

Ableitung von Bewegungsmodellen für Anwendungen in der Schüttgutsortierung mittels Machine Learning

Tobias Hornberger
betreut von Florian Pfaff

Intelligent Sensor-Actuator-Systems Laboratory (ISAS),
Institute for Anthropomatics and Robotics,
Karlsruhe Institute of Technology (KIT),
Karlsruhe, Germany

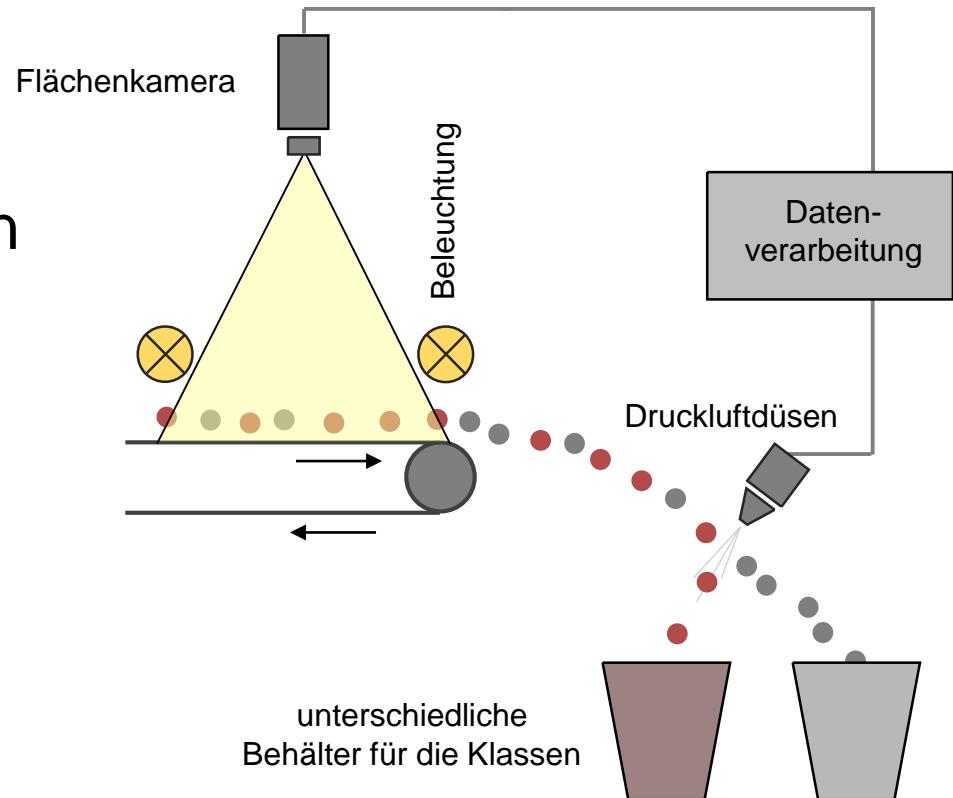


<https://isas.iar.kit.edu>



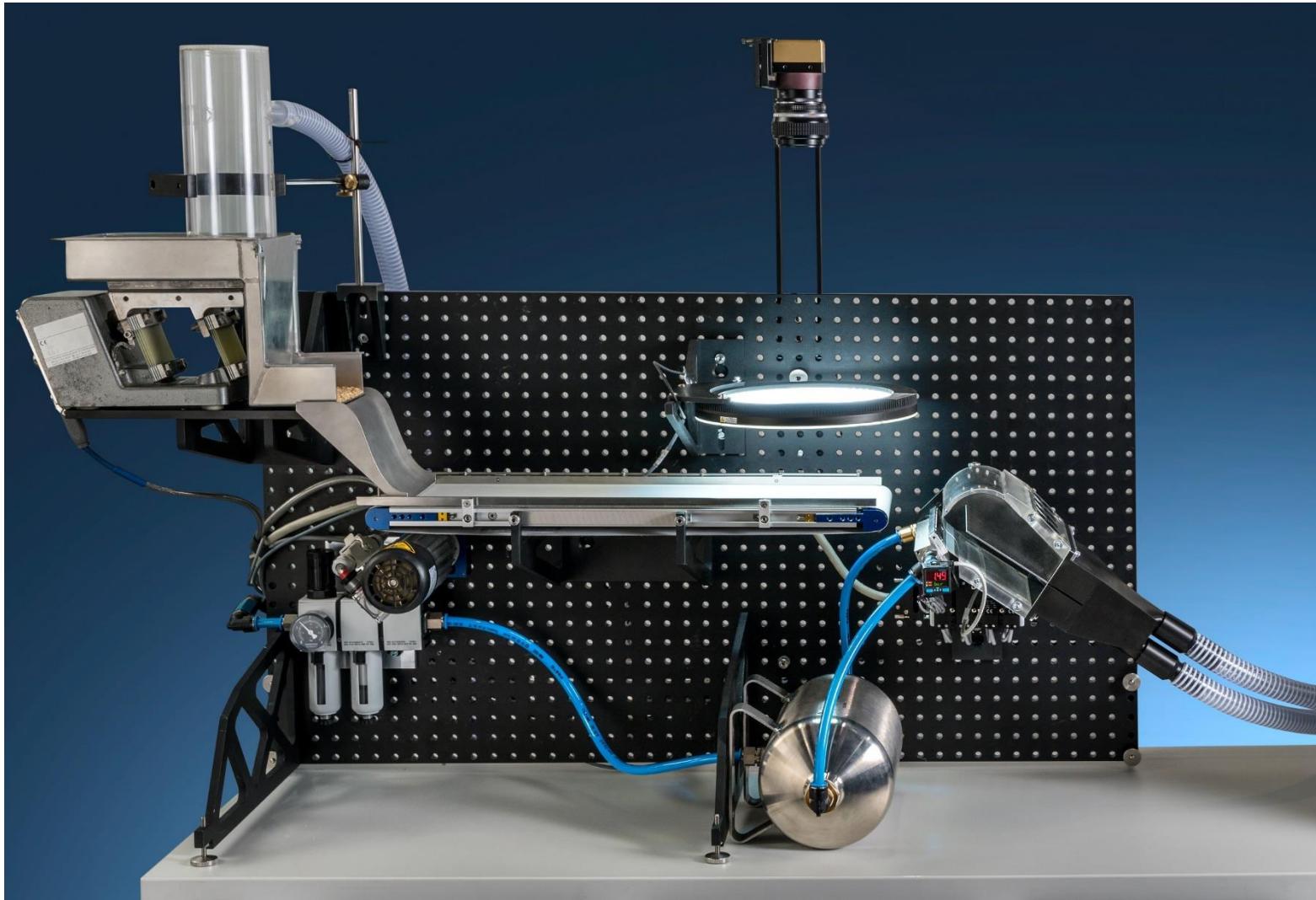
Optische Schüttgutsortierung

- Erweiterung mit Flächenkamera
- Mehrere Beobachtungen pro Partikel
- Bewegungsmodelle für Prädiktion



[1]

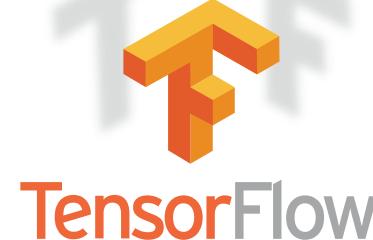
Setup *TableSort*



[2]

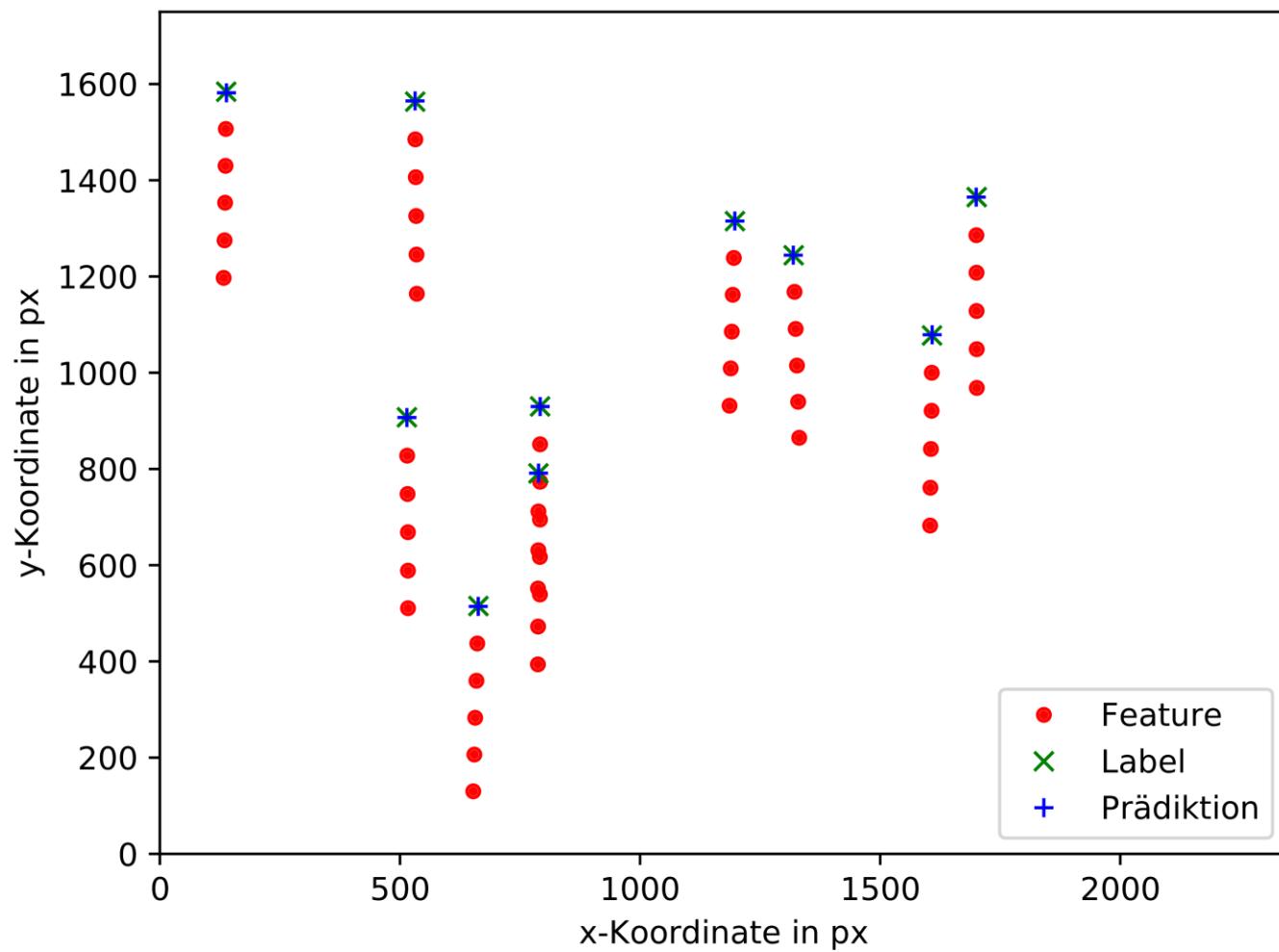
Neuronale Netze

- Feed Forward Netze
- Implementiert im TensorFlow Framework
- Input Features:
x- und y-Koordinaten in den n letzten Zeitschritten
- NextStep-Prädiktion und Separator-Prädiktion

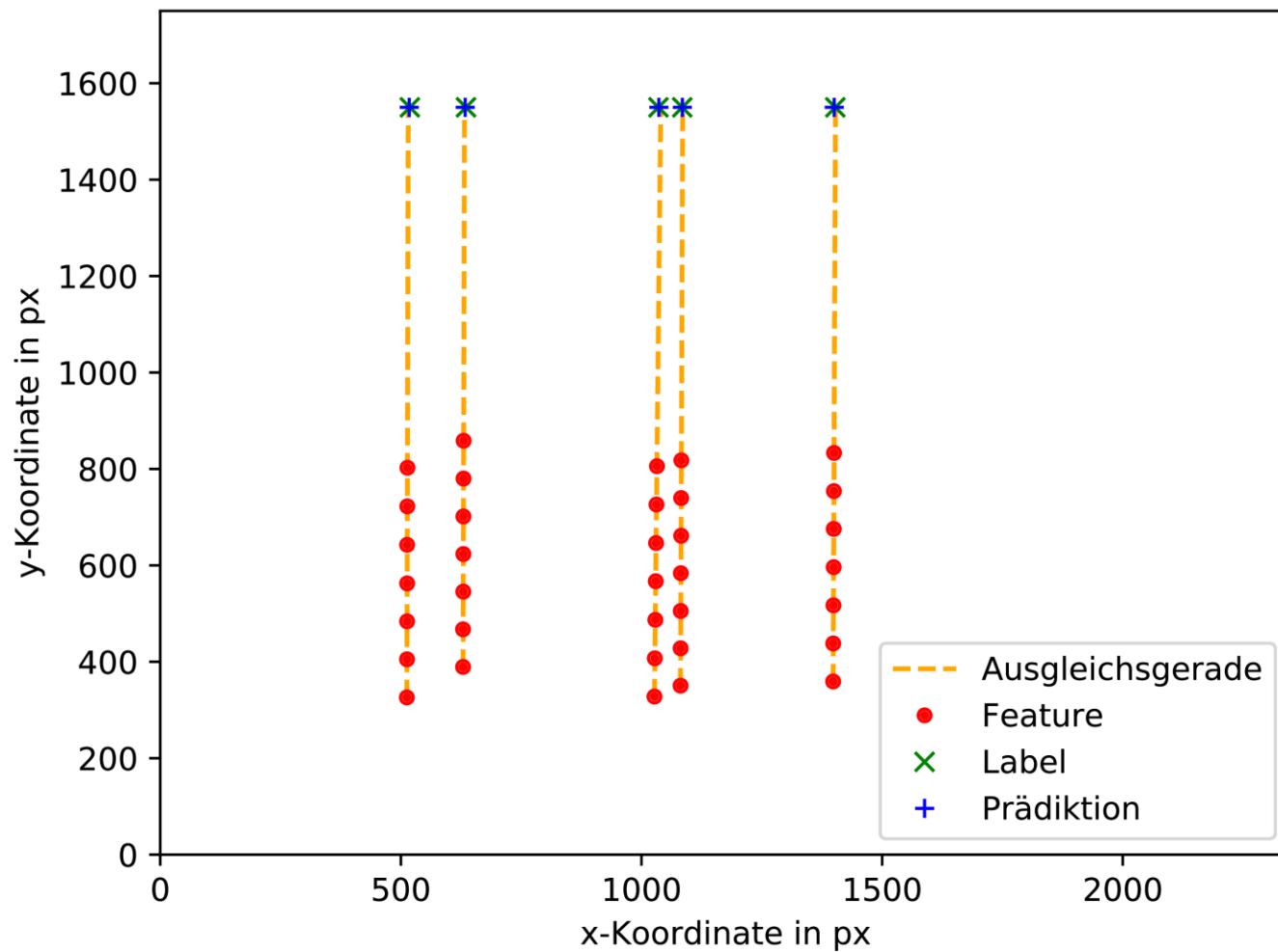


[3]

NextStep-Prädiktion

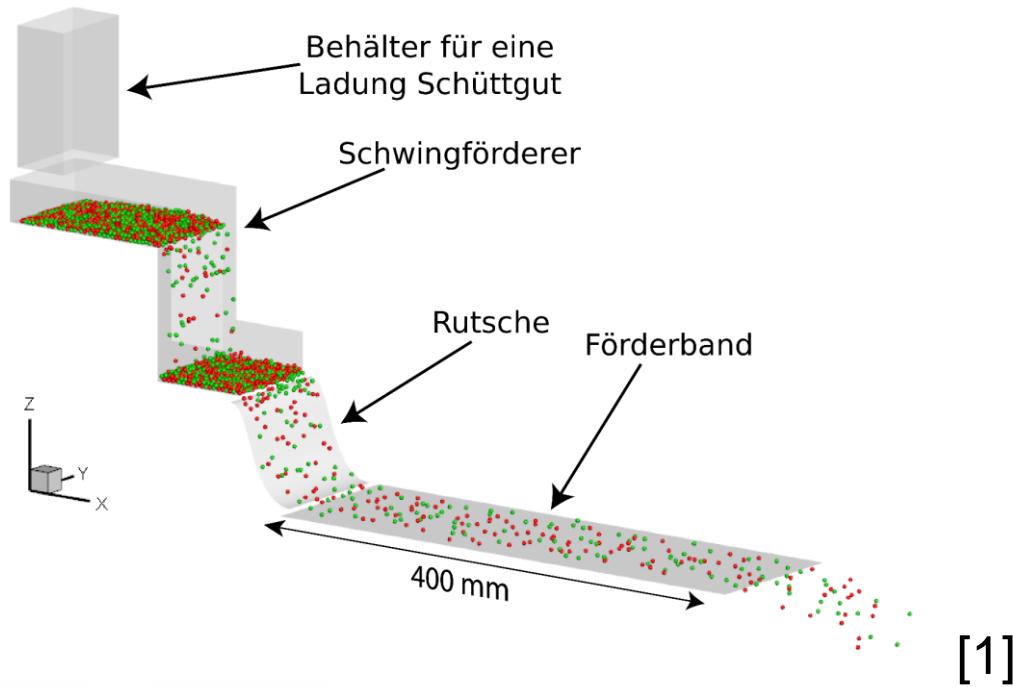


Separator-Prädiktion



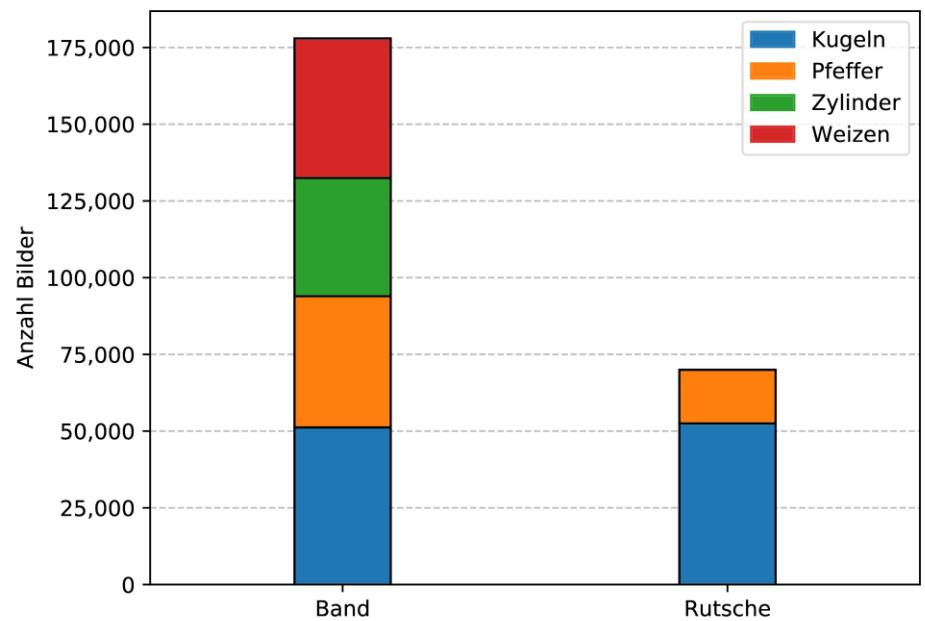
DEM-Simulation

- Simuliert mit Diskrete-Elemente-Methode
- Komplettes Band abgebildet
- Keine Unsicherheiten



Selbst gesammelte Daten

- Verschiedene Schüttgüter
- Förderband und Rutsche
- knapp 250.000 Bilder
 - 2320x1726 px
 - 193 Frames per second



Schüttgüter



Kugeln



Zylinder



Pfefferkörner

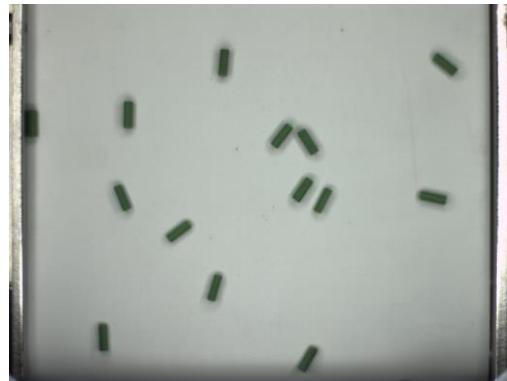


Weizenkörner

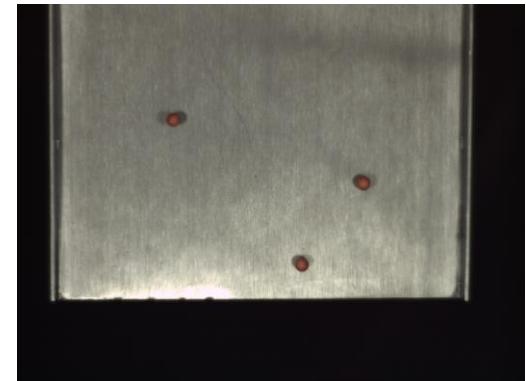
Schüttgüter beim Transport



Kugeln



Zylinder



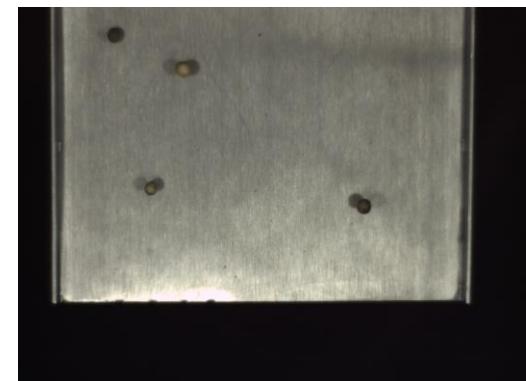
Kugeln



Pfefferkörner



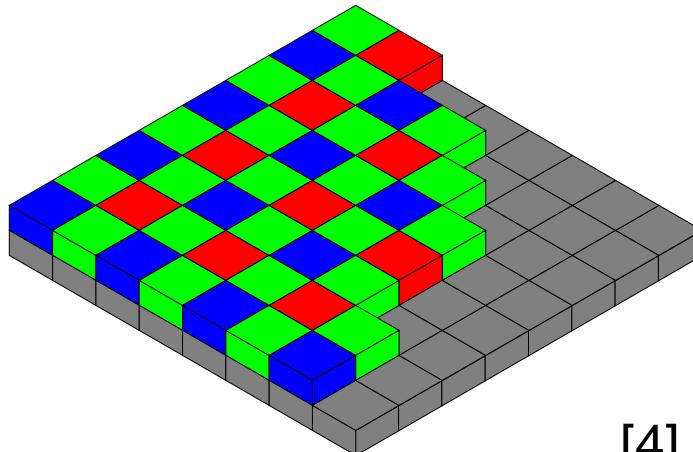
Weizenkörner



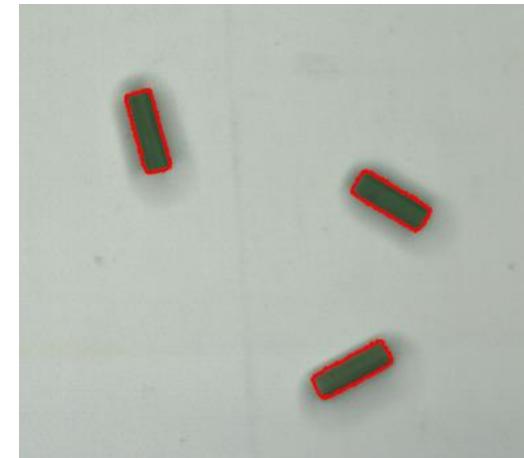
Pfefferkörner

Extraktion der Tracks

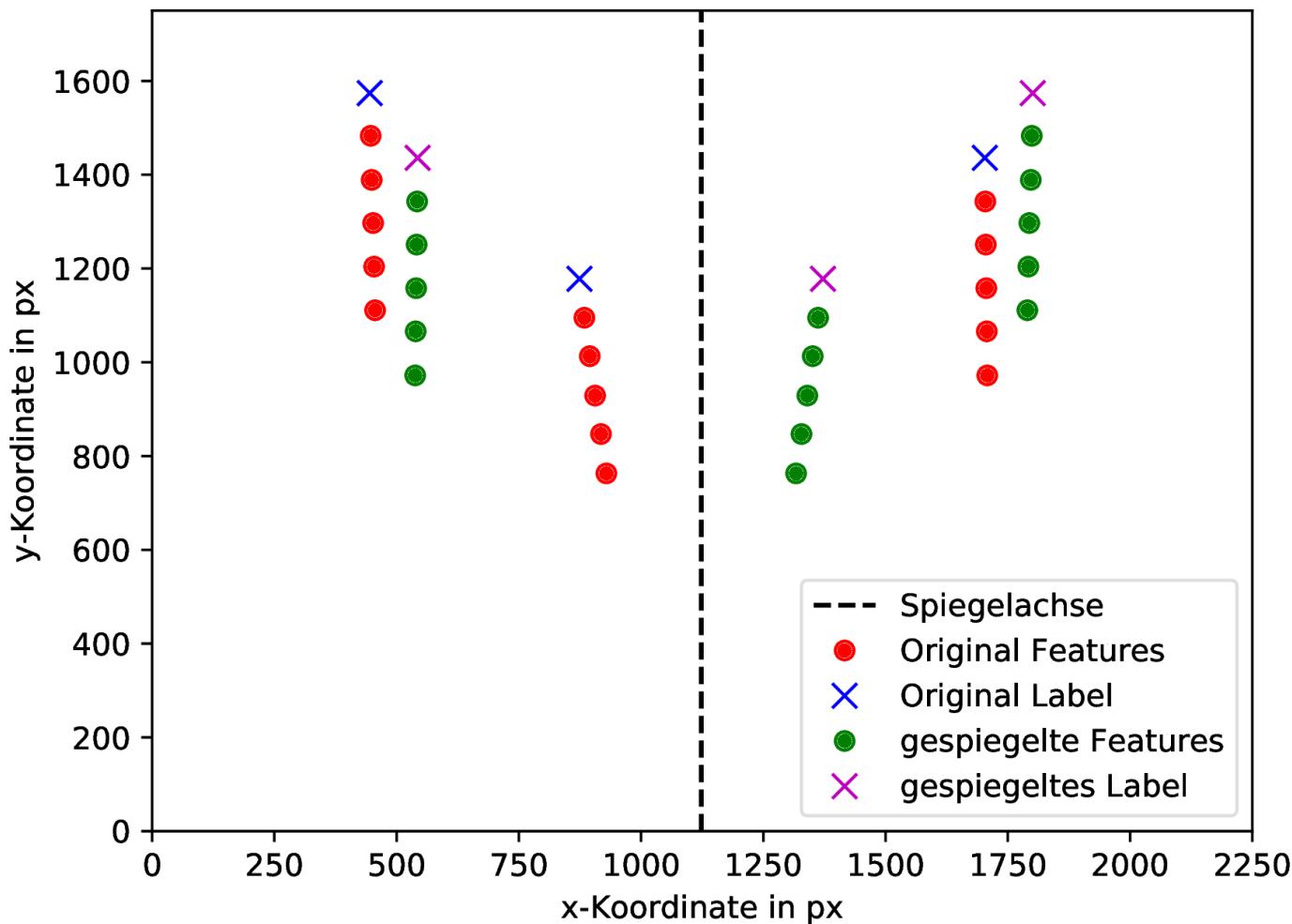
1. Aufnahmen von der Kamera
 - Batches zu je 3.500 Bildern im Bitmap Format
 - Bayer-Filter
2. Konvertieren zu RGB-Bildern (“demosaicing”)
3. Segmentieren und Mittelpunktpositionen bestimmen
4. Mittelpunkte einzelnen Tracks zuordnen,
durch Tracking mit einfachem Modell



[4]



Data Augmentation

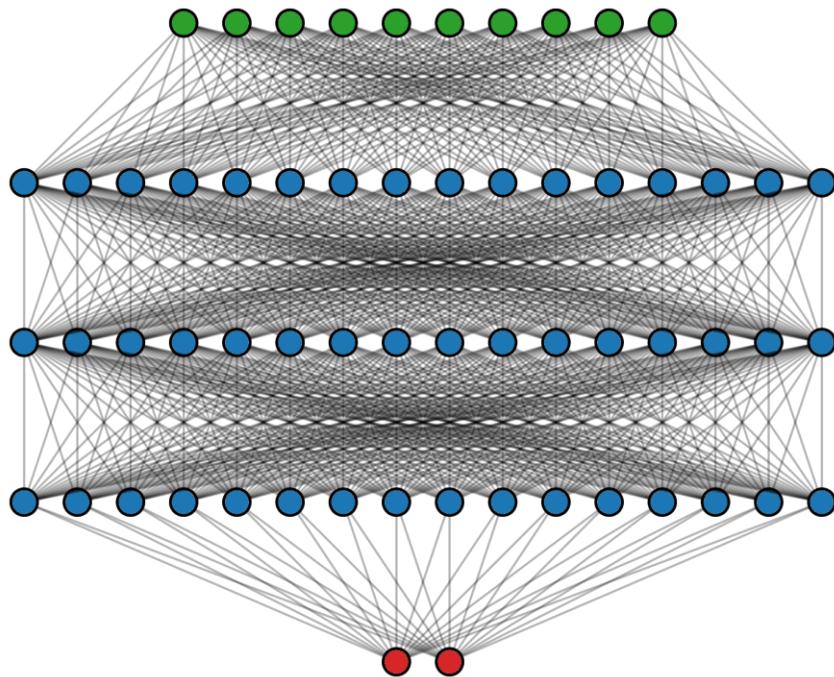


Hyperparameter

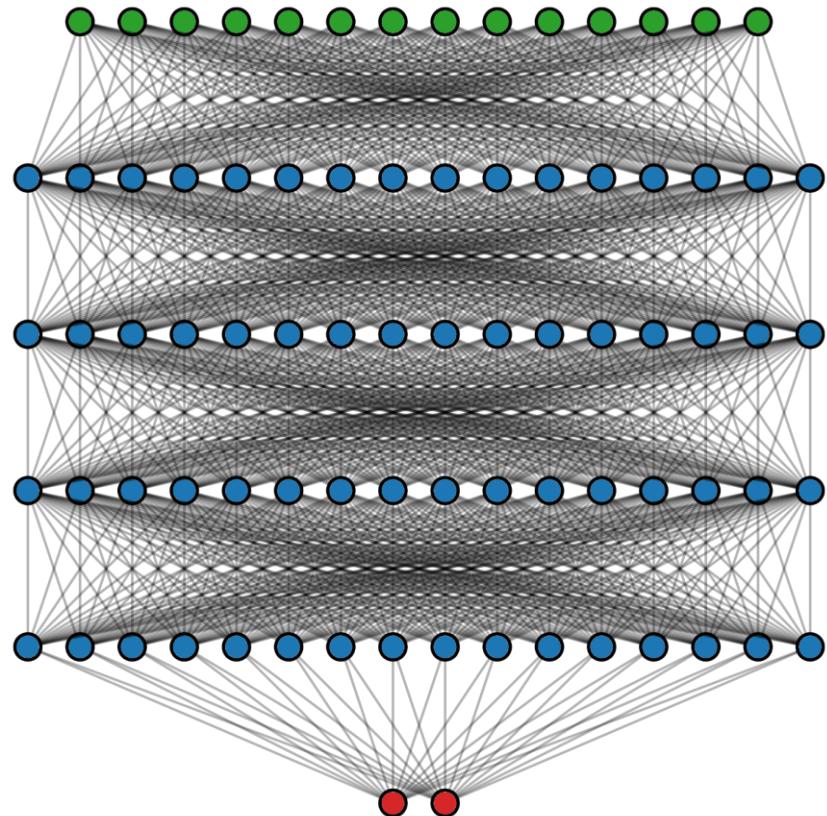
- Parameter, die vor dem Training festgelegt werden
- Beispiele:
 - Anzahl Zeitschritte für die Eingabe
 - Netztiefe
 - Lernrate
- Hyperparameter-Tuning:

NextStep	Separator
Keine Regularisierung	L_1 -Regularisierung
3000 Epochen Training	1000 Epochen Training
Langsameres Verkleinern der Lernrate	Schnelleres Verkleinern der Lernrate

Visualisierung der Architekturen

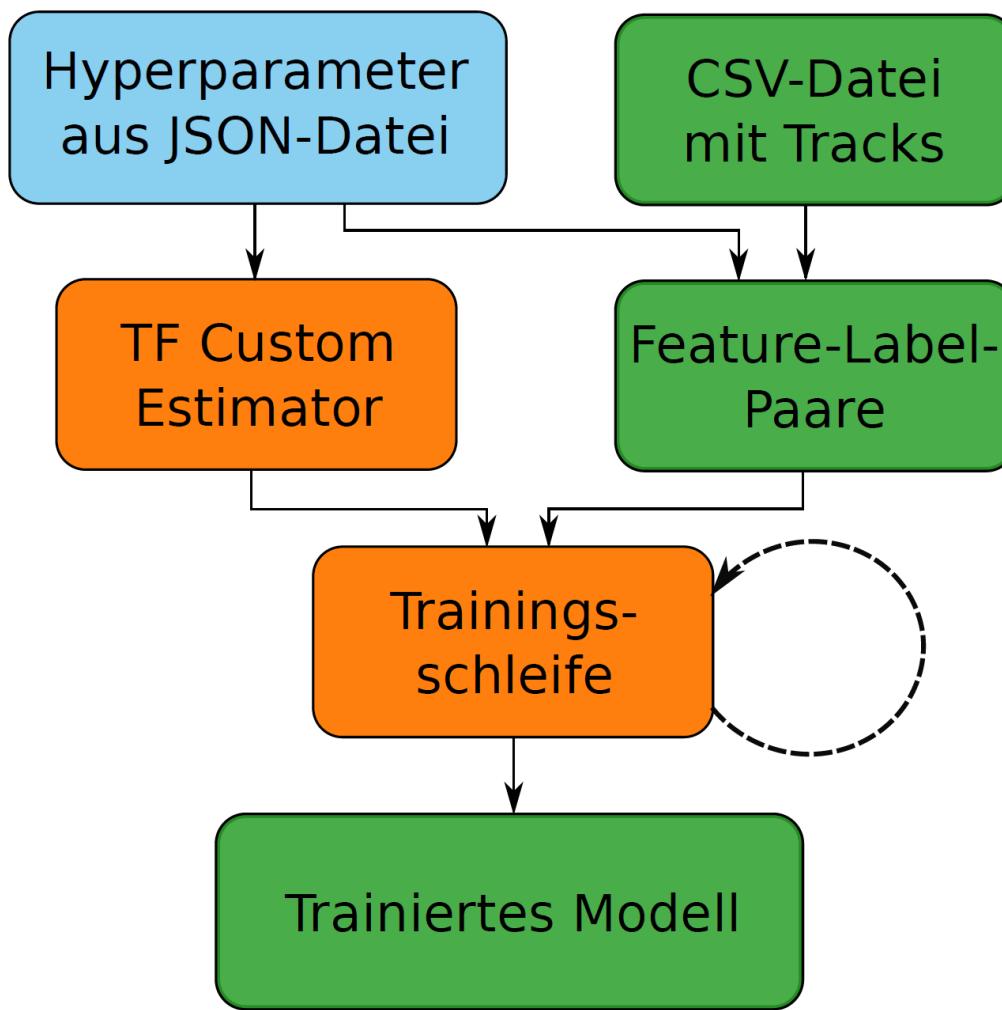


NextStep

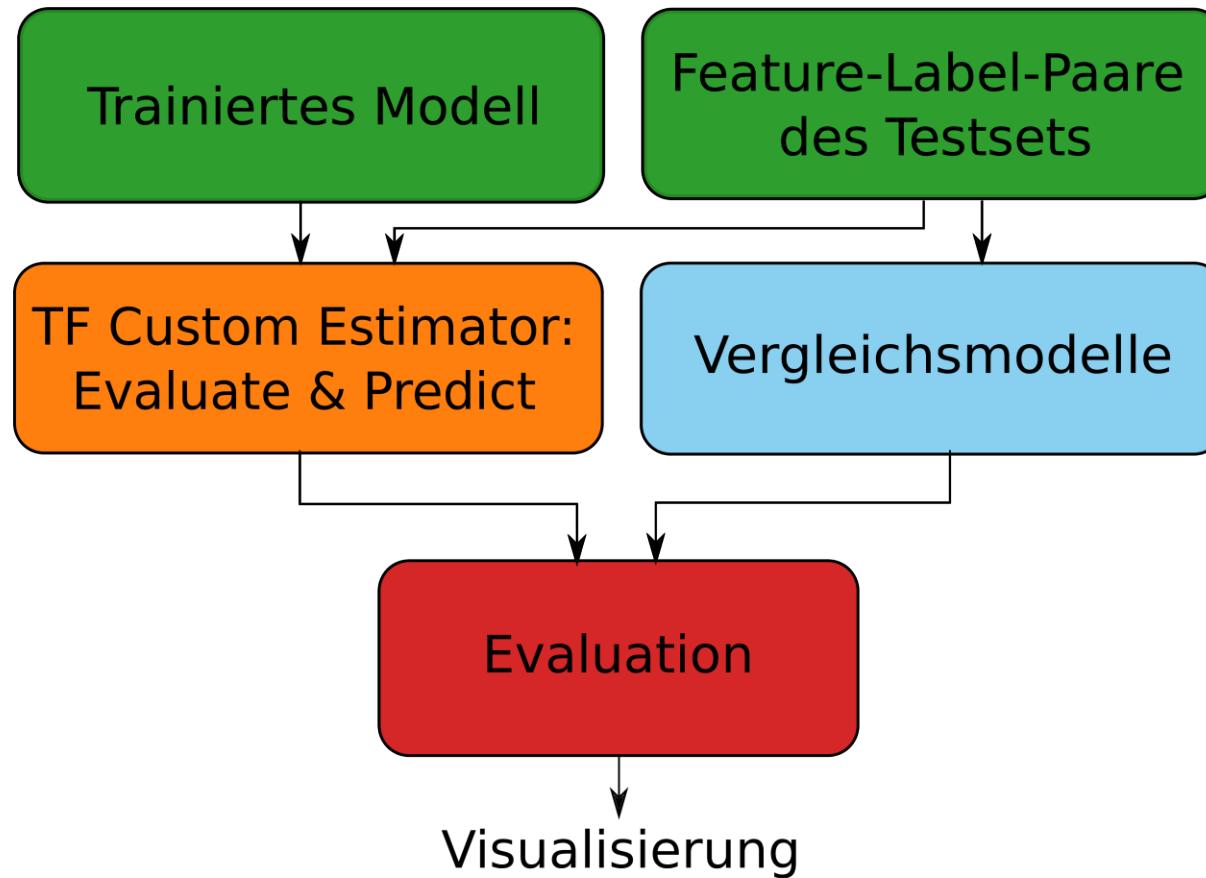


Separator

Implementierung des Trainings



Implementierung der Evaluation

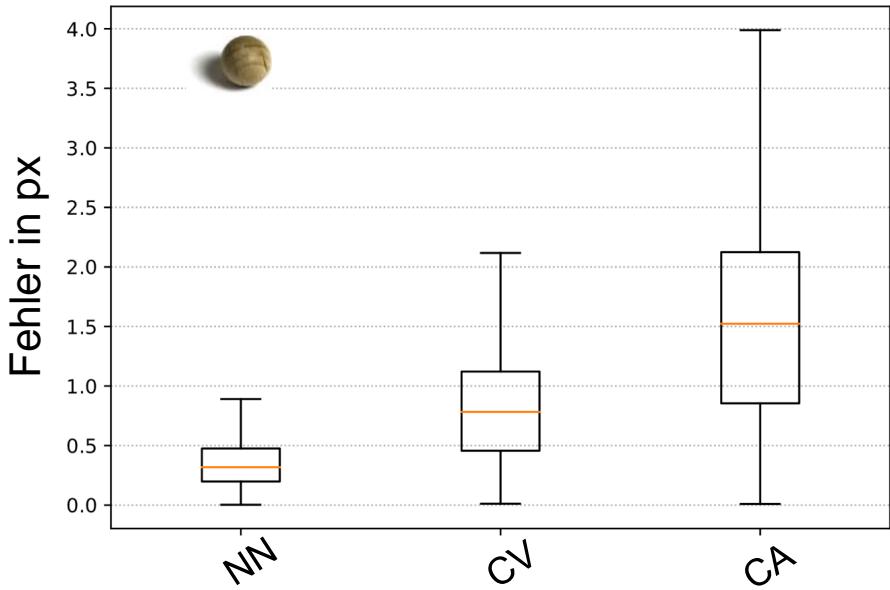


Evaluation

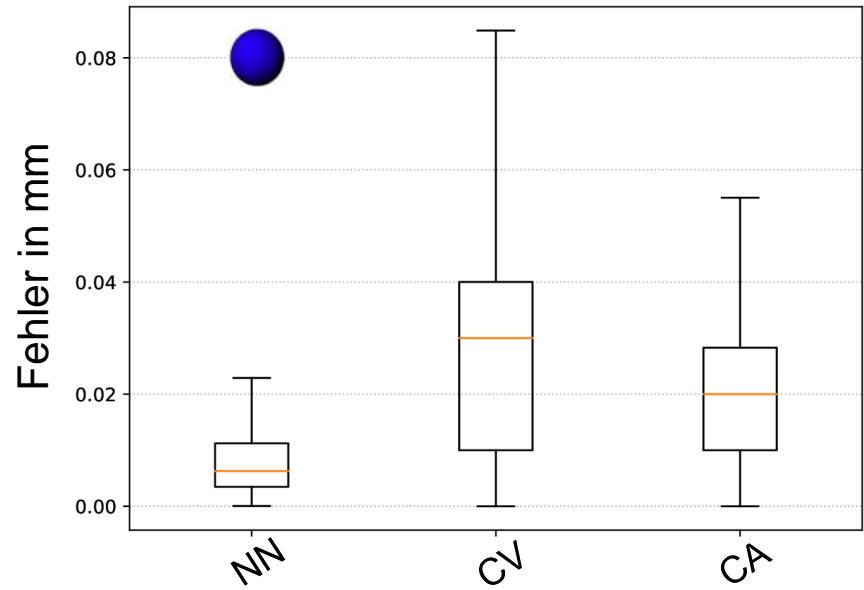
- Vergleichsmodelle:
 - Constant Velocity (CV)
 - Constant Acceleration (CA)
 - Bias-Corrected Constant Velocity (CVBC)
 - Average Acceleration (AA)
 - Identical Acceleration (IA)
- Boxplots:
 - Median
 - 25%- und 75%-Quantil
 - Whiskers: 1,5x-Interquartilsabstand



Beispiel: Evaluation NextStep

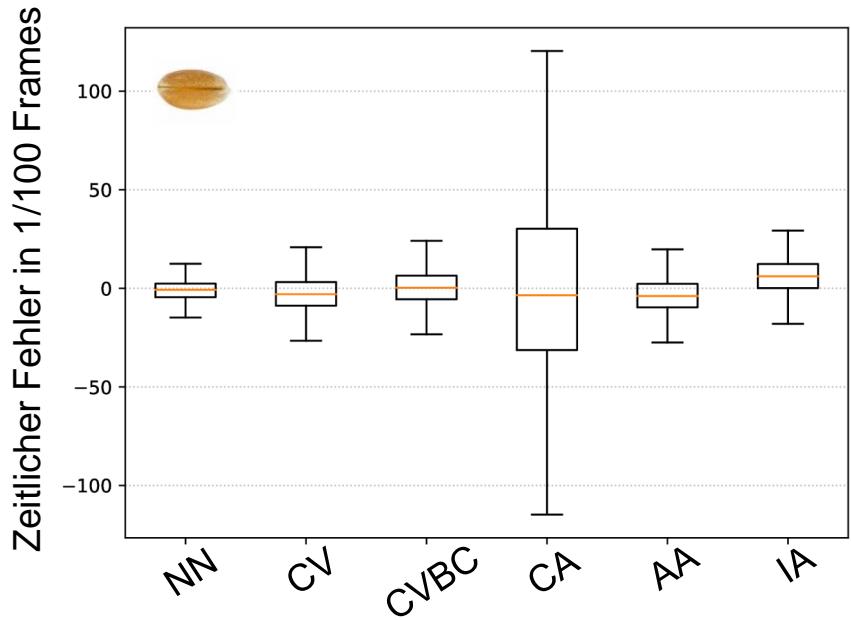


Kugeln aus dem
eigenen Datensatz

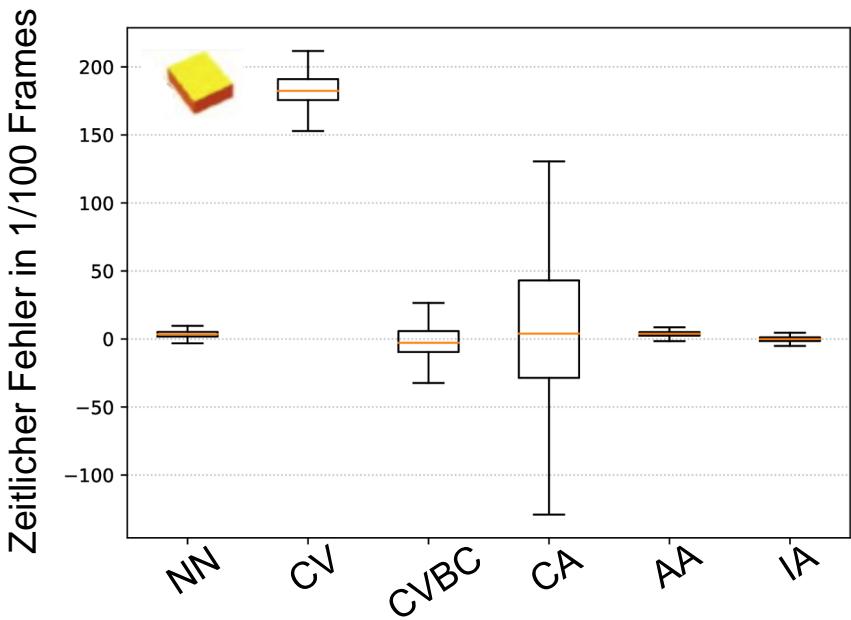


Kugeln aus dem DEM-Datensatz

Beispiel: Evaluation Separator



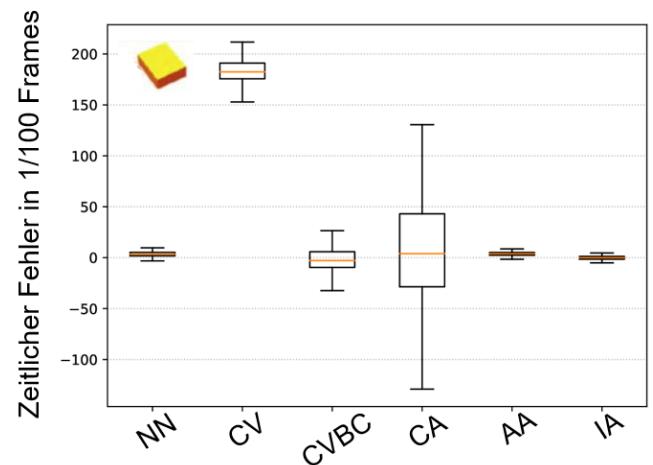
Weizenkörner aus dem eigenen Datensatz
Zeitlicher Fehler



Plättchen aus dem DEM-Datensatz
Zeitlicher Fehler

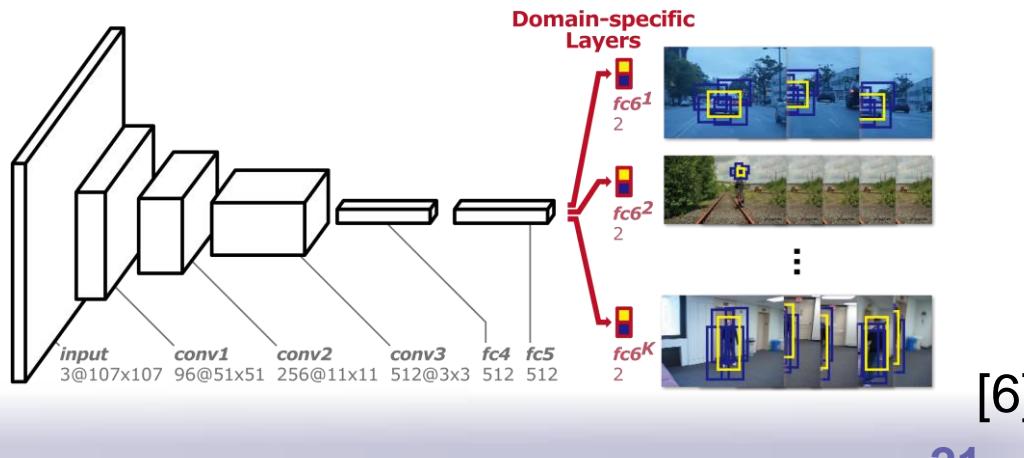
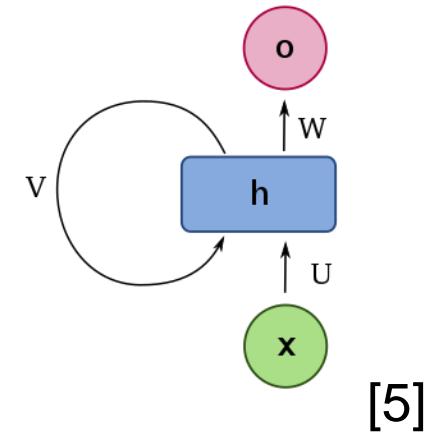
Zusammenfassung

- Aufnahmen von unterschiedlichen Schüttgütern
- Datenpipeline für die Extraktion der Features aus Bildern
- Implementierung für das Training von neuronalen Netzen in verschiedene Szenarien
- Hyperparameter-Optimierung
- Evaluation der Ergebnisse



Ausblick

- Weitere Modellierungen erproben
 - Input in anderem Format
 - Rekurrente neuronale Netze
- Ende-zu-Ende Lernen
 - Bilddaten als Eingabe
 - Neue algorithmische Ansätze



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit!

Intelligent



Sensor-Actuator-Systems

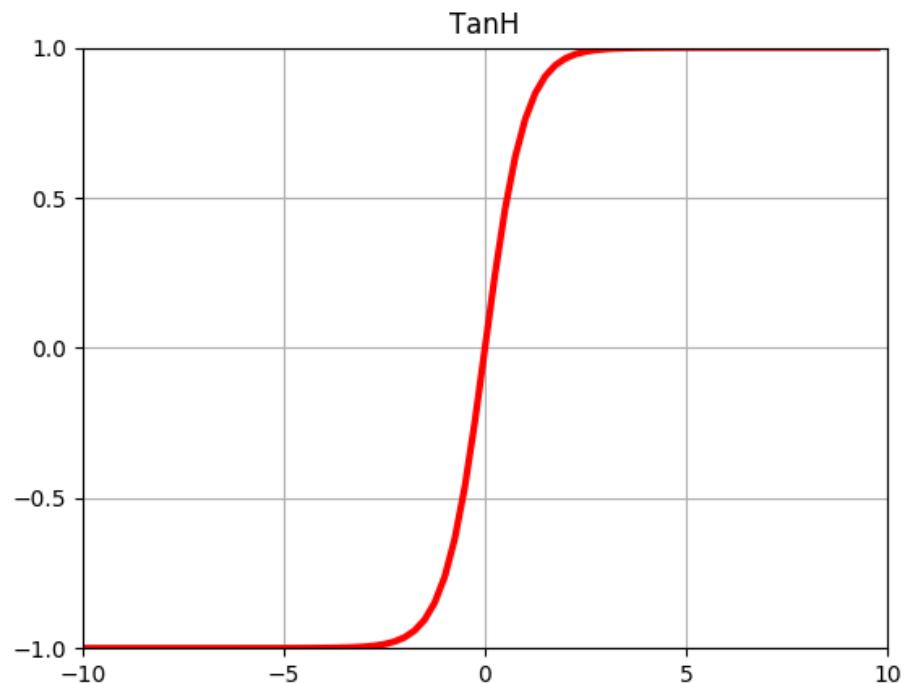
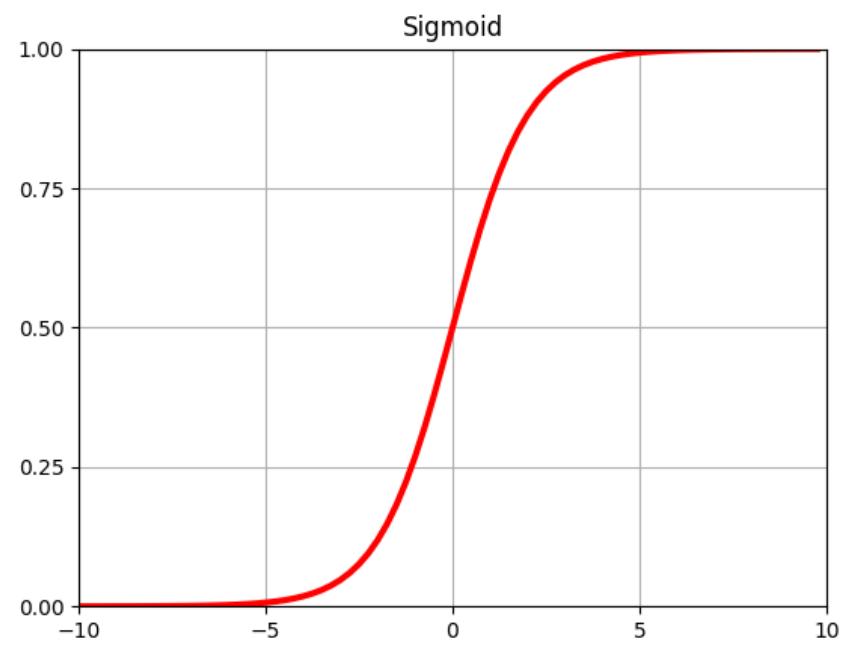
Quellen

- [1] F. Pfaff, „Multitarget Tracking Using Orientation Estimation for Optical Belt Sorting“, Dissertation, Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, 2018.
- [2] ‘TrackSort Schüttgutsortierer’ - Fraunhofer IOSB
- [3] ‘Tensorflow Logo’ - <https://github.com/tensorflow/tensorflow>
- [4] ‘Bayer pattern on sensor’ By Cburnett [GFDL, CC-BY-SA-3.0 or GPL] from Wikimedia Commons
- [5] ‘Recurrent neural network unfold’ By François Deloche from Wikimedia Commons, 19. Juni 2017
- [6] Hyeonseob Nam, Bohyung Han,
“Learning Multi-Domain Convolutional Neural Networks for Visual Tracking”
Pohang University of Science and Technology, ComputerVision Lab

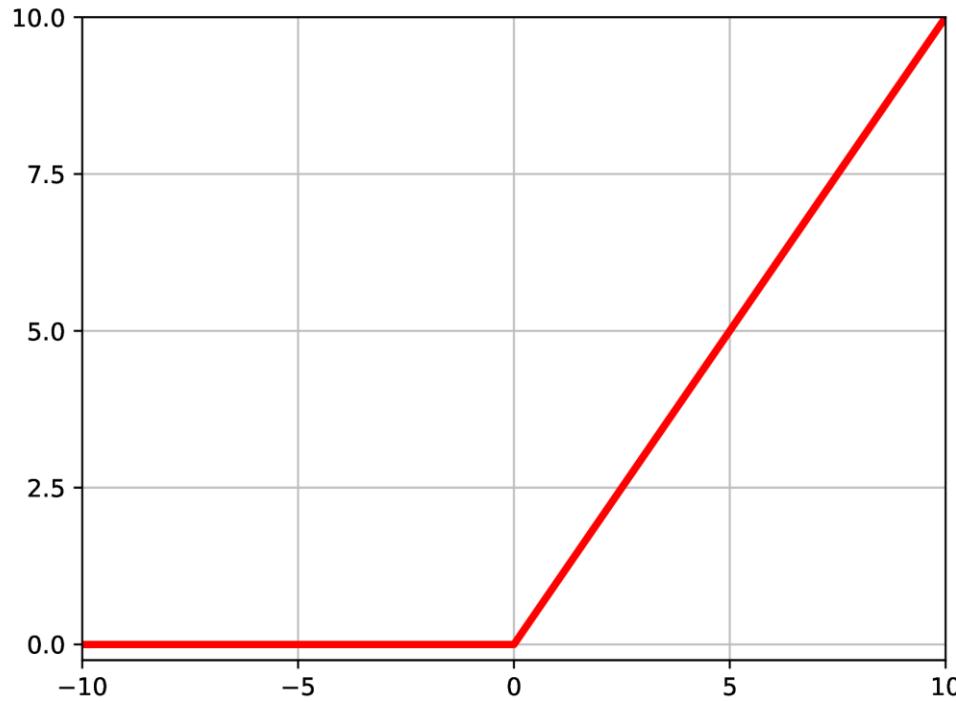
BACKUP FOLIEN



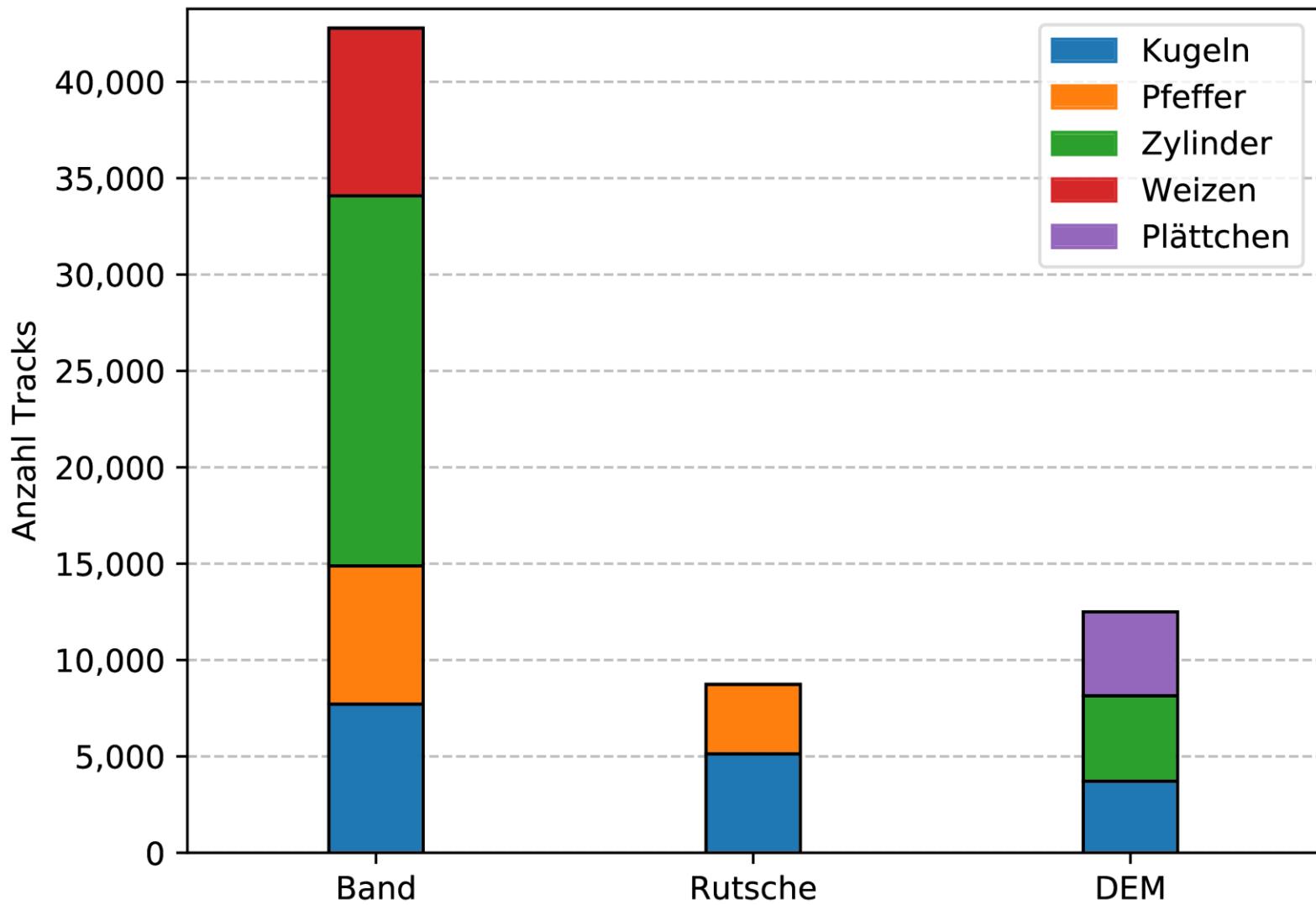
Backup - Aktivierungsfunktionen



Backup - ReLU



Tracks



Hyperparameter-Tuning

NextStep

- Keine Regularisierung
- Batchgröße 500
- 3000 Epochen mit je 5000 Iterationen
- Langsameres Verkleinern der Lernrate
- FeatureSize 5

Separator

- L_1 -Regularisierung
- Batchgröße 100
- 1000 Epochen mit je 5000 Iterationen
- Schnelleres Verkleinern der Lernrate
- FeatureSize 7

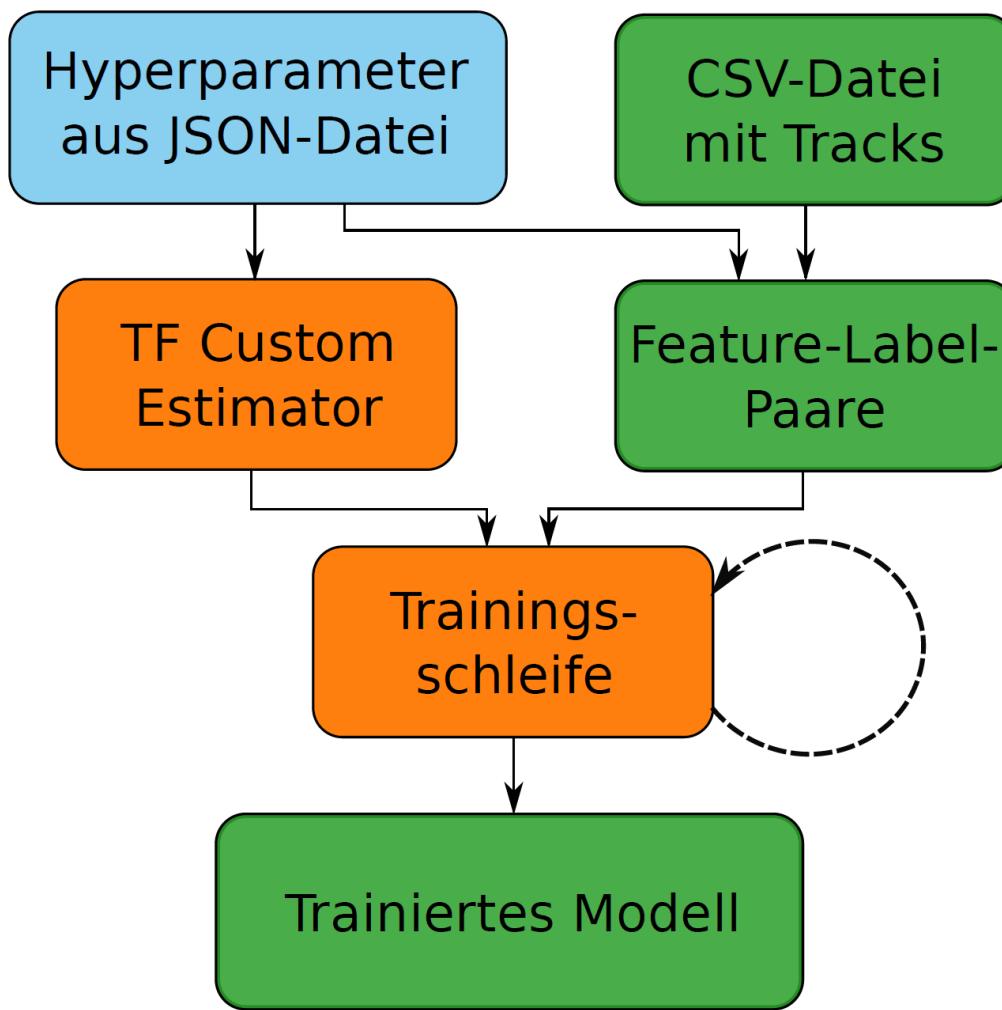
Beispiel Daten NextStep

TrackID_26_X	TrackID_26_Y
2086	69
2086	146
2085	223
2085	300
2085	377
2085	454
2086	531
2086	607
2086	684
2085	761
2084	838
2083	913
2081	989
2080	1064
2078	1140
2076	1214
2074	1290
2073	1365
2072	1443
2071	1520
2071	1596
NaN	NaN
NaN	NaN
NaN	NaN

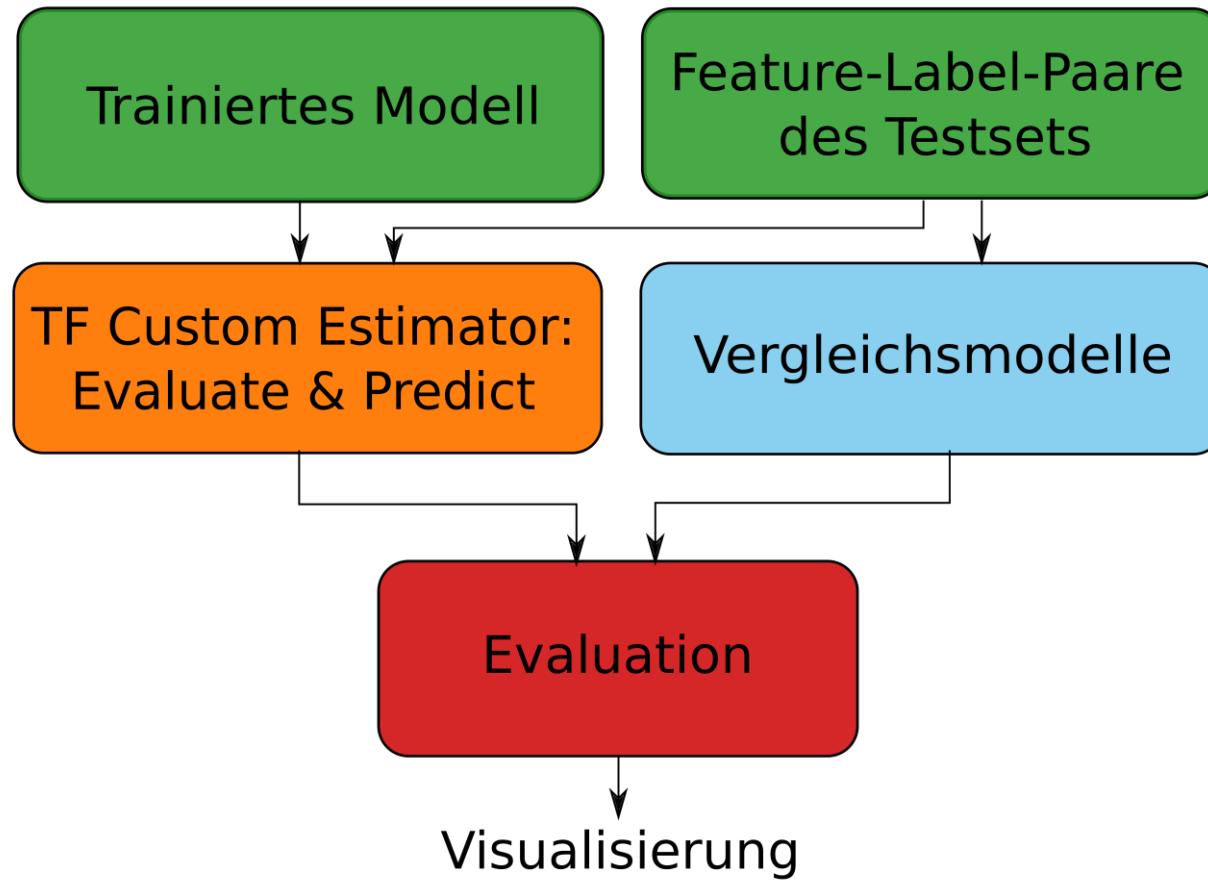
Beispiel Daten Separator

TrackID_26_X	TrackID_26_Y
2086	69
2086	146
2085	223
2085	300
2085	377
2085	454
2086	531
2086	607
2086	684
2085	761
2084	838
2083	913
2081	989
2080	1064
2078	1140
2076	1214
2074	1290
2073	1365
2072	1443
2071	1520
2071	1596
NaN	NaN
NaN	NaN
NaN	NaN

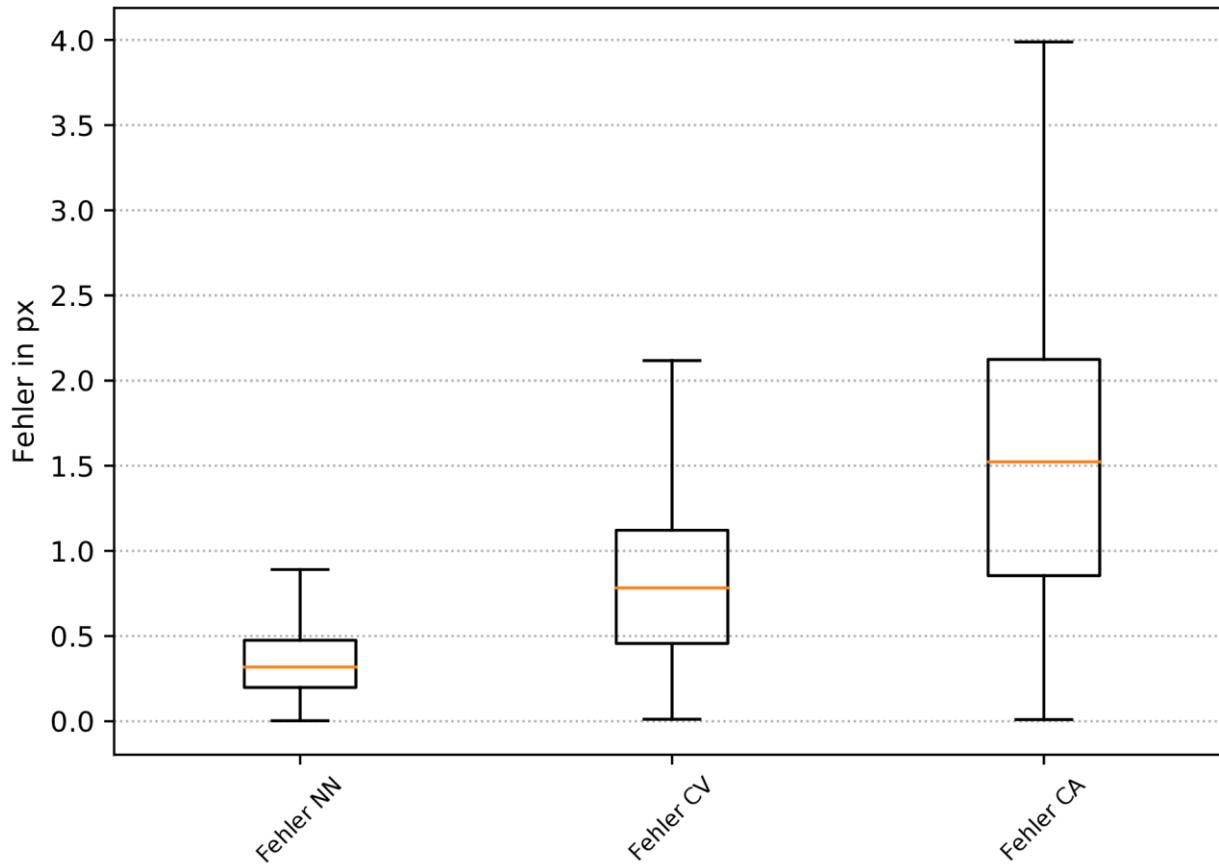
Implementierung des Trainings



Implementierung

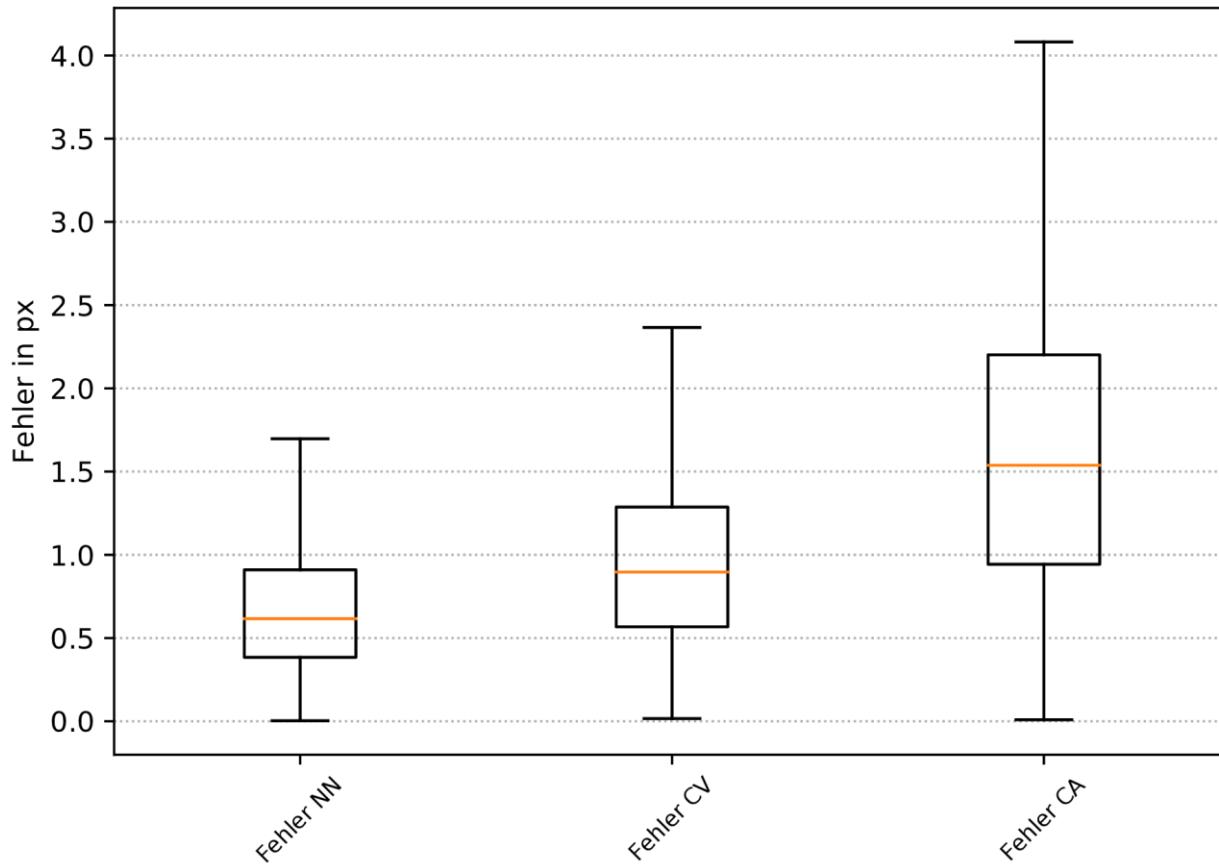


Ergebnisse



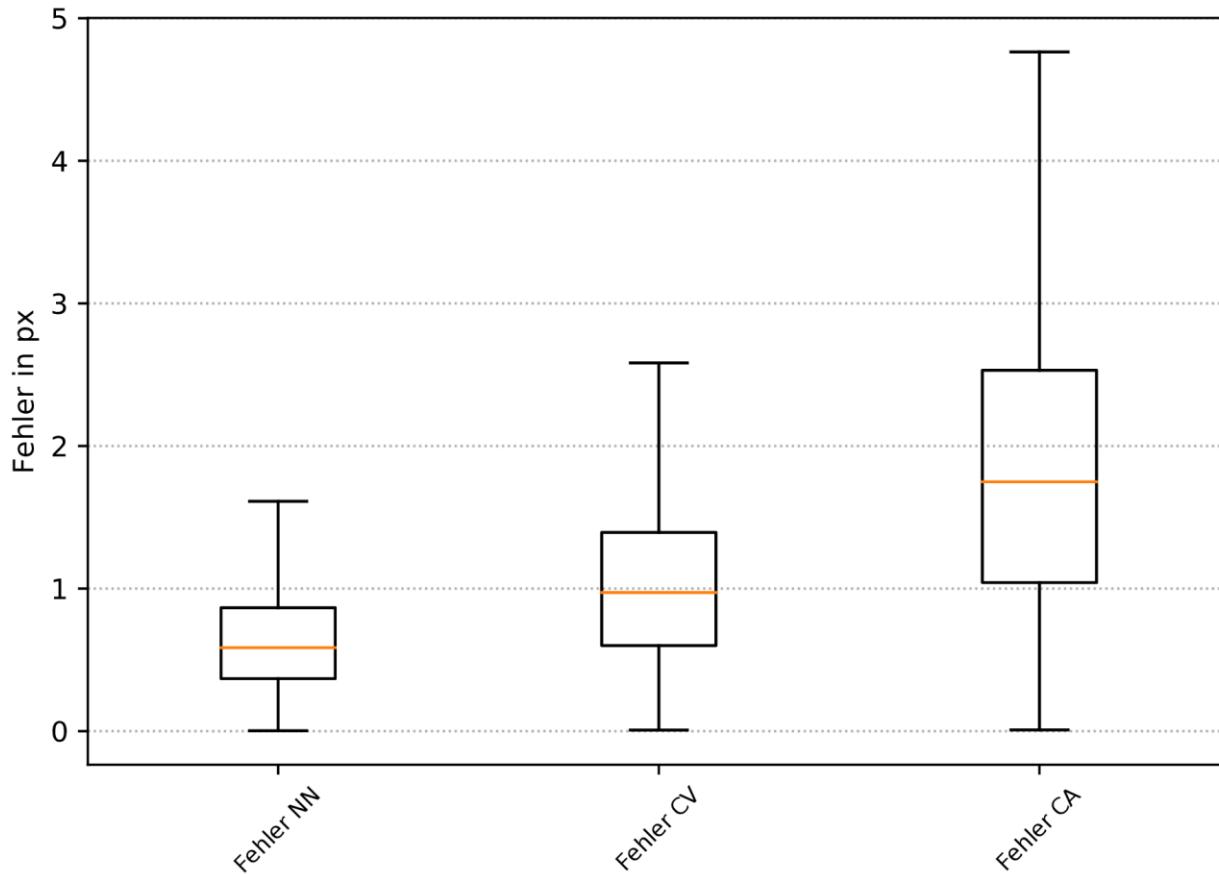
NextStep: Kugeln auf Föderband

Ergebnisse



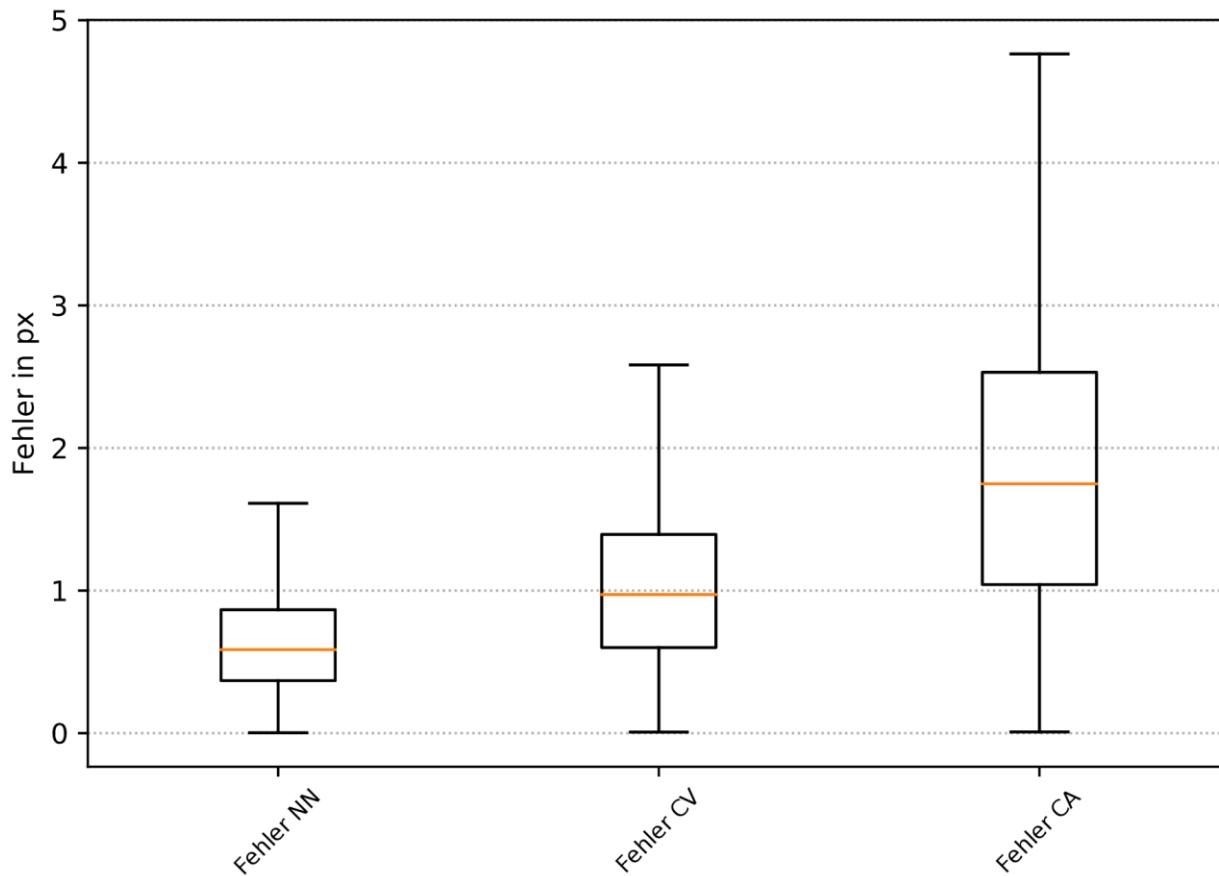
NextStep: Pfefferkörner auf Föderband

Ergebnisse



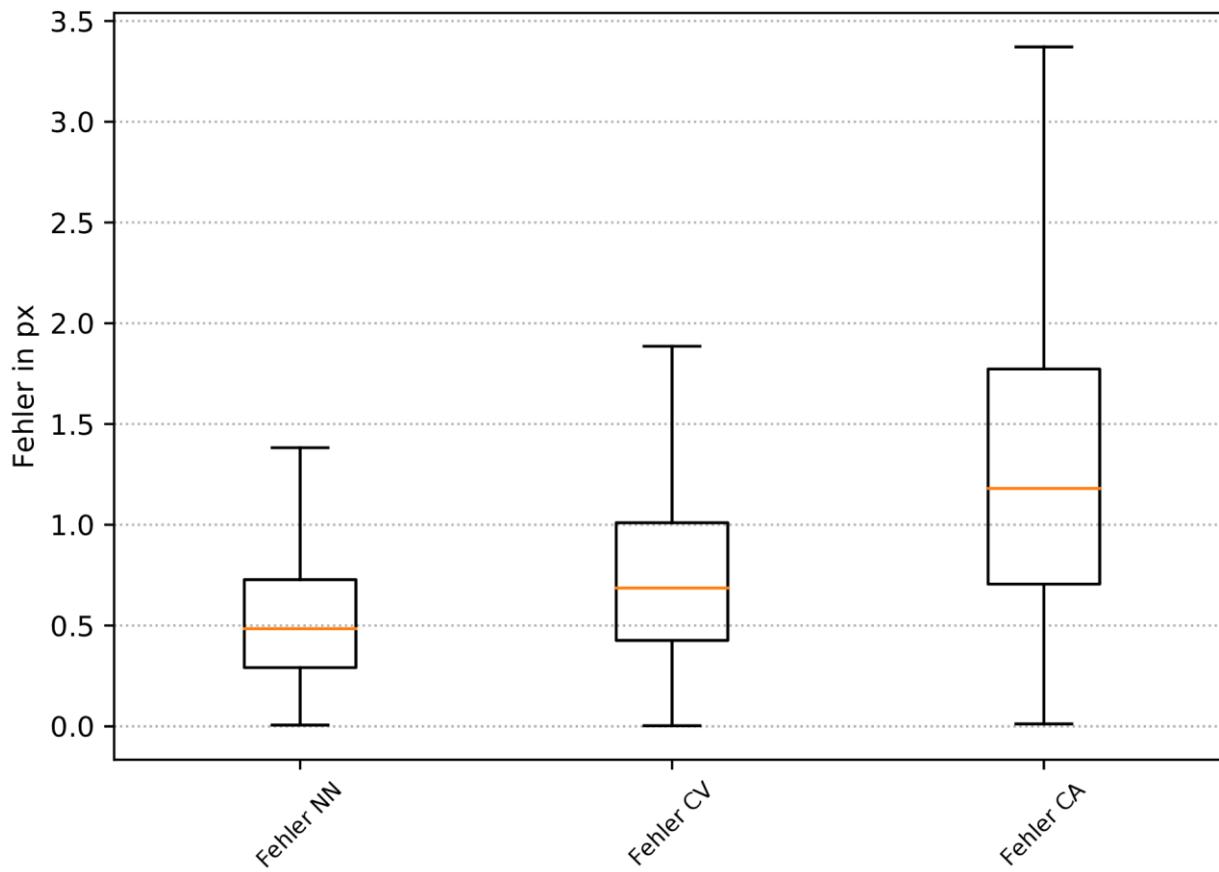
NextStep: Pfefferkörner auf Föderband

Ergebnisse



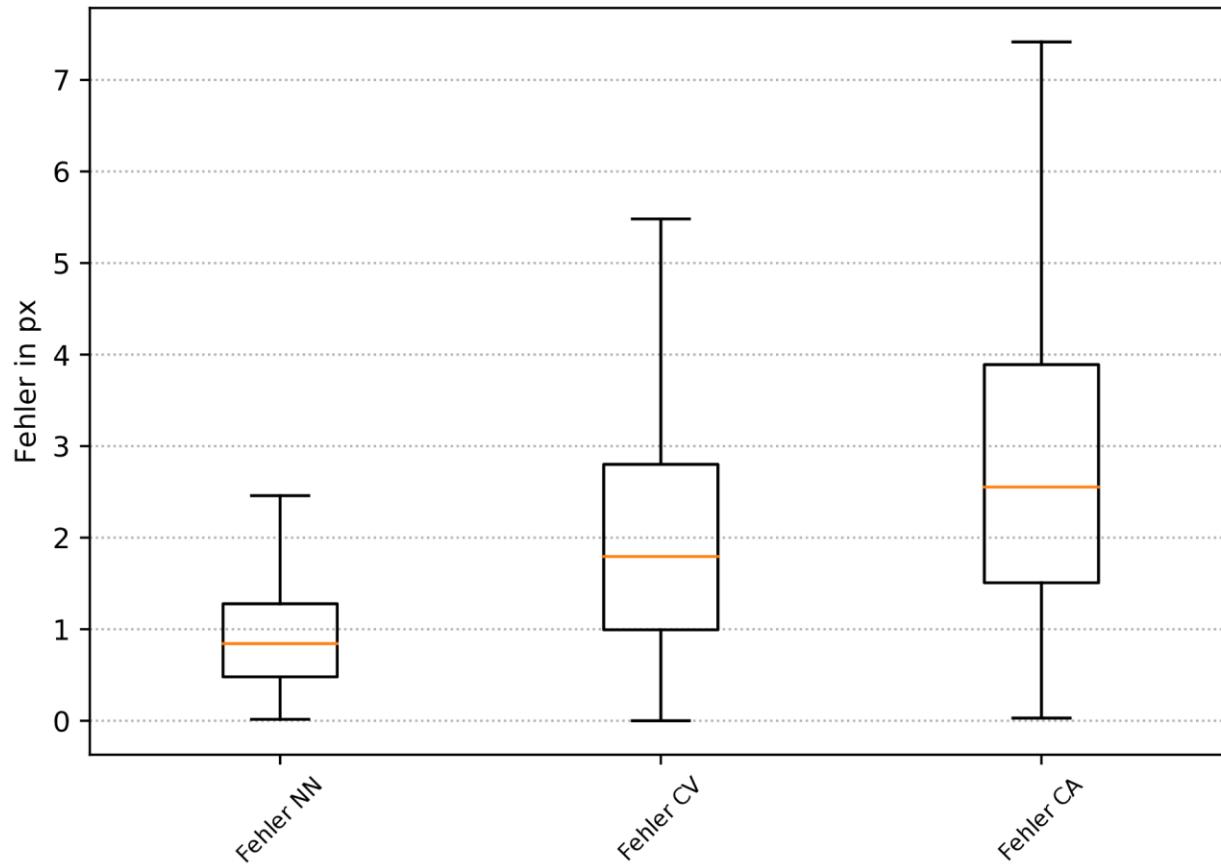
NextStep: Zylinder auf Föderband

Ergebnisse



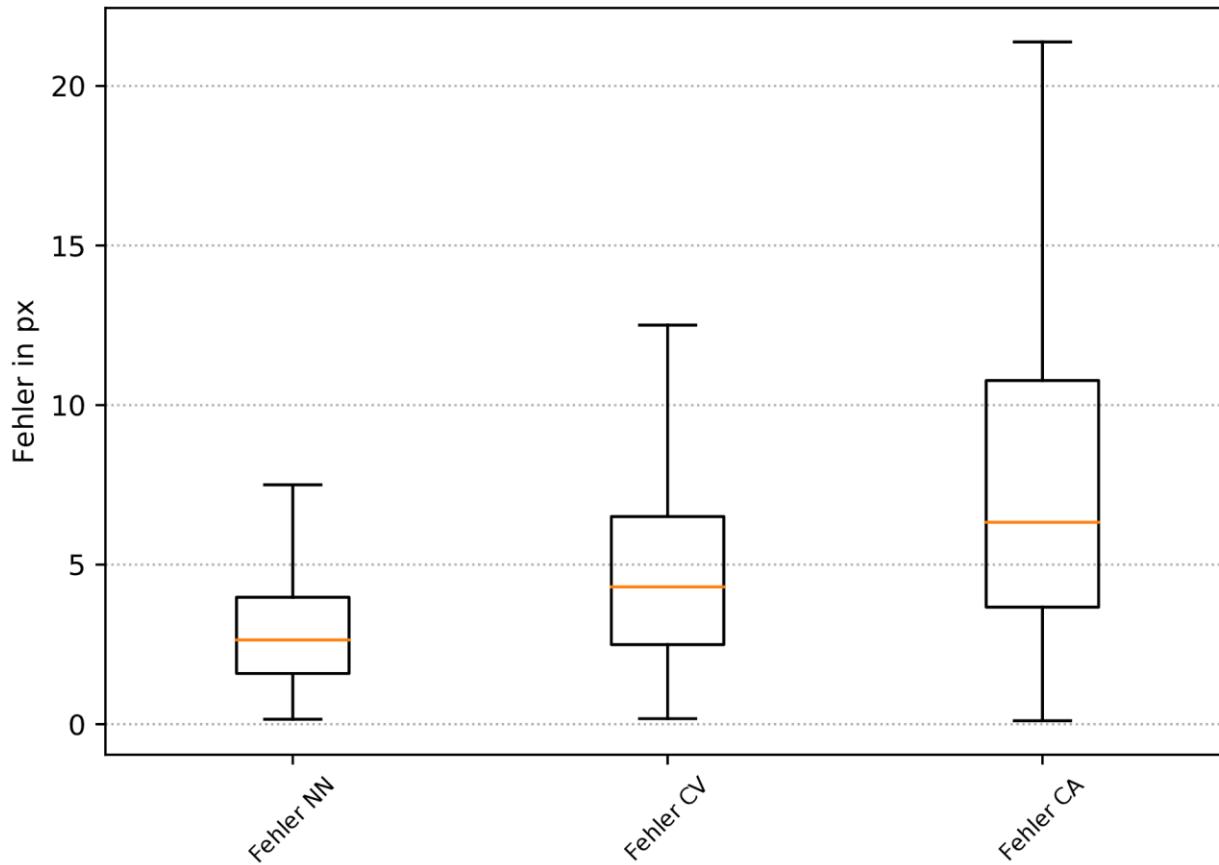
NextStep: Weizenkörner auf Föderband

Ergebnisse



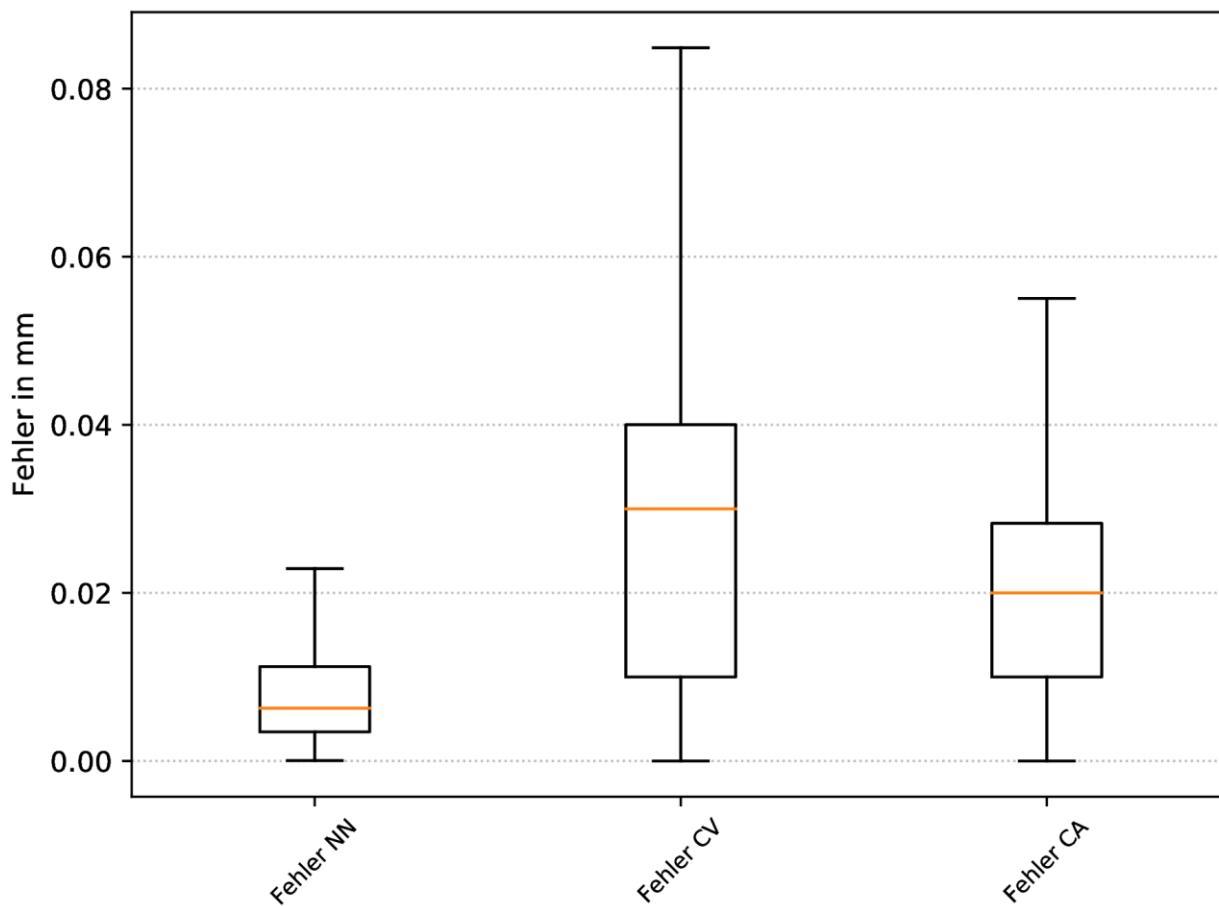
NextStep: Kugeln auf Rutsche

Ergebnisse



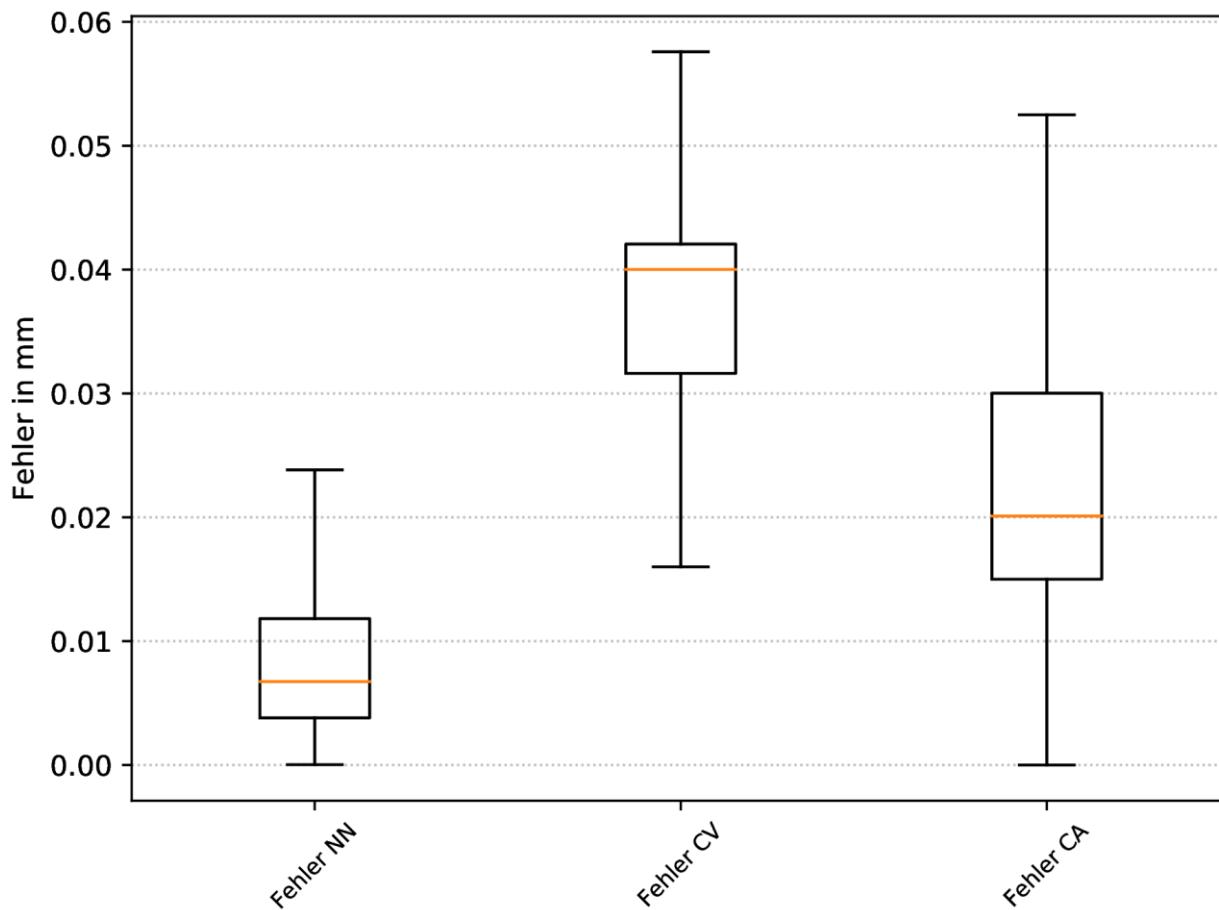
NextStep: Pfefferkörner auf Rutsche

Ergebnisse



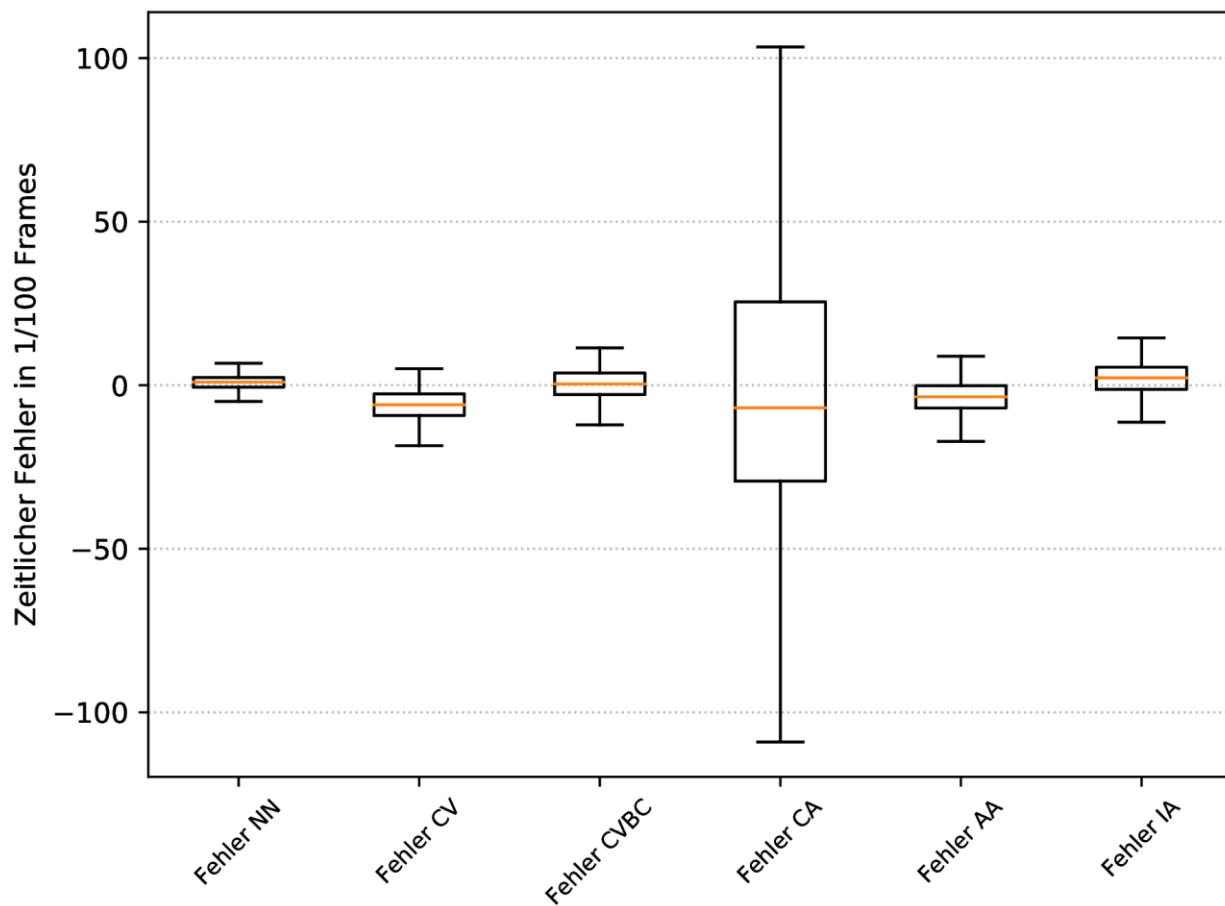
NextStep: Kugeln aus DEM

Ergebnisse



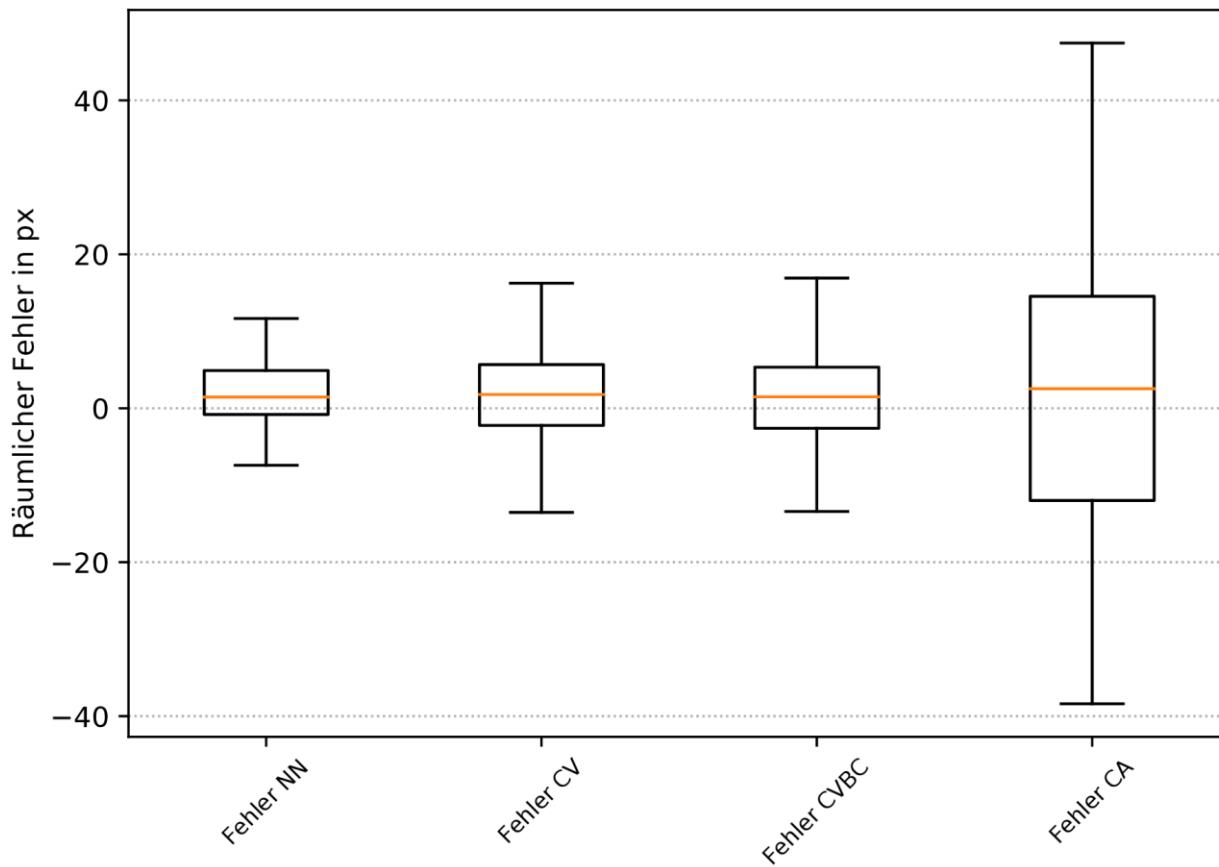
NextStep: Plättchen aus DEM

Ergebnisse



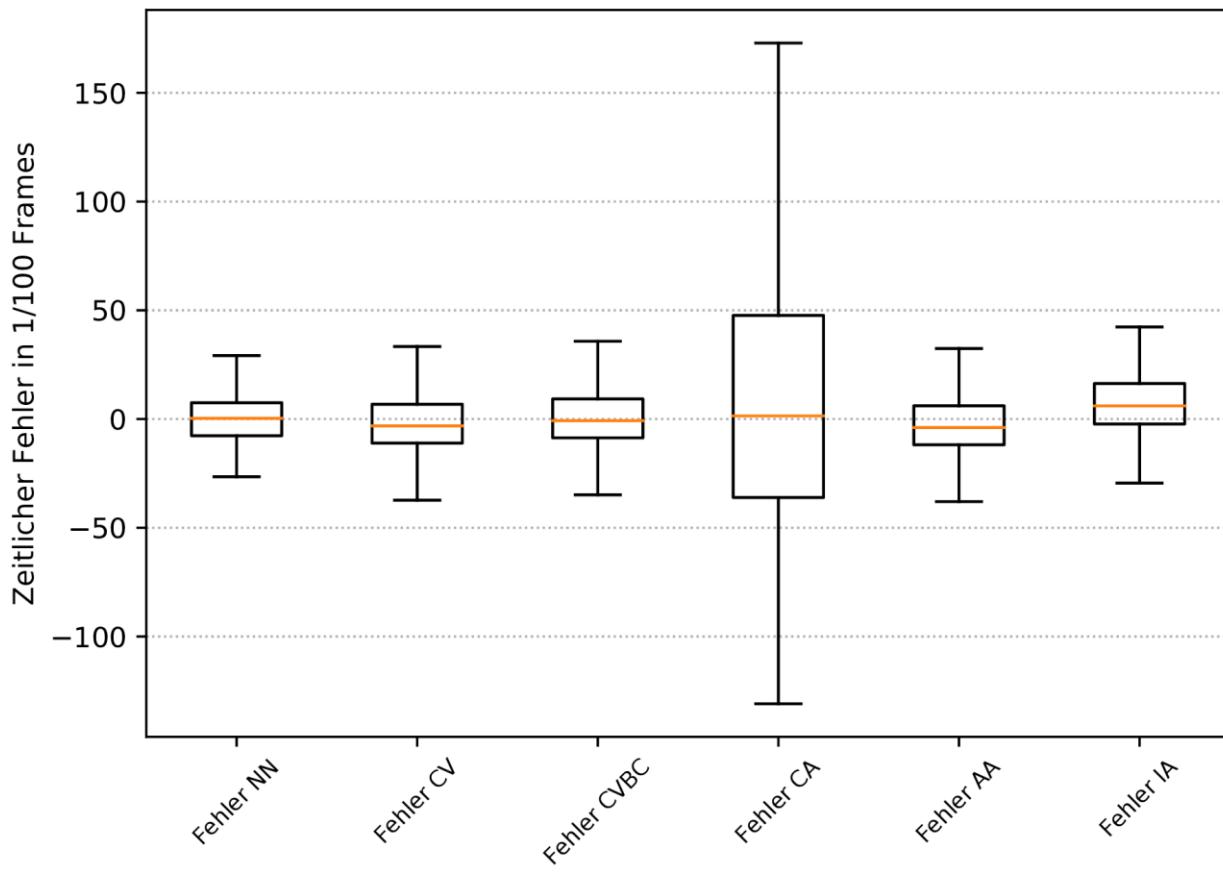
Separator: Zeitlich, Kugeln auf Förderband

Ergebnisse



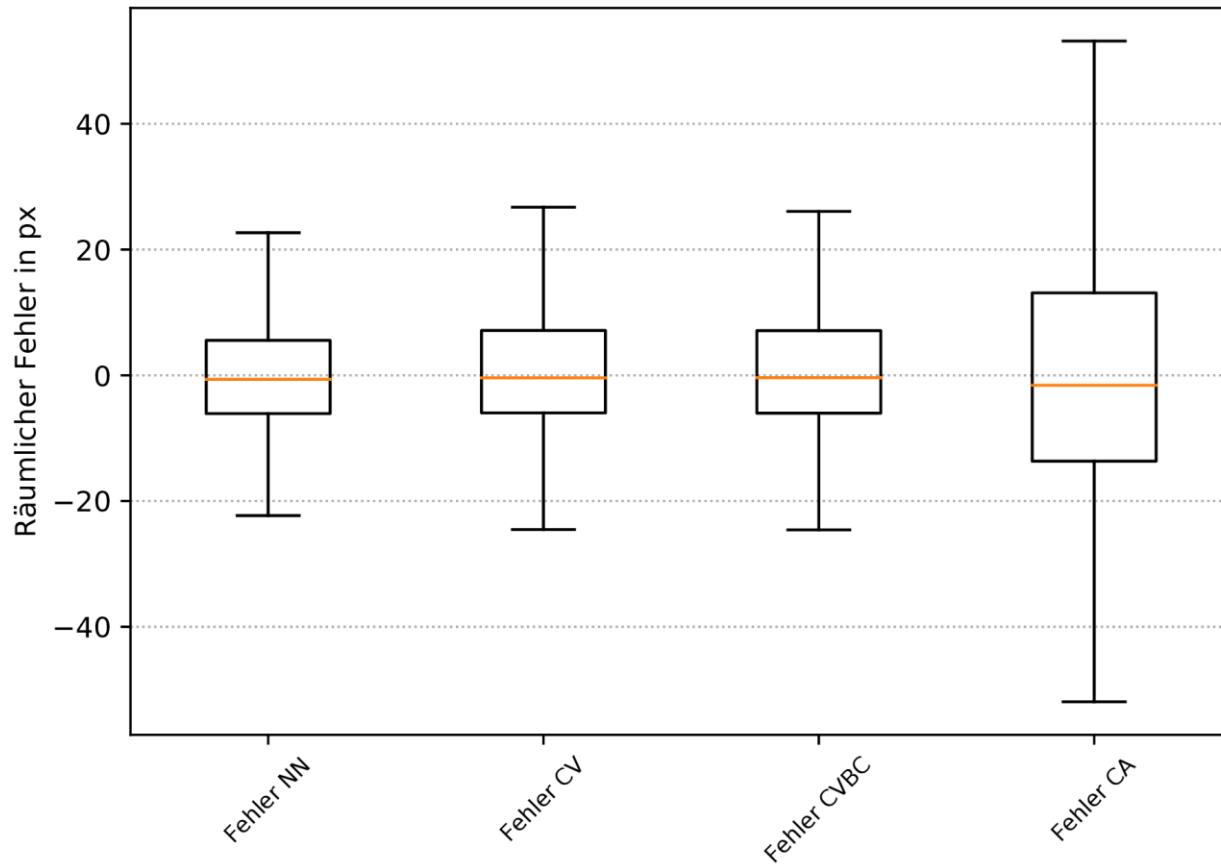
Separator: Räumlich, Kugeln auf Förderband

Ergebnisse



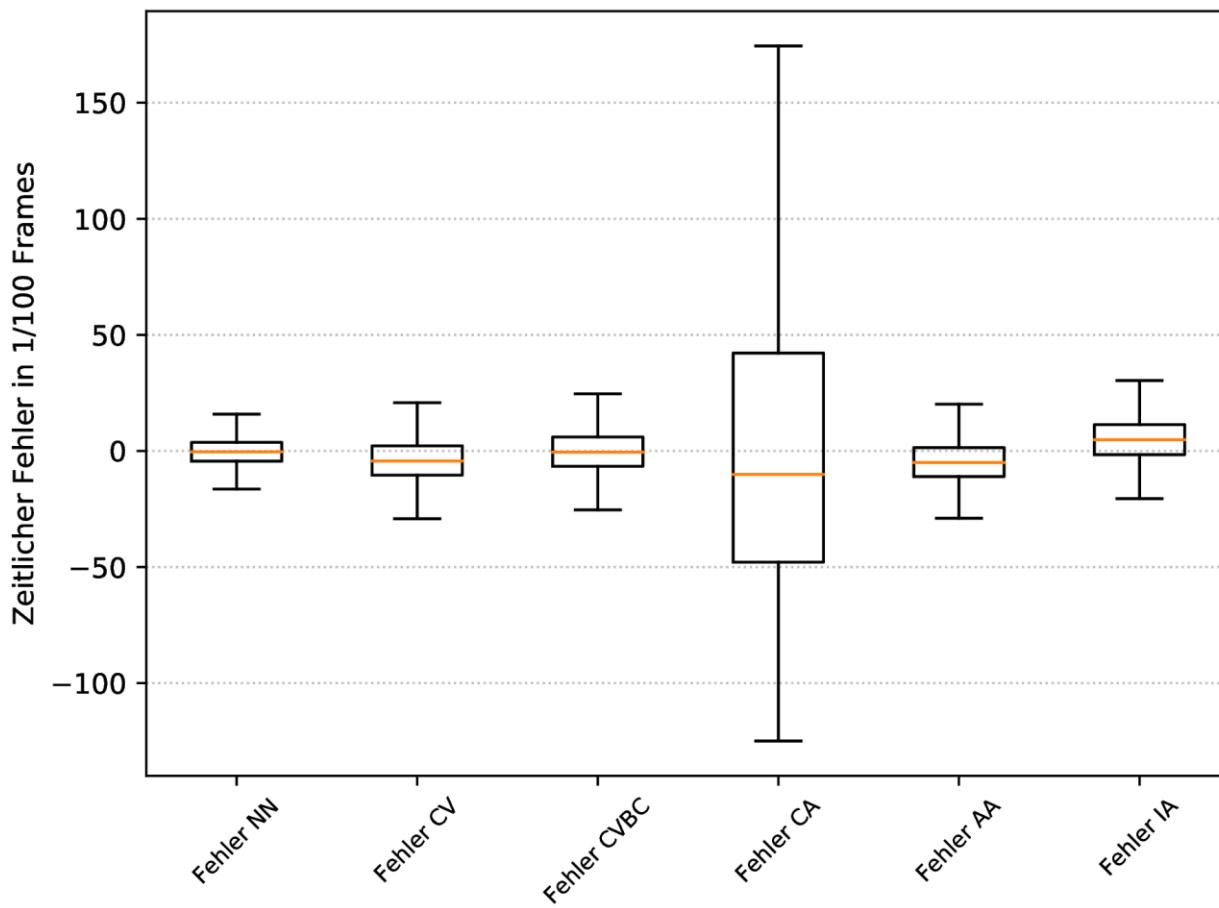
Separator: Zeitlich, Pfeffer auf Förderband

Ergebnisse



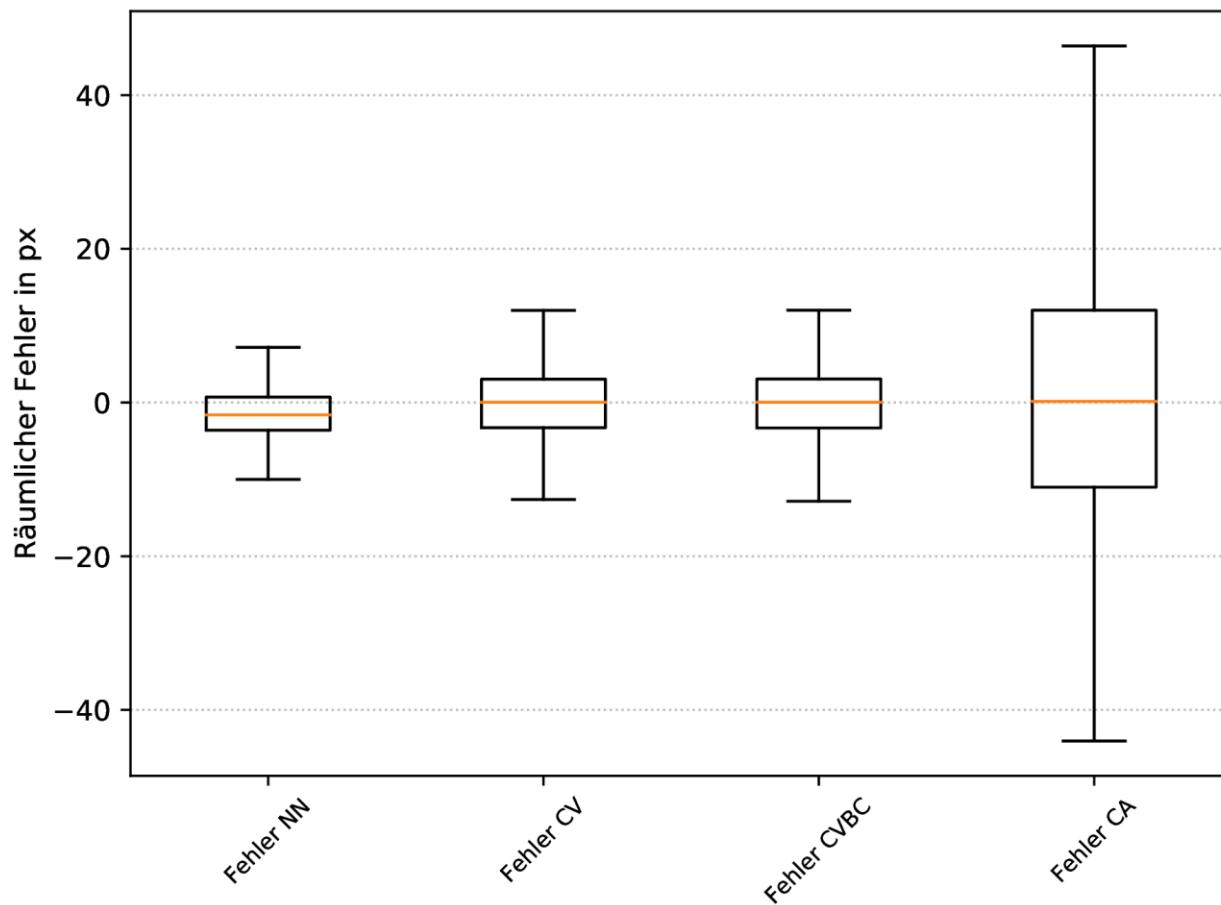
Separator: Räumlich, Pfeffer auf Förderband

Ergebnisse



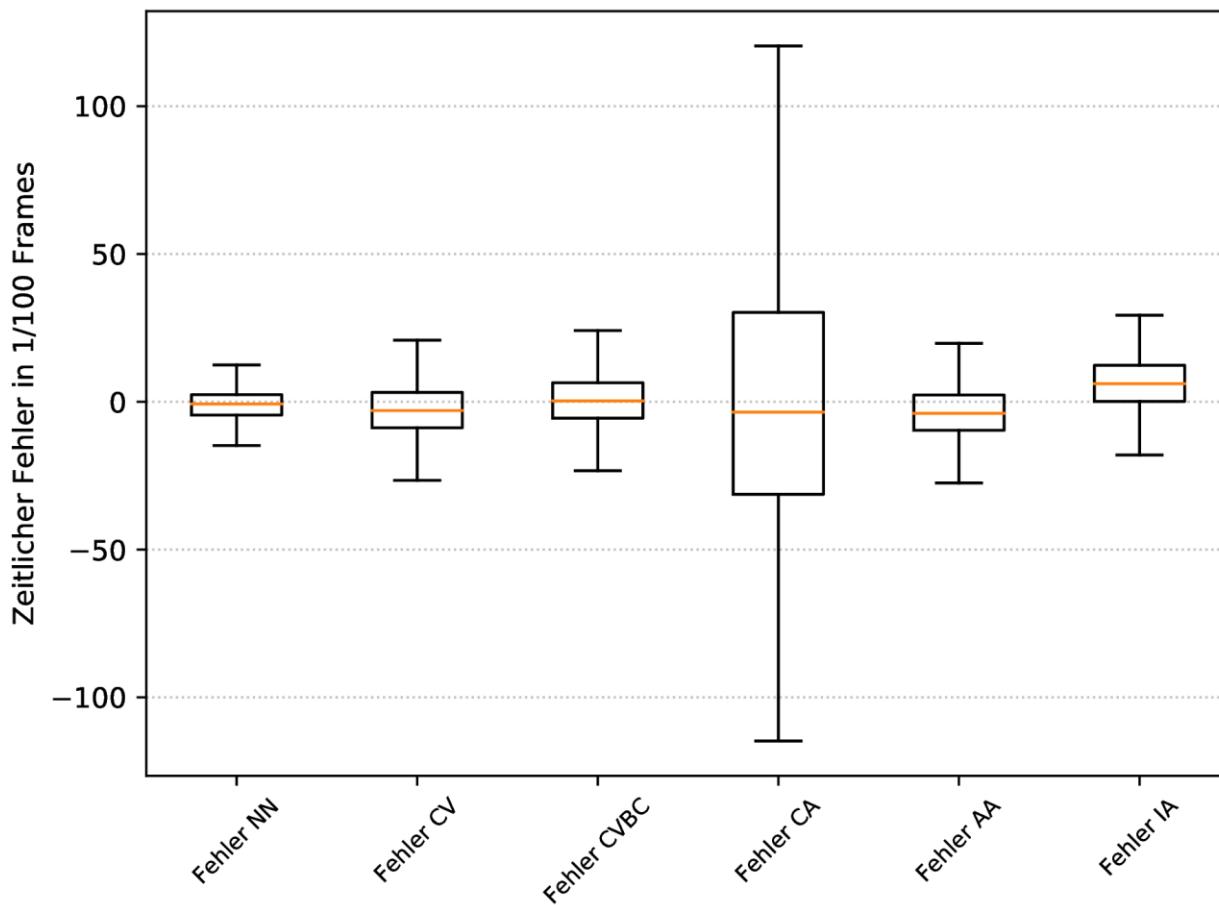
Separator: Zeitlich, Zylinder auf Förderband

Ergebnisse



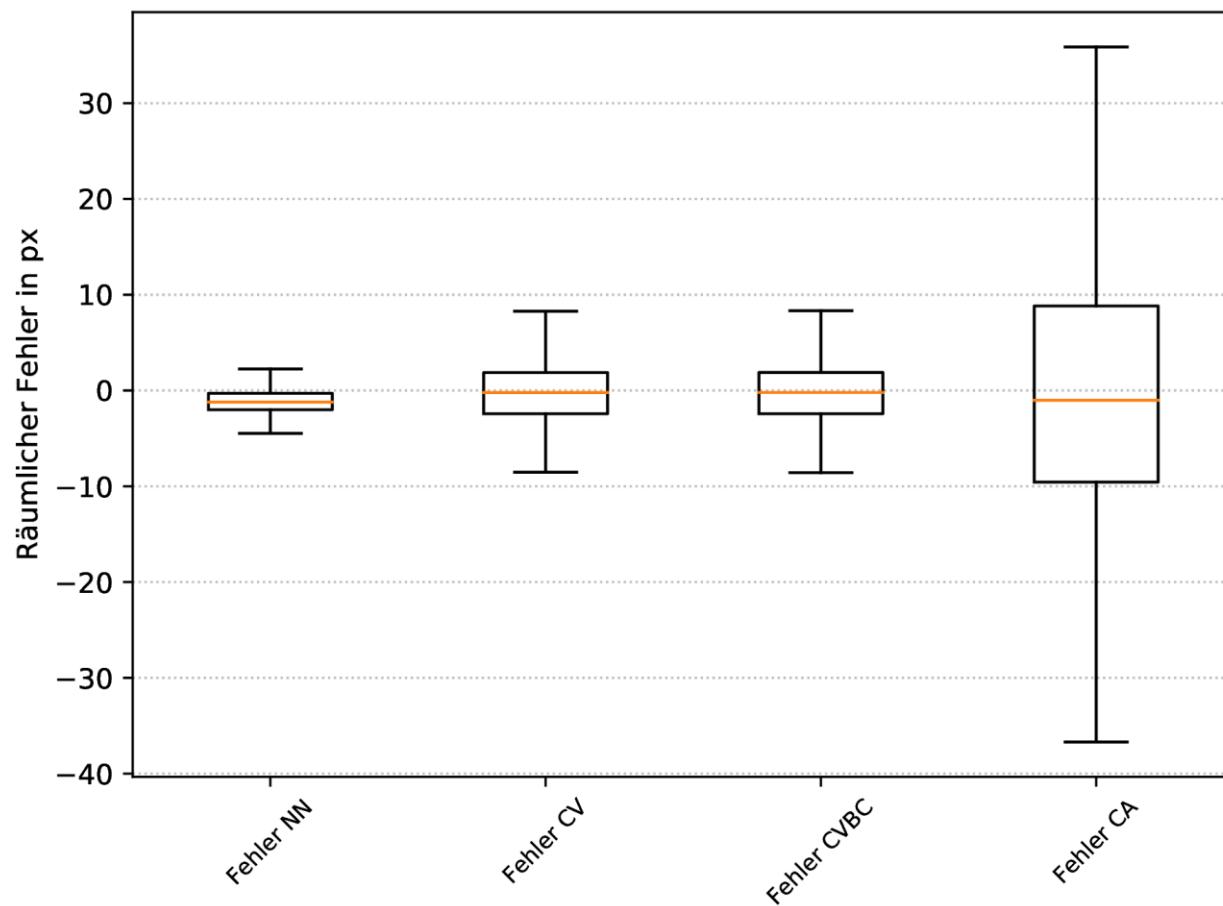
Separator: Räumlich, Zylinder auf Förderband

Ergebnisse



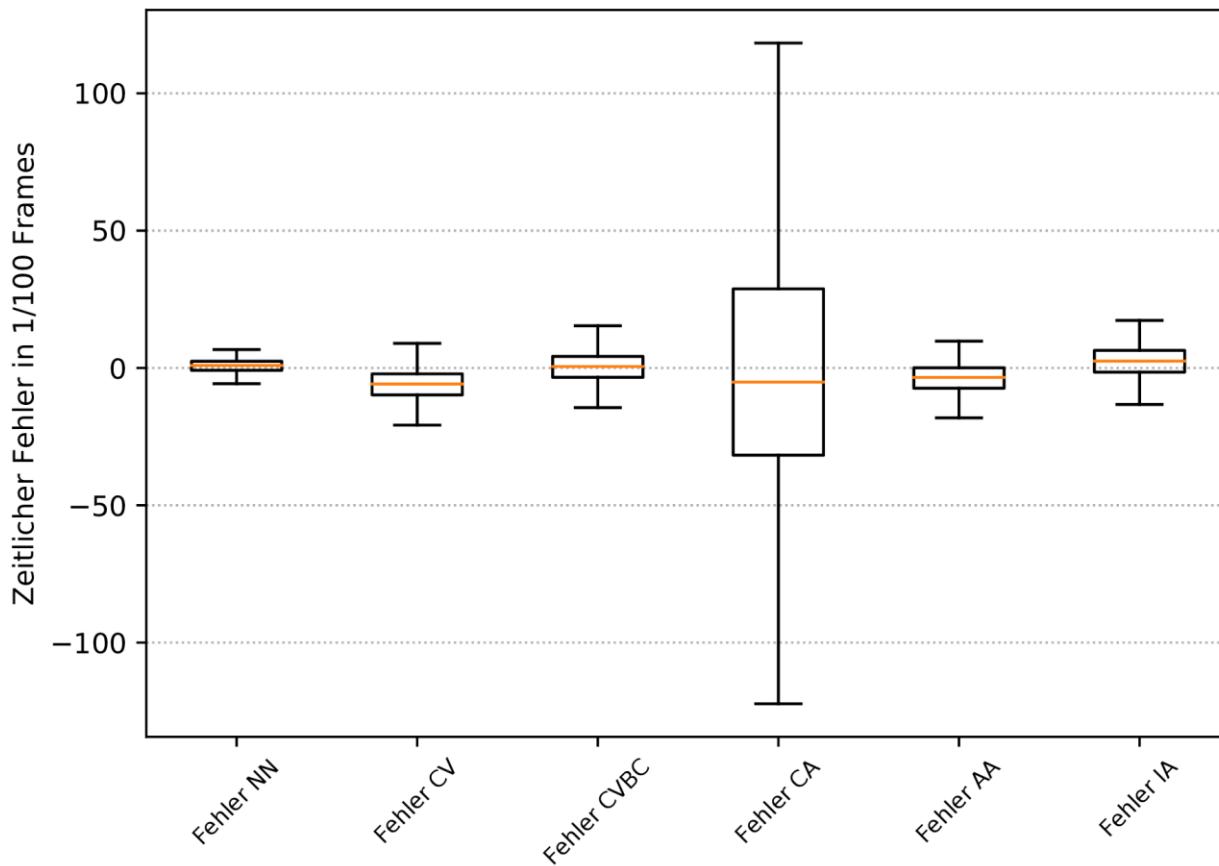
Separator: Zeitlich, Weizen auf Förderband

Ergebnisse



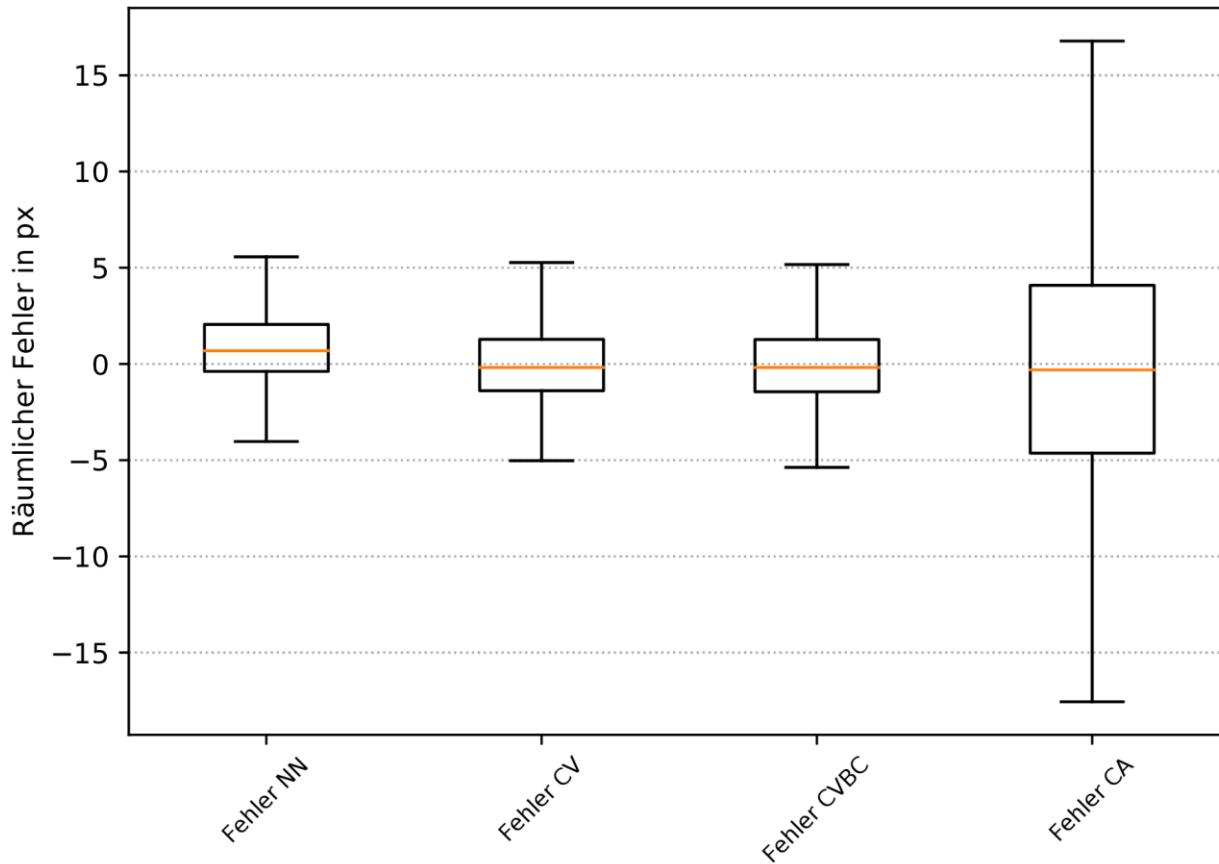
Separator: Räumlich, Weizen auf Förderband

Ergebnisse



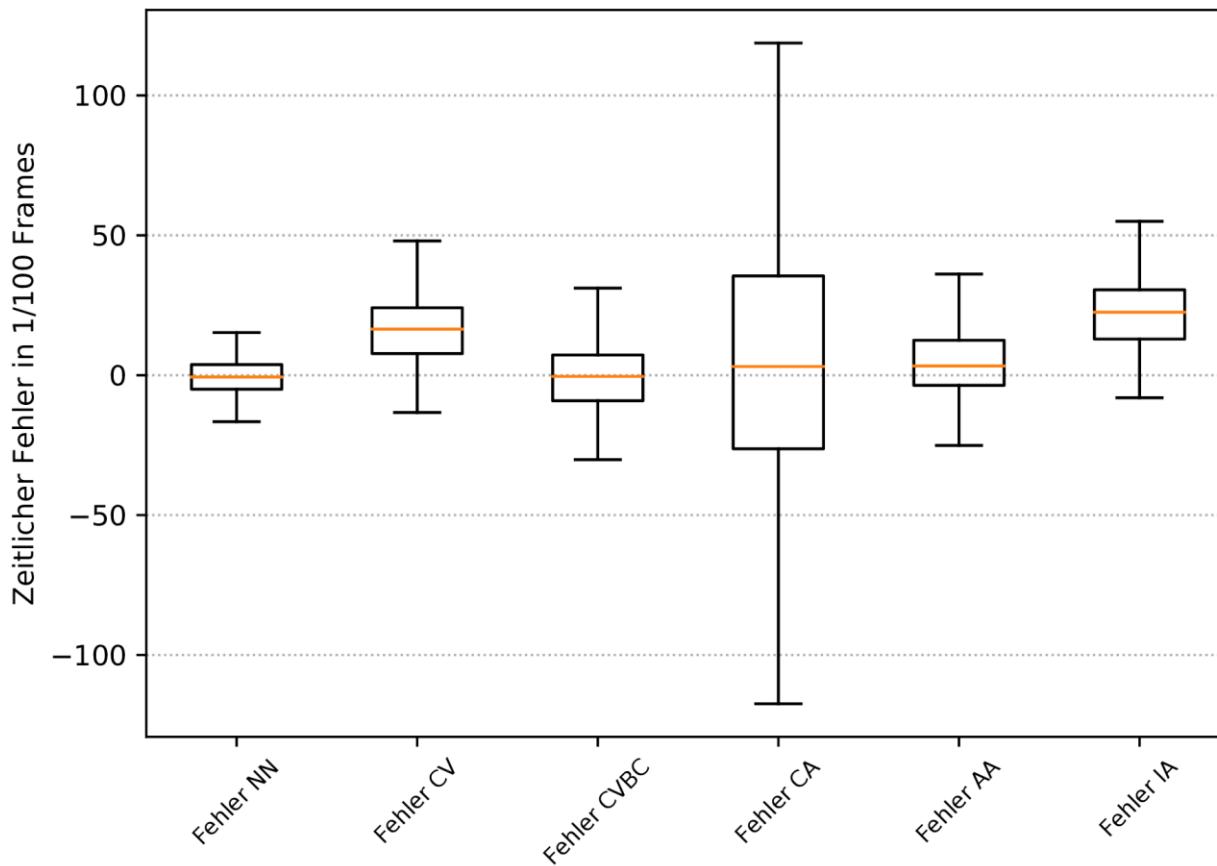
Separator: Zeitlich, Kugeln auf Rutsche

Ergebnisse



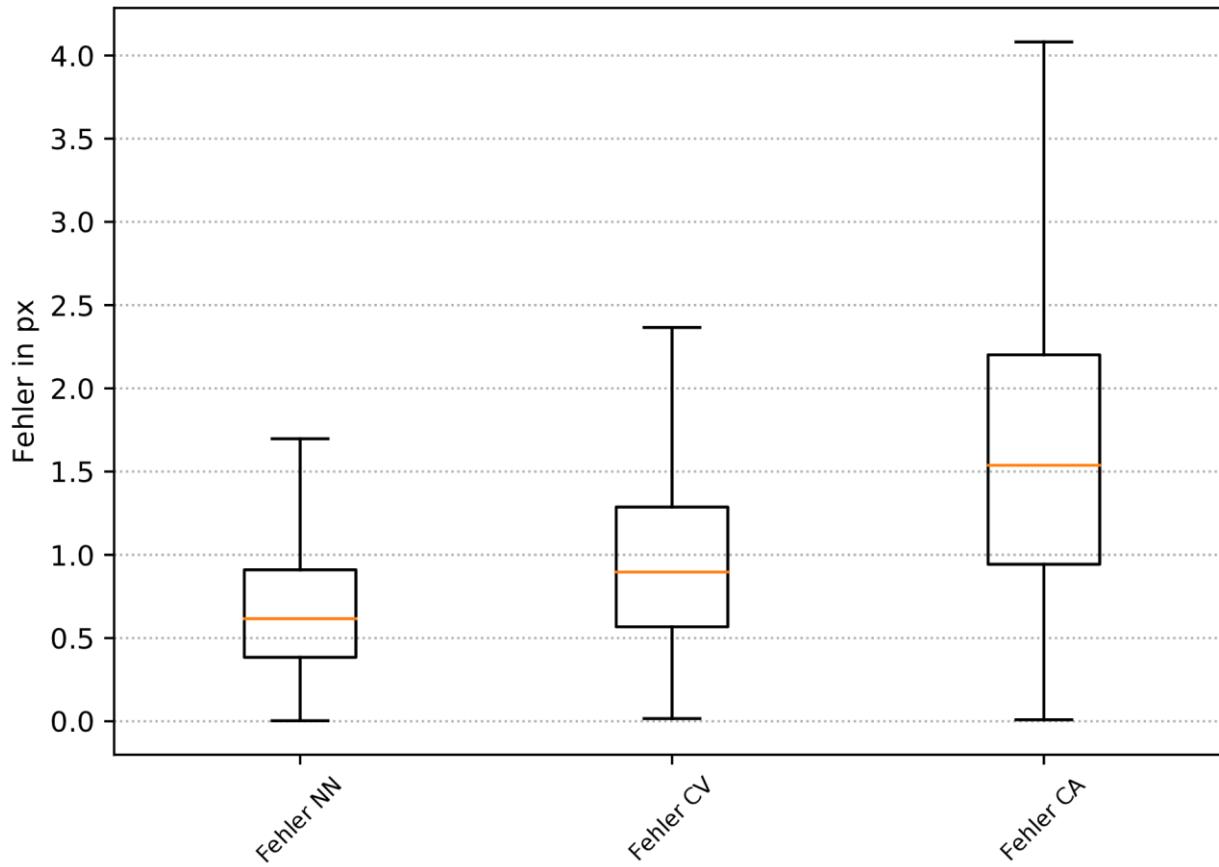
Separator: Räumlich, Kugeln auf Rutsche

Ergebnisse



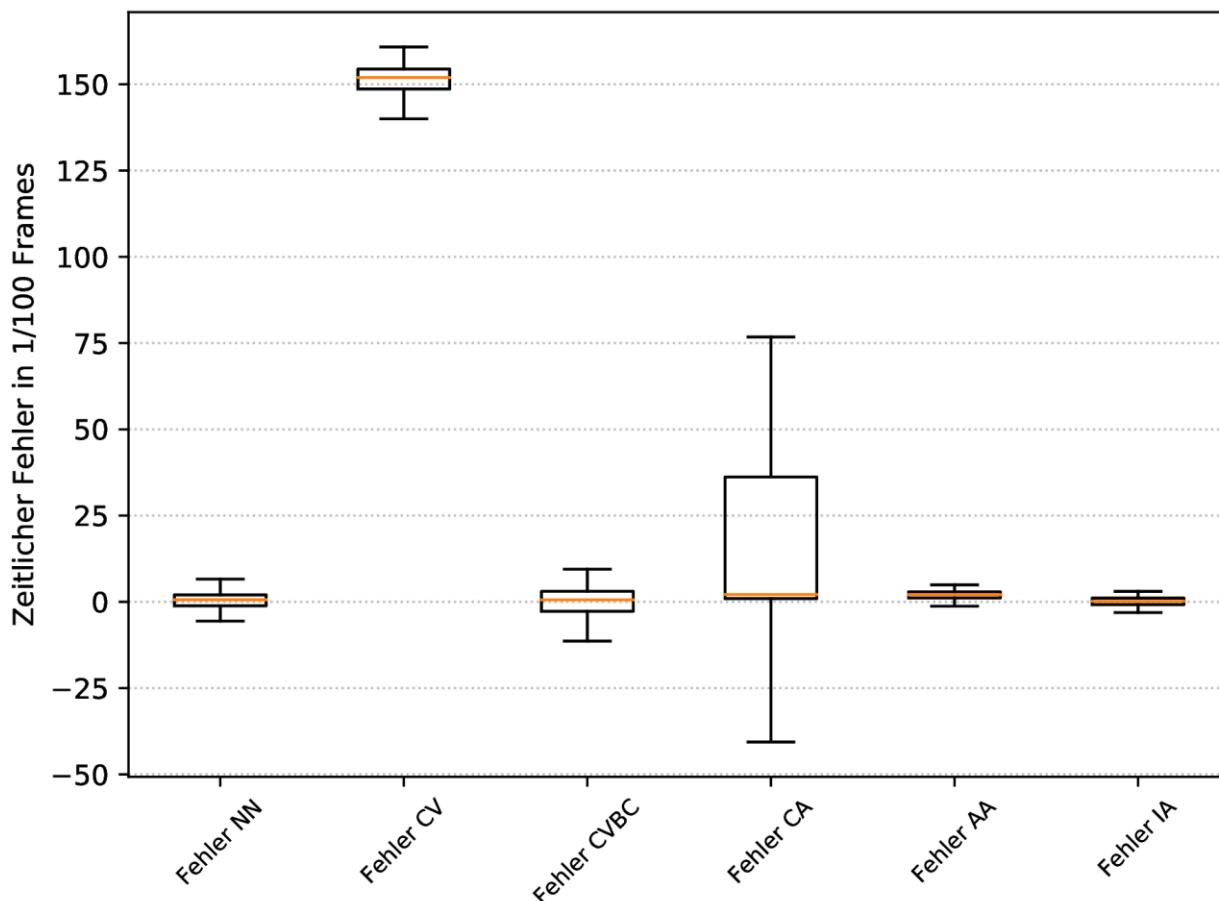
Separator: Zeitlich, Pfeffer auf Rutsche

Ergebnisse



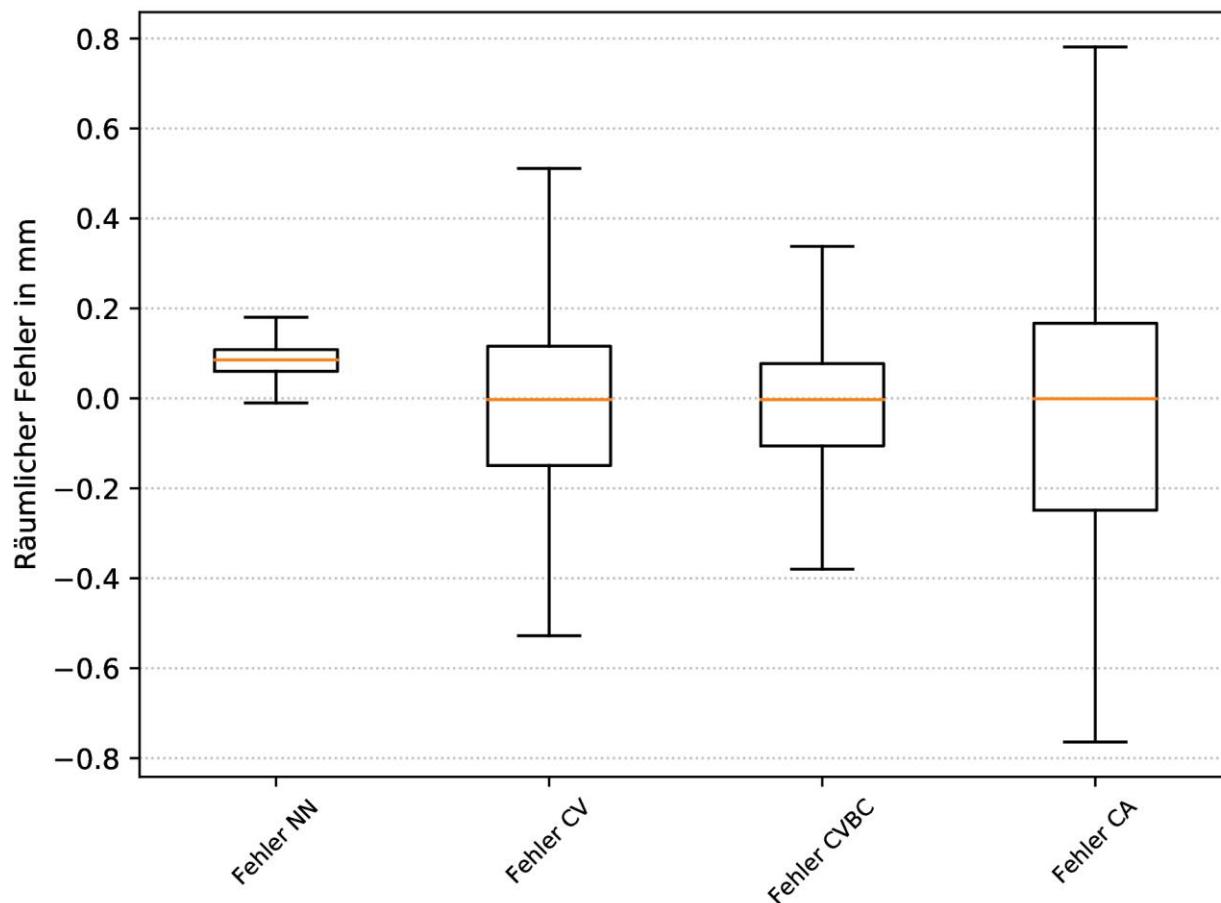
Separator: Räumlich, Pfeffer auf Rutsche

Ergebnisse



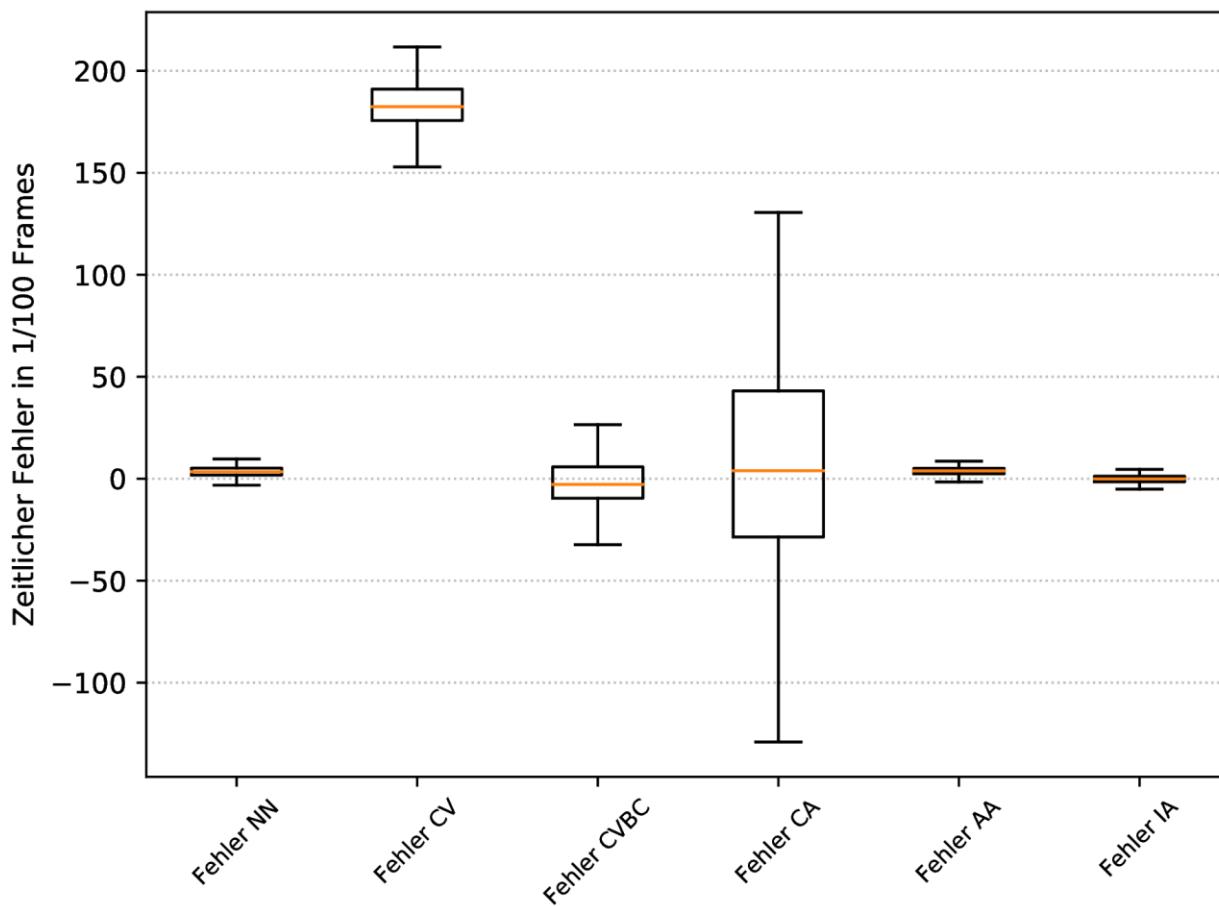
Separator: Zeitlich, Kugeln aus DEM

Ergebnisse



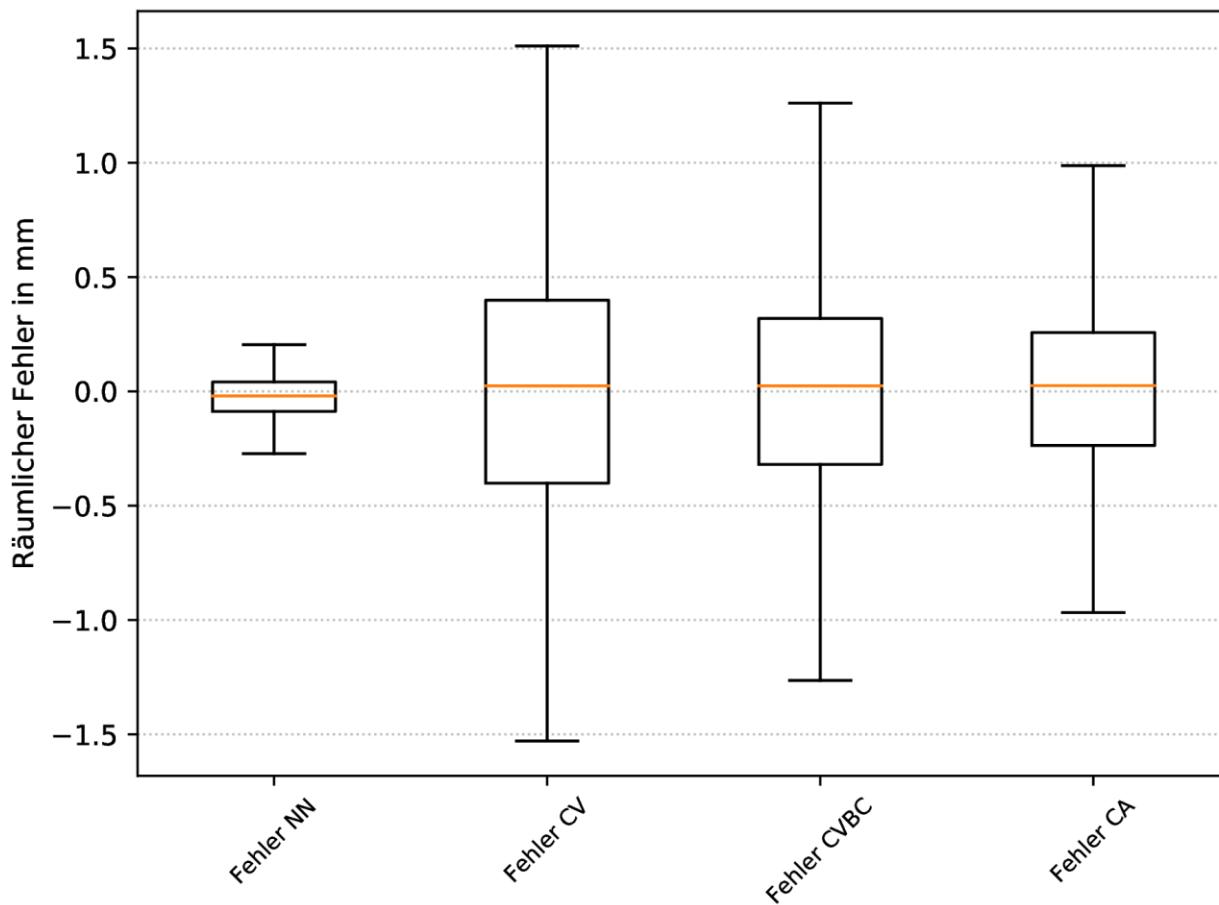
Separator: Räumlich, Kugeln aus DEM

Ergebnisse



Separator: Zeitlich, Plättchen aus DEM

Ergebnisse



Separator: Räumlich, Plättchen aus DEM

Implementierung des Trainings

Hyperparameter
aus JSON-Datei

CSV-Datei
mit Tracks

Implementierung der Evaluation

Trainiertes Modell

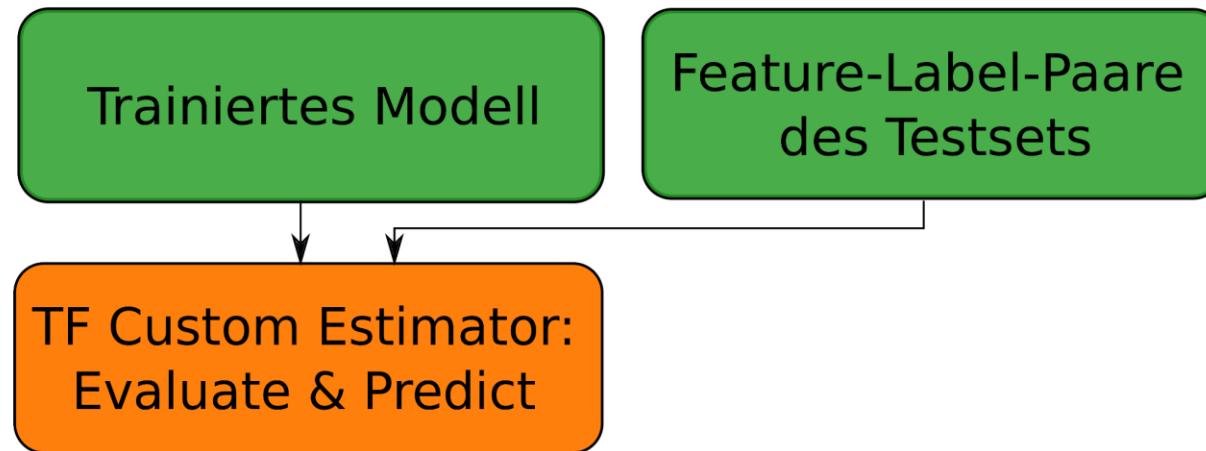
Feature-Label-Paare
des Testsets

Implementierung der Evaluation

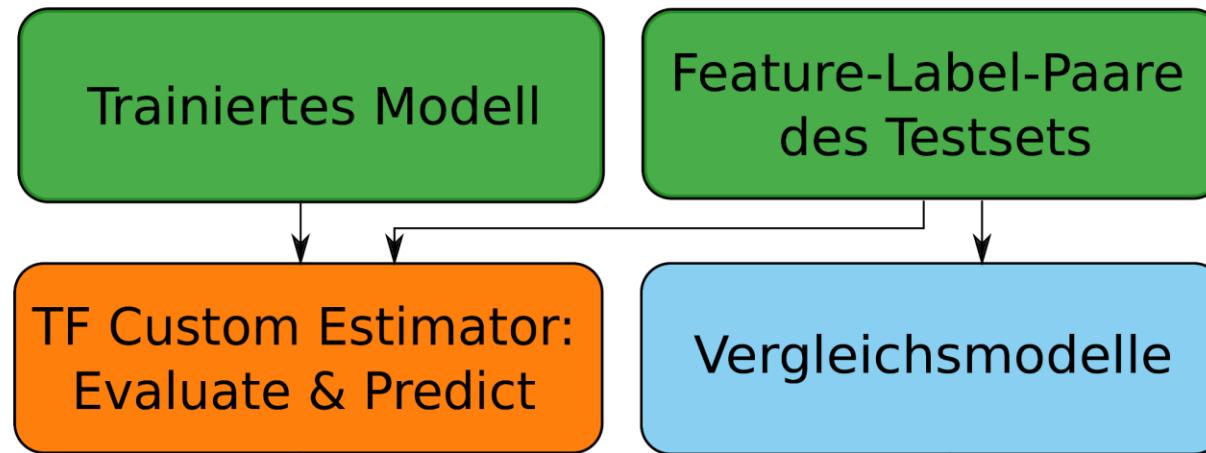
Trainiertes Modell

Feature-Label-Paare
des Testsets

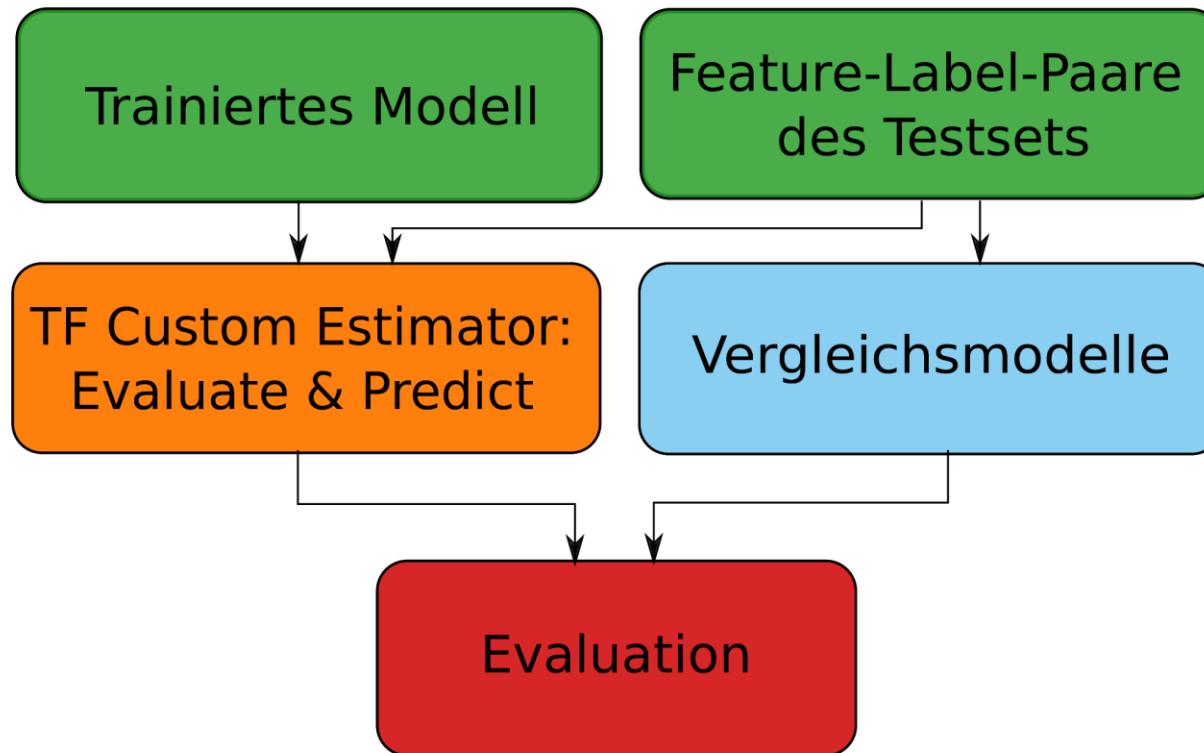
Implementierung der Evaluation



Implementierung der Evaluation



Implementierung der Evaluation



Implementierung der Evaluation

