

Automatisierte Erstellung eines Digitalen Zwillings der TGA mit Hilfe von Bestandsplänen und Computer Vision

Florian Stinner, Martin Wiecek, Marc Baranski, Dirk Müller

RWTH Aachen
E.ON Energieforschungszentrum
Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik

Projekt OOM4ABDO - Objektorientiertes Monitoring als Grundlage für einen effizienteren Betrieb sowie kostengünstige Bestandsoptimierung

- Datenaufnahme von ca. 60 Gebäuden

- ≡ Werksviertel in München



- ≡ +40-50 weitere Gebäude deutschlandweit

- Nutzung von ~ 60.000 Datenpunkten

- ≡ Gebäudeautomation, Energiemonitoring

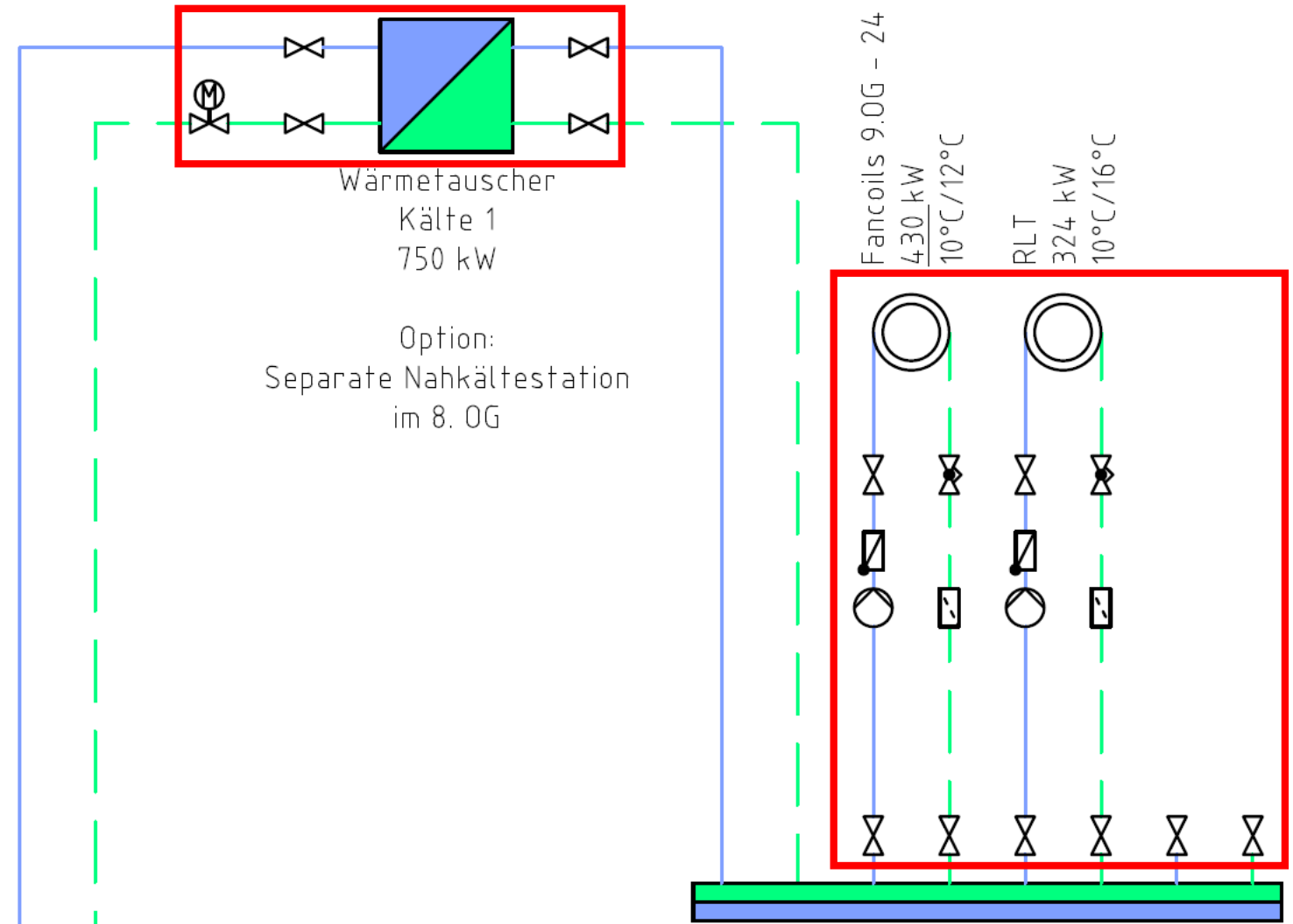
■ Pläne für Menschen verständlich, Maschinen müssen Verständnis beigebracht bekommen



Motivation

■ Herausforderungen

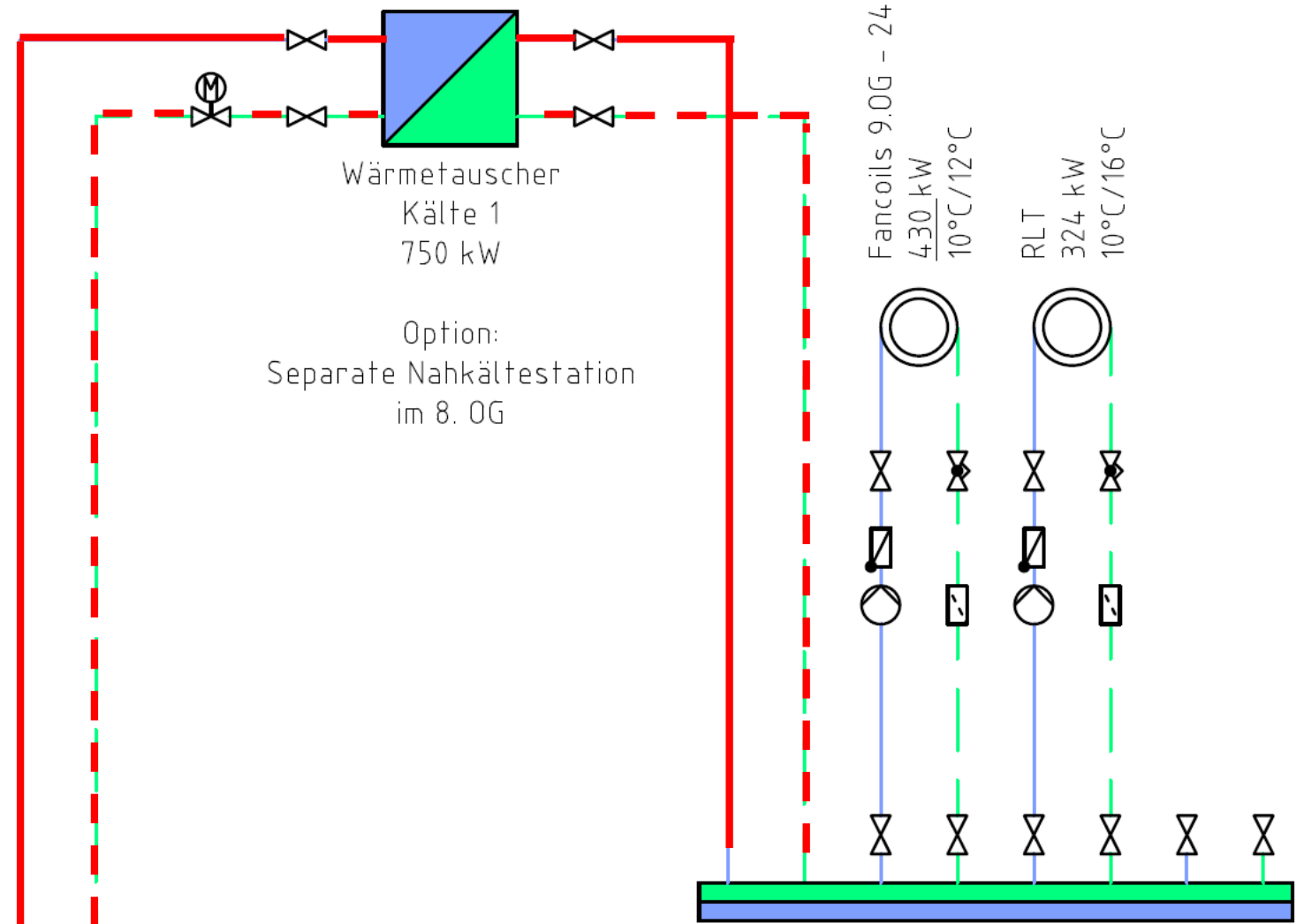
- ≡ Verschiedene Symboltypen mit verschiedenen Symbolinstanzen



Motivation

■ Herausforderungen

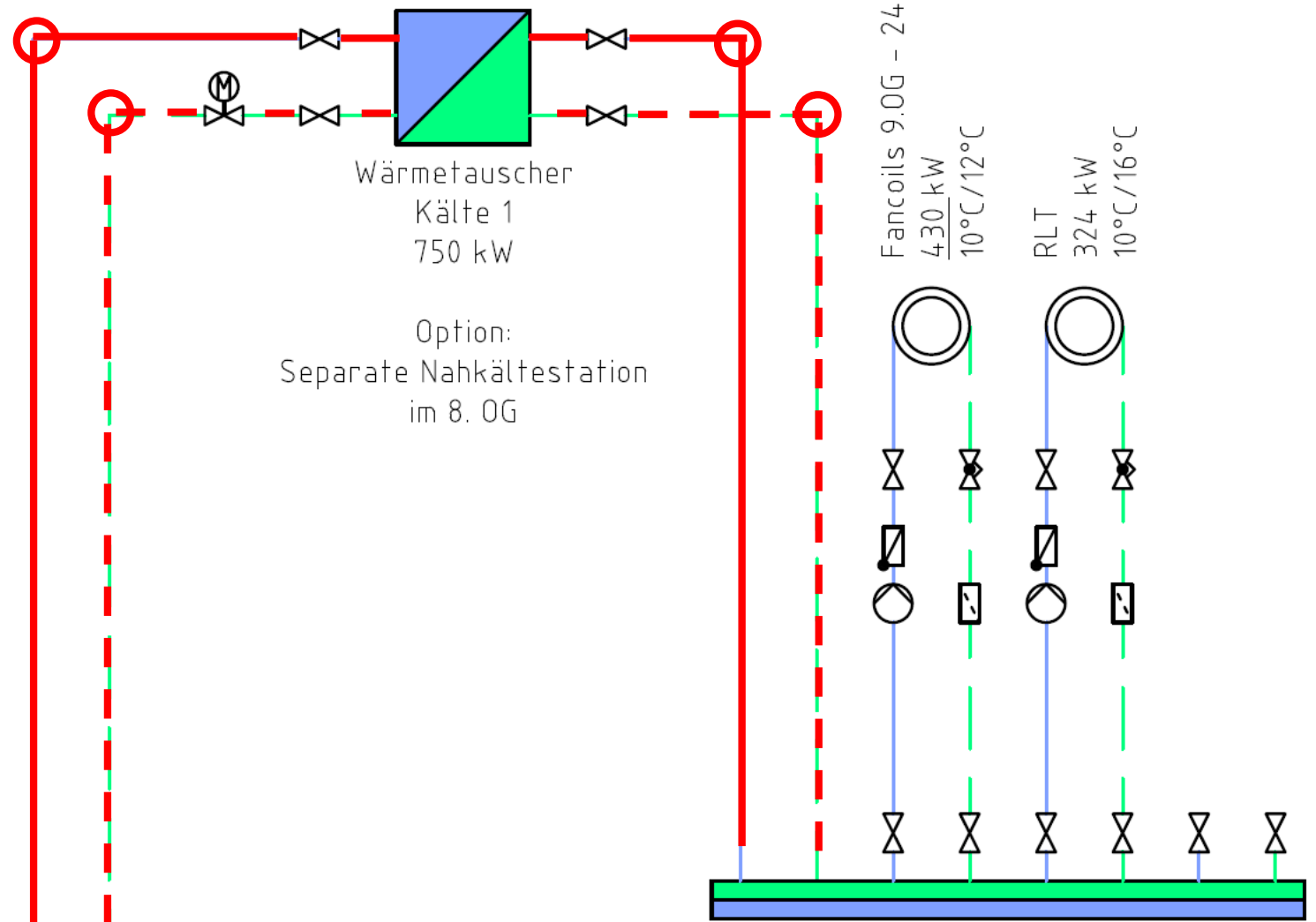
- ≡ Verschiedene Symboltypen mit verschiedenen Symbolinstanzen
- ≡ Linienerkennung: Wo sind Linien zu finden, die auch einer Verbindung in Realität entsprechen?



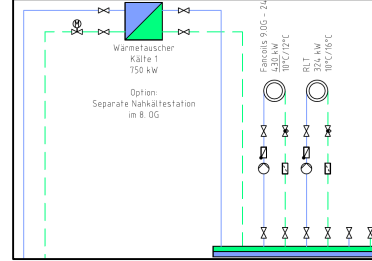
Motivation

■ Herausforderungen

- ≡ Verschiedene Symboltypen mit verschiedenen Symbolinstanzen
- ≡ Linienerkennung: Wo sind Linien zu finden, die auch einer Verbindung in Realität entsprechen?
- ≡ Erkennung von Linienkreuzungen: Wo treffen sich Linien und was bedeutet diese Linienkreuzung?



Topologieerkennung bei Technischen Plänen



Symbolerkennung
CNN Ansatz

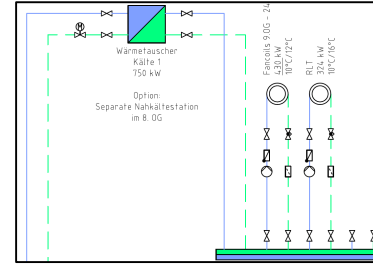
Linienerkennung
Edge Detection Algorithmus
Hough Transform

Linienkreuzungserkennung
Line-Line Intersection
Algorithmus

Verbindungsableitung
Liang-Barsky Algorithmus

Digitaler Zwilling
Brick Schema, BUDO Schema

Topologieerkennung bei Technischen Plänen



Symbolerkennung
CNN Ansatz

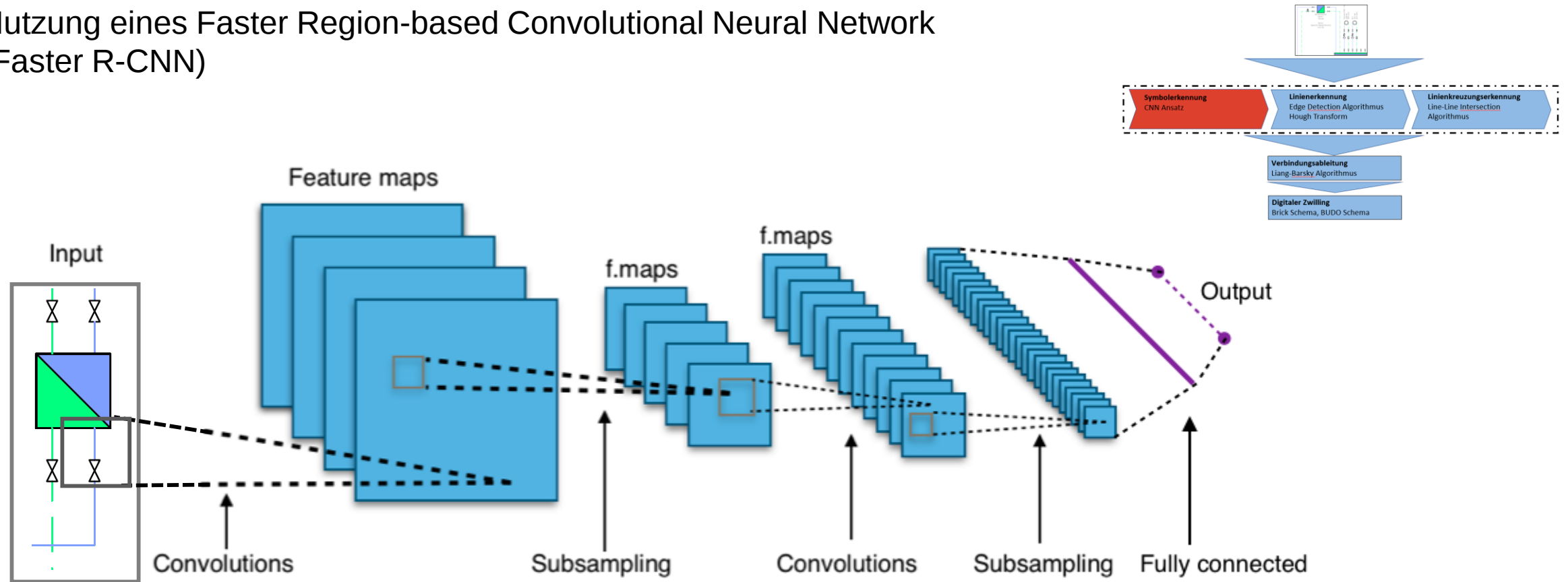
Linienerkennung
Edge Detection Algorithmus
Hough Transform

Linienkreuzungserkennung
Line-Line Intersection
Algorithmus

Verbindungsableitung
Liang-Barsky Algorithmus

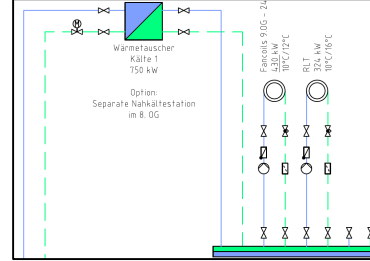
Digitaler Zwilling
Brick Schema, BUDO Schema

- Nutzung eines Faster Region-based Convolutional Neural Network (Faster R-CNN)



[1, 2, 3]

Topologieerkennung bei Technischen Plänen



Symbolerkennung
CNN Ansatz

Linienerkennung
Edge Detection Algorithmus
Hough Transform

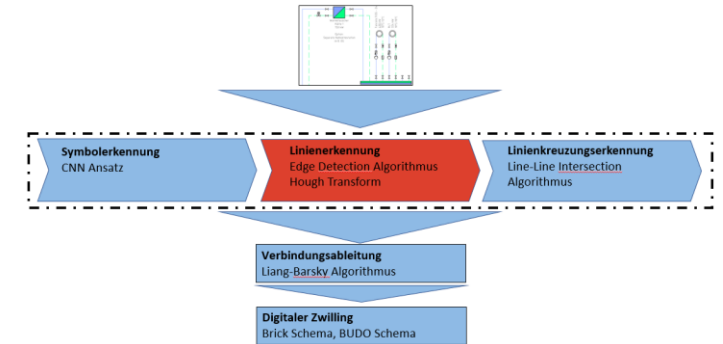
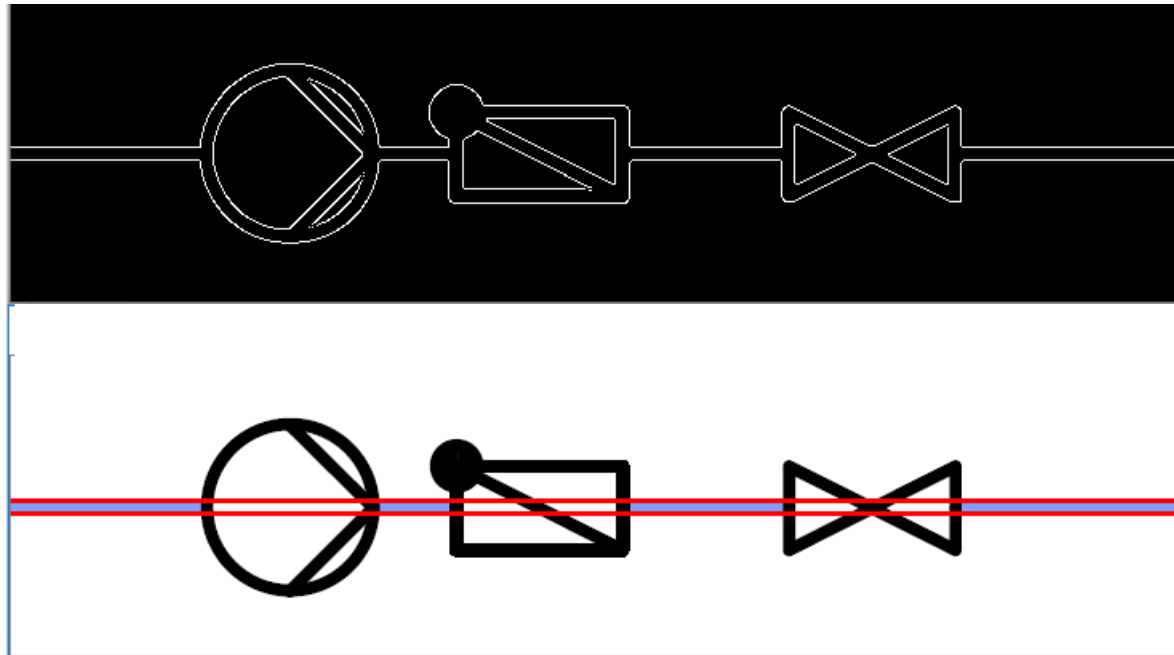
Linienkreuzungserkennung
Line-Line Intersection
Algorithmus

Verbindungsableitung
Liang-Barsky Algorithmus

Digitaler Zwilling
Brick Schema, BUDO Schema

■ Linienerkennung

- ≡ Nutzung der Kantenerkennung
- ≡ Verwendung der Hough-Transformation



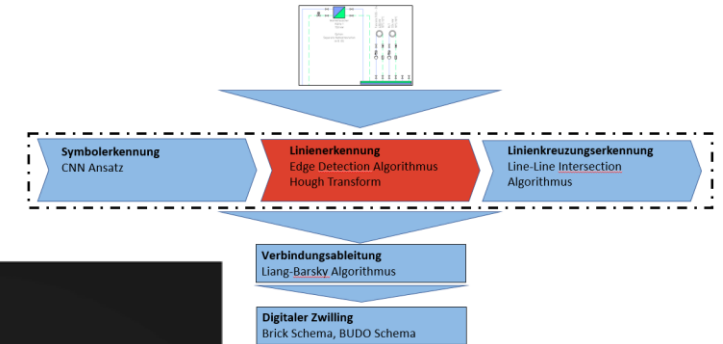
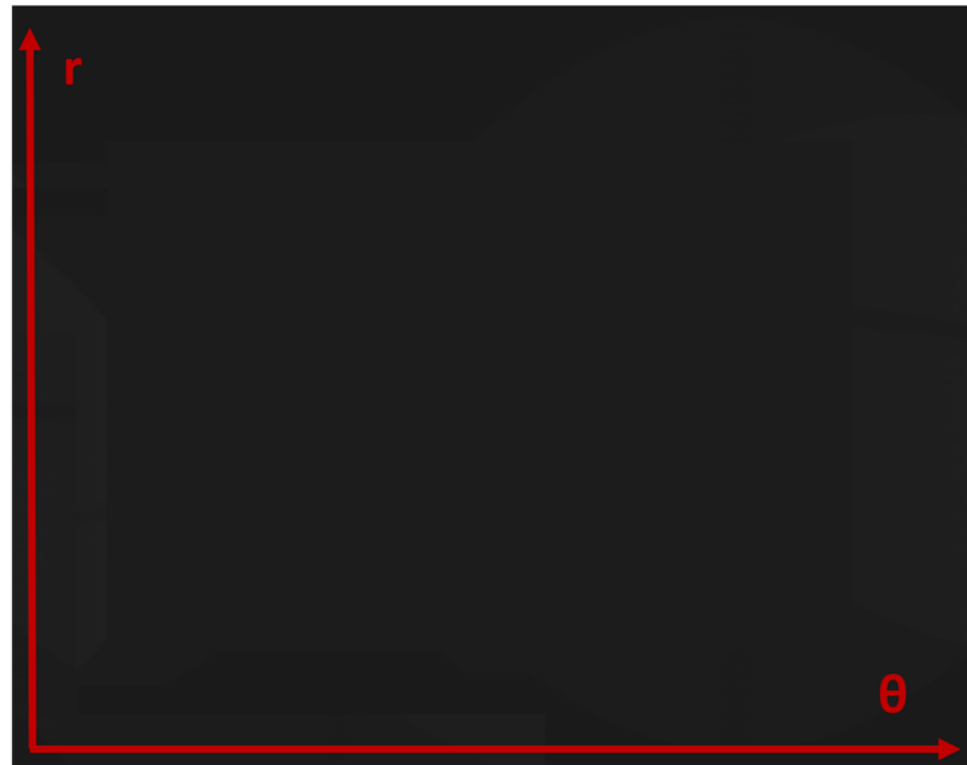
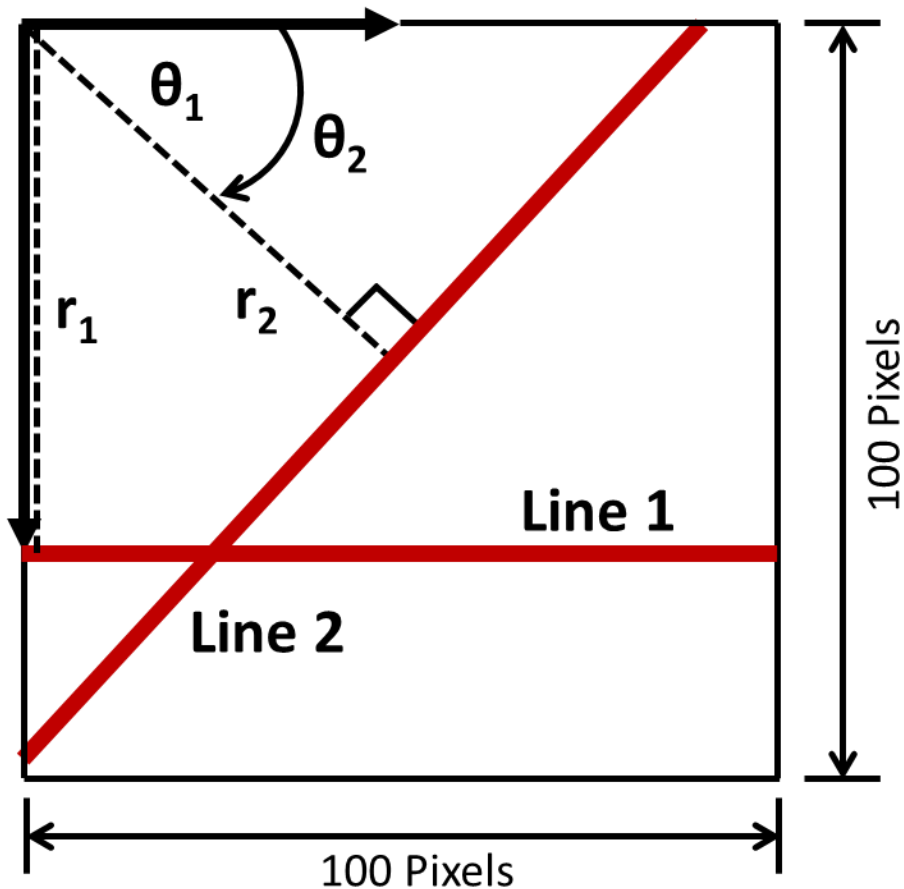
[4]

Topologieerkennung bei Technischen Plänen

Linienerkennung

■ Linienerkennung

- ≡ Nutzung der Kantenerkennung
- ≡ Verwendung der Hough-Transformation



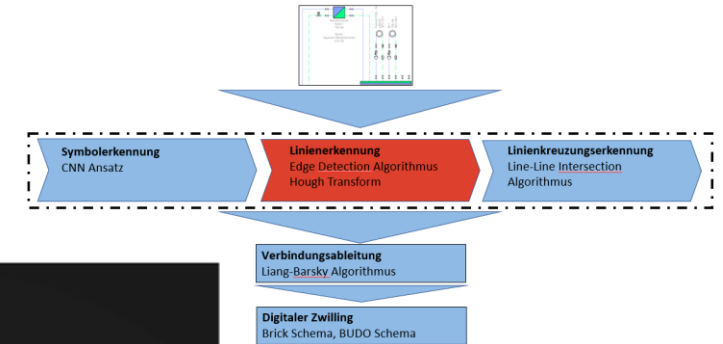
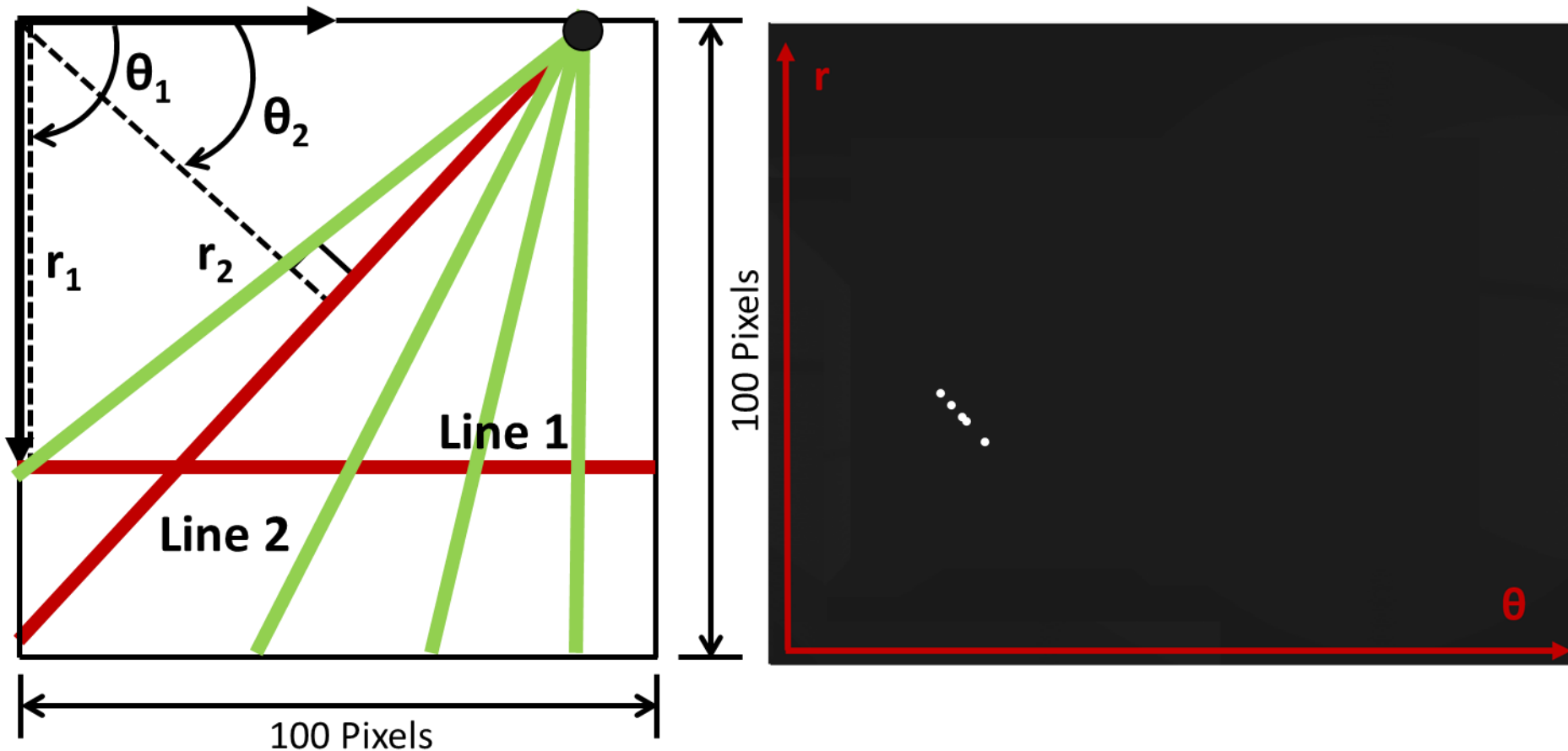
[4, 5]

Topologieerkennung bei Technischen Plänen

Linienerkennung

■ Linienerkennung

- ≡ Nutzung der Kantenerkennung
- ≡ Verwendung der Hough-Transformation



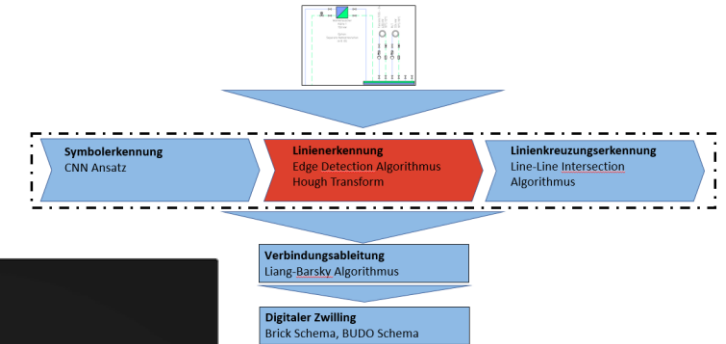
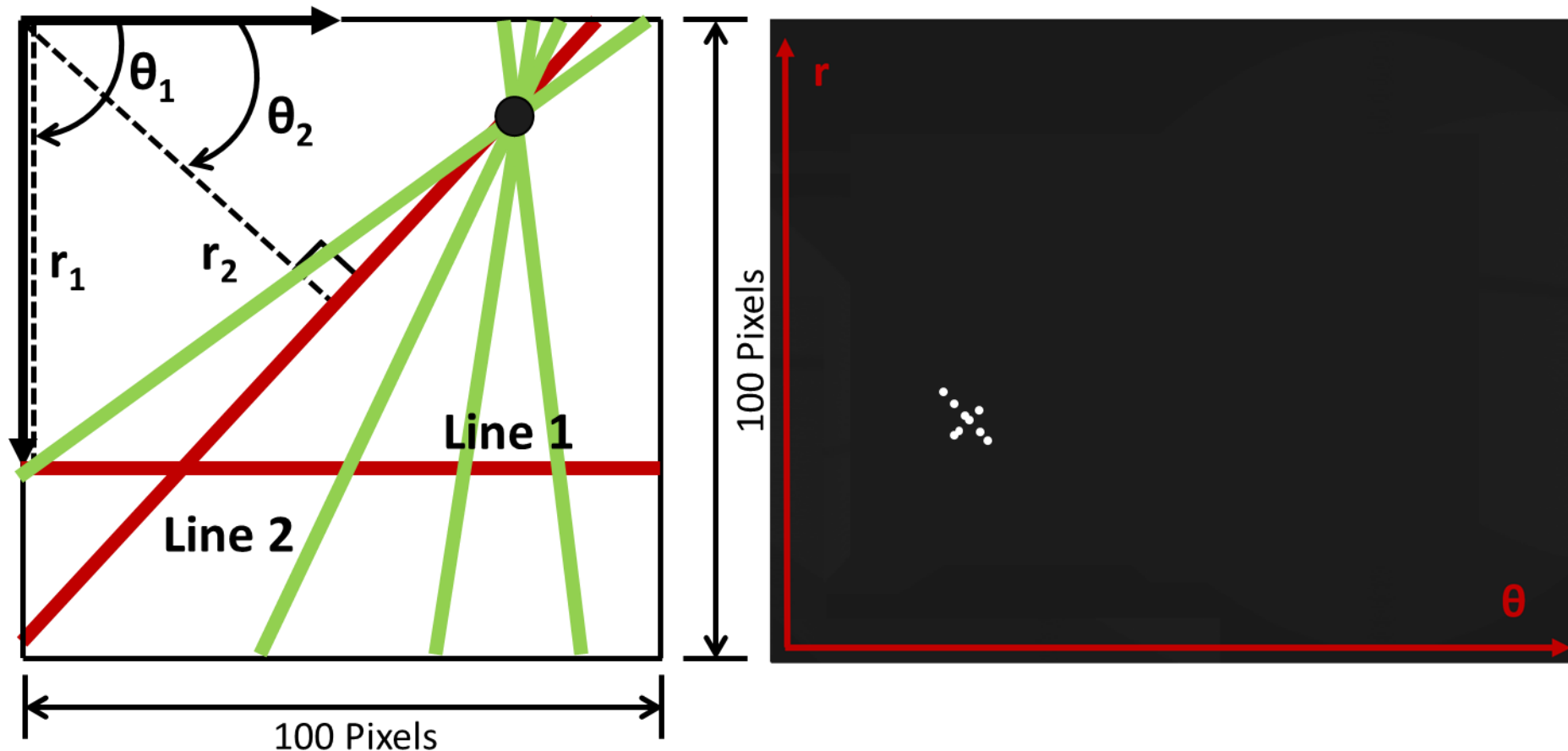
[4, 5]

Topologieerkennung bei Technischen Plänen

Linienerkennung

■ Linienerkennung

- ≡ Nutzung der Kantenerkennung
- ≡ Verwendung der Hough-Transformation

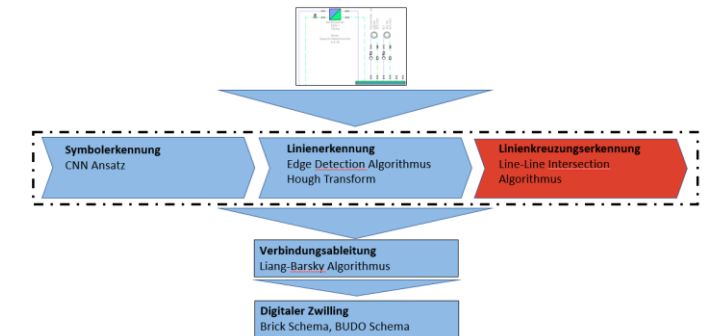


[4, 5]

Topologieerkennung bei Technischen Plänen

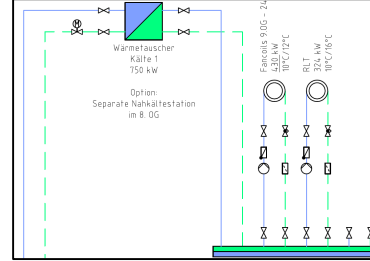
Erkennung von Linienkreuzungen

Nr.	Bezeichnung	Beispiel	Verbindungsannahme
I.	Zwei-Richtungs-kreuzung		Verbindung existiert
II.	Drei-Richtungs-kreuzung		Verbindung existiert
III.	Vier-Richtungs-kreuzung		Verbindung existiert nicht



[6]

Topologieerkennung bei Technischen Plänen



Symbolerkennung
CNN Ansatz

Linienerkennung
Edge Detection Algorithmus
Hough Transform

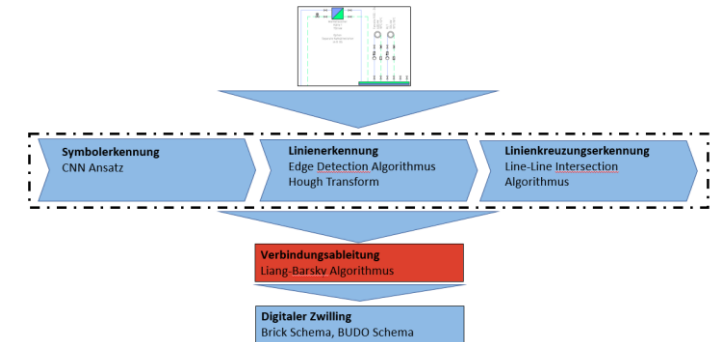
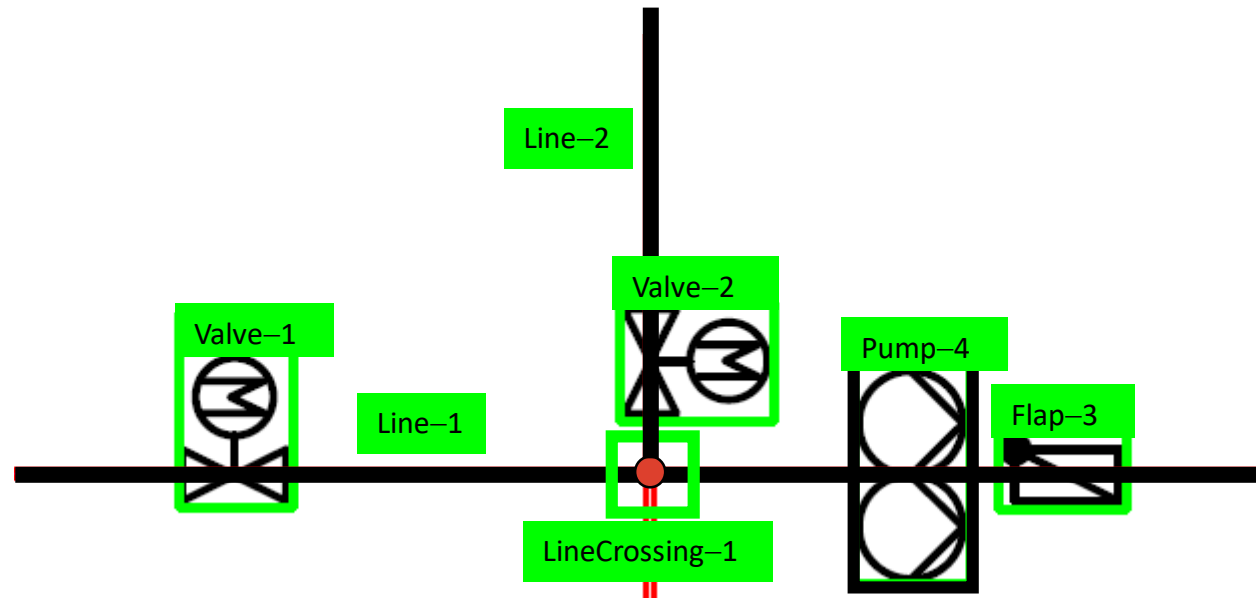
Linienkreuzungserkennung
Line-Line Intersection
Algorithmus

Verbindungsableitung
Liang-Barsky Algorithmus

Digitaler Zwilling
Brick Schema, BUDO Schema

Topologieerkennung bei Technischen Plänen

Ableitung der Verbindungen

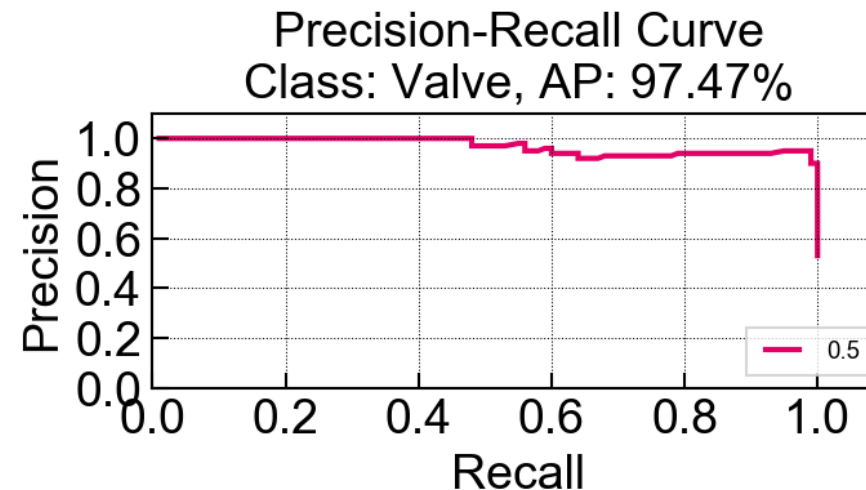
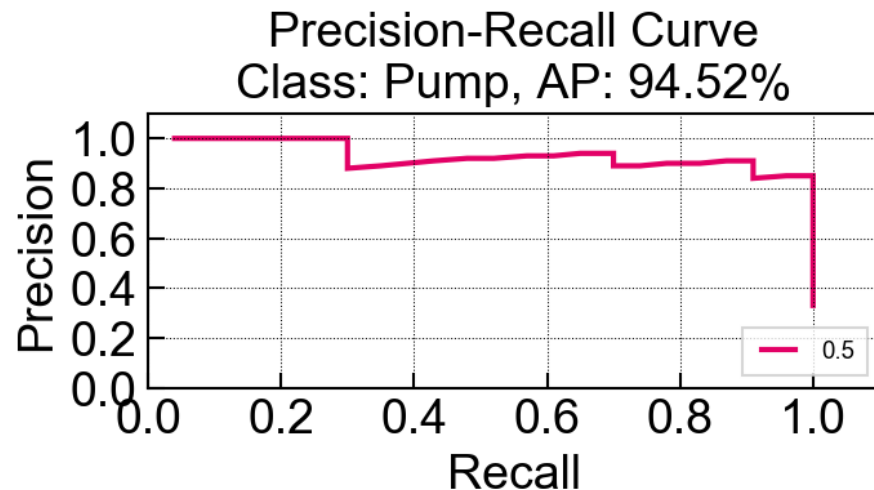
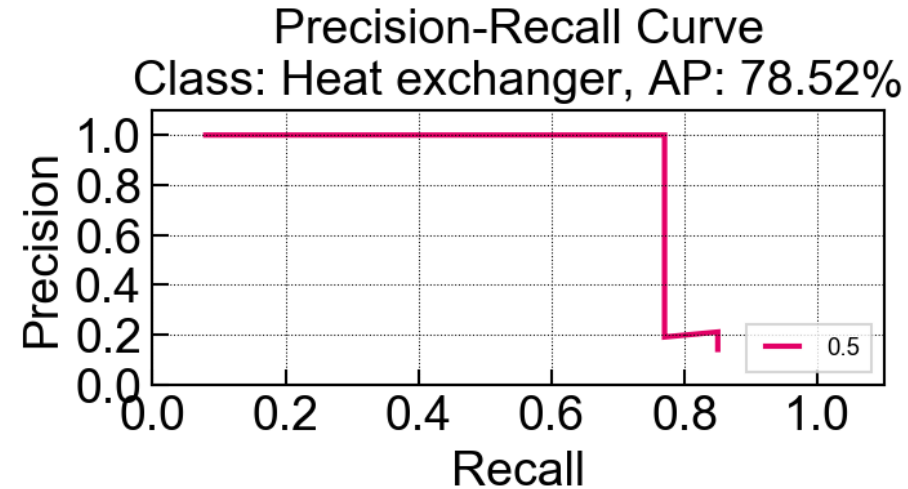
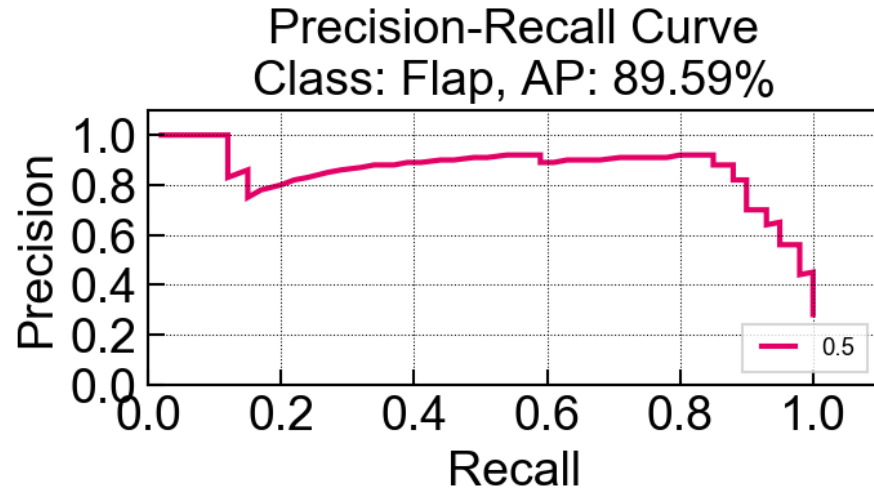


Ergebnisse

	True Condition positive	True Condition negative	F1 Score = $2 * \frac{\text{Precision} * \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$
Predicted condition positive	True positive (TP)	False positive (FP)	Precision = $\frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP}}$
Predicted condition negative	False negative (FN)	True negative (TN)	Neg Predicted Value = $\frac{\text{TN}}{\text{FN} + \text{TN}}$
	Recall = $\frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FN}}$	Specificity = $\frac{\text{TN}}{\text{FP} + \text{TN}}$	Accuracy = $\frac{\text{TP} + \text{TN}}{\text{TP} + \text{FP} + \text{FN} + \text{TN}}$

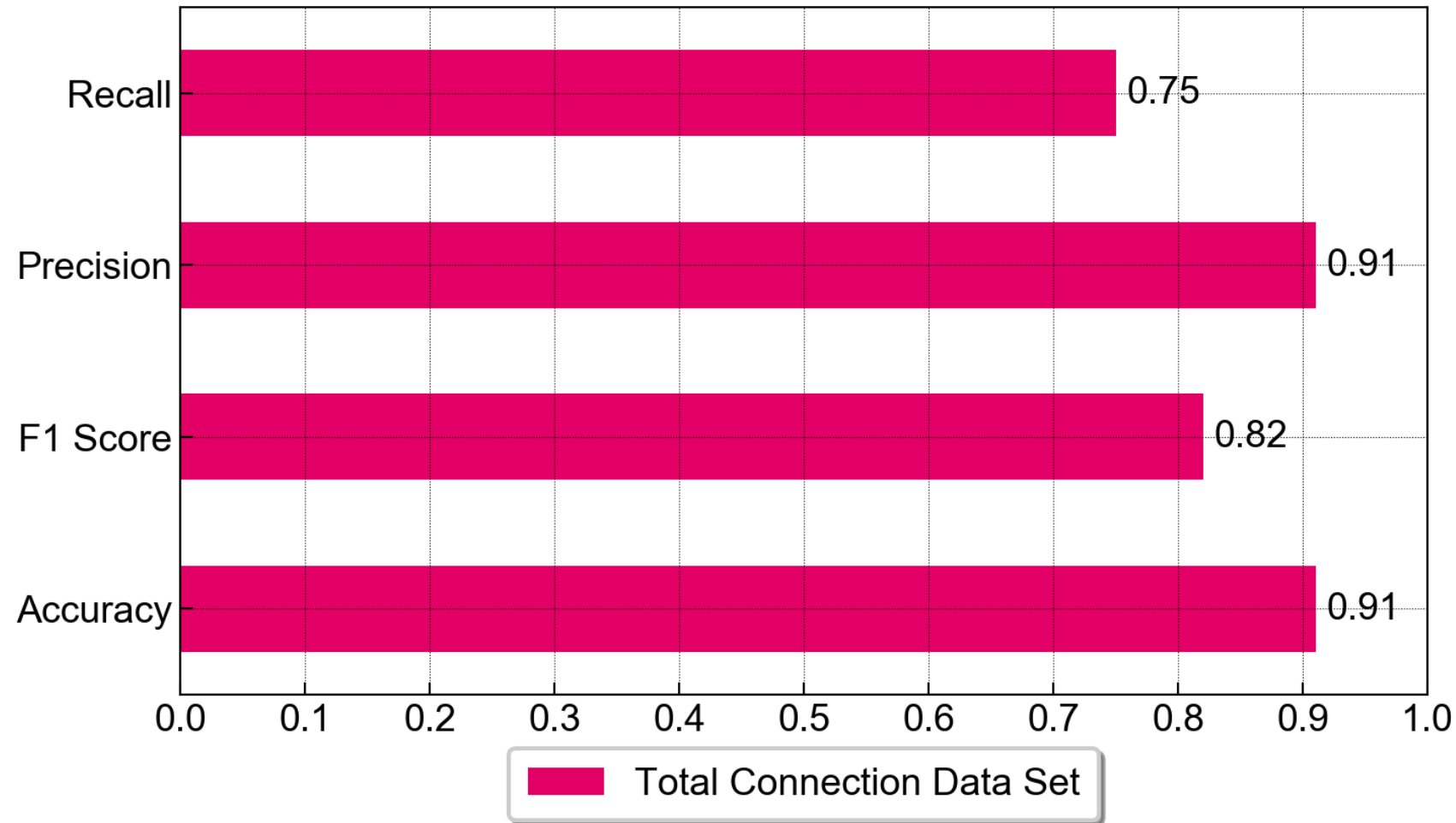
Ergebnisse

■ Ergebnisse der Objekterkennung

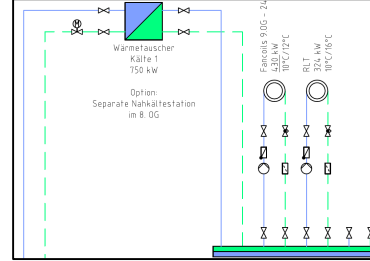


Ergebnisse

■ Ergebnisse der Verbindungserkennung



Topologieerkennung bei Technischen Plänen



Symbolerkennung
CNN Ansatz

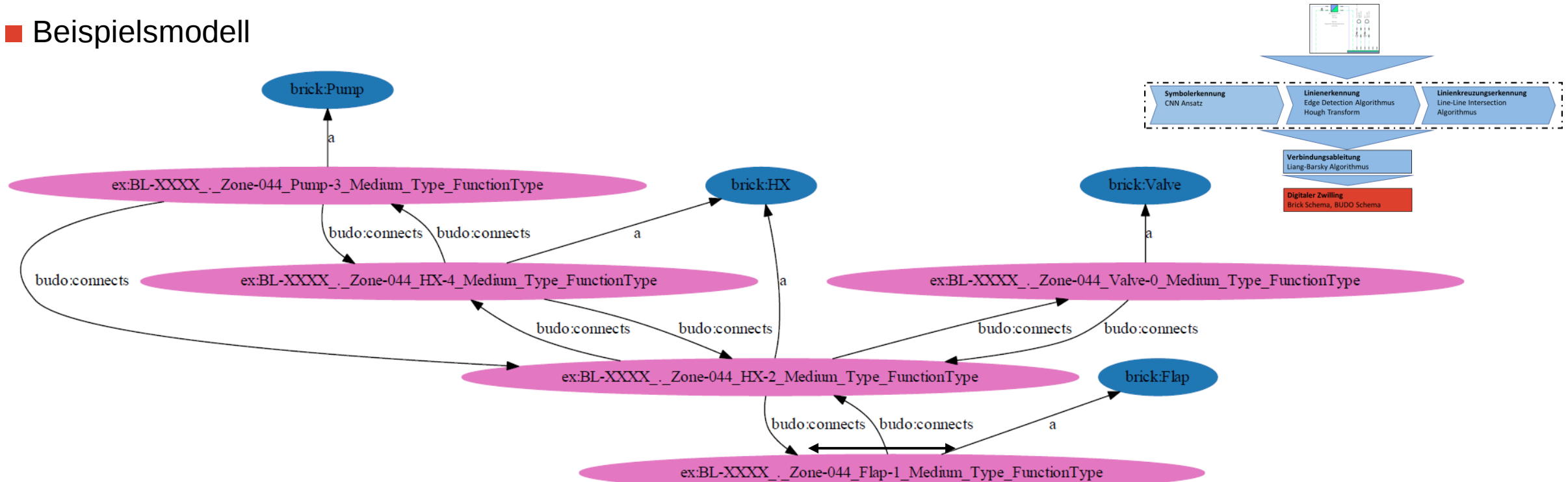
Linienerkennung
Edge Detection Algorithmus
Hough Transform

Linienkreuzungserkennung
Line-Line Intersection
Algorithmus

Verbindungsableitung
Liang-Barsky Algorithmus

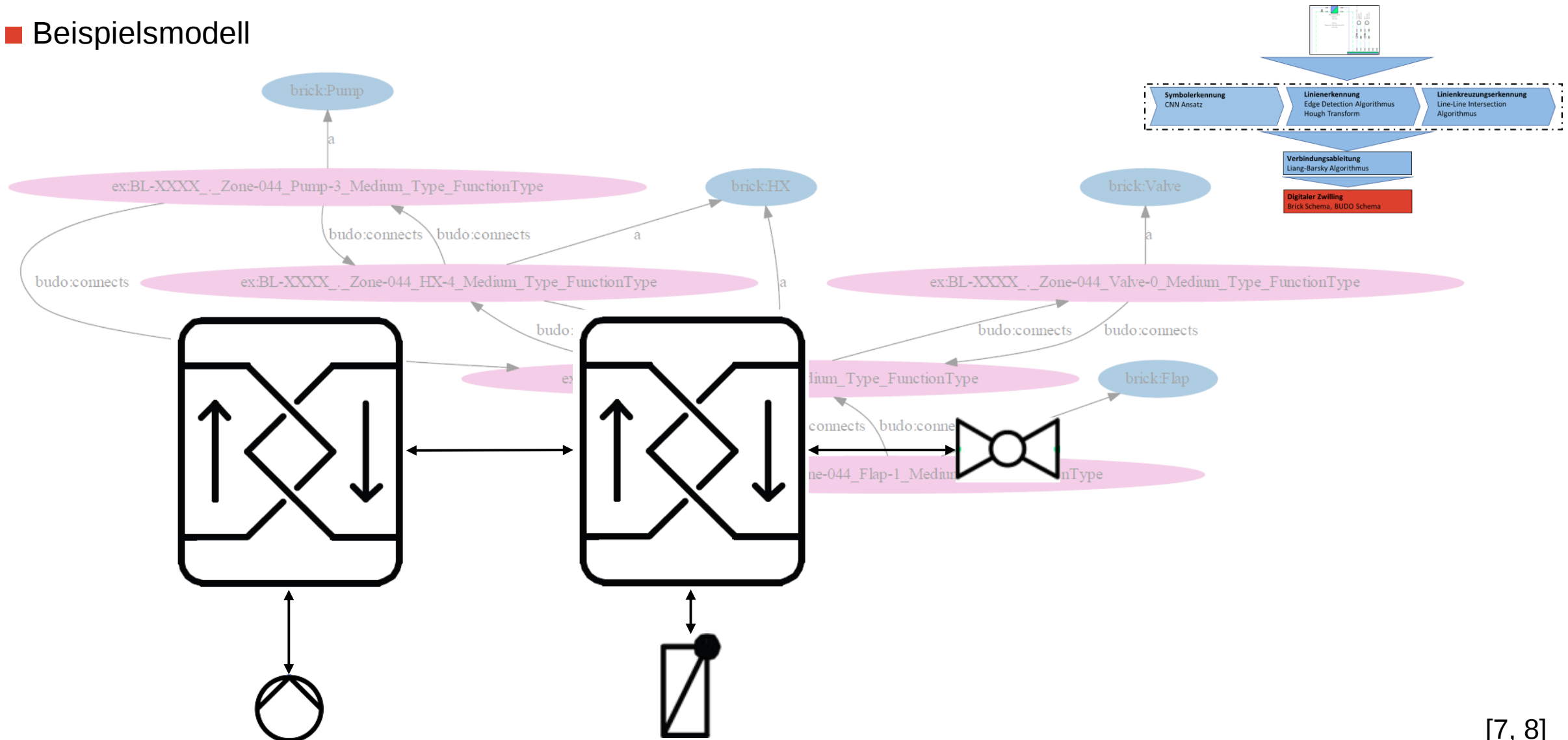
Digitaler Zwilling
Brick Schema, BUDO Schema

■ Beispielsmodell



[7, 8]

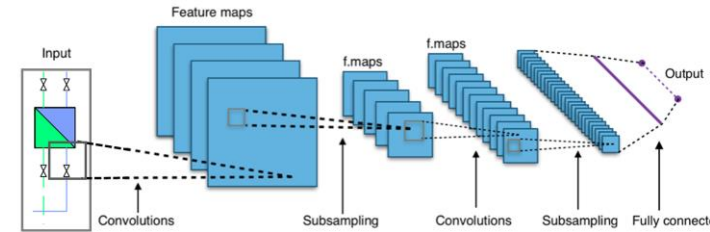
■ Beispielsmodell



[7, 8]

Fazit

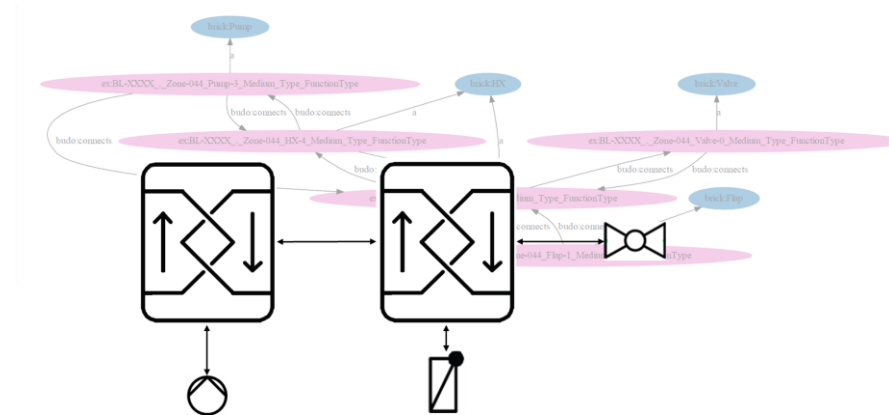
- Algorithmus zur Symbolerkennung mithilfe von künstlichen neuronalen Netzen (Faster R-CNN)



- Algorithmus zur Linien- und Linienkreuzungserkennung

Nr.	Bezeichnung	Beispiel	Verbindungsannahme
I.	Zwei-Richtungs-kreuzung		Verbindung existiert
II.	Drei-Richtungs-kreuzung		Verbindung existiert

- Export zu einem digitalen Zwillingsmodell



Quellennachweise

- [1]: Aphex34, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45679374>, bearbeitet und unter gleicher Lizenz nutzbar
- [2]: Fei-Fei Li, Andrej Karpathy, and Justin Johnson. Spatial Localization and Detection. 2016. URL http://cs231n.stanford.edu/slides/2016/winter1516_lecture8.pdf.
- [3]: Min Peng, Chongyang Wang, Tong Chen, Guangyuan Liu, and Xiaolan Fu. Dual Temporal Scale Convolutional Neural Network for Micro-Expression Recognition. *Frontiers in psychology*, 8: 1745, 2017. ISSN 1664-1078. doi: 10.3389/fpsyg.2017.01745.
- [4]: Daf-de, CC BY 2.5. Hough Transform example results, 2006. URL <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1c/Hough-example-result-en.png>, bearbeitet und unter gleicher Lizenz nutzbar
- [5]: Eric W. Weisstein. Line-Line Intersection, 2019. URL <http://mathworld.wolfram.com/Line-LineIntersection.html>.
- [6]: D. White. The Liang-Barsky line clipping algorithm in a nutshell!, 2006. URL <https://www.skytopia.com/project/articles/compsci/clipping.html#edges>.
- [7]: B. Balaji, A. Bhattacharya, ... , K. Whitehouse, Brick Metadata schema for portable smart building applications, Appl. Energy 226 (2018) 1273–1292. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.02.091>.
- [8]: BUDO Schema: <https://github.com/RWTH-EBC/BUDO>

Florian Stinner

Wissenschaftlicher Mitarbeiter

RWTH Aachen, E.ON Energieforschungszentrum, Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik

T +49 241 80-49623

F +49 241 80-49769

FStinner@eonerc.rwth-aachen.de

https://www.researchgate.net/profile/Florian_Stinner



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Wir danken für die finanzielle Unterstützung durch das *BMWi*
(Bundesministerium für Wirtschaft und Energie),
Förderkennzeichen 03SBE0006A.