
AUXILIA: Nutzerzentriertes Assistenz- und Sicherheitssystem zur Unterstützung von Menschen mit Demenz auf Basis intelligenter Verhaltensanalyse

Roman Seidel ^{1,*}, André Apitzsch ^{2,*}, Jingrui Yu ^{3,*}, Julian Seuffert ^{4,*}, Norbert Nestler ^{5,*},
Danny Heinz ^{6,*}, Anne Goy ⁷, Gangolf Hirtz ^{8,*}

¹ roman.seidel@etit.tu-chemnitz.de

² andre.apitzsch@etit.tu-chemnitz.de

³ jingrui.yu@etit.tu-chemnitz.de

⁴ julian.seuffert@etit.tu-chemnitz.de

⁵ norbert.nestler@etit.tu-chemnitz.de

⁶ danny.heinz@etit.tu-chemnitz.de

⁷ anne.goy@mb.tu-chemnitz.de

⁸ g.hirtz@etit.tu-chemnitz.de

* Professur Digital- und Schaltungstechnik,
Technische Universität Chemnitz, Deutschland

⁷ Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement,
Technische Universität Chemnitz, Deutschland

DOI: [10.14464/aw&i_conference.v%vi%i.236](https://doi.org/10.14464/aw&i_conference.v%vi%i.236)

ABSTRACT

Durch den demographischen Wandel in Verbindung mit fehlendem Pflegepersonal gewinnt die Entwicklung technischer Assistenzsysteme im Feld des Active and Assisted Living (AAL) zunehmend an Bedeutung. Zukunftsorientierte Instrumente, die in der Altenpflege zum Einsatz kommen, sind neuartige, nutzerzentrierte Gesundheitssysteme für Personengruppen mit speziellen Anforderungen. In diesem Beitrag werden das Konzept sowie erste Ergebnisse des Projekts AUXILIA gezeigt, welches ein nutzerzentriertes Assistenz- und Sicherheitssystem zur Unterstützung von Menschen mit Demenz auf Basis intelligenter Verhaltensanalyse beschreibt. Das Assistenz- und Sicherheitssystem richtet sich vor allem an Patienten mit beginnender Demenz. Das Projektziel ist der längere Verbleib von Demenzpatienten in ihren eigenen vier Wänden. Das System unterstützt nicht nur die Patienten, sondern richtet sich

darüber hinaus an Nutzer aus dem Pflegeumfeld sowie an Angehörige. Mithilfe einer neuartigen Smart Sensor Technologie, die es ermöglicht, den gesamten Raum zu erfassen, können menschliche Verhaltensmuster bestimmt und an die Nutzergruppen weitergegeben werden. Basierend auf diversen Sensordaten werden Objekte kontextbasiert und selbstständig vom System erkannt und daraus Sicherheits- und Assistenzfunktionen, wie beispielsweise eine Sturzdetektion, abgeleitet. Neben der Entwicklung des Sensors wird untersucht, welchen Anforderungen eine Mensch-Maschine-Schnittstelle genügen muss, um für alle Nutzergruppen einen Mehrwert zu bieten.

Keywords: *AAL, Demenz, Neuronale Netze, omnidirektionale Kamera, Verhaltensanalyse*

1 EINLEITUNG

Mit steigender Lebenserwartung der Bevölkerung nimmt auch die Anzahl an Menschen mit demenziellen Erkrankungen zu. Schätzungen von Alzheimer's Disease International zufolge waren 2015 bereits 46,8 Millionen Menschen weltweit erkrankt. Bis zum Jahr 2050 wird sich diese Zahl nahezu verdreifachen (Prince, Comas-Herrera, Knapp, Guerchet, & Karagiannidou, 2016). Um dennoch eine angemessene Versorgung gewährleisten zu können, werden zunehmend Assistenzsysteme entwickelt, die sowohl den Erkrankten selbst als auch die Pflegekräfte und Angehörigen unterstützen.

Eine Vorstufe eines solchen Assistenzsystems zeigen Cook, Crandall, Thomas, & Krishnan (2013). Auf Basis von einfachen Smart Home Sensoren in einer Wohnung erfolgt eine Aktivitätserkennung des Bewohners, die als Grundlage für komplexere Assistenzfunktionen dienen kann. Ein Verfahren zur Verhaltensanalyse, das im häuslichen Umfeld Tätigkeiten der persönlichen Hygiene zuverlässig erkennt, wird von Richter, Wiede, Dayangac, Shahenshah, & Hirtz (2017) vorgestellt. Richter et al. (2016) beschreiben die Entwicklung eines prototypischen, technischen Assistenzsystems für demenziell Erkrankte, das unter Laborbedingungen zahlreiche Unterstützungsmöglichkeiten für die Pflegebedürftigen, deren Angehörige sowie Pflegekräfte aufzeigt.

Im Mittelpunkt des Projekts AUXILIA steht ein praxisnahes, technisches System zur Erfassung des individuellen Verhaltens von Menschen mit beginnender Demenz. Aufbauend auf einer Aktivitätserkennung mit umfangreichem Katalog an Tätigkeiten im häuslichen Umfeld werden komplexere Assistenzfunktionen realisiert, wie beispielsweise eine zuverlässige Erkennung von Notsituationen oder Erinnerungs- und Mobilisierungsnachrichten für den Pflegebedürftigen. Zudem werden durch die Bereitstellung nützlicher Zusatzinformationen Angehörige entlastet und die individuelle Pflege unterstützt. Art und Weise dieser Unterstützung wird in Zusammenarbeit mit Partnern aus der Pflegepraxis erarbeitet. Ein wesentliches Ziel ist der längere Verbleib von Demenzpatienten in der eigenen Häuslichkeit.

Dieser Beitrag ist wie folgt strukturiert: Abschnitt 2 behandelt die primäre Informationsgewinnung mittels Bildverarbeitung. In Abschnitt 3 wird zuerst ein Modell für menschliches Verhalten

vorge stellt, an dem sich die Verhaltensanalyse orientiert. Anschließend werden Möglichkeiten zur Erkennung von Verhaltensauffälligkeiten diskutiert. Der Aufbau des gesamten AUXILIA Systems ist Gegenstand von Abschnitt 4. Es stellt die Systemkomponenten sowie ihre Kommunikation untereinander vor und beschreibt die Schnittstellen für die unterschiedlichen Nutzergruppen. Abschließend fasst Abschnitt 5 die präsentierten Inhalte zusammen und gibt einen Ausblick auf die weiteren Entwicklungen.

2 PERSONENDETEKTION

Als Ausgangsdaten des Assistenzsystems dienen Informationen über die pflegebedürftige Person. Die wichtigste Informationsquelle sind Bilddaten. Die Personendetektion verarbeitet das Bildmaterial und bestimmt die Position der Person, die möglichst zuverlässig und in Echtzeit erkannt werden muss. Um den Wohnbereich mit möglichst wenigen Sensoren zu erfassen, werden omnidirektionale Kameras eingesetzt, die einen großen Sichtbereich aufweisen.

Das eingesetzte Verfahren zur Personendetektion ist der *Single Shot MultiBox Detector (SSD)* (Liu et al., 2016). Beim *SSD* handelt es sich um ein künstliches neuronales Netz, das speziell zur Objektdetektion entwickelt wurde. Ursprünglich arbeitet *SSD* auf perspektivischen Bildern, wie sie von handelsüblichen Kameras erzeugt werden. Um die Echtzeitfähigkeit zu gewährleisten, verzichtet AUXILIA auf die rechenintensive Umwandlung der omnidirektionalen Bilder mit sogenanntem Fischaugeneffekt (vgl. Abbildung 1) in das perspektivische Format. Stattdessen wurde die Personenerkennung so angepasst, dass sie die verzerrten Bilder direkt verarbeiten kann.

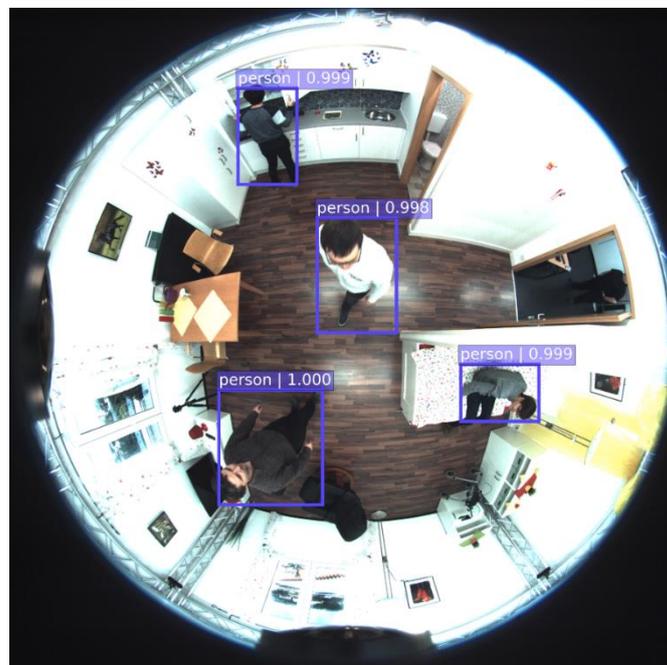


Abbildung 1: Beispielhafte Detektionsergebnisse auf einem omnidirektionalen Bild

Nach der Anpassung von *SSD* spielt die Ausrichtung der Person im Bild keine Rolle mehr. Das bedeutet, es werden Personen im unteren Bildbereich, welche kopfüber dargestellt werden, ebenso gut erkannt wie Personen im oberen Bildbereich. Die Erfassung funktioniert sowohl auf Farbbildern als auch auf Graustufenbildern sehr zuverlässig. Letztere werden beispielsweise von Infrarotkameras erzeugt, welche insbesondere bei schwacher Beleuchtung zum Einsatz kommen. Eine darauffolgende Erkennung der Körperhaltung ist Gegenstand künftiger Untersuchungen. Erste Untersuchungen zeigen, dass eine Gewinnung der Gelenkpunkte mittels *OpenPose* (Cao, Simon, Wei, & Sheikh, 2017; Simon, Joo, Matthews, & Sheikh, 2017; Wei, Ramakrishna, Kanade, & Sheikh, 2016) zielführend für eine Klassifizierung der Pose als *Stehen*, *Sitzen* oder *Liegen* ist.

3 VERHALTENSANALYSE

Die in Abschnitt 1 erwähnten Funktionen zur individuellen Unterstützung und Notfallerkennung bei einem Menschen mit beginnender Demenz erfordern die Analyse seines Verhaltens. Das Ziel dieser Analyse ist es, Anomalien im Verhalten zu finden, d.h. signifikante Abweichungen von den üblichen Gewohnheiten und Tagesabläufen, denn dies können Anzeichen für das Fortschreiten einer demenziellen Erkrankung sein (Weissenberger-Leduc, 2009, S. 11). Im Folgenden wird zuerst auf das zugrundeliegende Modell menschlichen Verhaltens eingegangen und anschließend werden Ansätze zur Detektion von Anomalien diskutiert.

Zur besseren Analyse kann menschliches Verhalten hierarchisch unterteilt werden. Chaaraoui, Climent-Pérez, & Flórez-Revuelta (2012) stellen ein vierstufiges Schichtenmodell vor. Die vier Stufen von komplex zu simpel sind *Behavior*, *Activity*, *Action* und *Motion*. Jede übergeordnete Stufe setzt sich aus mehreren Instanzen der jeweils vorhergehenden Stufe zusammen. In diesem Modell besteht der gewohnte Tagesablauf eines Menschen (Stufe *Behavior*) aus einer bestimmten Abfolge gewisser *Activities of Daily Living* (*ADLs*, Stufe *Activity*) und diese wiederum aus einer Reihe von aufeinander folgenden Elementarhandlungen (Stufe *Action*). Beispielsweise könnte eine typische Morgenroutine um 7:30 Uhr mit der *ADL Aufstehen* beginnen, gefolgt von *Anziehen*, dem *Gang ins Bad* und schließlich dem *Frühstück*. Die *ADL Frühstück* besteht wiederum aus diversen Elementarhandlungen, darunter *Kühlschrank öffnen*, *Kaffee kochen* und *Essen*. Häufig sind die Grenzen zwischen den Schichten fließend, sodass das Modell als Orientierungshilfe dient und in der Umsetzung nicht strikt befolgt wird.

Um die aktuelle *ADL* eines Bewohners aus den Daten der Personendetektion zu ermitteln, werden diese mit Informationen von Smart Home Sensoren angereichert und durch einen mittels maschinellem Lernen trainierten Klassifikator verknüpft. Aufbauend auf den *ADLs* bestehen zwei verschiedene Ansätze, um Verhaltensanomalien zu entdecken.

Im ersten Ansatz werden vordefinierte Verhaltensauffälligkeiten mittels eines geeigneten Verfahrens in den Daten erkannt (Civitarese & Bettini, 2017). Dieses Vorgehen bietet bei guter Unterscheidbarkeit der verschiedenen Anomalien untereinander und von normalem Verhalten

zuverlässige Ergebnisse. Nachteilig ist jedoch, dass prinzipiell ausschließlich im Voraus bedachte Auffälligkeiten erkennbar sind. Daher eignet sich diese Vorgehensweise am besten für klar abgegrenzte Notsituationen, beispielsweise Stürze oder das Rufen nach Hilfe.

Der zweite Ansatz besteht darin, zunächst zu erlernen, was normales Verhalten ist. Anschließend wird die Ähnlichkeit des zu beurteilenden Verhaltens zum Normalzustand gemessen. Mit sinkender Ähnlichkeit steigt die Chance, dass es sich um eine Anomalie handelt. Dieses Vorgehen ist nicht an vordefinierte Anomalien gebunden, führt jedoch oft zu einer hohen Anzahl an Fehldetektionen (Dahmen, Cook, Wang, & Honglei, 2017). Aufgrund der Offenheit gegenüber der konkreten Ausprägung einer Verhaltensabweichung eignet sich dieser Weg besser für das Erkennen von veränderten Tagesabläufen. Um die Präzision zu erhöhen, könnte beispielsweise im Nachgang noch eine manuelle Bestätigung einer erkannten Anomalie erfolgen (Hoque et al., 2015).

4 SYSTEMAUFBAU

Abbildung 2 zeigt den AUXILIA-Systemaufbau bestehend aus den drei Systemkomponenten Smart Sensoren, Fusionszentrale und Smart Home System sowie den Nutzerschnittstellen für die drei Nutzergruppen. Die Kommunikation zwischen den Komponenten erfolgt über das Nachrichtenprotokoll MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*)¹.

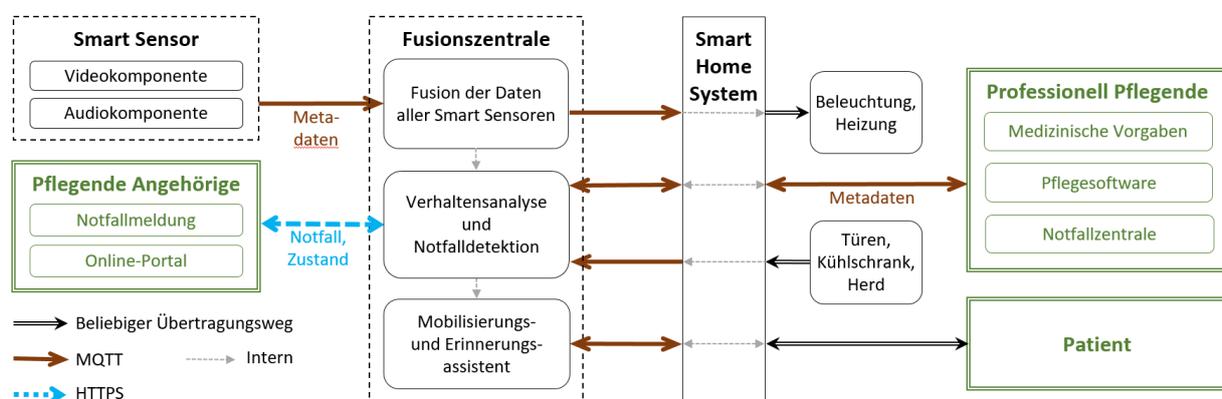


Abbildung 2: Systemaufbau und Schnittstellen

4.1 SYSTEMKOMPONENTEN

Das AUXILIA System verwendet einen Smart Sensor pro Raum, der mithilfe von omnidirektionalen Kameras Bilder für die Objektdetektion liefert. Durch eine unterstützende Audiokomponente wird das System um zusätzliche Notfall- und Assistenzfunktionen erweitert.

¹ <https://mqtt.org>

Die Fusionszentrale fügt die Daten aller Smart Sensoren zusammen, führt die Verhaltensanalyse durch und steuert die Kommunikation mit den Nutzergruppen. Erkenntnisse der Verhaltensanalyse werden über eine Schnittstelle (siehe Abschnitt 4.2) potentiellen Anbietern von Software zur Pflegeplanung und -dokumentation zur Verfügung gestellt. Eine weitere Aufgabe der Fusionszentrale ist der Mobilisierungs- und Erinnerungsassistent, der den Pflegebedürftigen beispielsweise an die Medikamenteneinnahme erinnert.

AUXILIA gliedert sich in bestehende Smart Home Systeme ein und kann nach Bedarf weitere Komponenten hinzufügen. Mithilfe von *Home Assistant*² kann AUXILIA eine Vielzahl unterschiedlicher Sensoren und Aktoren nutzen. Sensoren an Fenstern, Türen, Elektrogeräten sowie Bad- und Küchenarmaturen liefern zusätzliche Informationen für die Verhaltensanalyse. Zusätzlich kann damit die Sicherheit erhöht werden, beispielsweise durch Abschalten des Herds beim Verlassen der Wohnung. Im Rahmen des *Internets der Dinge* lassen sich verschiedene Nutzerinterfaces mit dem Smart Home verbinden und können vom Mobilisierungs- und Erinnerungsassistenten zur Kommunikation mit der alleinlebenden Person genutzt werden. Das System AUXILIA integriert sich als eigenständige Komponente in das Smart Home System. Verwendet werden kann diese Komponente beispielsweise zur Anwesenheitserkennung für die automatische Lichtsteuerung.

4.2 NUTZERSCHNITTSTELLEN

Im Projekt AUXILIA werden Nutzerschnittstellen für die Gruppen Angehörige, professionell Pflegende und den Pflegebedürftigen bereitgestellt und durch Praxispartner definiert. Die Kommunikation des Systems mit dem Pflegebedürftigen kann beispielsweise audiovisuell durch Anzeige auf einem Bildschirm und als Sprachausgabe über Lautsprecher erfolgen. Nach Befragung der Nutzergruppe ist zusätzlich eine bidirektionale Kommunikation mit dem System denkbar. Eine Rückmeldung des Pflegebedürftigen kann durch die verbale Bestätigung mittels Spracherkennung oder der Berührung von Schaltflächen geschehen.

Eine weitere Schnittstelle wird für die Nutzergruppe der professionell Pflegenden bereitgestellt. Diese liefert die notwendigen Informationen zur Pflegeplanung und -dokumentation und stellt den Kontakt zur Notfallzentrale her. Außerdem können medizinische Vorgaben, wie die Häufigkeit der Medikamenteneinnahme oder Trink- und Bewegungsempfehlungen, entgegengenommen werden.

Für die Nutzergruppe Angehörige ist es wichtig, sich über den Zustand des alleinlebenden Pflegebedürftigen informieren zu können (Sütterlin, Hoßmann, & Klingholz, 2011). Um pflegende Angehörige in zeitlicher und moralischer Hinsicht zu entlasten, muss das System eine informative Teilhabe am Leben des Patienten unterstützen und gleichzeitig zeitliche Freiräume für die Pflegenden schaffen. Diese bedarfsgerechte Informationsbereitstellung kann durch ein Online-Portal mit Informationen zum allgemeinen Zustand des Gepflegten umgesetzt werden.

² <https://www.home-assistant.io/>

Eine Notfallmeldung soll im Bedarfsfall in einer mehrstufigen Eskalationskette abgesetzt werden. Dazu validiert das System zum Beispiel einen erkannten Sturz. Anschließend wird dem Pflegebedürftigen die Möglichkeit gegeben, den Notfall zu bestätigen. Reagiert ein informierter Angehöriger nicht, wird in der letzten Stufe der Eskalationskette automatisch eine Notfallzentrale alarmiert.

5 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Das Ziel von AUXILIA ist die Entwicklung eines praxisnahen Assistenzsystems, das einen Beitrag zum selbstbestimmten Leben von Menschen mit beginnender Demenz leistet. Neben den Pflegebedürftigen selbst soll zusätzlich den Angehörigen und professionell Pflegenden Unterstützung geboten werden. Die wichtigste Informationsquelle sind Bilddaten, die mithilfe von omnidirektionalen Kameras gewonnen werden. Basierend auf einem Schichtenmodell wird das Verhalten des zu Pflegenden analysiert. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf Verhaltensauffälligkeiten und Notfällen, wie beispielsweise Stürzen oder dem Auslassen typischer Tätigkeiten. Die gewonnenen Informationen des Systems werden bedarfsgerecht den drei Nutzergruppen bereitgestellt.

Weitere Forschungsschwerpunkte sind die Erweiterung der Posendetektion, um die Körperhaltungen *Sitzen* und *Liegen* zuverlässig zu erkennen, die dreidimensionale Erfassung der Umgebung für eine präzisere Positionsangabe der detektierten Person sowie das automatische Erlernen des Wohnungsgrundrisses.

Referenz: Die diesem Beitrag zugrundeliegenden Arbeiten wurden im Rahmen des Projektes AUXILIA aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.

LITERATURVERZEICHNIS

- Cao, Z., Simon, T., Wei, S.-E., & Sheikh, Y. (2017). Realtime Multi-person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields (S. 1302–1310). IEEE.
- Chaararoui, A. A., Climent-Pérez, P., & Flórez-Revuelta, F. (2012). A review on vision techniques applied to Human Behaviour Analysis for Ambient-Assisted Living. *Expert Systems with Applications*, 39(12), 10873–10888.
- Civitarese, G., & Bettini, C. (2017). Monitoring objects manipulations to detect abnormal behaviors. In *Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops), 2017 IEEE International Conference on* (S. 388–393). IEEE.
- Cook, D. J., Crandall, A. S., Thomas, B. L., & Krishnan, N. C. (2013). CASAS: A Smart Home in a Box. *Computer*, 46(7), 62–69.
- Dahmen, J., Cook, D. J., Wang, X., & Honglei, W. (2017). Smart secure homes: a survey of smart home technologies that sense, assess, and respond to security threats. *Journal of Reliable Intelligent Environments*, 1–16.
- Hoque, E., Dickerson, R. F., Preum, S. M., Hanson, M., Barth, A., & Stankovic, J. A. (2015). Holmes: A comprehensive anomaly detection system for daily in-home activities. In *Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS), 2015 International Conference on* (S. 40–51). IEEE.

- Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.-Y., & Berg, A. C. (2016). SSD: Single Shot MultiBox Detector. In B. Leibe, J. Matas, N. Sebe, & M. Welling (Hrsg.), *Computer Vision – ECCV 2016* (Bd. 9905, S. 21–37). Cham: Springer International Publishing.
- Prince, M., Comas-Herrera, A., Knapp, M., Guerchet, M., & Karagiannidou, M. (2016). World Alzheimer Report 2016 - Improving healthcare for people living with dementia: Coverage, quality and costs now and in the future, 140.
- Richter, J., Meinel, L., Heß, M., Aplitzsch, A., Weisleder, S., Findeisen, M., Wiede, C., & Hirtz, G. (2016). Integration technischer Assistenzsysteme in das häusliche Wohnumfeld am Beispiel des Projektes OPDEMIVA. In G. Marquardt (Hrsg.), *MATI: Mensch - Architektur - Technik - Interaktion für demografische Nachhaltigkeit* (S. 150–151). Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag.
- Richter, J., Wiede, C., Dayangac, E., Shahenshah, A., & Hirtz, G. (2017). Activity Recognition for Elderly Care by Evaluating Proximity to Objects and Human Skeleton Data. In A. Fred, M. De Marsico, & G. Sanniti di Baja (Hrsg.), *Pattern Recognition Applications and Methods* (Bd. 10163, S. 139–155). Cham: Springer International Publishing.
- Simon, T., Joo, H., Matthews, I., & Sheikh, Y. (2017). Hand Keypoint Detection in Single Images Using Multiview Bootstrapping (S. 4645–4653). IEEE.
- Sütterlin, S., Hoßmann, I., & Klingholz, R. (2011). *Demenz-Report: wie sich die Regionen in Deutschland, Österreich und der Schweiz auf die Alterung der Gesellschaft vorbereiten können*. Berlin: Berlin-Institut für Bevölkerung und Entwicklung.
- Wei, S.-E., Ramakrishna, V., Kanade, T., & Sheikh, Y. (2016). Convolutional Pose Machines. In *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)* (S. 4724–4732).
- Weissenberger-Leduc, M. (2009). *Palliativpflege bei Demenz: ein Handbuch für die Praxis*. Wien: Springer.