

risch aufgelistet (↗ R5):

Kriterien	Angaben
Zeitraum:	1/2016, 2 Tage
Anzahl Patienten:	3
Anzahl Durchläufe:	6 (Gesamt) 2 pro Patient, je 1x mit früher Korrektur 1x mit später Korrektur
Verwend. Gehhilfsmittel:	2x Gehstock, 1x Vierpunktstock
Gefahrene Gesamtstrecke:	1.966 m
Trainingszeit:	1h 54 min
Mittlere Dauer pro Pat.:	38 min
Anzahl Passanten:	235 39,2 pro Durchlauf 12 pro 100 m 2 pro Minute
Eingriffe per Contr. Tablet:	36 (27 früh, 9 spät)

Begleitabstand: Der Abstand zwischen dem Laufcoach und den Patienten lag während des Trainings mit dem langsam laufenden Patienten bei durchschnittlich 1,2 m (minimal: 0,94 m, maximal 3,0 m) und mit den beiden schnell laufenden Patienten bei durchschnittlich 2,0 m im Bereich von 1,1 bis 4,4 m.

Nutzerwiedererkennung: Im Vergleich zu den vorangegangenen Nutzertests war das Personenaufkommen bei diesem Test sehr hoch mit 39,2 Passanten pro Durchlauf bzw. 12 pro 100 m bzw. 2,0 pro Minute. Es zeigte sich, dass die peilungsbasierte Wiedererkennung vorrangig für die die Wiedererkennung verantwortlich war, während die kleidungsbasierte Wiedererkennung immer dann entschied, wenn keine Peilung möglich war (durch Verdeckungen, Reflexionen, etc.). Im Falle der *frühen Korrekturingriffe* (am ersten Tag) waren in 13 Situationen Eingriffe nötig (↗ N2). In 9 der 13 Fälle wurden Personen nicht wiedererkannt (sowohl peilungsbasiert als auch kleidungsbasiert), es lag aber auch keine Verwechslung vor. Gründe dafür waren fehlende Detektionen, zeitweise vollständige Verdeckungen der Patienten nach Abbiegung um eine Ecke, Nichterkennung nach Hinsetzen. In einem Fall kam es zu einer Verwechslung mit einer nahe vorbeigehenden Person, in den restlichen 3 Fällen war bei der Auswertung kein ersichtlicher Grund für den frühen und damit vorschnellen Eingriff des Testbeobachters erkennbar. Außerdem kam es durch die peilungsbasierte Wiedererkennung auch zu kurzzeitigen Verwechslungen mit nahestehenden Personen, die jedoch den Ablauf nicht negativ beeinflussten.

Im Vergleich dazu waren bei den *späten Korrekturingriffen* (am zweiten Tag) in 9 Situationen Korrekturen notwendig (↗ N2). In den 9 Fällen wurde die Person nicht wiedererkannt (peilungs- und kleidungsbasiert), es lag aber auch keine Verwechslung vor. Auch hier waren die wesentlichen Gründe für die Nichtwiedererkennung das Hinsetzen, zeitweise vollständige Verdeckungen nach Abbiegung um eine Ecke und fehlende Detektionen vom Personendetektor. In einem Fall hatte der Roboter zwischenzeitlich fälschlicherweise den Durchlauf beendet.

Navigationsprobleme: 16 mal fuhr der Roboter zu nah an

Personen heran (< 15 cm), ohne sie zu berühren (↗ F2). Gründe dafür waren ausbleibende Detektionen (meist bei Rollstuhlfahrern oder teilweisen Verdeckungen durch andere Gegenstände), plötzlich auftauchendes Personal aus Zimmern und Passanten, die den Roboter sehr dicht überholten.

Erkennung Hinsetzen & Aufstehen: Eine robuste autonome Sitzenderkennung ist für den Trainingsbeginn (Initialsituation) und für ungeplante Pausen während des Trainings erforderlich. Von den 6 Initialsituationen (3 an jedem Tag) wurden 4 korrekt erkannt (davon 2x leicht verzögert mit 10 und 26 s Verzögerung), zwei wurden nicht erkannt wegen fehlender Personendetektion und mussten per Ferneingriff getriggert werden (↗ N2). Bei der Sitzenderkennung während der Pausen waren 24 Erkennungen notwendig, davon wurden 20 erkannt (8x sofort, 8x verzögert > 5 sec, 4x deutlich verzögert), 4 mussten per Ferneingriff getriggert werden. Grund für die deutlichen Verzögerungen sind die bewusst späten Eingriffe des Beobachters am zweiten Tag (↗ N2), dadurch kam es vor, dass Personen nicht wiedererkannt wurden, während sie sich hinsetzten. Gründe dafür sind zeitweise ausbleibende Personendetektionen durch atypische Ansichten beim Hinsetzen. In drei Fällen wurden sitzende Personen als stehend erkannt, dann wieder als sitzend durch Fehler bei der Wiedererkennung. Das Aufstehen wurde in 20 von 28 Fällen korrekt erkannt, davon 4x länger als 5 Sekunden verzögert. Gründe für die beobachteten Fehler sind wiederum fehlerhafte Wiedererkennung oder ausbleibende Personendetektionen, in einem Fall beendete der Roboter zwischenzeitlich fälschlicherweise den Durchlauf.

Heranfahren an Sitzende: 28 mal musste an die Patienten herangefahren werden, 2 mal wurde durch den Roboter abgebrochen, da der Patient nicht mehr erreichbar war (nicht mehr sichtbar wegen fehlender Wiedererkennung). In 26 der erreichten Anfahrpositionen konnten die Patienten das Display gut bedienen. Der Winkel zum Patienten war in 25 von 26 Fällen kleiner als 45°, was Voraussetzung für eine gute Bedienbarkeit des Touch-Displays ist. Der Abstand war in 15 von 26 Fällen kleiner als 30 cm, so dass das Display ohne bzw. mit wenig Vorbeugen gut bedienbar war. Bei Abständen größer als 30 cm mussten sich die Patienten allerdings weit vorbeugen.

5 Fazit und Ausblick

Nach vier zeitintensiven Nutzertests konnte ein Stand erreicht werden, in dem alle Komponenten integriert waren und autonom liefen und die meisten Basisleistungen auch vollständig ohne Korrekturen per Ferneingriff funktionieren. Einige wenige, aber wichtige Basisleistungen, wie die Sitzenderkennung oder die Patientenwiedererkennung, erforderten während des Trainings gelegentlich aber noch immer Korrekturingriffe, wenn in bestimmten Situationen Erkennungen falsch waren oder sogar ausblieben. Hier hat auch die peilungsbasierte Wiedererkennung mittels des vom Patienten zu tragendem Sonar-Gerätes keine hundertprozentige Robustheit erbracht, weil sich durch Eigenverdeckungen und akusti-

sche Einflüsse häufig Fehlpeilungen oder Ausfälle ergaben, die dann per Ferneingriff korrigiert werden mussten. Bei der kleidungs-basierten Wiedererkennung wurden technische Unzulänglichkeiten der verbauten Panoramakamera deutlich, deren unzureichende Farbtreue bei starken Änderungen der Beleuchtungsbedingungen gelegentlich zu Problemen der Wiedererkennung während des Laufens führte, die dann ebenfalls per Ferneingriff korrigiert werden mussten. Konkrete Prozentangaben sind hier nicht möglich, da die Anzahl der korrekten Wiedererkennungen nicht mitprotokolliert wurden.

Bei der kamerabasierten Sitzenderkennung traten in 20% der Fälle Defizite auf, die sich sowohl mit den technischen Unzulänglichkeiten der Panoramakamera als auch mit der teilweise unzureichenden Erkennung von sitzenden Personen auf Basis des Größenunterschiedes zwischen Stehen und Sitzen erklären lassen. Für einen vollständig autonomen praktischen Einsatz reicht diese Erkennungsrate aber noch nicht aus. Abhilfe wird hier vermutlich nur eine echte ansichtsbasierte Erkennung von Sitzposen in 2D oder 3D erbringen. Angesichts der extremen Vielfalt von möglichen Sitzhaltungen und Ansichtstörungen durch Gehhilfsmittel, Bekleidung und mitgeführten Utensilien stellt dies aber ein sehr anspruchsvolles, neues Erkennungsproblem dar, das bis zum Abschluss des Projektes nicht mehr in Angriff genommen werden kann.

Angesichts dieser erkannten Probleme ist für Nutzertest Nr. 5 im März 2016 keine hundertprozentige Fehlerfreiheit und damit keine vollständige Autonomie mehr realisierbar. Statt aber auf eine hundertprozentige Fehlerfreiheit aller Basisleistungen zu setzen (\nearrow N1), sollte in der verbleibenden Zeit und in Folgeprojekten nach intelligenten Strategien zur autonomen Behandlung von ausbleibenden Erkennungen (z.B. bei der Wiedererkennung oder der Sitzenderkennung), von neu auftretenden, unerwarteten Situationen oder von Fehlern im Ablauf des Trainingszyklus gesucht werden. Beispielhaft könnte bei einem Kontaktverlust zum Patienten wegen fehlerhafter Wiedererkennung eine Notfallstrategie vereinbart werden, nach der der Patient am nächsten Ruhepunkt auf den Roboter wartet, so dass dieser dort und auf dem Weg dorthin gezielt nach ihm suchen kann. Mit Hinblick auf die angestrebte vollständige Autonomie als Voraussetzung für eine echte Praxistauglichkeit, muss ehrlich eingeschätzt werden, dass in ROREAS bis zum Projektende im März 2016 eine technische Fehlerfreiheit und damit eine *wirkliche Praxistauglichkeit nicht erreicht* werden kann.

Durch die Möglichkeit der Ferneingriffe ergibt sich für sozialwissenschaftliche Untersuchungen der Nutzertests aber zumindest ein vollwertig nutzbarer Trainingsassistent. Eine Zielstellung der Nutzertests war aber neben der Bewertung der Praxistauglichkeit aus technischer Sicht auch die sozialwissenschaftliche Bewertung des Gesamtszenarios Laufcoach hinsichtlich des Trainingsablaufs und der Art der Vermittlung von Informationen zwischen Patient und Roboter. Darüber hinaus bestand eine weitere Zielstellung in der Bewertung einzelner Komponenten der robotischen Basisleistungen aus so-

zialwissenschaftlicher Sicht. Betrachtete Fragestellungen umfassten z.B. die Situation des Wartens vor dem Patientenzimmer hinsichtlich der Störung bzw. Beeinflussung unbeteiligter Patienten oder des Personals, aber auch die Erreichbarkeit des Roboters durch den Patienten zum Start des Trainingsprogramms. Beim Begleiten des Patienten wurde die Entfernung des Roboters zum Patienten durch diesen bezüglich Zufriedenheit und Sicherheit bewertet. Es soll an dieser Stelle aber ausdrücklich betont werden, dass diese sozialwissenschaftliche Bewertung der Nutzertests nicht Gegenstand dieses Beitrages war, ausgewählte Ergebnisse dazu werden in [8] vorgestellt.

Danksagung: Die Autoren möchten allen Projektpartnern des ROREAS-Verbundes ganz herzlich für die vertrauensvolle und inspirierende Kooperation danken - der MetraLabs GmbH Ilmenau, der "m&i Fachklinik" Bad Liebenstein, dem SIBIS Institut für Sozialforschung Berlin und der Krankenkasse Barmer GEK.

Literatur

- [1] Gross, H.-M., Mueller, S., Schroeter, Ch. et al. (2015). Robot companion for domestic health assistance: Implementation, test and case study under everyday conditions in private apartments. In *Proc. Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, pp. 5992–5999
- [2] Scheidig, A., Einhorn, E., Weinrich, Ch. et al. (2015). Robotischer Reha-Assistent zum Lauftraining von Patienten nach Schlaganfall: Erste Ergebnisse zum Laufcoach. In *Proc. 8th German AAL Conference (AAL)*, pp. 436-445
- [3] Projektwebseite: www.serroga.de
- [4] Scheidig, A., Debes, K., Müller et al. (2015). SERROGA: Funktions- und Nutzertests Herangehensweise und Ergebnisse. In *Proc. 8th German AAL Conference (AAL)*, pp. 34-43
- [5] Gross, H.-M., Debes, K., Einhorn, E. et al. (2014). Mobile robotic rehabilitation assistant for walking and orientation training of stroke patients: A report on work in progress. In *Proc. IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, pp. 1880–1887
- [6] Gross, H.-M., Scheidig, A., Debes, K. et al. (2016). ROREAS - Robot coach for walking and orientation training in clinical post-stroke rehabilitation: Prototype implementation and evaluation in field trials. to appear: *Autonomous Robots (AR)*
- [7] Projektwebseite: www.roreas.org
- [8] Meyer, S., Fricke, Ch. (2016). Patientenzentrierte Roboterentwicklung - Schlüssel zur Nutzerakzeptanz? Akzeptanzuntersuchungen mit 80 Patienten in der neurologischen Rehabilitation. In *Proc. 9th German AAL Conference (AAL)*