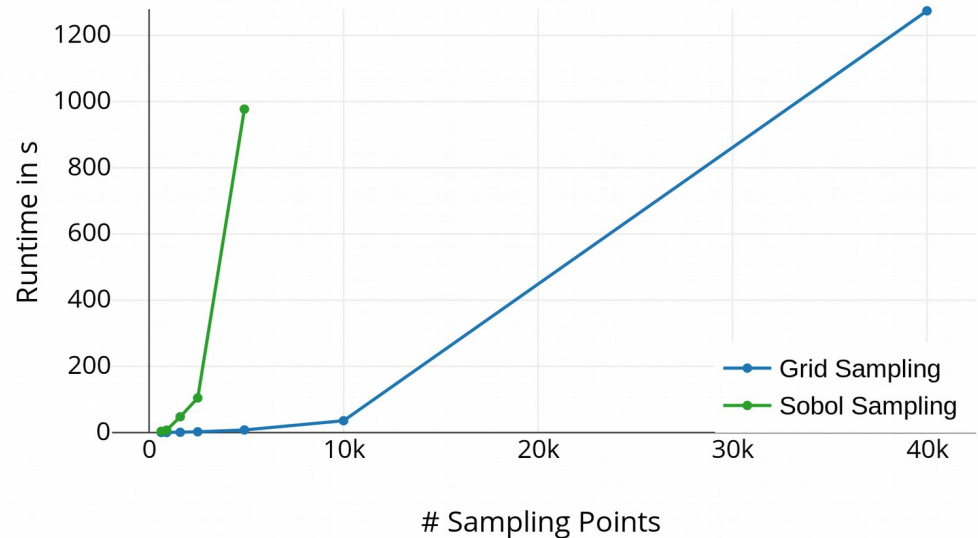
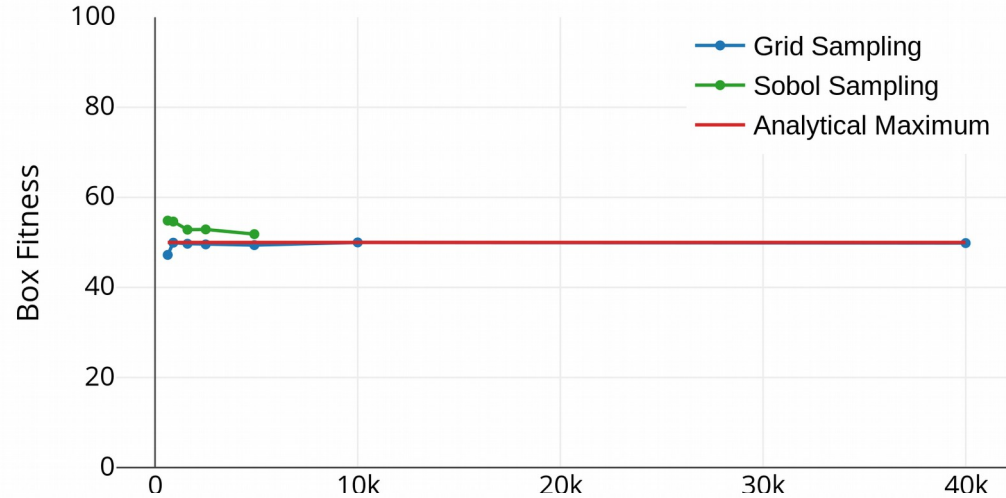
2D Summenfunktion – Exact Max Box

Boxfitness:

- Sobol Sampling:
Über dem Maximum
- Grid Sampling:
Unter dem Maximum

Laufzeit wächst exponentiell mit der Anzahl der Samplingpunkte

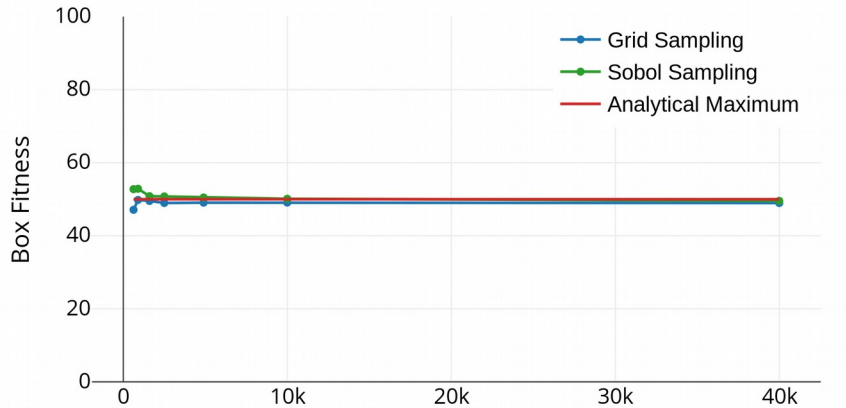
Unterschied zwischen Sobol und Grid Sampling



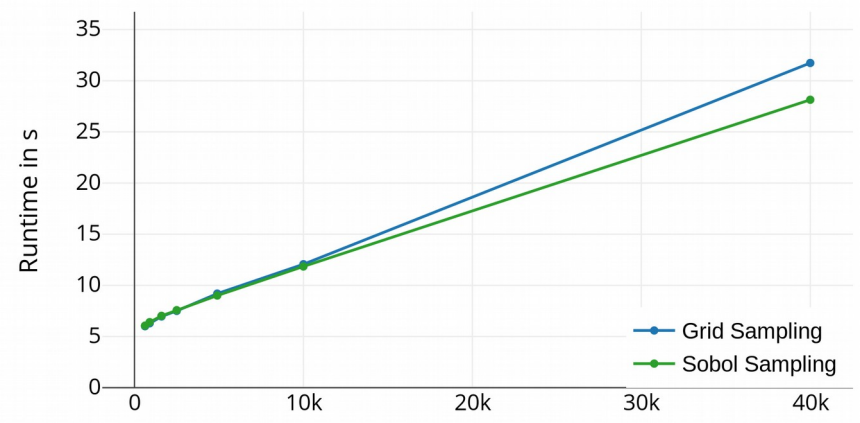
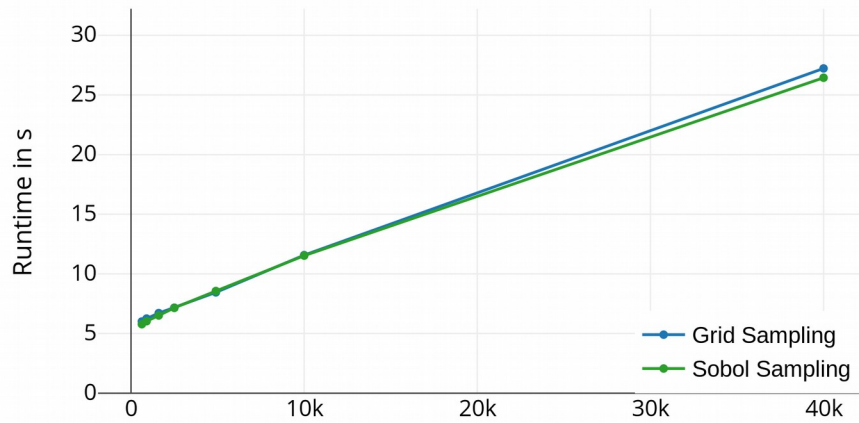
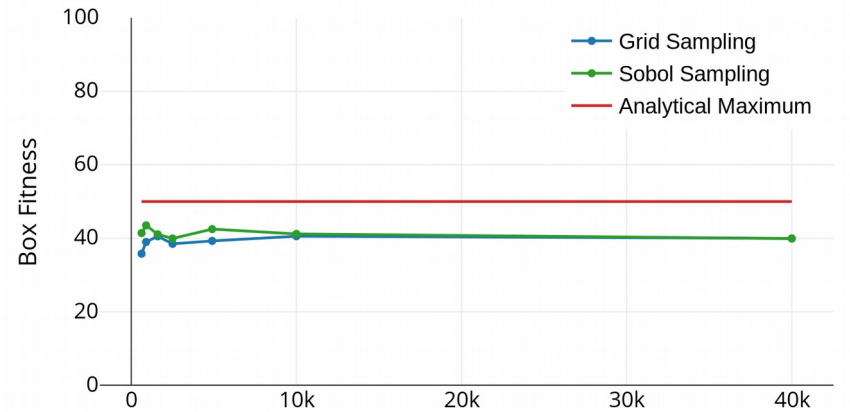
2D Summenfunktion – Heuristische Algorithmen

Lineares Wachstum mit der Anzahl der Samplingpunkte

Anneal Max Box



Random Max Box

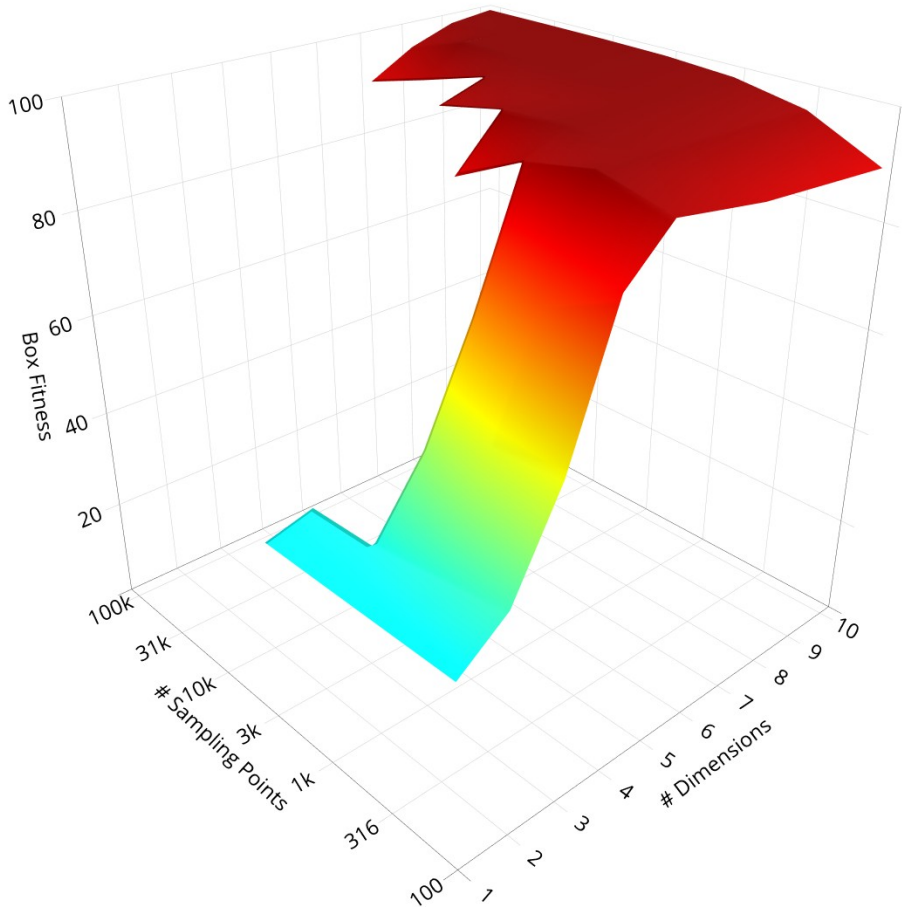


Sampling Points

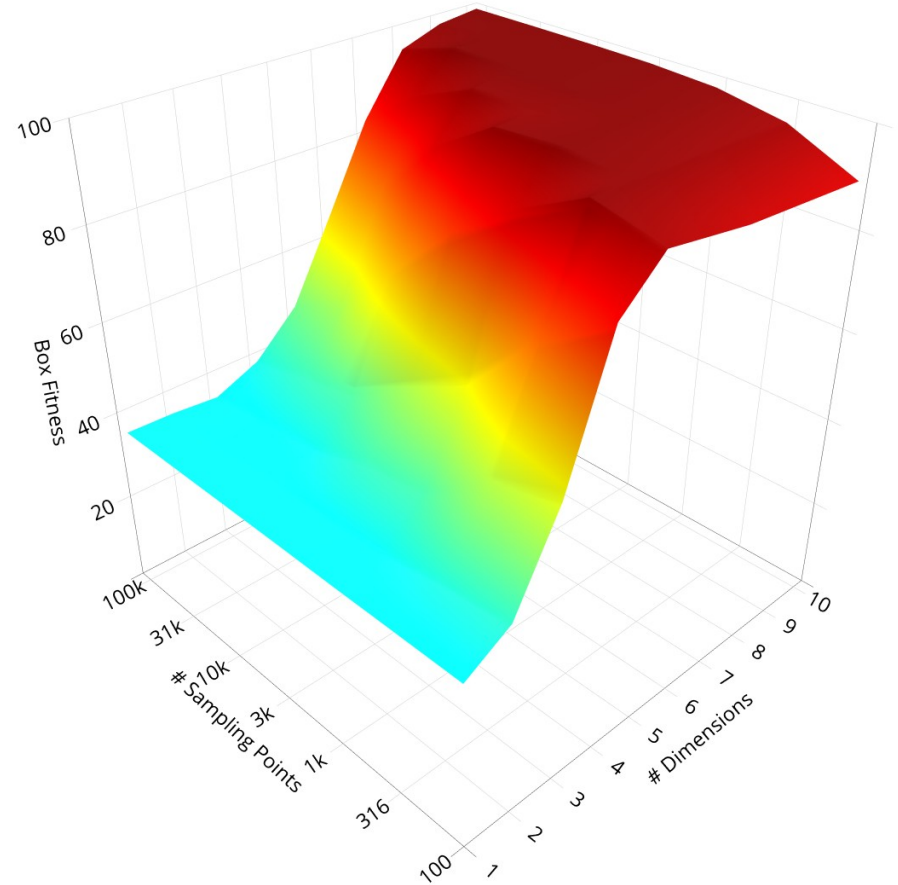
Sampling Points

1D – 10D Summenfunktion - Boxmaximierung

■ Boxfitness hängt von der #Designs & #Dimensions ab



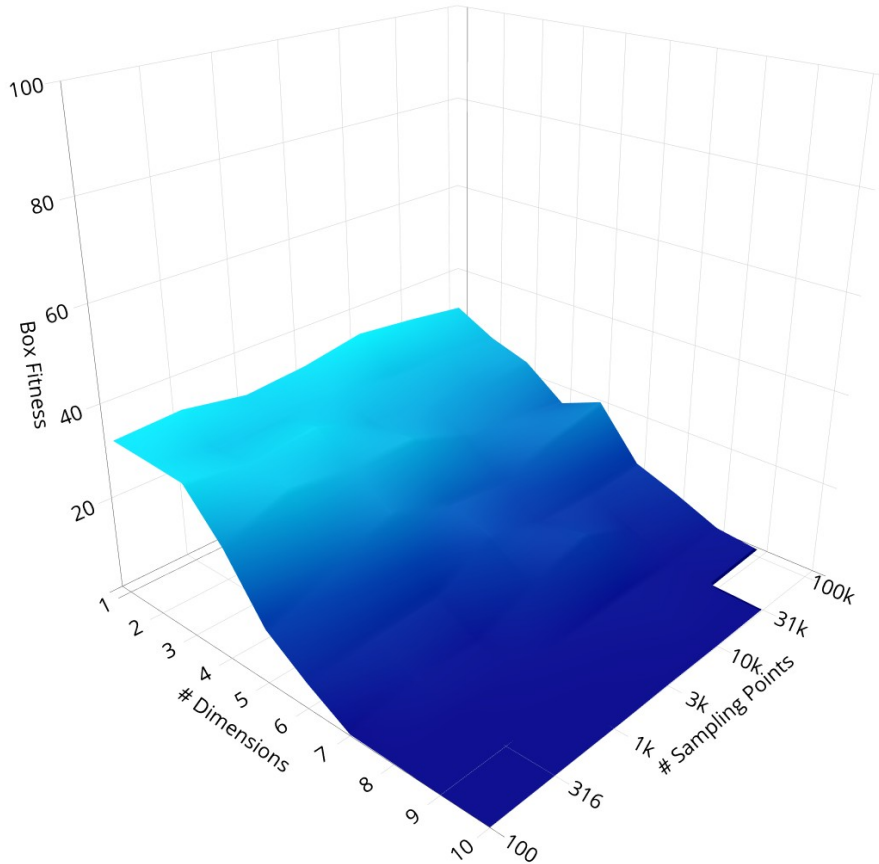
Exact Max Box



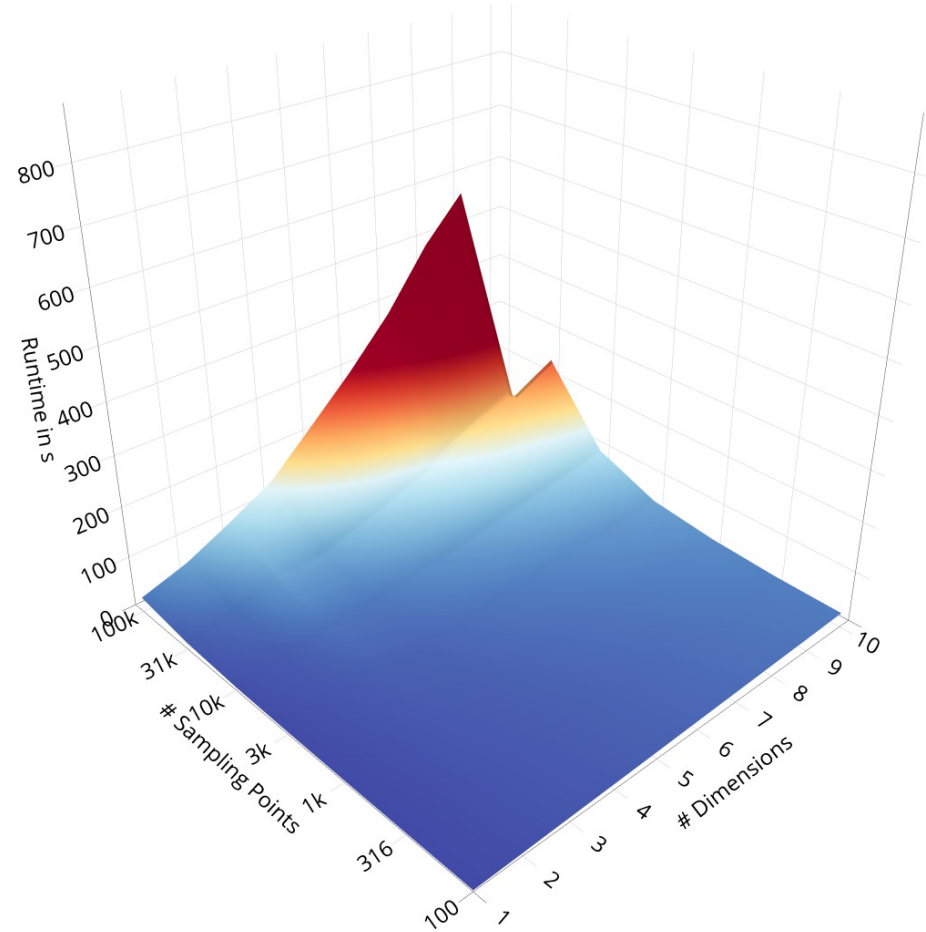
Anneal Max Box

1 - 10D Summenfunktion - Boxmaximierung

Random Max Box



Boxfitness



Laufzeit

Ende-Zu-Ende Evaluation

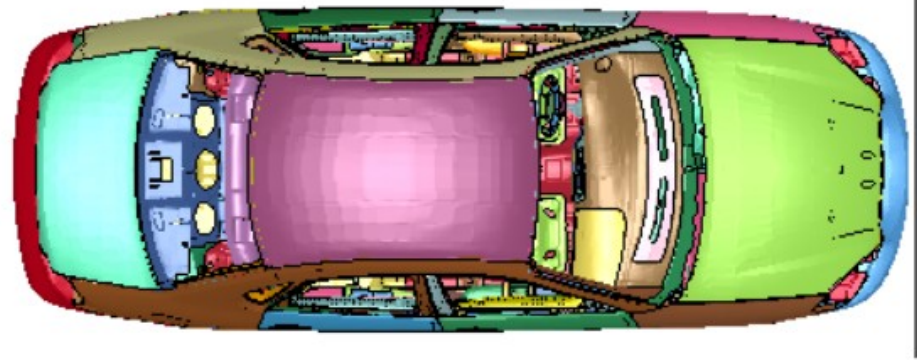
■ Drei Teildatensätze vom US-NCAP-Datensatz

■ 3D US-NCAP

3 Designparameter

■ 10D US-NCAP

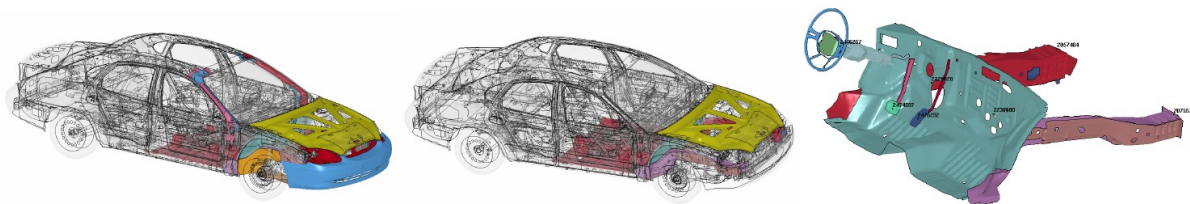
10 Designparameter



Reuter et al. [1]

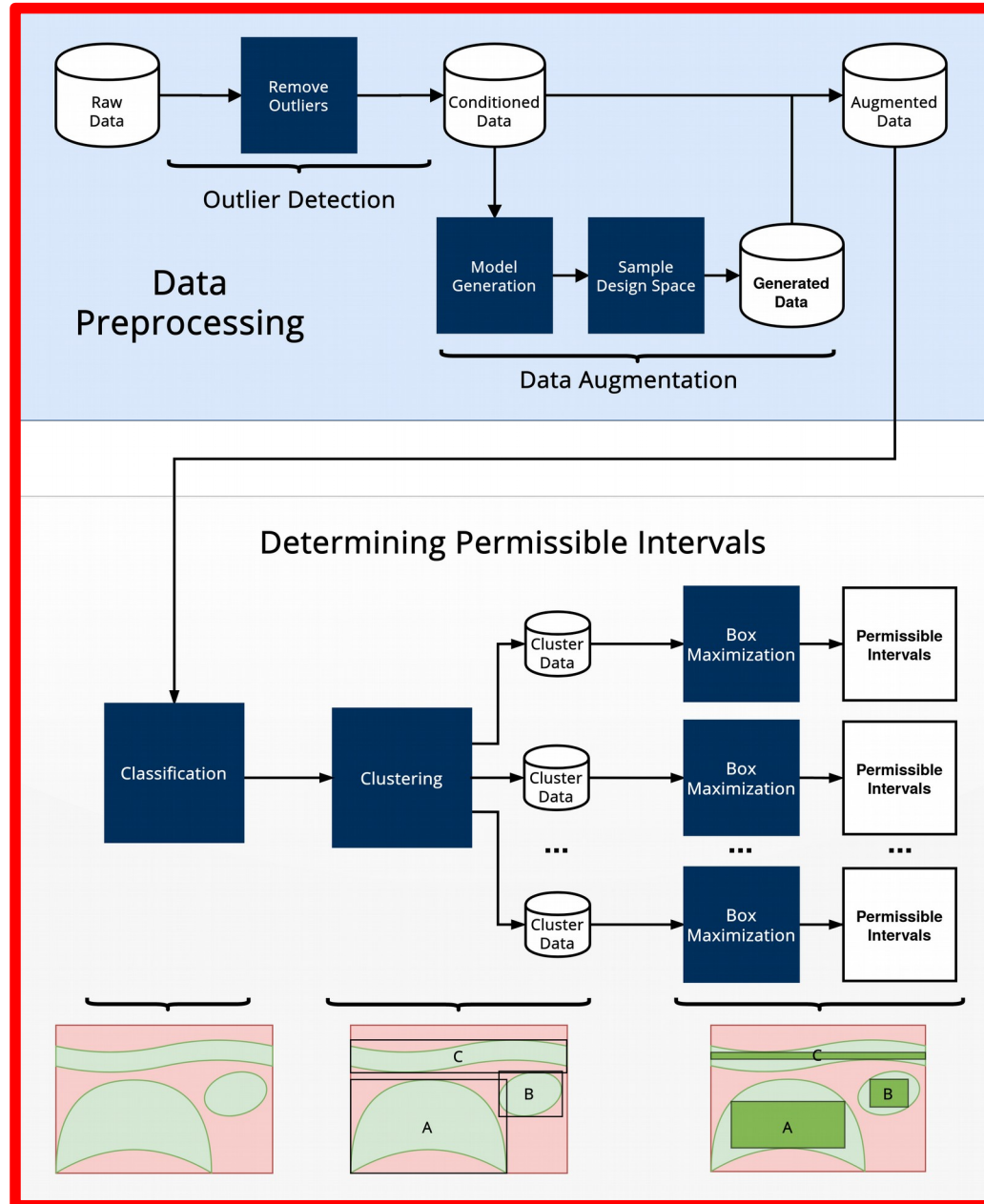
■ 27D US-NCAP

27 Designparameter



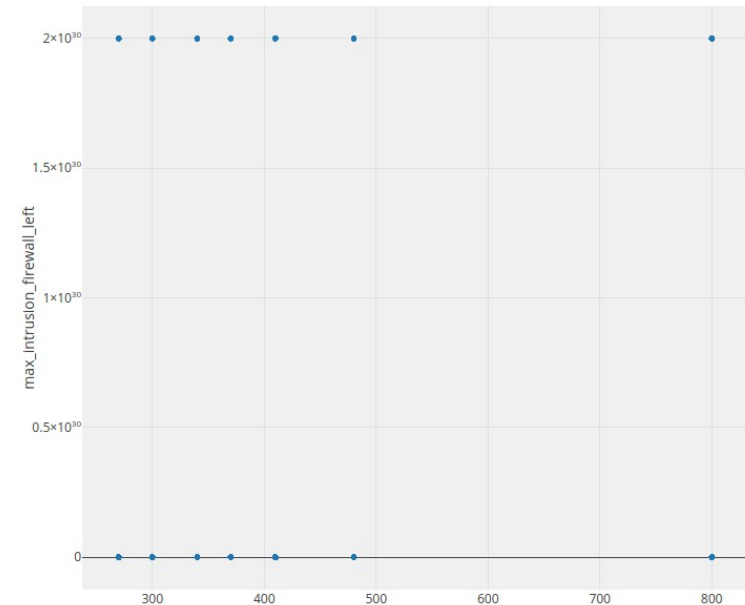
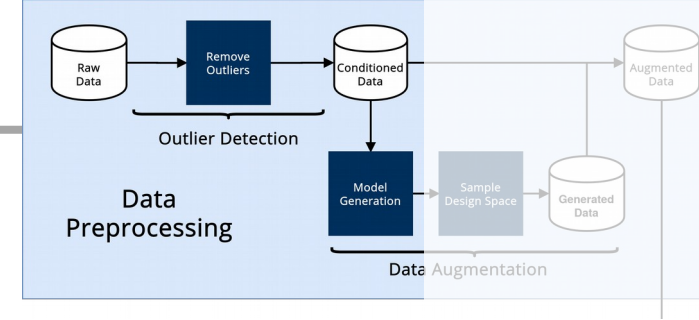
Reuter et al. [1]

Überblick – Ende-zu-Ende Evaluation



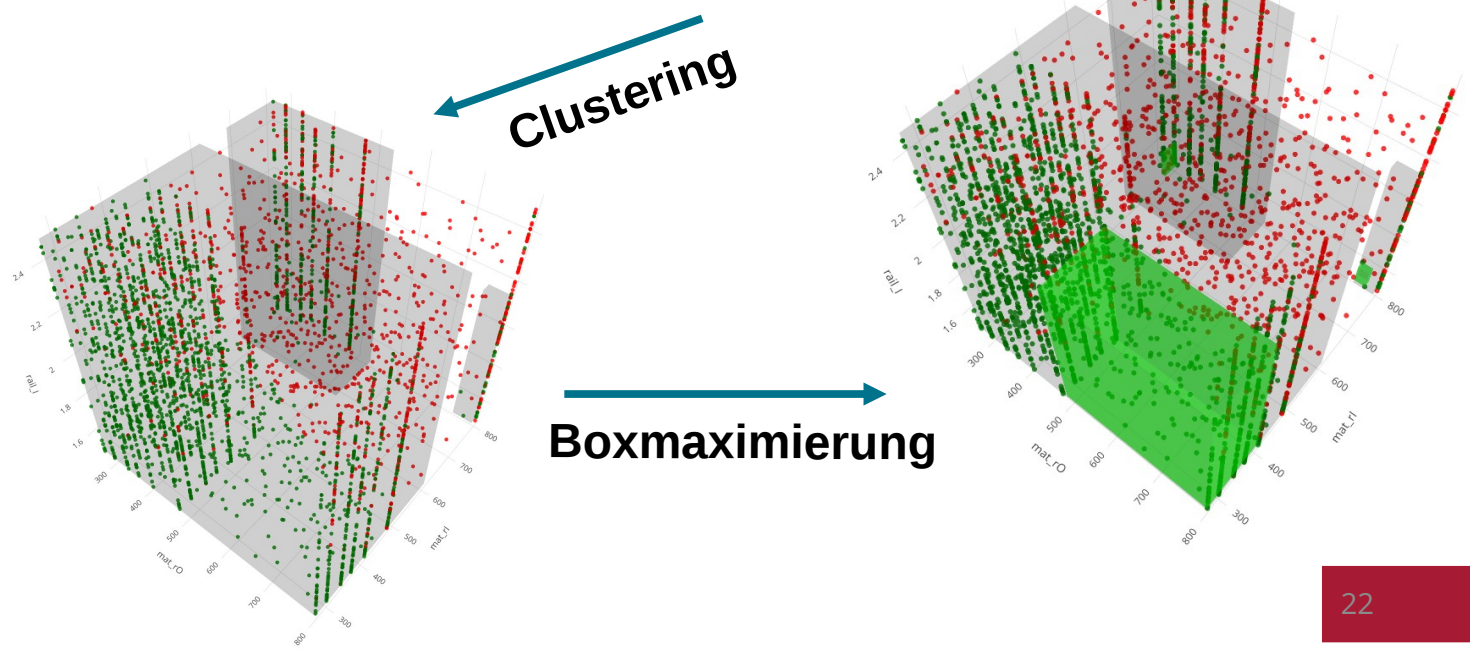
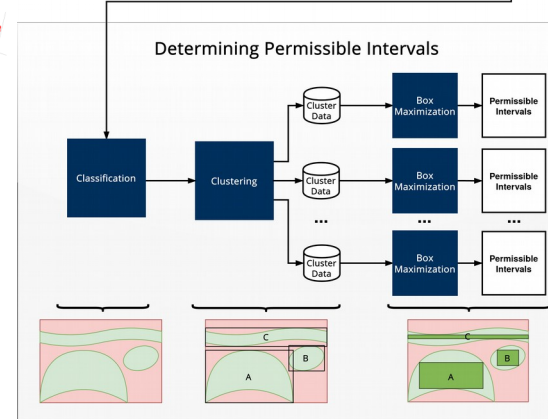
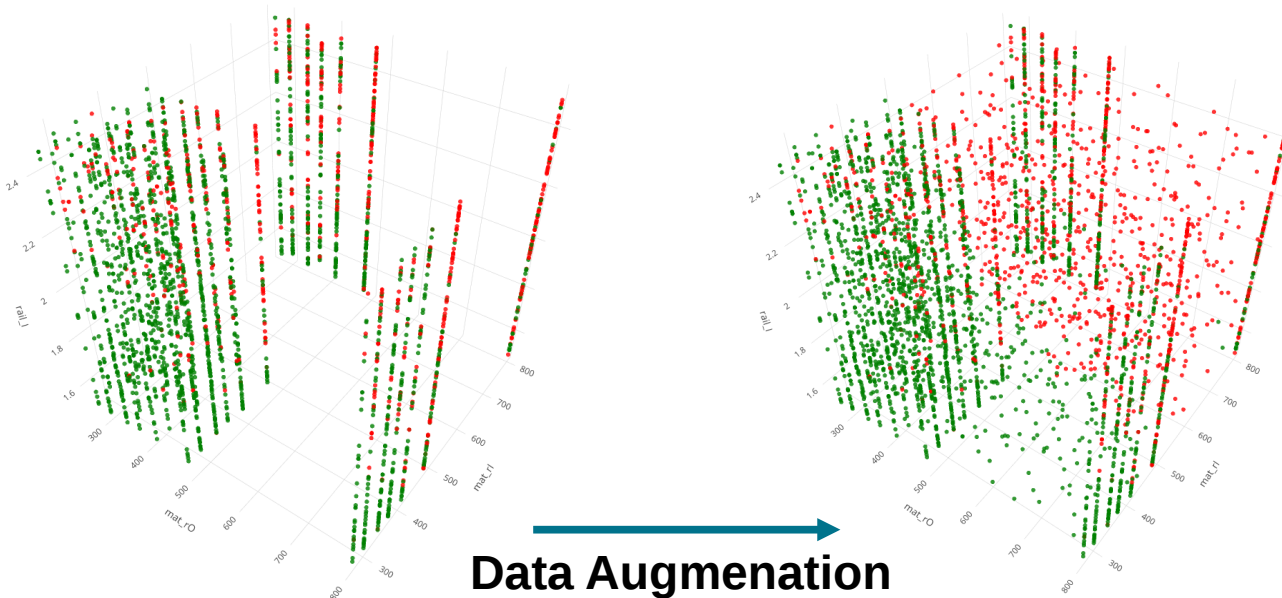
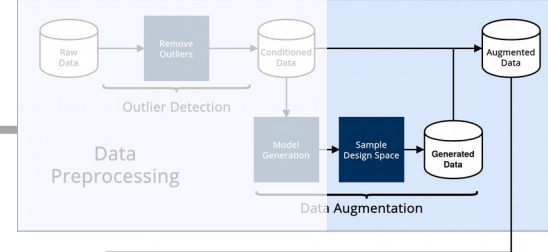
Ausreißer & Modellgenerierung

- 118 Ausreißer im US-NCAP Datensatz
- Ausreißer sind fehlgeschlagene Berechnungen
- Modellerstellung mit Polynomieller Regression
- Ausreißerentfernung erhöht die Modellqualität signifikant

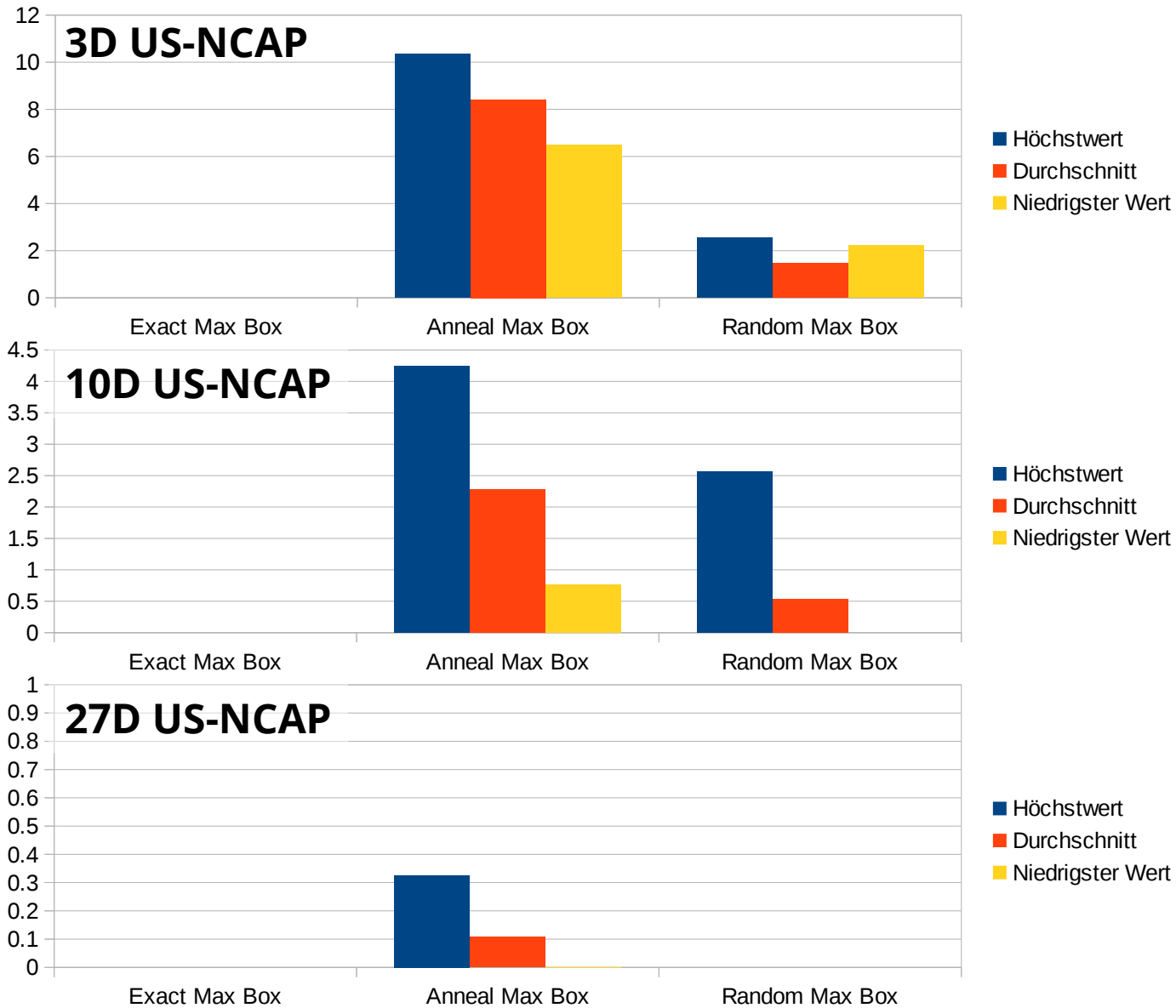


# Design Parameters	Outlier		No Outlier	
	R^2 Test	R^2 Training	R^2 Test	R^2 Training
3D US-NCAP	0.00	0.00	0.41	0.44
10D US-NCAP	-0.01	0.00	0.53	0.56
27D US-NCAP	0.02	0.05	0.72	0.80

3D US-NCAP (Ende-Zu-Ende Evaluation)



US-NCAP Tests - Box Fitness (End-To-End Evaluation)



**Steigende
Varianz
&
Geringere
Boxfitness**

Diskussion / Zukünftige Arbeiten

- Synthetische Daten:
Anneal Max Box funktioniert gut mit den Testproblemen
- Echte Daten:
Über die Ergebnisse kann keine quantitative Aussage gemacht werden, da Benchmarkwerte nicht bekannt sind

- Ausreißerentfernung notwendig vor Modelgenerierung

- Exact & Random Max Box sind mit mehr als 2 Dimensionen praktisch nicht anwendbar

- Auflösungsproblem: Anzahl der Designs approximiert Funktion
→ in hohen Dimensionen immens viele Punkte notwendig
Daher: Dimensionsreduktion mit Sensitivitätsanalyse denkbar

Zusammenfassung der Arbeit

- Software Prototyp wurde entwickelt, der unabhängige, erlaubte Eingabeparameter für Designs findet
- Prototype kann grundsätzlich beliebig viele Dimensionen und Datenpunkten verarbeiten
- Drei Algorithmen zur Boxmaximierung:
Exakter Algorithmus und zwei Heuristiken
- Metaheuristik Simulated Annealing zur Erstellung eines heuristischen Algorithmus
- Prototyp wurde in einer komponentenweisen Evaluation und in einer Ende-zu-Ende Evaluation getestet

Prototyp-Präsentation

Jetzt: Live-Präsentation



Projects and Collections x

Analysis x

Data Grid

Active	Outlier	Label	Input	VEHICLE_OLC_VIDEO_RIGHT	HPNT100PR3DZ
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.401829249090549	0.758461914682778	0.25
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.381445149303404	0.758461914682778	0.32
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.325848535172643	0.390747949585778	0.41
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.332673879499683	0.390747949585778	0.36
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU651_Oxx_K	0.430723944415178	0.117651375165827	0.86
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU651_Oxx_K	0.413544298115583	0.117651375165827	0.98
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.365098586065094	0.745792980578206	0.54
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.44250052231538	0.745792980578206	0.47
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.413690227031111	0.903097430112283	0.58
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.477384433149722	0.903097430112283	0.48
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.083189755056854	0.699275195203895	0.25
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.317582336700658	0.699275195203895	0.40
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU651_Oxx_...	0.689741487202134	0.83052061172755	1
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	AU651_Oxx_...	0.726490107154115	0.83052061172755	0.80
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.114599725410726	0.906440317698161	0.51
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.370875460664871	0.906440317698161	0.55
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU583_Oxx_K	0	0.844462204708172	0.16
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU583_Oxx_K	0.289030878291524	0.844462204708172	0.35
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.270530109390521	0.277373806846757	0.51
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU581_Oxx_K	0.265288738727394	0.277373806846757	0.51
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU583_Oxx_K	0.209790865078362	0.841752050597689	0
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU583_Oxx_K	0.270551410054647	0.841752050597689	0.01
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU583_Oxx_K	0.275528134816137	0.667162019692225	0.38
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU583_Oxx_K	0.220915127537731	0.667162019692225	0.33
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	AU651_Oxx_...	0.517834336520052	0.180382264404087	0.87

Scenarios x

Quickfilter...

- DAB (0/0)
- PAB (0/0)
- Combi_Front (0/0)

Plots

Overview x

3D Plot x

Scatterplot x

Scatterplot x

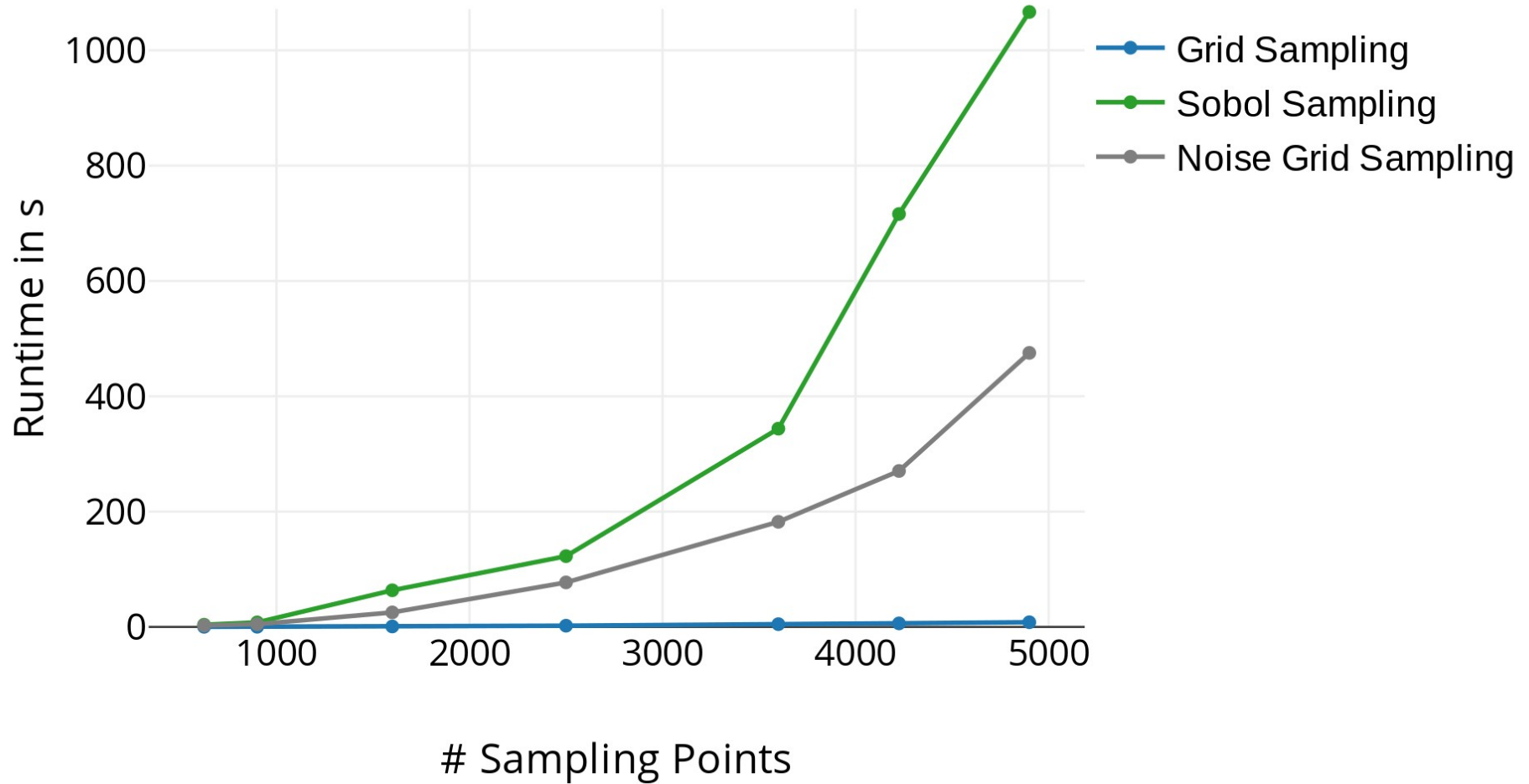
Vielen Dank!

SCALE 

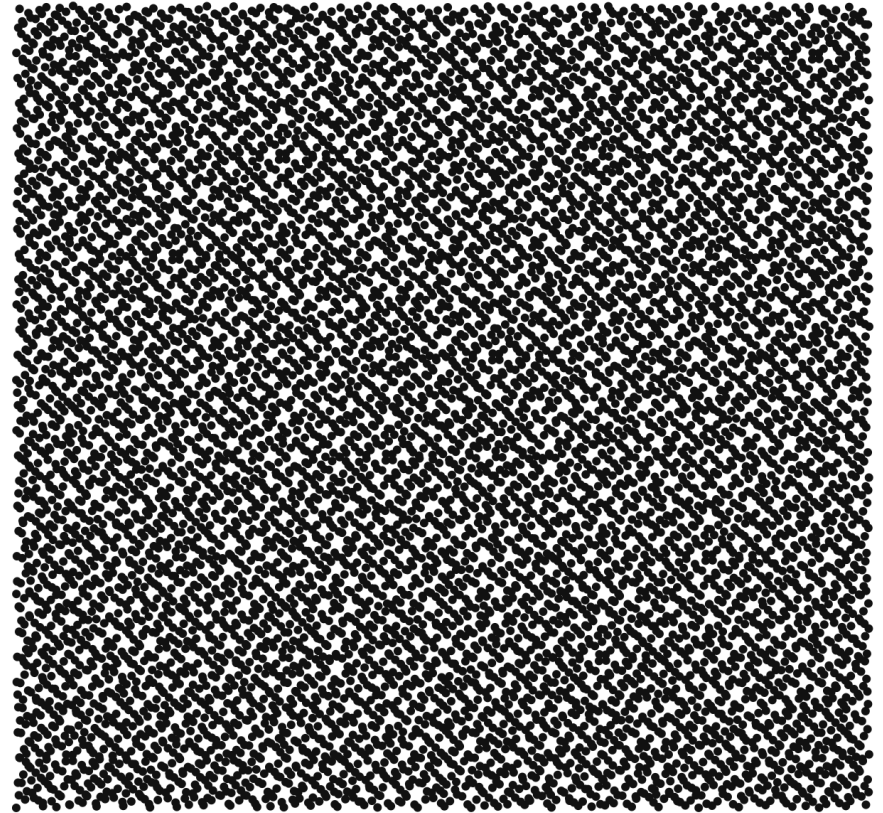
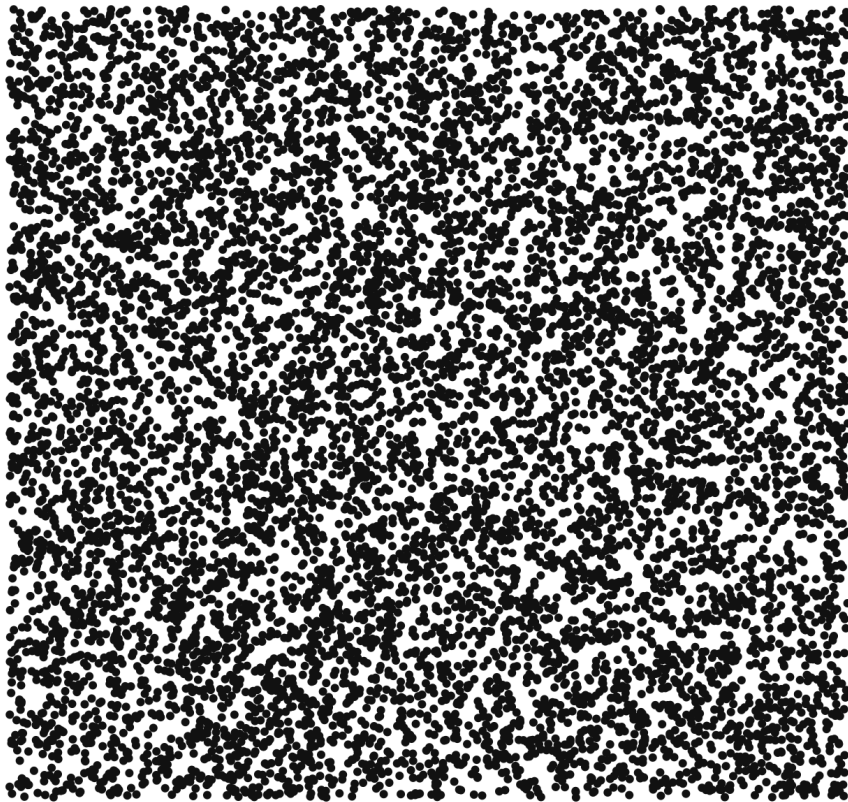
Bildquellen

- 1. Uwe Reuter, Zeeshan Mehmood, Clemens Gebhardt, Martin Liebscher, Heiner Müllerschön and Ingolf G. Lepenies. Using Is-opt for meta-model based global sensitivity analysis. 01/2011.

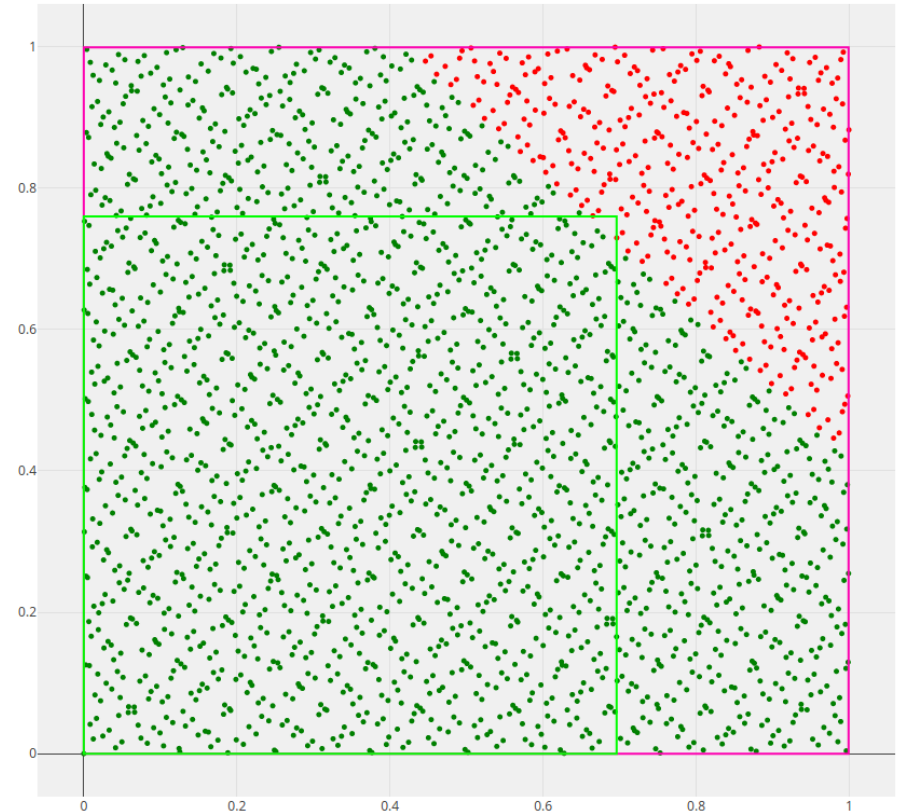
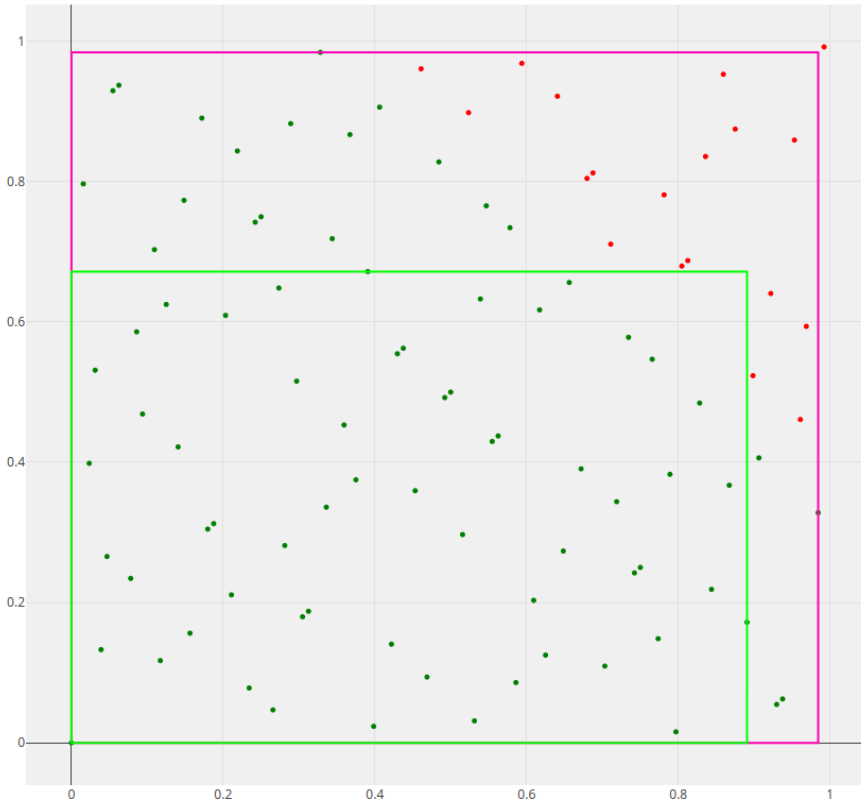
Laufzeitunterschied Grid vs. Sobol Sampling



Random Sampling vs. Sobol Sampling



Sobol Überschätzung / Grid Unterschätzung



Verwandte Arbeit von Zimmermann et al.

