



















































Tabelle 5-3: Morphologischer Kasten für HAR [eigene Darstellung]

Charakterisierung von HAR					
Kategorien	Kriterien	Eigenschaften			
Relevante Merkmale für Mapping	Interessensbereich	Besondere Merkmale	Objekte	Menschen	Ganzer Körper
	Kontextgrad	Identifizierung (Anwesenheit und Position)	Räumliche und zeitliche Verfolgung der Position	Identifizieren & Muster klassifizieren	Obere Extremitäten
Weitere Fähigkeiten	Anpassungsfähigkeit an einen neuen Kontext	Niedrig		Hoch	
	Spezialisierung der Methode	Verallgemeinerte Aufgabe		Spezifische Aufgabe	
	Nachvollziehbarkeit des Lösungsweges	Blackbox		Transparent	
Anstrengung	Aufwand für die Programmierung	Niedrig		Hoch	
	Aufwand für die Ausbildung	Hoch		Niedrig	
					Untere Extremitäten
					Bauteilzustand



Tabelle 5-4: Morphologischer Kasten für handbasierte Automatisierungsansätze (Handgestenerkennung & Handgrifferkennung) [eigene Darstellung]

Charakterisierung von handbasierten Automatisierungsansätzen					
Kategorien	Kriterien	Eigenschaften			
Relevante Merkmale für Mapping	Interessensbereich	Besondere Merkmale	Objekte	Menschen	Ganzer Körper Obere Extremitäten Untere Extremitäten
	Kontextgrad	Identifizierung (Anwesenheit und Position)	Räumliche und zeitliche Verfolgung der Position	Identifizieren & Muster klassifizieren	Teilbedingung
Weitere Fähigkeiten	Anpassungsfähigkeit an einen neuen Kontext	Niedrig		Hoch	
	Spezialisierung der Methode	Verallgemeinerte Aufgabe		Spezifische Aufgabe	
	Nachvollziehbarkeit des Lösungsweges	Blackbox		Transparent	
Anstrengung	Aufwand für die Programmierung	Niedrig		Hoch	
	Aufwand für die Ausbildung	Hoch		Niedrig	

Tabelle 5-5: Morphologischer Kasten für Colour density recognition (Farbwerterkennung) [eigene Darstellung]

Charakterisierung von Colour density recognition (Farbwerterkennung)					
Kategorien	Kriterien	Eigenschaften			
Relevante Merkmale für Mapping	Interessensbereich	Besondere Merkmale	Objekte	Menschen	Ganzer Körper Obere Extremitäten Untere Extremitäten
	Kontextgrad	Identifizierung (Anwesenheit und Position)	Räumliche und zeitliche Verfolgung der Position	Identifizieren & Muster klassifizieren	Bauteilzustand
Weitere Fähigkeiten	Anpassungsfähigkeit an einen neuen Kontext	Niedrig		Hoch	
	Spezialisierung der Methode	Verallgemeinerte Aufgabe		Spezifische Aufgabe	
	Nachvollziehbarkeit des Lösungsweges	Blackbox		Transparent	
Anstrengung	Aufwand für die Programmierung	Niedrig		Hoch	
	Aufwand für die Ausbildung	Hoch		Niedrig	

Tabelle 5-6: Morphologischer Kasten für Edge detection (Kantenerkennung) [eigene Darstellung]

Charakterisierung von Edge detection (Kantenerkennung)					
Kategorien	Kriterien	Eigenschaften			
Relevante Merkmale für Mapping	Interessensbereich	Besondere Merkmale	Objekte	Menschen	Ganzer Körper Obere Extremitäten Untere Extremitäten
	Kontextgrad	Identifizierung (Anwesenheit und Position)	Räumliche und zeitliche Verfolgung der Position	Identifizieren & Muster klassifizieren	Bauteilzustand
Weitere Fähigkeiten	Anpassungsfähigkeit an einen neuen Kontext	Niedrig		Hoch	
	Spezialisierung der Methode	Verallgemeinerte Aufgabe		Spezifische Aufgabe	
	Nachvollziehbarkeit des Lösungsweges	Blackbox		Transparent	
Anstrengung	Aufwand für die Programmierung	Niedrig		Hoch	
	Aufwand für die Ausbildung	Hoch		Niedrig	

## 7 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Einheit	Bedeutung
KI	-	Künstliche Intelligenz
AOI	-	Automatisierte optische Inspektion
MTM	-	Methods-Time-Measurement
CNN	-	Faltungsneuronales Netz
CPU	-	Central Processing Unit – zentrale Recheneinheit
HAR	-	Human-Action-Recognition – Erkennung menschlicher Aktivitäten
RGB	-	Rot-grün-blau
SMED	-	Single-Minute-Exchange of Die

## 8 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1 Forschungsgebiete des maschinellen Lernens und der Computer Vision, bearbeitet nach [Kha20] .....	7
Abbildung 3.1: Lean Methoden, die mit kamerabasierten Automatisierungsansätzen automatisiert werden können [eigene Darstellung] .....	12
Abbildung 3.2: Gesamtschema der entwickelten Methode zur Potenzialanalyse [eigene Darstellung] .....	13

## 9 Tabellenverzeichnis

Tabelle 4-1 Zusammenfassung Potenzialbewertung der kamerabasierten Automatisierung der Lean-Methode [eigene Darstellung] .....	15
Tabelle 5-1: Morphologischer Kasten für Object Recognition [eigene Abbildung] ....	20
Tabelle 5-2: Morphologischer Kasten für Object Tracking [eigene Abbildung] .....	21
Tabelle 5-3: Morphologischer Kasten für HAR [eigene Darstellung].....	22
Tabelle 5-4: Morphologischer Kasten für handbasierte Automatisierungsansätze (Handgestenerkennung & Handgrifferkennung) [eigene Darstellung]	23
Tabelle 5-5: Morphologischer Kasten für Colour density recognition (Farbwerterkennung) [eigene Darstellung].....	24
Tabelle 5-6: Morphologischer Kasten für Edge detection (Kantenerkennung) [eigene Darstellung].....	25

## Literaturverzeichnis

- [AI15] AI Impacts. Trends in the cost of computing, 2015. – Aktualisierungsdatum: 2021-01-25 [Zugriff am: 30.03.2021]. Verfügbar unter: <https://aiimpacts.org/trends-in-the-cost-of-computing/>
- [Alp11] Alper Selver, M. ; Akay, O. ; Alim, F. ; Bardakçı, S. ; Ölmez, M. An automated industrial conveyor belt system using image processing and hierarchical clustering for classifying marble slabs. In: *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 27, Nr. 1, 2011, S. 164–176 . Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736584510000839>
- [Ama21] Amazon.de. LINNSE Digital Camera 30MP, 2021. – Aktualisierungsdatum: 2021-04-14 [Zugriff am: 14.04.2021]. Verfügbar unter: [https://www.amazon.de/-/en/LINNSE-Digital-Camera-Compact-Batteries/dp/B08RCNDQ5B/ref=sr\\_1\\_3?dchild=1&keywords=digitalkamera&qid=1618421768&rnid=14663858031&s=photo&sr=1-3](https://www.amazon.de/-/en/LINNSE-Digital-Camera-Compact-Batteries/dp/B08RCNDQ5B/ref=sr_1_3?dchild=1&keywords=digitalkamera&qid=1618421768&rnid=14663858031&s=photo&sr=1-3)
- [Ana20] ANAND, SHEILA. Loganathan, Priya. A guide for machine vision in quality control. New York, NY: CRC Press, 2020
- [And16] Andriolo, A. ; Battini, D. ; Calzavara, M. ; Gamberi, M. ; Peretti, U. ; Persona, A. ; Pilati, F. ; Sgarbossa, F. New RFID pick-to-light system: Operating characteristics and future potential. In: *International Journal of RF Technologies* 7, Nr. 1, 2016, S. 43–63
- [Bed20] Beddiar, D. R. ; Nini, B. ; Sabokrou, M. ; Hadid, A. Vision-based human activity recognition: a survey. In: *Multimedia Tools and Applications*, 2020
- [Bra20] Brahmabhatt, S. ; Tang, C. ; Twigg, C. D. ; Kemp, C. C. ; Hays, J. ContactPose: A Dataset of Grasps with Object Contact and Hand Pose. 19.07.2020
- [Fac19a] Faccio, M. ; Ferrari, E. ; Galizia, F. G. ; Gamberi, M. ; Pilati, F. Real-time assistance to manual assembly through depth camera and visual feedback. In: *Procedia CIRP* 81, 2019, S. 1254–1259 . Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827119306080>
- [Fac19b] Faccio, M. ; Ferrari, E. ; Gamberi, M. ; Pilati, F. Human Factor Analyser for work measurement of manual manufacturing and assembly processes. In: *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 103, 1-4, 2019, S. 861–877
- [Fan10] Fan, K.-C. ; Chen, S.-H. ; Chen, J.-Y. ; Liao, W.-B. Development of auto defect classification system on porosity powder metallurgy products. In: *NDT & E International* 43, Nr. 6, 2010, S. 451–460 . Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963869510000435>
- [Fan20] Fantini, P. ; Pinzone, M. ; Taisch, M. Placing the operator at the centre of Industry 4.0 design: Modelling and assessing human activities within cyber-physical systems. In: *Computers & Industrial Engineering* 139, 2020, S. 105058 . Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835218300329>

- [Fra21] FRAMOS Deutschland Online Shop. Intel RealSense D415 Starterset, 2021. – Aktualisierungsdatum: 2021-04-12 [Zugriff am: 12.04.2021]. Verfügbar unter: <https://shop-de.framოს.com/Intel%C2%AE-RealSense%E2%84%A2-Tiefenkamera-D415-Starterkit-p131742593>
- [Ghi20] Ghiasi, G. ; Cui, Y. ; Srinivas, A. ; Qian, R. ; Lin, T.-Y. ; Cubuk, E. D. ; Le V, Q. ; Zoph, B. Simple Copy-Paste is a Strong Data Augmentation Method for Instance Segmentation. 13.12.2020
- [Kal20] Kalfaoglu, M. E. ; Kalkan, S. ; Alatan, A. A. Late Temporal Modeling in 3D CNN Architectures with BERT for Action Recognition. 04.08.2020
- [Kär19] Kärcher, S. ; Bauernhansl, T. Approach to Generate Optimized Assembly Sequences from Sensor Data. In: Procedia CIRP 81, 2019, S. 276–281
- [Kha20] Khan, A. I. ; Al-Habsi, S. Machine Learning in Computer Vision. In: Procedia Computer Science 167, 2020, S. 1444–1451 . Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050920308218>
- [Kle14] Klette, R. Concise Computer Vision. London: Springer London, 2014
- [Kor10] Koren, Y.; Hill, R. (Mitarb.). The global manufacturing revolution : Product-process-business integration and reconfigurable systems. Hoboken, NJ: Wiley a John Wiley & Sons Inc, 2010
- [Las19] Laszlo, R. ; Holonec, R. ; Copindean, R. ; Dragan, F. Sorting System for e-Waste Recycling using Contour Vision Sensors. In: . 2019 8th International Conference on Modern Power Systems (MPS): IEEE, 2019 - 2019, S. 1–4
- [Lee15] Lee, E. A. ; Seshia, S. A. Introduction to embedded systems : A cyber-physical systems approach. 2. ed., Printing 2.0. Lulu: LeeSeshia.org, 2015
- [Liu20] Liu, Q. ; Yang, H. An Improved Value Stream Mapping to Prioritize Lean Optimization Scenarios Using Simulation and Multiple-Attribute Decision-Making Method. In: IEEE Access 8, 2020, S. 204914–204930
- [Liu21] Liu, Y. ; Ma, R. ; Li, H. ; Wang, C. ; Tao, Y. RGB-D Human Action Recognition of Deep Feature Enhancement and Fusion Using Two-Stream ConvNet. In: Journal of Sensors 2021, 2021, S. 1–10 . Verfügbar unter: <https://www.hindawi.com/journals/js/2021/8864870/>
- [Mih19] Mihajlovic, I. Everything You Ever Wanted To Know About Computer Vision, 2019. – Aktualisierungsdatum: 2019-04-25 [Zugriff am: 13.03.2021]. Verfügbar unter: <https://towardsdatascience.com/everything-you-ever-wanted-to-know-about-computer-vision-heres-a-look-why-it-s-so-awesome-e8a58dfb641e>
- [Mor17] Mora, E. ; Gaiardelli, P. ; Resta, B. ; Powell, D. Exploiting Lean Benefits Through Smart Manufacturing: A Comprehensive Perspective. In: Lödding, H.; Riedel, R.; Thoben, K.-D.; Cieminski, G. von; Kiritsis, D. (Hrsg.). Advances in Production Management Systems. The Path to Intelligent, Collaborative and Sustainable Manufacturing : IFIP WG 5.7 International Conference, APMS 2017, Hamburg, Germany, September 3-7, 2017, Proceedings, Part I. Cham: Springer International Publishing,



- 2017 (IFIP Advances in Information and Communication Technology, 513), S. 127–134
- [Nak21] Nakano, T. ; Yamazaki, T. ; Shida, K. Development of Automatic Work Analysis for Assembly Work using Motion Picture Analysis of Hand Position and Motion. In: Journal of Japan Industrial Management Association 71, 4E., 2021, S. 233–240
- [O'M19] O'Mahony, N. ; Campbell, S. ; Carvalho, A. ; Harapanahalli, S. ; Hernandez, G. V. ; Krpalkova, L. ; Riordan, D. ; Walsh, J. Deep Learning vs. Traditional Computer Vision. In: Arai, K.; Kapoor, S. (Hrsg.). Advances in Computer Vision : Proceedings of the 2019 Computer Vision Conference (CVC), Volume 1. 1. Aufl. Cham: Springer International Publishing, 2019 (Advances in Intelligent Systems and Computing), S. 128–144
- [Ohn88] Ohno, T. ; Bodek, N. Toyota production system : Beyond large-scale production. [Reprinted]. New York, NY: Productivity Press, 1988
- [Omo17] Omogbai, O. ; Salonitis, K. The Implementation of 5S Lean Tool Using System Dynamics Approach. In: Procedia CIRP 60, 2017, S. 380–385 . Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117300586>
- [Par20] Pareek, P. ; Thakkar, A. A survey on video-based Human Action Recognition: recent updates, datasets, challenges, and applications. In: Artificial Intelligence Review, 2020
- [Pil20] Pilati, F. ; Faccio, M. ; Gamberi, M. ; Regattieri, A. Learning manual assembly through real-time motion capture for operator training with augmented reality. In: Procedia Manufacturing 45, 2020, S. 189–195 . Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920311355>
- [Rem14] Remigiusz Labudzki ; Stanislaw Legutko ; Pero Raos. The essence and applications of machine vision. In: Tehnicki Vjesnik 21, Nr. 4, 2014, S. 903–909 . Verfügbar unter: [https://www.researchgate.net/publication/286283684\\_The\\_essence\\_and\\_applications\\_of\\_machine\\_vision](https://www.researchgate.net/publication/286283684_The_essence_and_applications_of_machine_vision)
- [Rot20] Roth, E. ; Moncks, M. ; Bohne, T. ; Pumplun, L. Context-Aware Cyber-Physical Assistance Systems in Industrial Systems : A Human Activity Recognition Approach. In: . 2020 IEEE International Conference on Human-Machine Systems (ICHMS): IEEE, 2020 - 2020, S. 1–6
- [Rot09] Rother, M. ; Shook, J. Learning to See : value-stream mapping to create value and eliminate muda. 1.4. Aufl. Cambridge, MA, USA: Lean Enterprise Institute, 2009
- [San15] Sandegud. Classification of images progress human, 2015. – Aktualisierungsdatum: 2021-03-16 [Zugriff am: 30.03.2021]
- [Sof16] Sofu, M. M. ; Er, O. ; Kayacan, M. C. ; Cetişli, B. Design of an automatic apple sorting system using machine vision. In: Computers and Electronics in Agriculture 127, 2016, S. 395–405 . Verfügbar unter: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169916304513>

- [Sta21] Statista. Total data volume worldwide 2010-2024 | Statista, 2021. – Aktualisierungsdatum: 2021-03-29 [Zugriff am: 29.03.2021]. Verfügbar unter: <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/>
- [Sti19] Stiefenhöfer, P. Machine Learning eröffnet neue Horizonte für die Bildverarbeitung, 2019. – Aktualisierungsdatum: 2019-10-23 [Zugriff am: 28.12.2020]. Verfügbar unter: <https://www.all-electronics.de/machine-learning-eroeffnet-neue-horizonte-fuer-die-bildverarbeitung/>
- [Wan17] Wang, W.-C. ; Chen, S.-L. ; Chen, L.-B. ; Chang, W.-J. A Machine Vision Based Automatic Optical Inspection System for Measuring Drilling Quality of Printed Circuit Boards. In: IEEE Access 5, Nr. 99, 2017, S. 10817–10833 . Verfügbar unter: [https://www.researchgate.net/publication/310687671\\_A\\_Machine\\_Vision\\_Based\\_Automatic\\_Optical\\_Inspection\\_System\\_for\\_Measuring\\_Drilling\\_Quality\\_of\\_Printed\\_Circuit\\_Boards](https://www.researchgate.net/publication/310687671_A_Machine_Vision_Based_Automatic_Optical_Inspection_System_for_Measuring_Drilling_Quality_of_Printed_Circuit_Boards)
- [Xio21] Xiong, T. ; Ye, W. A PC-based control method for high-speed sorting line integrating data reading, image processing, sequence logic control, communication, and HMI. In: AIP Advances 11, Nr. 1, 2021, S. 15123 . Verfügbar unter: <https://aip.scitation.org/doi/full/10.1063/5.0031302>
- [Yeo14] Yeow, J. A. ; Ng, P. K. ; Tan, K. S. ; Chin, T. S. ; Lim, W. Y. Effects of Stress, Repetition, Fatigue and Work Environment on Human Error in Manufacturing Industries. In: Journal of Applied Sciences 14, Nr. 24, 2014, S. 3464–3471
- [Zet16] Zettel, V. ; Ahmad, M. H. ; Beltramo, T. ; Hermannseder, B. ; Hitzemann, A. ; Nache, M. ; Paquet-Durand, O. ; Schöck, T. ; Hecker, F. ; Hitzmann, B. Supervision of Food Manufacturing Processes Using Optical Process Analyzers - An Overview. In: ChemBioEng Reviews 3, Nr. 5, 2016, S. 219–228 . Verfügbar unter: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cben.201600013>