Fraunhofer FOKUS

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR OFFENE KOMMUNIKATIONSSYSTEME FOKUS

BERICHT TELEREHABILITATION 2015

MEDIZINISCHE ASSISTENZSYSTEME IN DER PRÄVENTION, REHABILITATION UND NACHSORGE

Michael John, Johannes Einhaus, Stefan Klose, Gerhard Kock, Tamara Graßhoff

Berlin, 15.10.2015

Inhalt

1	**Management Summary**	**3**
2	**Einleitung**	**5**
3	**Telerehabilitation – ein facettenreicher Begriff**	**9**
3.1	Rehabilitation, Prävention und Nachsorge	9
3.2	Einordnung in die Telemedizin	11
3.3	Vielfältigkeit	12
3.4	Merkmale	13
4	**Stand der Forschung zur Telerehabilitation**	**15**
4.1	Perspektiven der medizinischen Rehabilitation	15
4.2	Anspruch, Treiber und Hemmnisse	18
4.3	Einsatzbereiche	20
4.4	Überblick zu wesentlichen Studienparametern	22
4.5	Indikationen	24
4.5.1	Kardiologische Rehabilitation	25
4.5.2	Neurologische Rehabilitation	27
4.5.3	Orthopädische Rehabilitation	29
4.5.4	Sonstige Indikationen	30
4.6	Evaluation von Telerehabilitationskonzepten	33
4.7	Laufende Forschungsarbeiten	34
5	**Stand der Praxis für medizinische Assistenzsysteme in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge**	**39**
5.1	Begriffsdefinition eines medizinischen Assistenzsystems	39
5.2	Projekte und Beispielanwendungen	42
5.2.1	Nationale Projekte	42
5.2.1.1	Kardiologische Rehabilitation	42
5.2.1.2	Neurologische Rehabilitation	44
5.2.1.3	Orthopädische Rehabilitation	47
5.2.1.4	Sonstige Indikationen	49
5.2.2	Internationale Projekte	51
6	**Anforderungen an medizinische Assistenzsysteme in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge**	**55**
6.1	Vorgehensweise bei der Ermittlung der Anforderungen	55
6.2	Anforderungen der Therapeuten und Ärzte	56
6.3	Anforderungen der Patienten	60
6.4	Anforderungen an die Benutzerschnittstelle und das technische System	62
7	**Das Telerehabilitationssystem MeineReha® im Überblick**	**69**
7.1	Architektur des Gesamtsystems	69
7.2	Sensor- und Assistenzsysteme für die Bewegungserfassung und -therapie	71
7.3	Das häusliche Reha-System	74
7.4	Das mobile Reha-System	80
7.5	Der Reha-Server	84

7.6	Die Therapeutenumgebung	88
7.7	Das Patienteninformationsportal	91
7.8	Diskussion der Datenschutzaspekte	93
8	**Zusammenfassung und Ausblick**	**97**
9	**Abkürzungsverzeichnis**	**103**
10	**Quellenverzeichnis**	**107**
11	**Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen**	**121**
A	**Anhang**	**123**
A.1	Empirie	123
A.1.1	Empirische Untersuchungen zum Telerehabilitationssystem MeineReha®	123
A.1.2	Ergebnisse der Expertenbefragung zu Assistenzsystemen	124
A.2	Projekte des Fraunhofer FOKUS in der angewandten Telemedizin	131
A.2.1	Abgeschlossene Projekte	131
A.2.2	Laufende Projekte	133
A.3	Alleinstellungsmerkmale des Telerehabilitationssystems MeineReha®	136
A.4	Prävention, Rehabilitation und Nachsorge in den eigenen vier Wänden	137

1 Management Summary

Der Bericht Telerehabilitation 2015 richtet sich an Kostenträger, Ärzte und Therapeuten, die sich für aktuelle Entwicklungen bei medizinischen Assistenzsystemen in der Rehabilitation, Nachsorge und Prävention sowie deren Einsatzmöglichkeiten interessieren. Telerehabilitation als durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnik unterstützte Rehabilitation kennzeichnet sich vornehmlich durch eine hohe Nutzerorientierung und einen unmittelbaren Bezug auf konkrete Behandlungssituationen. Wegen ihres Potenzials zum sektorenübergreifenden Einsatz und zur Vernetzung der Beteiligten kann sie einen wertvollen Beitrag bei der Weiterentwicklung dieses wichtigen Teilbereichs der Gesundheitsversorgung leisten. Dies gilt insbesondere, da die Telerehabilitation auf Grund ihrer hohen Patientenorientierung die Aktivierung und das Selbstmanagement der Patienten fördert.

Neben dem Einsatzpotenzial der Telerehabilitation in der Gesundheitsversorgung werden ebenso bestehende Hemmnisse und zukünftige Herausforderungen thematisiert. Dem Leser wird ein Überblick über relevante wissenschaftliche Untersuchungen und Veröffentlichungen zur kardiologischen, neurologischen und orthopädischen Telerehabilitation sowie weiteren Indikationen wie z. B. Atemwegserkrankungen geboten. Wichtige nationale und europäische Projekte werden vorgestellt. Diese liefern den Nachweis, dass die Telerehabilitation bereit für die breite Erprobung ist.

Der Einsatz von Telerehabilitationssystemen ergänzt und erweitert die ärztlichen bzw. therapeutischen Behandlungsprozesse. Hierdurch bieten sich für Kliniken sowie niedergelassene Ärzte und Therapeuten neue Möglichkeiten der Behandlung. Technik unterstützt dabei die am Behandlungsprozess beteiligten Personen. Ihr Einsatz wird aber maßgeblich von Ärzten und Therapeuten bestimmt und gesteuert.

Eine telerehabilitative Nachsorge verstetigt auf effiziente Weise die im stationären Bereich erzielten Behandlungserfolge und integriert therapeutisch valide Maßnahmen im Sinne einer nachhaltigen Sekundärprävention in den Alltag der Patienten. Telerehabilitationssysteme können für individualisierte Maßnahmen in der Rehabilitation, Nachsorge und Prävention sowohl in der Klinik als auch in der ambulanten Versorgung und im häuslichen Umfeld des Patienten eingesetzt werden.

Die erfolgreiche Entwicklung von medizinischen Assistenzsystemen verlangt einen benutzerzentrierten Entwicklungsprozess. Der Bericht legt dar, welche Anforderungen die beteiligten Akteure (Kostenträger, Ärzte, Therapeuten und Patienten) an derartige Systeme stellen. Ein Telerehabilitationssystem muss Funktionen für Therapieunterstützung, Therapiekontrolle und Kommunikation zwischen den am Behandlungsprozess Beteiligten sowie zur sicheren Datenhaltung aufweisen. Dies wird anhand des vom Fraunhofer FOKUS durchgeführten Projekts MyRehab dargestellt.

Nach Einschätzung der Autoren wird sich Telerehabilitation zuerst in der Nachsorge durchsetzen. Angebote für die Sekundärprävention können nachfolgen. Telerehabilitationssysteme werden zukünftig ganzheitliche und indikationsübergreifende Konzepte der medizinischen Rehabilitation unterstützen.

© Fraunhofer FOKUS

2 Einleitung

In den westlichen Industriestaaten steht die Gesundheitsversorgung vor großen Herausforderungen: Alternde Bevölkerungen gekoppelt mit einer steigenden Lebenserwartung und der dadurch bedingten Zunahme chronisch-degenerativer Erkrankungen (z. B. Bluthochdruck, koronare Herzkrankheit (engl. Coronary Artery Disease, CAD), Diabetes mellitus Typ 2, Demenz, Krebs) machen es erforderlich, die bestehenden Strukturen innerhalb der Gesundheitssysteme weiterzuentwickeln. Dabei müssen als gleichberechtigte Kriterien Zugangsgerechtigkeit, Effizienz und Qualität berücksichtigt werden. Veränderungen in der Versorgungsstruktur sollten dabei vorzugsweise die hohen Behandlungsstandards halten und sie ggf. sogar verbessern. Von überragender Bedeutung ist es, dass die angebotenen Leistungen bezahlbar gestaltet werden (vgl. u. a. *McLean et al. (2013)* [160], S. 1). Auch in Deutschland baut sich ein hoher ökonomischer Druck auf: »*Einerseits wird durch die Abnahme des erwerbstätigen Bevölkerungsanteils die Generierung finanzieller Ressourcen für solidarisch finanzierte Versicherungssysteme, wie die Krankenversicherung, reduziert. Andererseits führt das sich ändernde Morbiditätsprofil der immer älter werdenden Bevölkerung zu einer Erhöhung des finanziellen Bedarfs sowie zu einer Abstimmung der medizinischen und pflegerischen Versorgung auf deren Bedürfnisse*« (*Schmidt et al. (2014)* [207], S. 29).

Entwicklungstendenzen

Ganz allgemein lassen sich diese – teilweise unmittelbar auf dem demografischen und epidemiologischen Wandel beruhenden – Entwicklungstendenzen festhalten:

- Der demografische Wandel erschwert die personelle Deckung des Versorgungsbedarfs: Sowohl für die Ärzteschaft als auch das Pflegepersonal wird eine Lücke zwischen dem prognostizierten Angebot an Fachkräften und dem Bedarf postuliert (*a. a. O.*, S. 33). Für Kanada berichtet *Kairy et al. (2013)* von einer vergleichbaren Entwicklung [131], S. 3999).
- Die medizinischen Leistungserbringer verteilen sich zunehmend ungleich, so dass einer teils hervorragenden Versorgungssituation in Ballungsräumen große Lücken im ländlichen Raum gegenüberstehen (vgl. *Jacobs und Schulze (2011)* [114], S. 7).
- Der medizinisch-technische Fortschritt führt dazu, dass »*die moderne Medizin in der Fortschrittsfalle [sitzt], da die Menschen immer länger mit ihren Krankheiten leben (können) und dadurch höhere Kosten verursachen, so dass das medizinisch Mögliche und Sinnvolle schneller wächst als die zur Verfügung stehenden finanziellen Ressourcen*« (*Schmidt et al. (2014)* [207], S. 33).
- Die Lebensarbeitszeit wird verlängert, zugleich kommt älteren Arbeitnehmern eine immer wichtigere Rolle zu, so dass diese Gruppe durch entsprechende präventive, rehabilitative und nachsorgende Angebote »fit gehalten« werden muss (vgl. *Schramm et al. (2014)* [210]).
- Der Alltag erfährt eine immer stärkere Technisierung. Fitness Tracker werden ebenso wie Medizin-Apps von immer mehr Personen mit größter Selbstverständlichkeit genutzt.
- Die Verweildauern im stationären Bereich werden auf ein Minimum verkürzt, womit »*Patienten […] immer früher im Krankheitsverlauf und immer schwerer betroffen in die Anschlussrehabilitation [kommen]*« (*Schupp (2014)* [213], S. 159). Gleiches berichtet *Kairy et al. (2013)* für Kanada (*[*131], S. 3999) und bestätigt damit einen internationalen Trend.

– Die zunehmende Multimorbidität auf Grund des steigenden Durchschnittsalters der Bevölkerung erfordert »*eine sektoren- und bereichsübergreifende Behandlungskonzeption*« (*Schmidt et al. (2014)* [207], S. 33).

Entwicklungsnotwendigkeiten in der Gesundheitsversorgung

Die seit langem erhobene Forderung einer grundlegenden Neuausrichtung der Gesundheitsversorgung weg von einem »Reparaturbetrieb« (vgl. u. a. *Schönbach (2011)* [209], S. 106) in Richtung einer deutlichen Stärkung der Prävention (und damit begleitend auch der Rehabilitation und Nachsorge) findet zunehmend Gehör.

Die Deutsche Rentenversicherung (DRV) erarbeitete in den letzten Jahren verschiedene Rehabilitationsangebote, die zunehmend ganzheitlich orientiert Berufstätige für die Weiterführung ihrer Beschäftigung im Berufsalltag fit macht. Hier sind vor allem die Angebote »Intensivierte Rehabilitationsnachsorge (IRENA)«, das Präventionsangebot »Beschäftigungsfähigkeit teilhabeorientiert sichern (Betsi)« oder das »Kardiovaskuläre Reha-Nachsorgeprogramm (KARENA)« zu nennen. Auch die Angebote der »Medizinisch-beruflich orientierten Rehabilitation (MBOR)« fördern die Ausrichtung der Rehabilitation an den Anforderungen der Arbeitswelt. Nach der Rückkehr in den Alltag können die oben genannten Angebote zu einer nachhaltigen und oftmals erforderlichen Veränderung des Verhaltens- und Lebensstils führen.

Der GKV-Spitzenverband macht im von ihm herausgegebenen »Leitfaden Prävention« deutlich, dass es sich bei der Förderung der Gesundheit und dem Schutz vor Krankheiten um eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe handelt. Alle Politikfelder, nicht nur die Gesundheitspolitik, müssen sich daran orientieren. Die Trends »*machen eine Intensivierung vorbeugender, auf die Minderung gesundheitlicher Belastungen und die Stärkung gesundheitlicher Potenziale und Ressourcen gerichteter Strategien und Interventionen erforderlich*« (*GKV-Spitzenverband (2014)* [88], S. 6).

Struktur des Berichtsdokuments

Dieses Berichtsdokument fokussiert auf die Frage, wie in wichtigen Teilbereichen der Gesundheitsversorgung, namentlich der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge, durch die Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnik (engl. Information and Communications Technology, ICT) die vorstehend beschriebenen Tendenzen aufgegriffen und gestaltet werden können. Hier kann die Telerehabilitation (TR) mit dem ihr innewohnenden Potenzial zur Kosteneinsparung und Lebensstiländerung ein Positivbeispiel sein, wie der Einsatz moderner ICT signifikante ökonomische Entlastung bei gleichzeitiger Sicherung des stationär erreichten Therapieergebnisses für die Patienten schafft. Dabei wird kritisch überprüft, welche konkrete Evidenz zum Einsatz von TR in der Praxis vorliegt.

Kapitel 3 geht darauf ein, wie sich die Angebote der (medizinischen) Rehabilitation in den »Dreiklang« Prävention – Rehabilitation – Nachsorge einfügt und welche Bezüge zwischen den entsprechenden Versorgungsangeboten bestehen. Entsprechend dem speziellen Fokus dieses Berichtsdokuments wird der Begriff der TR als die Durchführung von Maßnahmen der medizinischen Rehabilitation unter Nutzung von ICT diskutiert und pragmatisch durch eine Aufzählung der Merkmale definiert. Dabei zeigt sich eine große Nähe zur Teletherapie, vorzugsweise durch den Bezug auf eine konkrete Behandlungssituation im rehabilitativen Kontext.

© Fraunhofer FOKUS

In Kapitel 4 wird der Frage nachgegangen, wie sich telerehabilitative Konzepte in moderne Rehabilitationsszenarien einpassen lassen. Die Ergebnisse einer umfangreichen Sichtung der vorliegenden wissenschaftlichen Literatur dokumentieren, welche Evidenz zur TR vorliegt. Zusätzlich wird aufgezeigt, zu welchen konkreten Aspekten welche Forschungsvorhaben in der nächsten Zeit weitere Erkenntnisse liefern werden.

Kapitel 5 beleuchtet das breite Spektrum der Einsatzmöglichkeiten telerehabilitativer Konzepte in der Versorgungspraxis durch die strukturierte Darstellung konkreter Projekte und Programme aus dem nationalen und internationalen Bereich.

Kapitel 6 lenkt den Blick auf das vom Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS (Fraunhofer FOKUS) konzipierte Telerehabilitationssystem MeineReha®. Auf Basis der seit 2008 bei der Entwicklung und Erprobung des Systems gesammelten Erfahrungen wird aufgezeigt, welche Anforderungen die einzelnen Anspruchsgruppen an ein derartiges Gesamtsystem stellen.

Kapitel 7 zeigt stellvertretend für moderne Telerehabilitationssysteme am Beispiel von MeineReha® auf, wie sich diese Anforderungen in ein modernes, aus mehreren aufeinander abgestimmten Komponenten bestehendes Gesamtsystem übersetzen lassen. Dabei wird ein ausführlicher Einblick in die Systemarchitektur gegeben.

Kapitel 8 fasst zum einen die Ausführungen des Berichts zusammen und bietet zum anderen auf Basis der gesammelten Erkenntnisse eine Einschätzung der Autoren, wie telerehabilitative Ansätze in Zukunft weiterentwickelt werden müssen, um mittelfristig in die Regelversorgung überführt zu werden.

Kapitel 9 beinhaltet das Abkürzungsverzeichnis. Kapitel 10 stellt mit den aufgelisteten Referenzen eine umfangreiche Sammlung aktueller Materialien zur Verfügung, in der u. a. die für die Aufbereitung des Stands der Forschung (Kapitel 4) und des Stands der Praxis für medizinische Assistenzsysteme in Prävention, Rehabilitation und Nachsorge (Kapitel 5) genutzten Referenzen zu finden sind.

Der Anhang informiert über die Aktivitäten der Forschungsgruppe Telerehabilitation am Fraunhofer FOKUS. Er stellt die begleitenden empirischen Arbeiten zur Entwicklung des Gesamtsystems MeineReha® vor, informiert über aktuelle sowie abgeschlossene Projekte und enthält eine Fotostrecke zur Veranschaulichung der Telerehabilitation.

Danksagung

Dieses Berichtsdokument basiert auf kontinuierlicher Forschungsarbeit, die im Jahr 2008 begonnen wurde. Die Autoren dieses Berichts möchten sich an dieser Stelle bei den Fördergebern, namentlich dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), der Deutschen Rentenversicherung (DRV) sowie verschiedenen Kostenträgern aus der Gesetzlichen Krankenversicherung (GKV) und der Privaten Krankenversicherung (PKV), für die kontinuierliche Unterstützung bedanken. Weiterhin danken wir den zahlreichen Anwendern (Patienten, Ärzten und Therapeuten) für ihre Beteiligung an der (Weiter-)Entwicklung des Gesamtsystems MeineReha®. Ihr Feedback lieferte wertvolle Hinweise während der Entwicklung und bei der Integration des Systems in den Patienten- wie auch klinischen Arbeitsalltag. Ebenso sei den Experten gedankt, die sich an der vom Fraunhofer FOKUS zum Jahreswechsel 2014/ 15 durchgeführten Befragung »Einsatzmöglichkeiten medizinischer Assistenzsysteme in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge« beteiligt haben (vgl. *John et al. (2015)* [121] und Anhang A.1.2), sowie der Fraunhofer-

Gesellschaft, die mit Eigenforschungsmitteln die Abfassung dieses Berichts ermöglicht hat. Dank gebührt nicht zuletzt allen Personen, die an der Entwicklung von MeineReha® beteiligt waren/ sind.

Hinweise

Die Recherchen zu den in Kapitel 4 (Stand der Forschung) dargebotenen Informationen wurden Ende Juni 2015 abgeschlossen. Für einzelne im Kapitel 5 (Stand der Praxis) dokumentierte Projekte und Programme wurden letztmals im Juli bzw. August 2015 Informationen bei den jeweiligen Verantwortlichen abgerufen.

In diesem Bericht wird zur besseren Lesbarkeit nur die männliche Schreibweise verwendet. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass dies keine Wertung beinhaltet und stets sowohl männliche als auch weibliche Personen gemeint sind.

© Fraunhofer FOKUS

3 Telerehabilitation – ein facettenreicher Begriff

Dieses Kapitel möchte dem Leser eine präzisere Vorstellung davon vermitteln, was man unter »Telerehabilitation« (TR) verstehen kann und wie dieser Begriff im weiteren Verlauf dieses Berichtsdokuments genutzt wird. Zu diesem Zweck werden zunächst die beiden enthaltenen Bestandteile – »Rehabilitation« und »Tele(-medizin)« – aufgegriffen und diskutiert. Dabei werden u. a. begriffliche Präzisierungsversuche vorgestellt, die große Vielfalt der möglichen Ausgestaltungen beschrieben und die Merkmale herausgearbeitet, die ein telerehabilitatives Angebot charakterisieren.

In einer ersten Annäherung kann man unter TR allgemein die Durchführung von Maßnahmen der medizinischen Rehabilitation unter Nutzung von ICT verstehen. Dadurch können Rehabilitationsleistungen auch über bestehende räumliche und/ oder zeitliche Distanzen hinweg angeboten werden.

3.1 Rehabilitation, Prävention und Nachsorge

Die Gesundheitsversorgung in Deutschland besteht aus drei großen Bereichen (*Arbeitsgemeinschaft Medizinische Rehabilitation SGB IX (AG MedReha) (2014)* [9], S. 22):

- In der *Primärversorgung* findet die ambulante Behandlung durch niedergelassene Ärzte und Psychotherapeuten statt.
- Als *Akutversorgung* wird die stationäre Versorgung in einem Krankenhaus bezeichnet.
- In der *Rehabilitation* geht es nach erfolgter Primär- und/ oder Akutversorgung darum, umfassend und systematisch die körperliche, berufliche und soziale Leistungsfähigkeit eines Patienten zu fördern bzw. zu erhalten.

Aufgaben der medizinischen Rehabilitation

Eine solide Bestandsaufnahme zum gegenwärtigen Stand der (medizinischen) Rehabilitation liefert der *Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen (SVR) (2014)* ([200], S. 255 ff.). Dieser Quelle kann man grundsätzlich entnehmen: »*Die mit Abstand größten Ausgabenträger der medizinischen Rehabilitation sind dabei [...] die gesetzliche Rentenversicherung und die gesetzliche Krankenversicherung (GKV), die zusammen über zwei Drittel der Ausgaben tragen (im Jahr 2012: 39,6 % durch die Rentenversicherung und 30,0 % durch die GKV). Die Rentenversicherung hat dabei vor allem die Aufgabe, die Arbeits- und Erwerbsfähigkeit ihrer Versicherten wiederherzustellen bzw. zu sichern. Aus diesem Grund ist sie für die Rehabilitation von Erwerbstätigen zuständig. Die Krankenversicherung ist demgegenüber nur subsidiär verantwortlich, wenn die Erwerbsfähigkeit nicht gefährdet ist. Vorrangig ist dies bei nicht berufstätigen Personen wie Rentnern oder auch bei Kindern und Jugendlichen der Fall, obgleich Letztere auch in die Zuständigkeit der Rentenversicherung fallen können*« (a. a. O., S. 256 f.).

Angele (2010) ([6], S. 18 f.) gibt eine kurze Einführung zum Bezug der medizinischen Rehabilitation zur Internationalen Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (engl. International Classification of Functioning, Disability and Health, ICF) als der einem modernen Rehabilitationsverständnis zu Grunde liegenden Klassifikation, die auch in der Person liegende sowie auf die Umwelt bezogene Kontextfaktoren anerkennt und mit einbezieht (vgl. *Medizinischer Dienst des Spitzenverbandes der*

Krankenkassen (MDS) (2012) [163], S. 11 ff.; *Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI)* [62]). Plakativ kann man formulieren, dass ein modernes Verständnis von Rehabilitation eine »Teilhabe in Leben und Beruf« statt einer bloßen »Wiedererlangung von Funktionsfähigkeit« betont.

Wie wichtig und vielfältig in medizinischer, sozialer sowie ökonomischer Hinsicht die Wirkungen der medizinischen Rehabilitation sind, beschreibt ebenfalls *Angele (2010)*: »*Für die einzelnen Betroffenen trägt die Rehabilitation durch Verbesserung ihres Gesundheitszustandes und ihrer Lebensqualität dazu bei, ihre Teilhabe zu sichern. […] Für die Leistungsträger bedeuten erfolgreiche Rehabilitationsmaßnahmen gewonnene Beitragszahlungen und reduzierte Folgekosten wegen einer Behinderung oder Krankheit. In den Unternehmen erhält die medizinische Rehabilitation wertvolles Know-how. […] Für die Gesellschaft ist […] die Leistungsfähigkeit älterer Arbeitnehmer ein Motor von Wohlstand und Wachstum*« ([6], S. 8).

Vom lateinischen Wortursprung ausgehend gibt die *AG MedReha (2014)* eine griffige Beschreibung dessen, worin die Aufgaben der medizinischen Rehabilitation bestehen: »*„Re-habilitare" – etwas wieder beherrschen, was vor einer Krankheit oder einem Unfall selbstverständlich war: laufen, sprechen, sich wieder zu Hause selbst versorgen, arbeiten gehen, selbstbestimmt leben. Das wünschen sich Menschen nach einer gesundheitlichen/ psychosozialen Krise*« ([9], S. 2). Entsprechend werden medizinische Rehabilitationsmaßnahmen definiert als »*zielgerichtete, komplexe und strukturierte medizinische Leistungen, die von fachärztlich geleiteten und funktionsorientierten multiprofessionellen Teams in besonders qualifizierten und spezialisierten Rehabilitationskliniken erbracht werden. Die diagnostische und therapeutische Arbeit zielt auf die Beseitigung von Funktionseinschränkungen in Beruf und Alltag sowie die Motivierung zur aktiven Krankheitsbewältigung und den Aufbau eines eigenverantwortlichen Gesundheitsbewusstseins*« (ibidem). Ergänzend sei angemerkt, dass Rehabilitationsleistungen zunehmend im ambulanten oder häuslichen Bereich erbracht werden (siehe z. B. *Schmidt-Ohlemann und Schweizer (2009)* [208] zur mobilen Rehabilitation oder *Medizinischer Dienst des Spitzenverbandes Bund der Krankenkassen (2007)* [162] zur mobilen geriatrischen Rehabilitation).

Bezüge zur Prävention und Nachsorge

Die obige Beschreibung verdeutlicht, dass Maßnahmen der medizinischen Rehabilitation über rein kurzfristige Effekte hinaus auf langfristige Wirkungen u. a. im Hinblick auf die Ausbildung eines stärkeren Bewusstseins für gesundheitliche Fragen und die Auswirkungen des eigenen Lebensstils auf die eigene Gesundheit abzielen. An dieser Stelle drückt sich die inhaltliche Nähe der Rehabilitation sowohl zur Nachsorge (vgl. [58]) als auch zur Prävention (vgl. [40]) aus. Tatsächlich sollen mit der sogenannten tertiären Prävention »*Krankheitsfolgen gemildert, ein Rückfall bei schon entstandenen Krankheiten vermieden und ihre Verschlimmerung verhindert werden*«, weshalb sie »*weitgehend identisch mit der medizinischen Rehabilitation*« ist (ibidem). In diesem Sinne stellt eine gute Rehabilitation immer auch eine gute Prävention dar.

DRV (2008) definiert Nachsorge im umfassenden Sinn als strukturierte Transferphase eines Krankheits- oder Behinderungsbewältigungsprozesses im Anschluss an eine stationäre oder ambulante Rehabilitation, in der dieser Prozess gestartet wird (vgl. [54], S. 2). Die DRV gibt an verschiedenen Stellen Hinweise, wie sie das Verhältnis der medizinischen Rehabilitation sowohl zur Prävention als auch zur Nachsorge sieht. Grundsätzlich werden alle auf Lebensstiländerungen abzielenden Anteile einer Rehabilitationsmaßnahme als Prävention gewertet [59], wohingegen die »Verlängerung« der

© Fraunhofer FOKUS

Rehabilitation durch entsprechende Angebote im Anschluss an eine stationäre oder ambulante medizinische Rehabilitation Nachsorge im engeren Sinne darstellt (siehe [56], S. 26 f.; [58]).

Die Sicht der GKV zum Verhältnis von Rehabilitation zur Vorsorge (Prävention) ist ausführlich in der Begutachtungs-Richtlinie Vorsorge und Rehabilitation (*MDS (2012)* [163]) dokumentiert (vgl. insbesondere die dortigen Abschnitte 1.4 und 1.5).

3.2 Einordnung in die Telemedizin

In ihrer aktuellen Definition sieht die *Bundesärztekammer (BÄK) (2015)* Telemedizin als einen »*Sammelbegriff für verschiedenartige ärztliche Versorgungskonzepte, die als Gemeinsamkeit den prinzipiellen Ansatz aufweisen, dass medizinische Leistungen der Gesundheitsversorgung der Bevölkerung in den Bereichen Diagnostik, Therapie und Rehabilitation sowie bei der ärztlichen Entscheidungsberatung über räumliche Entfernungen (oder zeitlichen Versatz) hinweg erbracht werden. Hierbei werden Informations- und Kommunikationstechnologien eingesetzt*« ([38], S. 2). Mit Blick darauf, dass es sich nicht um ein eigenständiges Fachgebiet handelt, plädiert die BÄK dafür, »*von telemedizinischen Methoden in der Gesundheitsversorgung der Bevölkerung*« zu sprechen (ibidem). Dem ist für die TR zuzustimmen – diese zielt darauf ab, bestehende Behandlungsprozesse sinnvoll zu unterstützen sowie ggf. zu erweitern und stellt in diesem Sinn keine neue Behandlungsform dar (*Cason (2014)* [43], S. 30).

Vorstellung diverser begrifflicher Aufteilungsversuche

Das hauptsächliche Charakteristikum der Telemedizin ist es, dass »*durch den Einsatz geeigneter technischer Elemente die Aufhebung von räumlicher und mitunter auch zeitlicher Distanz zwischen den verschiedenen Beteiligten einer medizinischen Behandlung*« stattfindet (*Budych et al. (2013)* [35], S. 37). Dabei muss betont werden, dass in einem ganzheitlichen Verständnis Telemedizin »*ungleich mehr als die reine Technik [ist]. Es ist die Möglichkeit, Arzt und Patient enger zusammenzubringen und bei der Durchführung der Therapie zu unterstützen*« (*Pelleter (2012)* [181], S. 191).

Man kann wie *Pelleter (2012)* unter Hinzuziehung unterschiedlicher Faktoren, z. B. den beteiligten Personen (Arzt, Therapeut, Patient), der Funktion innerhalb der Behandlung (Monitoring, Konsultation o. ä.) oder der spezifischen Indikation (Kardiologie, Neurologie etc.), teils sehr differenzierte Aufteilungen vornehmen ([181], S. 61 ff.). *Bashshur et al. (2011)* sieht die begriffliche Verwirrung durch das Entstehen immer neuer Schlagworte wie z. B. »connected health« oder »ubiquitous health« als äußerst hinderlich für eine zielgerichtete Forschungsarbeit sowie darauf aufbauend für die weitere Verbreitung angewandter telemedizinischer Konzepte in der Praxis und unterbreitet deshalb einen grundsätzlichen Vorschlag für eine Taxonomie der Telemedizin [16].

Dass Begriffswelten je nach Wahl der Ausgangsparameter sehr unterschiedlich aussehen können, macht *Brienza und McCue (2013)* deutlich: Dort wird »Telehealth« als Oberbegriff gewählt, um dann in einem zweidimensionalen Schema mit den Grundparametern (i) Intensität sowie (ii) Dauer einer Interaktion weitere begriffliche Unterteilungen vorzunehmen ([32], S. 6). Im Ergebnis fasst der Beitrag den Begriff »Telemedizin« sehr viel enger und sieht keine Überschneidung zur TR. Letztere wird hingegen viel weiter definiert als von *Bashshur et al. (2011)* und umfasst z. B. Teile der »Teletherapie«, die auf der gleichen Ebene wie die TR angesiedelt wird. *Becker und Jacobs (2014)* beziehen sich auf *Parmanto et al. (2010)* [179], um TR in drei grundsätzliche Arten zu

unterteilen: Teletherapie, Telekonsultation mit Videokonferenz und Telemonitoring mit unterstützenden Methoden eines interaktiven Tele-Assessments ([20], S. 201).

So muss an dieser Stelle festgehalten werden, dass nahezu jeder Autor seine spezielle Interpretation der einzelnen Begriffe formuliert und pragmatische Abgrenzungen vornimmt. Eine von allen akzeptierte Taxonomie im Sinne von *Bashshur et al. (2011)* [16] wäre hilfreich, da dann zumindest die vorhandenen Interpretationsspielräume deutlich geringer ausfallen würden.

Letztlich sind jedoch nicht die Begrifflichkeiten oder Definitionen wesentlich, sondern die dahinter stehenden Konzepte: »*It is hoped the reader will appreciate it is not so much the specific definition of each term that is essential, but rather the concepts behind the terms*« (*Brennan et al. (2009)* [31], S. 232). Um die für die TR wichtigen Konzepte zu verdeutlichen, werden in Abschnitt 3.4 die aus Sicht der Autoren dieses Berichtsdokuments wesentlichen Merkmale der TR herausgearbeitet.

3.3 Vielfältigkeit

Die medizinische Rehabilitation ist bezogen auf die Indikationen, die beteiligten Berufsgruppen und die einzelnen Therapien sowie die dabei eingesetzten Hilfsmittel sehr vielfältig. Gleiches gilt naturgemäß für die TR. Einen guten Überblick über das breite Spektrum des Einsatzes von TR bietet das von *Kumar und Cohn (2013)* herausgegebene Sammelwerk [145]. Abschnitt 5.2 dieses Berichtsdokuments beleuchtet einige Beispiele für konkrete Einsatzszenarien näher.

Beteiligte Professionen sind neben Ärzten vorzugsweise Physiotherapeuten, Ergotherapeuten, Sporttherapeuten, Sprachtherapeuten, aber auch Psychologen und Ernährungsberater.

Die eingesetzte Technik wird immer von der konkreten Ausgestaltung der telerehabilitativen Dienstleistung abhängen. Eine entscheidende Fragestellung dabei ist, ob die Behandlung zeitgleich (synchron) oder zeitversetzt (asynchron, im angelsächsischen Sprachraum häufig auch als »store-and-forward« bezeichnet) erfolgt (*McLean et al. (2013)* [160], S 2). *Jansen-Kosterink (2014)* bietet einen aktuellen Überblick zu den bei TR-Pilotierungen im Bereich Bewegungstherapie verwendeten Technologien ([115], S. 60 ff.). Das Spektrum reicht bei den synchronen Behandlungen von Telefon über Videokonferenzsysteme zu Echtzeitchat-Lösungen und dem Einsatz von Webcams. Bei den für asynchrone Behandlungen eingesetzten Lösungen finden sich E-Mail, einfache Messaging-Systeme sowie Text-, Audio- oder Videodateien. Zur ggf. begleitenden Erfassung von Vital- und Bewegungsdaten werden diverse Sensorsysteme genutzt (vgl. Abschnitt 7.2).

Für die medizinische Rehabilitation beschreiben *Buschmann-Steinhage und Brüggemann (2011)*, wie umfassend aktuelle Behandlungsansätze konzipiert werden ([42], S. 405 f.). Gleiches gilt auch für qualitativ hochwertige telerehabilitative Programme, die gemäß *Frederix et al. (2015)* neben der eigentlichen therapeutischen Intervention Elemente von Telemonitoring, E-Learning, Telecoaching und »Social Networking« beinhalten [76]. Mit Blick auf die derzeit in Planung bzw. den Anfängen der Umsetzung befindlichen klinischen Studien (vgl. Abschnitt 4.7) kann konstatiert werden, dass sich auch die TR immer mehr von einer inhaltlich auf eine oder zwei Komponenten (z. B. Übungsprogramm gekoppelt mit Telemonitoring) begrenzten Intervention zu einem

© Fraunhofer FOKUS

ganzheitlichen Systemkonzept (durch Einbau von Selbstlernphasen und aktive Vernetzung der Patienten) bewegt.

3.4 Merkmale

Im Rahmen dieser Publikation, die dem aktuellen und zukünftigen Einsatz der TR in der Gesundheitsversorgung der Bevölkerung nachgeht, ist es sinnvoll, ganz pragmatisch deren wesentliche Merkmale herauszuarbeiten. Die folgenden Charakteristika, die ebenso für die Teletherapie gelten, zeichnen neben dem Einsatz von ICT die TR aus:

Hohe Anwendungsorientierung

Die telerehabilitativen Maßnahmen beziehen sich immer auf den konkreten Behandlungskontext, der sowohl im häuslichen als auch im stationären oder ambulanten Kontext angesiedelt sein kann. Derzeit unterstützen sie vorwiegend im Anschluss an eine stationäre oder ambulante Rehabilitation den weiteren Heilungsprozess und leisten damit einen Beitrag zur Nachhaltigkeit bzw. Verstetigung der erzielten Rehabilitationserfolge. Hier wird besonders deutlich, dass sie eine Verbindung zwischen der Prävention, der Rehabilitation und der Nachsorge herstellen. In ihrer Wirksamkeit steht die TR den etablierten Nachsorgeprogrammen nicht nach (vgl. *Brienza und McCue (2013)* [32] und mit Blick auf das seit 1999 von der DRV angebotene Nachsorgekonzept IRENA *Hein (2014)* [103]).

Hohe Patientenorientierung

TR beinhaltet immer in erster Linie einen direkten Austausch zwischen einem medizinischen Leistungserbringer (Arzt, Therapeut o. ä.) und einem Patienten. Gemäß einer früher verbreiteten Einteilung telemedizinscher Konzepte handelt es sich damit primär um eine so genannte doc2patient- und nicht um eine doc2doc-Anwendung, bei der zwei medizinische Leistungserbringer im Austausch stehen (z. B. ein Facharzt und ein niedergelassener Arzt im Rahmen einer Telekonsultation). Selbstverständlich können unbeschadet dieses grundsätzlichen Charakters der TR auch innerhalb dieses doc2patient-Behandlungsszenarios die in die konkrete Behandlung involvierten Ärzte und Therapeuten untereinander Daten austauschen.

Hohe Nutzerorientierung

Bereits bei der Entwicklung von Telerehabilitationssystemen und der Planung der Einsatzszenarien werden die späteren Nutzer, also sowohl die Ärzte und Therapeuten als auch die Patienten, miteinbezogen. Dieses dient dazu, die Passgenauigkeit der zu entwickelnden Angebote für die beteiligten Personen zu erhöhen (*Brennan und Barker (2008)* [30], *John et al. (2014)* [124], *Lepage et al. (2014)* [149]. *Dinesen et al. (2011)* [63] stellt ein gelungenes Beispiel für einen umfassenden Ansatz dar, der sämtliche Prozessbeteiligten einschließt und damit die Entwicklung eines TR-Programms als Co-Innovation beschreibt.

Möglichkeit zum sektorenübergreifenden Einsatz und der Vernetzung

Unabhängig von der konkreten Indikation bzw. der konkreten Funktion, für die sie konzipiert sind, können telerehabilitative Systeme bereits sinnvoll in der stationären oder ambulanten Rehabilitationsphase eingesetzt werden. Auf diese Weise können die Patienten sich unter Aufsicht der behandelnden Ärzte und Therapeuten mit dem System

vertraut machen, um es im Anschluss unter in der Taktung ggf. deutlich reduzierter, jedoch weiter vorhandener Betreuung durch das medizinische Fachpersonal in der Nachsorge im häuslichen oder ambulanten Rahmen weiter zu nutzen.

Aktivierung und Selbstmanagement des Patienten durch Adaptivität und Interaktivität

Telerehabilitative Ansätze weisen dem Patienten mehr Verantwortung für den Behandlungserfolg zu und folgen damit dem Konzept des »Patient Empowerment« (vgl. z. B. *Schachinger (2014)* [202], *Reichardt und Gastmeier (2013)* [192]). Der Schlüssel zur Aktivierung des Patienten liegt dabei in den hervorragenden Möglichkeiten telerehabilitativer Konzepte und Systeme zur Anpassung an die jeweiligen Umstände des einzelnen Patienten (*Adaptivität*) und in dessen aktiver Einbindung durch Feedback auf seine individuellen Behandlungsfortschritte (*Interaktivität*).

Viele der oben angeführten Merkmale teilt die TR mit der Teletherapie, weshalb sich für die TR entwickelte technische Systeme (vgl. Abschnitt 5.1, in dem sich eine Definition des Begriffs »medizinisches Assistenzsystem« findet) auch für den Einsatz in der Teletherapie anbieten. Die Autoren dieses Berichtsdokuments erachten in der Fokussierung des Einsatzbereichs – TR findet in einem dezidiert rehabilitativen Kontext statt – das wesentliche Kriterium zur Abgrenzung der TR von der Teletherapie.

© Fraunhofer FOKUS

4 Stand der Forschung zur Telerehabilitation

Dieses Kapitel gibt einen umfassenden Überblick zum aktuellen Stand der TR in der Gesundheitsversorgung. Dazu werden zunächst die Perspektiven der medizinischen Rehabilitation in Deutschland skizziert, wobei insbesondere die Aspekte Nachhaltigkeit und Evidenzbasierung in den Fokus genommen werden.

Anschließend wird das der TR attestierte Potenzial detaillierter betrachtet, indem die mit einem Einsatz telerehabilitativer Konzepte zu realisierenden Vorteile ebenso wie die Hemmnisse dargestellt werden.

Danach werden die Einsatzbereiche der TR skizziert, um im Folgenden die verfügbaren Erkenntnisse der Forschung zum Einsatz der TR in der kardiologischen, neurologischen und orthopädischen Rehabilitation sowie anderen Indikationen zu betrachten. Zum Abschluss des Kapitels wird kurz thematisiert, welche Herausforderungen die Evaluation telemedizinischer Ansätze (und damit auch der TR) bietet und wie diesen pragmatisch begegnet werden kann. Zusätzlich wird an Hand ausgewählter laufender Forschungsarbeiten aufgezeigt, mit welcher weiteren Evidenz in naher Zukunft gerechnet werden kann.

4.1 Perspektiven der medizinischen Rehabilitation

Die in Kapitel 2 dieses Berichtsdokuments allgemein dargestellten Trends wirken sich auch in der medizinischen Rehabilitation aus. So antizipiert *Buschmann-Steinhage und Brüggemann (2011)* einen »*steigenden Reha-Bedarf vor dem Hintergrund des demografischen Wandels einerseits und der Erhöhung der Lebensarbeitszeit andererseits. Auch Veränderungen in der Arbeitswelt ziehen komplexe Weiterentwicklungen in der Rehabilitation nach sich. Im Hinblick auf die knapper werdenden Ressourcen ist eine ständige Anpassung der Konzepte erforderlich, um die Gesundheit der Bevölkerung und ihre Erwerbsfähigkeit möglichst langfristig zu erhalten*« ([42], S. 405).

Der *SVR (2014)* misst der medizinischen Rehabilitation durch »*Faktoren wie die Veränderungen des Morbiditätsspektrums, Verweildauerverkürzungen in der akutstationären Versorgung, die Verlängerung der Lebensarbeitszeit oder die sich abzeichnende Verknappung des Arbeitskräftepotenzials*« ([200], S. 284) eine wachsende Bedeutung zu.

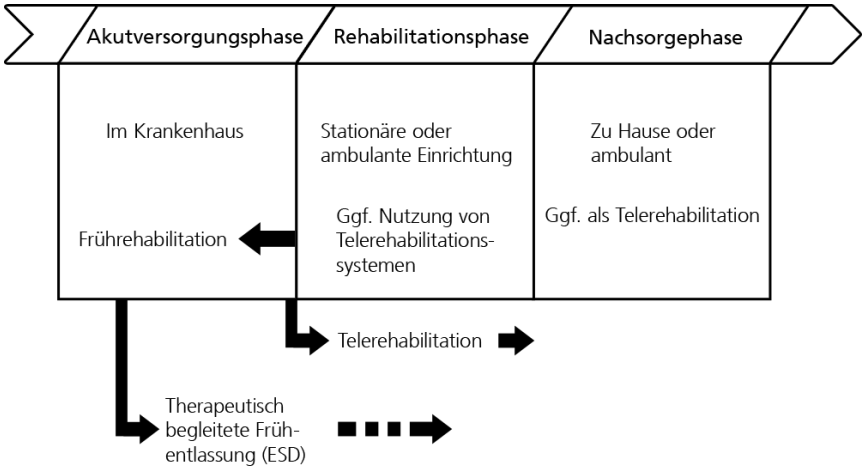
Angele (2010) hält angesichts der Veränderungen in der Bevölkerungs- und Erwerbsstruktur (steigende Lebenserwartung bedingt einen höheren Anteil an Menschen mit Multimorbidität und chronischen Erkrankungen, Erwerbsfähigkeit der Beschäftigten muss langfristig gesichert werden) sowie der Sozialstruktur (Trend zum Individualismus und zur Auflösung der Familienverbünde) u. a. die folgenden Entwicklungen bei der medizinischen Rehabilitation für vorgezeichnet ([6], S. 46 ff.):

- *Flexibilisierung*: Sowohl in Bezug auf die Formen der Leistungserbringung als auch auf die Dauer müssen Rehabilitationsangebote flexibler werden.
- *Individualisierung*: Ganzheitliche, interdisziplinär organisierte Rehabilitationsansätze müssen stärker auf die spezifischen Lebenssituationen der Betroffenen abstellen.
- *Vernetzung über Sektorengrenzen*: Sowohl zeitlich vorgelagert (zur Akutversorgung) als auch nachgelagert (zur systematischen Nachsorge im ambulanten und häuslichen Bereich) muss sich die Rehabilitation über den gesamten Versorgungs-

prozess stärker vernetzen. Dadurch kann vor allem das präventive Potenzial der Rehabilitation erheblich gesteigert werden.

Abbildung 1 illustriert die Optionen, die sich bezüglich der Dimensionen Flexibilisierung, Individualisierung und Vernetzung bieten. Mit Blick auf die individuellen Bedürfnisse der Patienten bieten sich im aufgezeigten Kontinuum der Gesundheitsversorgung vielfältige Möglichkeiten, die Effizienz der medizinischen Rehabilitation u. a. durch den Einsatz telerehabilitativer Ansätze zu steigern.

Abbildung 1 Das Rehabilitations-Kontinuum (in Anlehnung an *Ng et al. (2013)* [169], S. 543)



Das Bemühen um eine Ausrichtung der medizinischen Rehabilitation an den aktuellen und zukünftigen Anforderungen drückt sich auch durch die intensiven Aktivitäten in der Versorgungsforschung und der Reha-Forschung aus. Die DRV als wichtigster Träger der medizinischen Rehabilitation nutzt zu diesem Zweck u. a. die in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Rehabilitationswissenschaften (DGRW) regelmäßig veranstalteten rehabilitationswissenschaftlichen Kolloquien. So adressiert *DRV (2013)* aktuelle gesellschaftliche Trends und geht aus wissenschaftlicher Perspektive der Frage nach, »*wie innovative Konzepte die Beteiligung von Rehabilitandinnen und Rehabilitanden aber auch anderer Akteure im Reha-System stärken und zu einer bedarfsgerechten, wirksamen und personorientierten Rehabilitation beitragen können*« ([55], S. 3).

Stärkung der Nachhaltigkeit

Vor dem oben skizzierten Hintergrund werden seit geraumer Zeit Anstrengungen unternommen, um insbesondere die Nachhaltigkeit der medizinischen Rehabilitation zu steigern. Einen guten Überblick über den aktuellen Stand bietet *Deck und Glaser-Möller (2014)* [50]. Für den dauerhaften Rehabilitationserfolg sind Verhaltens- und Lebensstiländerungen erforderlich, die in der zumeist dreiwöchigen stationären oder ambulanten Rehabilitation grundgelegt, häufig jedoch nicht in ausreichendem Maß verstetigt werden können (*Gerdes et al. (2005)* [86]. Insofern kann das Thema Nachhaltigkeit sowohl in der stationären wie auch der ambulanten Rehabilitationsphase auf verschiedenen Ebenen angeschoben als auch im Anschluss über eines der speziellen Nachsorgeprogramme – hier sind u. a. IRENA, KARENA, Betsi und MBOR zu nennen – aufgegriffen werden, um den langfristigen Rehabilitationserfolg abzusichern [60]. Der von BMBF, BMG, dem Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS), der DRV sowie Verbänden der gesetzlichen Krankenkassen auf Bundesebene und dem Verband der

© Fraunhofer FOKUS

privaten Krankenversicherung in 2007 eingerichtete Förderschwerpunkt für die versorgungsnahe Forschung mit dem Schwerpunkt »Chronische Krankheiten und Patientenorientierung« lieferte Konzepte, wie eine rehabilitative Versorgung an den Bedürfnissen der Betroffenen ausgerichtet und deren aktive Beteiligung langfristig gesteigert werden kann (für ein Beispiel siehe *Deck et al. (2012)* [51]).

Die zunehmende Akzeptanz von interaktiven Anwendungen und Technologien zur Vernetzung legt die Inanspruchnahme von medizinischen Assistenzsystemen für die Zwecke der TR nahe. *Kordy et al. (2011)* [140] und *Golla et al. (2013)* [91] belegen, dass der Einsatz neuer Medien einen nicht zu vernachlässigenden motivationalen Faktor darstellt, der sich auf die Stärkung der Nachhaltigkeit im Rahmen der häuslichen Rehabilitation und Nachsorge positiv auswirkt.

Die Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation (BAR) hat im Jahr 2008 einen Praxisleitfaden zu Strategien zur Sicherung der Nachhaltigkeit herausgegeben [37], während die DRV im darauffolgenden Jahr den Forschungsschwerpunkt »Nachhaltigkeit durch Vernetzung« eingerichtet hat [61]. Das kontinuierliche Bemühen um eine Verbesserung der Nachhaltigkeit der medizinischen Rehabilitation drückt sich in diversen Diskussionsbeiträgen seitens der DRV (z. B. *Gross (2013)* [94] und *Haaf (2013)* [95]) oder anderer, durchaus kritischer Stimmen aus (z. B. *Raspe (2013)* [190]).

Dass der Intensivierung von Nachsorgebemühungen eine entscheidende Rolle bei der Stärkung der Nachhaltigkeit der medizinischen Rehabilitation zufällt, wird in *DRV (2014)* eindrucksvoll mit Zahlen belegt ([56], S. 26 f.): Im Zeitraum 2011 – 2013 stieg die Zahl der Nachsorgeleistungen der DRV von gut 150.000 um knapp 17 Prozent auf ca. 180.000. Darin zeigt sich ein starker Trend zu einem Ausbau der Nachsorge im Anschluss an eine stationäre oder ambulante Rehabilitation. Ein wichtiges Instrument zur Schaffung von Transparenz ist das mit Förderung der DRV aufgebaute webbasierte Zentrum Reha-Nachsorge (ZeReNa) (vgl. *Schramm et al. (2014)* [210]).

Buschmann-Steinhage und Brüggemann (2011) hält fest: »*Die Nachhaltigkeit der Leistungen muss stärker als durchgängiges konzeptuelles Ziel in der Rehabilitation etabliert werden. Dies bedingt die Ausrichtung der Rehabilitation selbst sowie ihrer Therapiebausteine auf die Zeit nach der Rehabilitation. Zur Verbesserung der Nachhaltigkeit von Reha-Leistungen bieten moderne Informations- und Kommunikationstechniken […] interessante neue Wege, die verstärkt genutzt werden sollten*« ([42], S. 410). Wie z. B. in der Psychotherapie durch sinnvolle Nutzung von ICT die Versorgungslücke zwischen stationärer Behandlung und dem Alltag geschlossen werden und damit auch die Nachhaltigkeit entscheidend verbessert werden kann, beschreibt *Kordy et al. (2011)* [140].

Wichtig ist jedoch die Erkenntnis, dass die Anwendung von TR als Ersatz einer Präsenzrehabilitation das Nachhaltigkeitsproblem nicht löst. Dieses Faktum verdeutlicht der jüngst veröffentlichte Beitrag von *Marquis et al. (2015)* [158], der darstellt, dass auch TR mit Problemen bei der Nachhaltigkeit zu kämpfen hat.

Evidenzbasierung

In Zeiten knapper Ressourcen wird zunehmend die Frage aufgeworfen, ob die eingesetzten Mittel – im Jahr 2013 allein durch die DRV 4,3 Mrd. Euro für Zwecke der medizinischen Rehabilitation ([56], S. 7) – sinnvoll verwendet wurden oder in einer alternativen Verwendung einen höheren Nutzen gestiftet hätten. *Schmidt et al. (2014)* hält angesichts des demografischen Wandels und seiner Implikationen für die medizinische Versorgung insgesamt fest: »*Mit Blick auf […] Entscheidungen zur Ressourcenalloka-*

tion gewinnen die Informationen über Kosten-Nutzen-Profile in der Abwägung bestehender und innovativer Versorgungsansätze weiter an Bedeutung« ([207], S. 29).

Bezüglich der Möglichkeit, diese Frage einer klaren Beantwortung zuzuführen, hält der *SVR (2014)* fest: »*Die mangelnde Evidenzbasierung ist aus Sicht des Rates das Kernproblem des gesamten Rehabilitationssektors. Das gilt in besonderem Maße für die Frage nach der „absoluten Wirksamkeit" der bestehenden Rehabilitationsmaßnahmen. […] Im Spannungsfeld zwischen begrenzten finanziellen Ressourcen und einem potenziell ansteigenden Bedarf gilt es, die Qualität, Wirksamkeit und Kosteneffizienz einzelner Konzepte in Evaluationsstudien nachzuweisen*« ([200], S. 312 f.). Den Befund einer unzureichenden Studienlage zur Effektivität der Rehabilitation untermauert *Raspe und Hüppe (2014)* in Form einer systematischen Literaturübersicht im Auftrag des SVR [191].

Als eine der autoritativen Quellen zur Studienlage bezüglich der Wirkungen der medizinischen Rehabilitation stellt *Augurzky et al. (2011)* ausgewählte Studien aus den Jahren 1990 bis 2010 zur Messung der Wirksamkeit von Rehabilitationsmaßnahmen dar ([13], S. 65 ff.). Im Gesamtergebnis werden der medizinischen Rehabilitation zwar statistische und methodische Probleme beim Nachweis ihrer Wirkungen bescheinigt. Insgesamt jedoch wird geschlossen, dass »*zumindest die hier zitierten Studien auf positive Effekte*« hindeuten (a. a. O., S. 77). In einer jüngst abgeschlossenen Evaluation medizinischer Rehabilitationsleistungen der DRV Westfalen und Rheinland bestätigt sich erneut, dass Rehabilitation zu einer deutlichen Verbesserung des Gesundheitszustands führt (*Augurzky et al. (2015)* [12]).

4.2 Anspruch, Treiber und Hemmnisse

Telerehabilitative Konzepte werden seit geraumer Zeit als effektive Alternativen sowohl zu einer in Präsenz durchgeführten stationären und ambulanten Rehabilitation als auch für die Rehabilitationsnachsorge gesehen (*Russell (2009)* [198]). *Zampolini et al. (2008)* äußerte sich sehr optimistisch: »*Several new issues contribute to render the tele-rehabilitation an appealing application. Among them the need of intensive rehabilitation, rehabilitation in chronic phases, and the effectiveness of home setting could lead the tele-rehabilitation towards a rapid development*« ([250], S. 127). In einer jüngst publizierten Überblicksarbeit stellt *Agostini et al. (2015)* in den Raum: »*Benefits of telerehabilitation include the delivery of prolonged therapies tailored to patients' needs while at the same time making significant savings on cost*« ([3], S. 202).

Konkret werden ICT-gestützten Konzepten folgende wünschenswerte Wirkungen zugeschrieben (siehe stellvertretend für viele andere u. a. *Theodoros und Russell. (2008)* [224], S. 191 f.; *Rogante et al. (2010)* [195], S. 288):

Erhöhung der Behandlungsqualität

Die Behandlungsqualität kann im Vergleich zu reinen Präsenzszenarien durch eine Erweiterung, Verstetigung und/ oder Flexibilisierung des Spektrums an Rehabilitationsleistungen deutlich verbessert werden:

1 Präzise zu skalierende Teleszenarien, sowohl bezüglich der zeitlichen Abfolge als auch insbesondere bezüglich der Intensität und Taktung therapeutischer Interventionen, erlauben es den Ärzten und Therapeuten, die Therapie optimal an die individuellen Behandlungserfordernisse anzupassen.

© Fraunhofer FOKUS

2 In telerehabilitativen Szenarien können durch die Nutzung entsprechender Technik quasi nebenbei wichtige Daten zur Nutzungsdauer und -intensität erhoben werden. So können medizinische Experten zum einen quantitativ ermitteln, ob eine Behandlung für die Patientengruppe angemessen ist. Zum anderen wird ganz nebenbei für die am Behandlungsprozess beteiligten Personen eine umfassende Dokumentation bezüglich der Therapietreue und des Behandlungsfortschritts erstellt.
3 Die Möglichkeit zur Verschränkung der stationären/ ambulanten Rehabilitation mit der Rehabilitationsnachsorge erlaubt eine kontinuierliche sektorenübergreifende Begleitung der Rehabilitanden durch die betreuenden Rehabilitationsspezialisten.
4 Indem die Rehabilitation im häuslichen Bereich und in berufsbegleitender Form durch- und/ oder fortgeführt wird, werden sowohl die Integration ins gewohnte soziale und berufliche Umfeld gefördert als auch die Therapieergebnisse verbessert (*Brienza und McCue (2013)* [32], S. 3 f.).
5 Moderne telerehabilitative Konzepte besitzen – ob sie nun in der stationären oder ambulanten Rehabilitation oder in der rehabilitativen Nachsorge Einsatz finden – motivationssteigernde Wirkung. In diesem Sinne äußert sich z. B. *Hinderer et al. (2013)* ([107], S. 8). Die Rückmeldungen aus den Befragungen während der Entwicklung des Telerehabilitationssystems MeineReha® weisen ebenfalls in diese Richtung (vgl. Anhang A.1.1).

Höhere Zugangsgerechtigkeit durch bessere Verfügbarkeit der Leistungen

Die Nutzung von Teleszenarien ermöglicht auch solchen Patienten Zugang zu Gesundheitsleistungen, die bisher durch ihren Wohnort und/ oder andere Faktoren (z. B. persönliche Mobilitätseinschränkungen auf Grund körperlicher, geistiger oder seelischer Behinderungen) benachteiligt waren: Patient und Arzt/ Therapeut müssen nicht mehr am gleichen (physischen) Ort zusammenkommen, damit eine Behandlung stattfinden kann. Vielmehr wandert die medizinische Expertise zum Patienten. Zudem ermöglicht TR eine Form der Therapie oder des Trainings, die zwar von einem medizinischen Experten (synchron oder asynchron) überwacht, jedoch unabhängig von ihm durchgeführt werden kann (*Jansen-Kosterink (2014)* [115], S. 12).

Realisierung von Einsparpotenzialen

Sowohl auf Seiten der Patienten als auch der Ärzte und Therapeuten werden Wegezeiten eingespart (s. o.). Dadurch können die Leistungserbringer in der gleichen Zeit mehr Patienten versorgen als bei ausschließlicher Präsenzbehandlung. Gleichzeitig verspricht man sich vom Einsatz der TR über eine erhöhte Behandlungsqualität eine Reduzierung von Hospitalisierungen oder auch Besuchen in Notfallambulanzen, was ebenfalls zu Kosteneinsparungen führen würde.

Management chronischer Krankheiten

Weitet man den Blick über die eigentliche Rehabilitation und die entsprechenden Nachsorgeleistungen auf den Bereich des langfristig angelegten Gesundheitsmanagements chronischer Krankheiten, ergeben sich zusätzliche Argumente für den Einsatz von Telerehabilitationssystemen. So ist ein regelmäßig zu findendes Begründungsschema, dass dadurch die Therapietreue chronisch kranker Patienten erhöht werden kann: Für die Indikation chronisch obstruktive Lungenerkrankung (engl. Chronic Obstructive Pulmonary Disease, COPD) findet sich diese Aussage bei *Zanaboni et al. (2013)* ([251], S. 425), für chronische Herzinsuffizienz (engl. Chronic Heart Failure, CHF) bzw. die kardiologische Rehabilitation (engl. Cardiac Rehabilitation, CR) in *Piotrowicz und Piotrowicz (2013)* ([183], S. 13) und in *Frederix et al. (2015)* ([76], S. 45).

Diskrepanz zwischen Potenzial und tatsächlichem Einsatz

Sowohl bezogen auf Deutschland als auch auf den internationalen Bereich gilt, dass eine große Lücke zwischen dem der Telemedizin im Allgemeinen bzw. der TR im Besonderen zugesprochenen Potenzial und deren tatsächlichem Einsatz in der medizinischen Versorgungspraxis besteht (vgl. *Lepage et al. (2014)* [149] oder *Armfield et al. (2014)* [10]). *Budych et al. (2013)* hält für Deutschland mit Blick auf die (in einer weiten Definition alle telematisch vermittelten Anwendungen beinhaltenden Telemedizin insgesamt fest: »*Doch ungeachtet der Tatsache, dass die Telemedizin seit einigen Jahren zunehmend als Lösungsansatz zur Überwindung von räumlicher und zeitlicher Distanz zwischen Behandler und Patient ins Feld geführt wurde, hat sie die in sie gesetzten Erwartungen bisher immer wieder klar verfehlt*« ([35], S. 43). Das bloße Zuschreiben von Potenzial durch viele Betrachter garantiert keinen Erfolg in der Fläche – ein Zustand, der nunmehr seit bald zwei Jahrzehnten für die Domäne Telemedizin in Deutschland gilt, auch wenn die lesenswerte Studie von *Budych et al. (2013)* festhält: »*Denn auch wenn der große, seit vielen Jahren von vielen Beteiligten immer wieder herbeigeredete Siegeszug der Telemedizin bis heute bestenfalls in Ansätzen realisiert werden konnte, lassen sich bei genauerer Betrachtung der letzten Jahre durchaus vielversprechende Signale erkennen*« (a. a. O., S. 148).

Armfield et al. (2014) gibt u. a. diese Gründe an, weshalb telemedizinisch assistierte Lösungen in der heutigen Versorgungspraxis bestenfalls eine untergeordnete Rolle spielen ([10], S. 3):

- Verkrustungen im Gesundheitssystem (u. a. mangelnde Innovationsbereitschaft, Abschottung der einzelnen Sektoren gegeneinander)
- Mangelnde Akzeptanz (Berührungsängste mit Technik seitens der Endnutzergruppen, Sicherheitsbedenken etc.)
- Technische Probleme (mangelnde Interoperabilität der einzelnen Systeme, Bedenken bezüglich der Zuverlässigkeit)
- Unklare Studienlage bezüglich der Wirtschaftlichkeit wegen fehlender bzw. unzureichender Kosten-Wirksamkeits-Analysen (engl. Cost-Effectiveness Analysis, CEA)
- Organisatorische und rechtliche Unklarheiten (fehlende Vergütungsregelungen für die Ärzte und Therapeuten, unklare Spezifizierung der Rollen im jeweiligen Dienstleistungsmodell, sonstige Einschränkungen – in Deutschland z. B. durch das Fernbehandlungsverbot)

Die von *Kubitschke und Cullen (2010)* geschilderten Erfahrungen – sowohl bezüglich der Verstetigung von Pilotangeboten aus dem Bereich des Ambient Assisted Living als auch bezüglich des im Beitrag als »Telehealth« bezeichneten Felds – können für die TR und ihre weitere Entwicklung wertvolle Hinweise liefern ([144], S. 27 ff.). Die Parallelen insbesondere in der Problematik der Servicebereitstellung und der Vergütungsregelungen sind offenkundig.

4.3 Einsatzbereiche

Um darzulegen, wo und wie Ansätze der TR erforscht, erprobt und eingesetzt werden, können verschiedene Ordnungskriterien herangezogen werden.

© Fraunhofer FOKUS

Geografisch

Rein geografisch werden telemedizinische Konzepte vorzugsweise in Flächenländern aufgegriffen, in denen es neben dicht besiedelten Zentren ausgedehnte Regionen mit dünner Besiedelung gibt. Hier bietet sich ein enormes Einsparungspotenzial, wenn es gelingt, sowohl für die Ärzte und Therapeuten als auch für die Patienten Wegezeiten einzusparen. Entsprechend gehören die beiden nordamerikanischen Staaten USA und Kanada ebenso wie auch Australien zu den Ländern, in denen sowohl sehr aktiv im Feld der TR geforscht wird als auch entsprechende Konzepte in der Versorgungspraxis ausprobiert werden sowie teilweise etabliert sind (vgl. u. a. *Brown (2013)* [33]). Die Gründung des Rehabilitation Engineering Research Center (RERC) im Jahr 1997 in den USA wird häufig als Kristallisationspunkt für systematische Forschung und anschließende Erprobung von TR betrachtet (siehe *Winters (2002)* [244]). In Europa sind es vorzugsweise die skandinavischen Staaten, allen voran Norwegen, die bei der praktischen Erprobung telerehabilitativer Konzepte zwecks Nutzung in der regulären Gesundheitsversorgung ihrer Bevölkerung besonders aktiv sind (siehe *Knarvik und Dollner (2014)* [136]).

Militär als Impulsgeber

Das oben genannte Hauptcharakteristikum der besonders aktiven Staaten (teils große räumliche Entfernungen zwischen den medizinischen Leistungserbringern und wesentlichen Teilen der Patientenschaft) trifft auch auf das Militär zu. Insofern verwundert es kaum, dass gerade die jeweiligen Streitkräfte der Staaten seit geraumer Zeit telemedizinische Konzepte bei der Gesundheitsversorgung nutzen (für Deutschland dokumentiert das *Scheid (2014)* [203]). Vorreiter bei einer flächendeckenden Versorgung ihrer Streitkräfte mit TR sind eindeutig die USA (siehe *U. S. Department of Veterans Affairs* [235] und *Stout et al. (2013)* [221]). Insbesondere den ehemaligen Mitgliedern der Streitkräfte steht ein reichhaltiges Spektrum an telerehabilitativen Angeboten zur Verfügung.

Konkrete Einsatzorte

Bezogen auf die tatsächlichen Orte, an denen TR stattfindet, kommen gemäß *Brennan et al. (2009)* in Frage ([31], S. 232):

- Stationäre Einrichtungen (»healthcare facilities«)
- Örtliche Kliniken (»local clinics«)
- Kommunale Gesundheitseinrichtungen (»community health care facilities«)
- Häuslicher Bereich

Oft wird der Arbeitsplatz als weiterer Ort angeführt, an dem telerehabilitative Angebote wahrgenommen werden können (vgl. u. a. *Brienza und McCue (2013)* [32], S. 8).

Damit fällt ins Auge, dass TR in den Begrifflichkeiten des deutschen Gesundheitssystems in unterschiedlichen Sektoren Einsatz findet. Vielfach belegt ist, dass eine Vernetzung insbesondere des stationären mit dem ambulanten Sektor aus medizinischer Sicht die Behandlungsqualität erhöht und zugleich ein wichtiges Instrument zur Realisierung von Kosteneinsparungspotenzialen darstellt (siehe z. B. *Härter und Koch-Gromus (2015)* [101],S. 341).

Moderne Rehabilitationsszenarien

Abschnitt 4.1 benennt mit der Flexibilisierung, Individualisierung und Vernetzung die wesentlichen Trends in der medizinischen Rehabilitation. *Ng et al. (2013)* beschreibt

aktuelle Erkenntnisse der Rehabilitationsmedizin und stellt dabei aus medizinischer Sicht ein Kontinuum von Akutversorgung, Rehabilitation und rehabilitativer Nachsorge dar, das u. a. auch das Szenario einer aus medizinischen Gründen indizierten, therapeutisch begleiteten Frühentlassung (engl. Early Supported Discharge, ESD) beinhaltet [169]. Konkret findet über die Sektorengrenzen hinweg eine Vernetzung der Akutversorgung mit der (stationär oder auch ambulant durchgeführten) Rehabilitationsphase sowie einer anschließenden Rehabilitationsnachsorgephase (die im sozialen Umfeld des Rehabilitanden und damit ggf. unmittelbar in seiner häuslichen Umgebung durchgeführt wird) statt.

Für die orthopädische Rehabilitation beschreibt *Jansen-Kosterink (2014)*, wie Teile einer ambulanten Rehabilitation durch Elemente einer TR-gestützten häuslichen Rehabilitation ersetzt werden: »*After the introduction weeks, for patients the number of visits to train at the rehabilitation center was lowered from three times a week to two times a week and patients were asked to rehabilitate in their own environment at least once a week, by using the exercise-based telerehabilitation service. Considering this implementation, the potential added value of this treatment was to lower the time invested by the professional, while delivering treatment at the same quality*« ([115], S. 124).

Ganz ähnlich beschreibt *Jelcic et al. (2014)* für die neurologische Rehabilitation in einer Studie mit Alzheimer-Patienten im Frühstadium, wie die stationäre Phase verkürzt (»*patients early discharged at home and receiving specific rehabilitation*« ([116], S. 1605) und statt dessen im häuslichen Bereich mit Mitteln der TR trainiert wird. Allgemein wird die Nutzung von TR gemäß *Chumbler et al. (2015)* im neurologischen Bereich als ein vielversprechender Ansatz gesehen, um den Verlust von in der stationären bzw. ambulanten Rehabilitationsphase erworbenen Fähigkeiten zu vermeiden ([44], S. 139 f.).

Zur langfristigen Gesundheitsversorgung chronisch kranker Bevölkerungsgruppen wird vielfach eine Umsetzung des Chronic-Care-Modells eingefordert (vgl. *Gensichen et al. (2006)* [85] und *Giger und De Geest (2008)* [87]). Auch bei diesem langfristig angelegten und in dieser Hinsicht einer Rehabilitationsmaßnahme ähnlichen Einsatzgebiet bietet es sich an, Telerehabilitationssysteme zu nutzen.

4.4 Überblick zu wesentlichen Studienparametern

Mittlerweile gibt es eine beachtliche Vielzahl an Untersuchungen, um das tatsächliche Potenzial der TR zu ermessen und damit die ihr auf Basis allgemeiner Überlegungen zugeschriebenen positiven Eigenschaften (vgl. Abschnitt 4.2) zu belegen. Das Spektrum der Möglichkeiten reicht dabei von einfachen Machbarkeitsnachweisen (»feasibility«), die häufig die Entwicklung und ggf. den Piloteinsatz einer bestimmten technischen Lösung beschreiben (siehe *Anton et al. (2013)* [7]), über einfache Akzeptanzuntersuchungen (bei denen Patienten und/ oder Ärzte/ Therapeuten teils nur wenige Tage ein konkretes TR-Konzept ausprobieren und anschließend dazu befragt werden, ob sie mit der Handhabung zufrieden waren und sich dessen weitere Nutzung vorstellen könnten; siehe *Hinderer et al. (2013)* [107]) bis hin zu aufwändigen Untersuchungen, bei denen unter verschiedenen Aspekten ein präzise ausgearbeitetes und umgesetztes TR-Konzept mit einer klar definierten Alternativbehandlung verglichen wird (siehe *Chumbler et al. (2012)* [45]).

Der bereits erreichte Reifegrad des noch jungen Felds TR zeigt sich u. a. darin, dass mittlerweile Ergebnisse klinischer Studien höchster Güte in Form randomisierter kontrollierter Studien (engl. Randomized Controlled Trials, RCTs) für diverse Patienten-

© Fraunhofer FOKUS

populationen zur Verfügung stehen. Abschnitt 4.5 wird vertiefend auf diese Studien bzw. systematischen Überblicke eingehen, die einschlägige Studien vergleichend auswerten und einer Meta-Analyse unterziehen. Fragen danach, ob TR technisch möglich, die verwendete Technologie zuverlässig und durch die Nutzer einfach bedienbar ist und ob die Nutzer TR-Settings als Alternative zu einer Präsenzrehabilitation akzeptieren, können als positiv beantwortet gelten.

Einteilungsschema der Kategorien von Outcomes

In diesem Abschnitt soll kurz dargestellt werden, welches die wesentlichen, in den Studien mehr oder weniger zufriedenstellend untersuchten Parameter sind. Dazu wird das von *Kairy et al. (2009)* genutzte grundsätzliche Einteilungsschema verwendet ([130], S. 429 f.). Es unterscheidet die folgenden Kategorien von Outcomes bei der Evaluation von TR:

1 *Klinische Outcomes*: Wie wirkt sich die Behandlung mittels TR auf die physische, funktionale und psychologische Leistungsfähigkeit der Patienten aus?
   – Hier gibt es diverse, indikationsbezogene standardisierte Tests (z. B. den »6-Minuten-Gehtest« in der Kardiologie und Pneumologie, die »Allgemeine Depressionsskala« zur Erfassung depressiver Verstimmungen, den »Timed up and go Test« als einfachen Mobilitätstest etc.).
2 *Prozessbezogene Outcomes*: Wie wirkt sich der Einsatz von TR auf einzelne relevante Parameter der Leistungserbringung aus?
   – Hier ist insbesondere von Interesse, inwiefern die Anordnungen und Empfehlungen der Ärzte und Therapeuten von den Patienten tatsächlich beachtet wurden (Therapietreue und Adhärenz), wie es um die Häufigkeit und Dauer der Kontakte zwischen Arzt/ Therapeut und Patient bestellt war und wie zufrieden beide Nutzergruppen mit dem TR-Programm waren.
3 *Auf andere Versorgungsbereiche bezogene Outcomes*: Wie verändert sich durch den Einsatz von TR die Inanspruchnahme von Leistungen aus anderen Bereichen der Gesundheitsversorgung?
   – Hier ist an Einlieferungen ins Krankenhaus, Besuche bei Notaufnahmen bzw. beim Allgemein- oder Facharzt zu denken. Häufig zielt ein Programm auf entsprechende Verringerungen ab.
4 *Ökonomische Outcomes*: Welche aus einer konkret benannten Perspektive (z. B. der gesamtgesellschaftlichen, vgl. *Fusco et al. (2014)* [80]) gemessenen Kosten entstehen durch den Einsatz von TR? Ergeben sich gegenüber einer in Präsenz durchgeführten Behandlung Kosten- oder Effektivitätsvorteile?
   – *Wootton (2012)* betont die entscheidende Bedeutung eines entsprechenden Nachweises für jegliche telemedizinische Anwendung und damit auch die TR: »*Cost-effectiveness is a critical matter for the adoption of any new technique or technology into health care. The conventional approach […] is to summarize the results of randomized controlled trials (RCTs) and produce a pooled estimate of effect […]. Ultimately, if telemedicine is going to be used on a wide scale in public healthcare systems, it will need to pass tests such as these*« ([246], S. 212).
   – *Zanaboni und Wootton (2012)* [252] legt nahe, dass positive CEAs zwar eine notwendige Bedingung darstellen, aber für die weitere Verbreitung (»adoption«) telemedizinischer Ansätze und damit der TR allein nicht hinreichend sind. Vorzugsweise bedarf es ergänzender gezielter Anreize für die Ärzte und Therapeuten durch den Gesetzgeber und die berufsständischen Organisationen – so sieht es auch der Entwurf des deutschen E-Health-Gesetzes vor [41].

In einem der wenigen deutschsprachigen Artikel zur TR hält *Becker and Jacobs (2014)* durchweg neutrale bis positive Befunde bezüglich der Aspekte »Outcome« (verstanden als klinische Outcomes im obigen Sinne), »Compliance« (Therapietreue), »Behandlungszeit« und »Zufriedenheit« fest ([20], S. 202 ff.).

Bestehende Lücken in der Studienlandschaft

In seinem Beitrag zur im Juni 2013 vom Rehabilitation Engineering Research Center (RERC) on Telerehabilitation in Pittsburgh, einem der führenden Forschungsinstitute, ausgerichteten State-of-the-Science-Konferenz bestätigt *Rogante (2013)* [194] den Befund, dass die TR trotz ihrer relativen Jugend ausweislich der vorliegenden wissenschaftlichen Nachweise bereits einen gewissen Reifegrad aufweise. Ebenso benennt er jedoch äußerst klar die folgenden Lücken in der Studienlandschaft:

- Benutzersicherheit (nicht nur für Patienten)
- Organisatorische Aspekte
- Sicherheit und Privatheit (»security and privacy«)
- Ethische und soziale Aspekte.

In einem groß angelegten Überblick, der sich thematisch weiter gefasst mit den Effekten jeglicher Art von Gesundheitsversorgung via ICT (»telehealthcare«) beschäftigt, kommt *McLean et al. (2013)* zu sehr ähnlichen Schlüssen: »*Evidence on the cost-effectiveness of telehealthcare remains sparse. Patient safety considerations were absent from the evaluative telehealthcare literature*« ([160], S. 1). Mit Blick auf die grundsätzliche Frage der Effektivität von TR hält diese Quelle unter Verweis auf *Rogante et al. (2010)* [195] fest, dass angesichts der in der Mehrzahl kleinen Stichprobengrößen und methodischen Schwächen der Studien keine sichere Aussage möglich sei (ibidem, S. 4). *Rogante (2013)* [194] wiederum konstatiert, dass eine große Herausforderung bei der Integration der TR in die alltägliche klinische Praxis (»every day clinical practice«) besteht, und fordert ein Health Technology Assessment (HTA) (hierzu siehe *Greiner (2012)* [92]) telerehabilitativer Ansätze.

4.5 Indikationen

Telerehabilitative Konzepte finden bei sehr unterschiedlichen Indikationen und damit in einem sehr breiten Spektrum Anwendung – von CHF (*Piotrowicz et al. (2013)* [182]) über COPD (*Paneroni et al. (2015)* [178]) bis hin zum Einsetzen einer Knie-Totalendoprothese (engl. Total Knee Arthroplastry, TKA) (*Piqueras et al. (2013)* [184])sowie bei der rehabilitativen Nachsorge eines Schlaganfalls (*Chumbler et al. (2012)* [45]), eines Schädel-Hirn-Traumas (engl. Traumatic Brain Injury, TBI) (*Lundgren et al. (2011)* [155]) oder einer Amputation (*Rothgangel et al. (2015)* [197]).

Die indikationsübergreifend angelegte geriatrische Rehabilitation beinhaltet gemäß der Begutachtungs-Richtlinie Vorsorge und Rehabilitation (*Medizinischer Dienst des Spitzenverbandes der Krankenkassen e. V. (2012)* [163], S. 38 ff.) hohe Anteile, bei denen telerehabilitative Konzepte sinnvoll eingesetzt werden können. Sie kann somit auch eine natürliche Schnittstelle zur Pflegeversorgung darstellen.

Ohne Abstriche gilt auch für die TR die von *Pelleter (2012)* bezüglich des Einsatzes von Telemonitoring getroffene Feststellung, dass sich bestimmte Indikationen wegen der hohen Patientenzahlen und der damit einhergehenden wirtschaftlichen Bedeutung besonders anbieten ([181], S. 155). So ergeben sich bezüglich der veröffentlichten

© Fraunhofer FOKUS

Studien und Übersichtsartikel auch klare Häufungen, die hier zur Verwendung eines viergliedrigen Einteilungsschemas (kardiologische, neurologische und orthopädische Rehabilitation sowie Einsatz der TR in sonstigen Indikationen) führen (die einzelnen Quellen werden in den Abschnitten 4.5.1. bis 4.5.4 angeführt).

Ein Blick in einschlägige Übersichtsartikel über das als noch jung zu bezeichnende Feld der TR unterstreicht dessen rasante Entwicklung: Während die ersten systematischen Übersichtsartikel von *Kairy et al. (2009)* [130] sowie *Rogante et al. (2010)* [195] ebenso wie der Beitrag von *Hailey et al. (2011)* [98] noch das gesamte Spektrum der Indikationen betrachteten, wird der Fokus in den jüngeren systematischen Reviews z. B. von *Hailey et al. (2013)* [99] ausschließlich auf neurologische Anwendungen bzw. weiter einschränkend z. B. von *Laver et al. (2013)* [147] auf die Indikation Schlaganfall gelegt. Dabei steigt die Anzahl der über entsprechende Stichwortsuchen in den einschlägigen Datenbanken von den Autoren gefundenen Artikel immer weiter an.

4.5.1 Kardiologische Rehabilitation

Eine kardiologische Rehabilitation (engl. Cardiac Rehabilitation, CR) wird häufig in ambulanter Form durchgeführt, wohingegen sich die stationäre Variante primär an Hochrisikopatienten wendet (*Piotrowicz und Piotrowicz (2013)* [183], S. 13). Vor allem in der Rehabilitationsnachsorge und der Sekundärprävention stiftet die CR einen hohen Nutzen, indem u. a. die kardiovaskulären Risikofaktoren positiv beeinflusst und die Therapietreue einer begleitenden medikamentösen Behandlung erhöht werden (ibidem).

Gleichzeitig halten *Tousignant und Mampuya (2015)* sowie *Frederix et al. (2015)* fest, dass trotz entsprechender Empfehlungen der nationalen und internationalen Fachgesellschaften weniger als die Hälfte der Herzpatienten eine entsprechende CR wahrnimmt ([227], S. 74; [76], S. 45). Als Hauptgründe führen die genannten Beiträge zum einen Probleme mit der flächendeckenden Verfügbarkeit von CR-Angeboten (regional stark unterschiedliche Präsenz entsprechender Kliniken und Versorgungsstellen) an. Zum anderen seien viele potenzielle Nutzer auf Grund ihres Alters oder wegen diverser Begleiterkrankungen in ihrer Mobilität stark eingeschränkt oder hätten schlicht zeitliche Schwierigkeiten, den Besuch von ambulanten CR-Einrichtungen in ihren (Arbeits-)Alltag zu integrieren.

Studienlage

Angesichts dieser Situation liegt es nahe, in der CR telerehabilitative Konzepte zwecks Erhöhung der Teilnehmerzahlen zu nutzen. In der jüngsten Zeit sind einige systematische Überblicksarbeiten zum Einsatz von TR in der CR erschienen. Während *Huang et al. (2014)* [110] sich auf die CAD konzentriert, nimmt *Frederix et al. (2015)* [76] sämtliche Herz-Kreislauf-Erkrankungen (engl. Cardiovascular Disease, CVD) in den Blick. *Hwang et al. (2015)* [111] wiederum betrachtet sowohl CAD als CHF, berücksichtigt ausschließlich RCTs und betrachtet neben den genannten Erkrankungen auch solche der Atemwege.

Ergebnisse

Mit Blick auf die obigen Beiträge kann für den Vergleich der kardiologischen TR mit einer Standardpräsenzrehabilitation festgehalten werden:

1 *Klinische Outcomes*: Hier sind tendenziell positive Ergebnisse zu verzeichnen.
   – *Frederix et al. (2015)* konstatiert, dass der Untersuchungsschwerpunkt der betrachteten Studien in der Wirksamkeit (»efficacy«) lag. 22 von insgesamt 37 Studien lieferten ein positives, acht ein neutrales und lediglich eine Studie ein negatives Ergebnis ([76], S. 48).
   – *Hwang et al. (2015)* bewertet die durch TR erzielten Ergebnisse als mindestens denjenigen einer Standardpräsenzrehabilitation vergleichbar ([111], S. 7).
   – *Huang et al. (2014)* sieht keine signifikanten Unterschiede in den erzielten Ergebnissen ([110], S. 959).
2 *Prozessbezogene Outcomes*: Hier werden deutlich positive Ergebnisse festgehalten.
   – *Frederix et al. (2015)* berichtet, dass bei allen Studien, die sich explizit mit der Akzeptanz seitens der Patienten beschäftigt haben, ein positives Ergebnis zu verzeichnen ist ([76], S. 48).
   – *Hwang et al. (2015)* sieht klare Hinweise darauf, dass TR die Therapietreue im Vergleich zu einer Standardpräsenzrehabilitation verbessert ([111], S. 7).
3 *Auf andere Versorgungsbereiche bezogene Outcomes*: Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf.
   – *Frederix et al. (2015)* konstatiert eine leichte Überlegenheit von TR bezüglich des Auftretens negativer Ereignisse (»adverse effects«) und des Re-Hospitalisierungsbedarfs ([76], S. 47 und S. 49).
4 *Ökonomische Outcomes*: Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf.
   – *Frederix et al. (2015)* hält fest, dass nur sehr wenige Studien auf ökonomische Aspekte (»cost-effectiveness«) eingehen. Die wenigen vorliegenden Rückmeldungen seien jedoch positiv ([76], S. 47 und S. 51)
   – *Huang et al. (2014)* berichtet von sehr wenigen und gegensätzlichen Ergebnissen ([110], S. 968 f.).

Vor einem Einsatz in der Regelversorgung muss jeweils für die unterschiedlichen Krankheitsbilder der derzeit noch fehlende Nachweis geführt werden, dass eine telerehabilitative CR sicher und auch in ökonomischer Hinsicht effektiv ist.

Der Beitrag von *Piotrowicz und Piotrowicz (2013)* trifft zwei wesentliche Feststellungen:

– Es müssen konkrete Settings erprobt werden, die für die jeweilige Konstellation von Patient, dessen konkreter Situation und den sonstigen Umständen die individuelle Ausgestaltung und damit passende Auswahl des TR-Angebots ermöglichen ([183], S. 15).
– Für eine kardiologische TR besteht weiterhin großer Bedarf an Evidenzbasierung: »*However, such effects have only been shown in studies with a relative small number of selected patients from low-risk populations and therefore do not allow final conclusions and recommendations to use telerehabilitation in an uncontrolled setting. […] applications to control exercise training has to be further studied in large scale prospective randomized studies with particular emphasis on effectiveness, safety, long term adherence and long term benefits in regard to morbidity and mortality*« (a. a. O., S. 14).

Den Aspekt Sicherheit (»safety«) greift auch *Frederix et al. (2015)* besonders heraus und verzeichnet, dass nur drei von insgesamt 37 Studien diesen berücksichtigt haben. Dabei war die Rückmeldung durchweg positiv ([76], S. 49 ff.).

© Fraunhofer FOKUS

4.5.2 Neurologische Rehabilitation

Ähnlich wie die Herz-Kreislauf-Erkrankungen stellen die neurologischen Defizite einen auch wirtschaftlich sehr bedeutenden Bereich dar. Dabei reichen die involvierten Indikationen von kognitiven Störungen wie Sprach- und Sprechstörungen (Aphasie und Dysarthrie) nach einem Schlaganfall oder einem TBI bis zu neurodegenerativen Erkrankungen wie Multiple Sklerose, Parkinson und Alzheimer.

Ng et al. (2013) berichtet von einem jüngst vollzogenen Paradigmenwechsel in der Neurorehabilitation (Stichwort ist »Neuroplastizität«) und dem verstärkten Einsatz von Virtual Reality (VR) in der Neurorehabilitation ([169], S. 541). Das wird durch die systematischen Überblicke von *Laver et al. (2015)* [146], *Lohse et al. (2014)* [153] *sowie Goble et al. (2014)* [89] (letzterer gezielt zum Einsatz der Wii Fit und damit einer etablierten Spielekonsole in der Neurorehabilitation) unterstrichen.

Schupp (2014) erklärt, »*[…] dass zur Funktionswiederherstellung oder für das Erlernen kompensatorischer Strategien zur Alltagsbewältigung hochfrequente, aufgabenspezifische Behandlungs- und Trainingsmaßnahmen über einen längeren Zeitraum […] notwendig sind*« ([213], S. 159). Als wesentliches Moment, welches für den Einsatz von TR in der Neurorehabilitation spricht, benennt *Schupp (2014)* insbesondere für »*das Wiedererlernen der sprachlich-kommunikativen Funktionen eine hochfrequente intensive sprachliche Trainingsphase*« (ibidem, S. 161). Eine weitere Steigerung der Trainingszeit und -intensität durch den (begleitenden) Einsatz telerehabilitativer Systeme scheine einen »*zusätzlichen Vorteil zu bieten*« (a. a. O.).

Studienlage

Es liegen zum einen viele Beiträge mit eher engem Fokus auf der Erprobung eines telerehabilitativen Konzepts für eine bestimmte Indikation vor – Beispiele sind *Jelcic et al. (2014)* [116] mit einer Pilotstudie zur kognitiven TR bei Alzheimer-Patienten im Frühstadium und *Jöbges (2014)* [119] mit einem Bericht über eine vielversprechende Pilotierung in der Schlaganfallrehabilitation. *Vauth (2012)* [237] berichtet ebenso wie *Hoffmann et al. (2014)* [109] über den Einsatz telerehabilitativer Konzepte bei verschiedenen Sprach- und Sprechstörungen.

Zum anderen gibt es systematische Übersichtsartikel zum Einsatz telerehabilitativer Konzepte in Teilbereichen bzw. der gesamten Neurologie. Hier sind u. a. die beiden Cochrane Reviews von *Laver et al. (2013)* [147] zur TR in der Schlaganfallversorgung sowie von *Khan et al. (2015)* [134] zur TR für Personen mit Multipler Sklerose zu nennen. *Schupp (2014)* [213] und *Hailey et al. (2013)* [99] geben jeweils einen konzisen Überblick über den Einsatz von TR bei kognitiven und kommunikativen Störungen bzw. den Stand der TR bei neurologischen Anwendungen.

Bei telerehabilitativen Ansätzen in der Neurorehabilitation entwickelt sich in jüngster Zeit ein Schwerpunkt auf der VR. So hält *Hailey et al. (2013)* noch eindeutig fest: »*Use of virtual reality approaches may be an important future development in TNR [teleneurological rehabilitation, die Autoren]. We identified several studies on the use of virtual reality in neurorehabilitation, but none of these were in a telemedicine context, with remote diagnosis or treatment of patients by means of telecommunications technology*« ([99], S. 309). *Putrino (2014)* [188] gibt bereits einen Überblick über die Nutzung von VR in der telerehabilitativen Schlaganfallversorgung im häuslichen Kontext. *Lloréns et al. (2015)* [152] ist ein jüngst veröffentlichter Beitrag, der von einer erfolgreichen RCT zum Einsatz von VR-basierter TR in der Schlaganfallrehabilitation berichtet.

Ergebnisse

Letztlich stellen die genannten Beiträge für den Vergleich einer neurologischen TR mit einer konventionellen Präsenzrehabilitation fest:

1 *Klinische Outcomes*: TR erzielt vergleichbare oder bessere Resultate.
   – *Putrino (2014)* konstatiert, dass VR-basierte neurologische TR im häuslichen Bereich der Standardpräsenzrehabilitation deutlich überlegen sei ([188], S. 632).
   – *Hailey et al. (2013)* bewertet den Einsatz von TR in der Mehrzahl der von den ausgewählten Studien untersuchten neurologischen Anwendungsbereiche als erfolgreich in dem Sinne, dass vergleichbare oder bessere Ergebnisse als bei einer Standardpräsenzrehabilitation erzielt werden ([99], S. 308 f.).
   – Beide Cochrane Reviews – *Laver et al. (2013)* ([147], S. 14) für die TR-basierte Nachsorge eines Schlaganfalls sowie *Khan et al. (2015)* [134] zur TR für Personen mit Multipler Sklerose – äußern sich auf Basis der jeweils betrachteten Studien neutral und fordern weitere Wirksamkeitsnachweise ein.
2 *Prozessbezogene Outcomes*: TR erzielt vergleichbare Resultate.
   – *Laver et al. (2013)* berichtet von lediglich drei Studien, die explizit die Zufriedenheit (»satisfaction«) betrachteten und dabei für die TR eine hohe Zufriedenheit konstatierten, die mit der durch eine Präsenzrehabilitation erzielten vergleichbar sei ([147], S. 12).
   – *Putrino (2014)* hält fest, dass es nur sehr wenige Studien zur Usability gibt. Diese berichten von zufriedenstellenden Resultaten ([188], S. 633).
3 *Auf andere Versorgungsbereiche bezogene Outcomes*: Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf.
   – *Khan et al. (2015)* [134] berichtet, dass keine Ableitungen aus den betrachteten Studien möglich sind.
4 *Ökonomische Outcomes*: Hier besteht noch weiterer Forschungsbedarf.
   – Beide Cochrane Reviews halten fest, dass keine Studien zur Kosteneffektivität berücksichtigt werden konnten [134] [147].
   – *Putrino (2014)* konstatiert, dass keine belastbare Studie vorliegt ([188], S. 634).

Insbesondere *Hailey et al. (2013)* verweist auf die Notwendigkeit, über weitere, langfristig angelegte, qualitativ hochwertige, mit größeren Probandenzahlen und auf einzelne Indikationen bezogene Studien Nachweise beizubringen, dass eine neurologische TR auch für die Regelversorgung geeignet sei ([99], S. 309). Für die Indikation Schlaganfall berichtet *Laver et al. (2013)*, dass bereits einige RCTs angelaufen seien und in einem zukünftigen Update dieses Cochrane Reviews berücksichtigt werden sollen ([147], S. 14).

Mit Blick auf jüngere Entwicklungen im deutschen Gesundheitssystem halten sowohl *Schupp (2014)* [213] als auch *Hoffmann et al. (2014)* [109] fest, dass eine neurologische TR u. a. angesichts der Verkürzung der akutstationären Verweildauer durch die Einführung der auf diagnosebezogene Fallgruppen (engl. Diagnosis Related Groups, DRG) abgestellten Vergütung ein sehr geeignetes Instrument sei, um eine hohe Versorgungsqualität für die Betroffenen zu gewährleisten. Dieser Ansatz böte sich auch an, um die nach aktuellen medizinischen Erkenntnissen für einen optimalen Rehabilitationserfolg notwendigen hohen Therapiefrequenzen zu erreichen.

© Fraunhofer FOKUS

4.5.3 Orthopädische Rehabilitation

An dieser Stelle werden neben den auf orthopädische Indikationen bezogenen telerehabilitativen Ansätzen auch die Ergebnisse für die telerehabilitative Bewegungstherapie vorgestellt, die im Rahmen der CR und der neurologischen Rehabilitation durchgeführt wurde. *Agostini et al. (2015)* gibt einen aktuellen, indikationsunabhängigen Überblick zur Wirksamkeit telerehabilitativer Bewegungstherapie im Vergleich zur Standardpräsenzrehabilitation [3]. Für Deutschland informiert *Brüggemann (2015)* über die überaus wichtige Stellung der Bewegungstherapie in den unterschiedlichen Rehabilitationsbereichen (von der Orthopädie über die Kardiologie und die Neurologie bis zur Psychosomatik, Onkologie sowie Gastroenterologie). Sie berichtet über einen Zuwachs von gesamtdurchschnittlich 59,8 auf 69,1 Prozent für den Zeitraum 2008 bis 2012 [34].

Studienlage

Bezogen auf die orthopädische Rehabilitation ist die TKA diejenige Indikation, bei der am häufigsten TR eingesetzt wird. In diesem Bereich sind seit ca. einem Jahrzehnt vor allem kanadische und australische Forscher aktiv. In jüngerer Zeit gesellten sich Forschungsgruppen aus Italien und Spanien hinzu. *Piqueras et al. (2013)* [184] beschreibt eine Pilotstudie mit 142 Teilnehmern, die zwischen November 2008 und Dezember 2010 eine TKA erfahren haben und in deren Nachgang erfolgreich interaktive virtuelle TR betrieben worden ist. *Russell et al. (2011)* [199] berichtet als Ergebnis einer sechswöchigen Pilotierung mit 65 Patienten aus ländlichen Gebieten, dass die TR ebenso effektiv gewesen sei wie eine in Präsenz durchgeführte Rehabilitation.

Die Ergebnisse eines bereits abgeschlossenen systematischen Überblicks von *Panda et al.* [177] bezüglich RCTs, über die zwischen Januar 1999 und November 2014 publiziert worden ist (»*Telerehabilitation and total knee arthroplasty: a systematic review and meta analysis of randomized controlled trials*«), sind noch nicht veröffentlicht.

Ein inhaltlich weit über TKA als Indikation hinausgehender systematischer Überblick (»*The use of 'real-time' telerehabilitation in the treatment of a musculoskeletal and orthopaedic population: where are we up to? A systematic review*«) wird derzeit von *Cottrell et al.* [46] erstellt. Hier werden neben RCTs auch Quasi-RCTs und nichtrandomisierte kontrollierte Studien (engl. Clinical Controlled Trials, CCTs), deren Ergebnisse bis Februar 2015 publiziert worden sind, berücksichtigt. Das primäre Forschungsziel ist es, die klinische Effektivität von orthopädischer TR zu erfassen. Dabei soll die Qualität der Studien ebenso betrachtet werden wie die Frage, welche konkreten Populationen Gegenstand der Forschung waren.

Interessant ist zu bemerken, dass ausweislich der Beiträge von *Tousignant et al. (2015)* [228] sowie *Fusco et al. (2015)* [79] und *Fusco und Turchetti (2015)* [81] an Hand der TKA-Rehabilitation erste fundierte Forschungsarbeiten zu den ökonomischen Aspekten einer TR vorliegen. Zugleich wird diese Indikation auch genutzt, um explizit und differenziert der Frage nachzugehen, wie es um die Akzeptanz von TR durch die Endnutzer bestellt ist. So beschreibt *Kairy et al. (2013)* [131] eine Pilotstudie, die neben der Wirksamkeit vor allem die Bewertung einer TR aus Sicht der Patienten als Endnutzer untersucht und von positiven Ergebnissen berichtet. *Tousignant et al. (2011)* [226] stellt für die im Beitrag beschriebene Pilotintervention fest, dass sowohl die Zufriedenheit der Patienten als auch der Physiotherapeuten hoch gewesen sei.

Jansen-Kosterink (2014) [115] hat die vorliegenden Studien zur telerehabilitativ durchgeführten Bewegungstherapie bezüglich der jeweils betrachteten Parameter ausgewertet. Sie stellt fest, dass es fast ausschließlich um das klinische Ergebnis (»clinical outcome«) und die Nutzerzufriedenheit (»user satisfaction«) gehe. Vor allem die ökonomischen Aspekte (»cost related outcome«) seien bei den Untersuchungen vollkommen unterrepräsentiert ([115], S. 13).

Ergebnisse

Gemäß der genannten Untersuchungen kann für eine telerehabilitativ durchgeführte Bewegungstherapie bzw. orthopädische Rehabilitation festgehalten werden:

1 *Klinische Outcomes*: Es werden Ergebnisse erzielt, die denjenigen einer Standardpräsenzrehabilitation mindestens vergleichbar oder sogar überlegen sind.
   – Laut dem systematischen Überblick von *Agostini et al. (2015)* werden bei der TKA-Nachsorge dezidiert bessere Ergebnisse erzielt ([3], S. 6). Diesen Befund stützt insbesondere auch die RCT von *Piqueras et al. (2013)* [184], während *Russell et al. (2011)* [199] von neutralen bis leicht verbesserten Ergebnissen berichtet.
   – Telerehabilitativ durchgeführte Bewegungstherapie für Patienten in der kardiologischen bzw. neurologischen Rehabilitationsnachsorge ist ebenso effektiv wie eine Standardpräsenzbehandlung (*Agostini et al. (2015)* [3], S. 6 f.)
2 *Prozessbezogene Outcomes*: Hier liegen deutlich positive Signale vor, obschon einschränkend auf die geringen Stichprobengrößen hingewiesen werden muss.
   – Sowohl *Kairy et al. (2013)* [131] als auch *Tousignant et al. (2011)* [226] berichten für eine im Anschluss an eine TKA durchgeführte TR von einer hohen Zufriedenheit der Patienten. Der letztgenannte Beitrag hält diesen Befund auch für die betreuenden Physiotherapeuten fest.
3 *Auf andere Versorgungsbereiche bezogene Outcomes*: Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.
4 *Ökonomische Outcomes*: Hier besteht weiterer Forschungsbedarf.
   – *Tousignant et al. (2015)* [228] ebenso wie *Fusco et al. (2015)* [79] und *Fusco und Turchetti (2015)* [81] attestieren der TR positive Ergebnisse.

Vor allem *Agostini et al. (2015)* mahnt eine höhere Qualität der Primärstudien an, die zudem verstärkt auch auf ökonomische Outcomes abstellen sollten ([3], S. 9).

4.5.4 Sonstige Indikationen

Telerehabilitative Konzepte werden auch in anderen, von den drei vorhergehenden Abschnitten nicht abgedeckten Bereichen eingesetzt. Dieser Abschnitt soll deshalb eine Komplettierung des Bilds liefern.

Chronische Erkrankungen treten bei älteren Menschen vermehrt auf. In diesem Zusammenhang ist ein von der Weltgesundheitsorganisation (engl. World Health Organization, WHO) erstellter Bericht von Belang, der einen dramatischen Anstieg des Anteils der über 65jährigen an der Gesamtbevölkerung Europas von 15 Prozent in 2010 auf über 25 Prozent in 2050 prognostiziert (*Weltgesundheitsorganisation – Regionalbüro für Europa (2012)* [243], S. 3). Eine nicht den bisher angeführten drei Rehabilitationskategorien zuzuordnende chronische Erkrankung ist die COPD. Auch auf Grund ihrer hohen Bedeutung – sie liegt weltweit an vierter Stelle der Todesursachen (*Marquis et al.*

© Fraunhofer FOKUS

(2015) [159], S. 1) – steht diese Indikation ganz allgemein im Zentrum vieler Telemedizinvorhaben (*Goldstein und O'Hoski (2014)* [90]). Grundsätzlich werden in den angeführten Studien die Effekte von telerehabilitativer Bewegungstherapie auf die COPD untersucht.

Studienlage und Ergebnisse bezüglich COPD

Telerehabilitative Konzepte werden sowohl als Alternative zu einer Standardpräsenzrehabilitation als auch insbesondere in der Nachsorge einer stationären oder ambulanten Rehabilitation erprobt. Es liegen vielfältige Untersuchungen vor. *Goldstein und O'Hoski (2014)* erachten in Auswertung diverser Studien zum Einsatz von TR für COPD-Patienten die vorliegenden Ergebnisse als vorläufig, jedoch gleichzeitig »*sufficiently interesting to encourage funding of randomized controlled trials of satellite telerehabilitation, to include at least 1 year of follow-up to establish feasibility and cost-effectiveness for this model of care*« ([90], S. 948).

Marquis et al. (2015) [159] berichtet über eine als Vorher-Nachher-Vergleich angelegte experimentelle Studie zu einem einer Standardpräsenzrehabilitation nachgebildeten TR-Programm. 26 Teilnehmer wurden acht Wochen vor dem Start eines ebenso langen TR-Programms untersucht. Die Ergebnisse des TR-Programms, das neben Ausdauer- und Kräftigungsübungen auch Selbstlernanteile beinhaltete, waren durchweg positiv. Nach diesem Proof of Concept soll nun eine aussagekräftigere RCT durchgeführt werden.

Paneroni et al. (2015) [178] beschreibt detailliert eine in den Jahren 2007-2008 durchgeführte Machbarkeitsstudie in der Rehabilitationsnachsorge. Neben dem generellen Nachweis der Durchführbarkeit sollten vor allem Daten zur Therapietreue und zur Zufriedenheit erhoben werden. Die 18 Teilnehmer der Interventionsgruppe führten ein sich über maximal 40 Tage erstreckendes und aus 28 Übungseinheiten bestehendes TR-Programm durch. Jede Einheit hatte einen zeitlichen Umfang von ca. 100 Minuten und umfasste 60 Minuten isotonisches Arm- und Beinkräftigungstraining sowie 40 Minuten Ausdauertraining auf dem Fahrradergometer. Das Übungsprogramm entsprach sowohl in seinen Trainingsbestandteilen als auch in den Lernanteilen dem Präsenzprogramm der gleichstarken Kontrollgruppe. Die Ergebnisse waren durchweg positiv in dem Sinne, dass sich eine telerehabilitative Nachsorge als durchführbar und in ihren Effekten auf die klinischen Outcomes der Präsenznachsorge vergleichbar erwies.

Zanaboni et al. (2013) [251] berichtet von den Zwischenergebnissen einer auf bis zu zwei Jahren angelegten Langzeitstudie zur telerehabilitativen Nachsorge bei COPD, in der zehn Patienten sowohl via Internet ein Übungsplan zwecks Erhöhung der Ausdauer und der Kraft als auch Selbstlernmaterialien zur Verfügung gestellt wurden. Ziel war es, neben dem Nachweis der Machbarkeit einer TR-basierten Rehabilitationsnachsorge vorzugsweise prozessbezogene und auf andere Versorgungsbereiche bezogene Outcomes zu ermitteln (Krankenhauseinweisungen, Dauer des Krankenhausaufenthalts, Therapietreue etc.). Eine großangelegte RCT in Nachfolge dieser Pilotierung ist bereits angekündigt (*Norwegian Centre for Integrated Care and Telemedicine* [170], vgl. auch Abschnitt 4.7).

Mit *Haesum et al. (2012)* [97] liegt eine Kosten-Nutzwert-Analyse (engl. Cost-Utility Analysis, CUA) eines in Dänemark erprobten TR-Nachsorgeprogramms vor, das von ökonomischen Vorteilen des TR-Ansatzes gegenüber Präsenzprogrammen berichtet.

Entwicklungen in der psychotherapeutischen Versorgung

Vermehrt lassen sich telemedizinische Behandlungsansätze auch in der Psychotherapie wiederfinden, wobei vor allem Depressionserkrankungen ein zentraler Stellenwert eingeräumt wird. Die von der WHO weltweit durchgeführte Studie »Global Burden of Disease« bestätigt: Die unipolare Depression stellt die wichtigste Volkskrankheit in Industriestaaten dar (*Murray und Lopez (1996)* [166]). Zur Jahrtausendwende waren in Deutschland waren ca. 5 Prozent und damit 3,1 Mio. Personen im Alter von 18-65 Jahren an Depression erkrankt (vgl. *Wittchen et al. (2000)* [245]). Nach Angaben des von der Techniker Krankenkasse (TK) herausgegebenen Depressionsatlas 2015 traten Fehlzeiten aufgrund von Depressionserkrankungen im Jahr 2013 69 Prozent häufiger auf als im Jahr 2000 (siehe *Grobe und Steinmann (2015)* [93]).

Im Internet verfügbare Online-Therapien sind dazu gedacht, Betroffene mit leichten bis mittelgradigen Erscheinungsformen der Erkrankung zu unterstützen (*Lin et al. (2013)* [151]). Oft sollen die Angebote von einem Therapeuten begleitet werden oder als ergänzende Maßnahme zu konventionellen Therapiesitzungen Anwendung finden, wobei der Patient das zusätzliche Angebot unter Umständen selbst finanzieren muss. Der neuartige psychotherapeutische Ansatz soll dem starken Versorgungsmangel in diesem Bereich entgegenwirken (vgl. *Jiménez (2014)* [117]). Entsprechend sollten Patienten von verkürzten Wartezeiten, wegfallenden Anfahrtswegen und einer potenziell niedrigeren Hemmschwelle profitieren.

In Schweden, den Niederlanden und Australien sind Online-Therapieangebote bereits etabliert (vgl. *Bühring (2013)* [36]). Das Psychotherapeutische Zentrum Zürich bietet seit 2008 internetbasierte Therapien gegen Traumata und posttraumatische Belastungsstörung, Depression und anhaltende schwere Trauer an, die sich in Untersuchungen als wirksam erwiesen (siehe *Wagner et al. (2014)* [241]).

In Deutschland ist bisher eine ambulante Internet-Therapie (net-step) des Ambulanten Zentrums und der Tageskliniken Neuss gegen Depression, soziale Angst und Panikstörung nach Durchführung einer bestätigenden Wirksamkeitsstudie in die Regelversorgung integriert worden. Die Kosten für die Behandlung werden von der AOK übernommen. Aktuell erprobt auch die TK eine Internet-Psychotherapie (TK-Depressions-Coach) für die Anwendungsbereiche Prävention, Diagnostik und Rehabilitation (siehe auch Abschnitt 5.2.1.4).

Im privatwirtschaftlichen Bereich ist deprexis das soweit bekannteste, mehrfach evaluierte (*Schröder et al. (2014)* [211]*, Meyer et al. (2015)* [164]) Angebot, das auch als Ergänzung im Rahmen einer konventionellen Therapie Anwendung findet [83]. Derzeit erfolgen Studien in Kooperation mit der DAK-Gesundheit, dem Bundesministerium für Gesundheit (BMG) und der Deutschen PsychotherapeutenVereinigung (DPtV). Das vom Centre for Mental Health Research (NIMHR) der Australian National University verhaltenstherapeutische Selbsthilfeprogramm MoodGYM zur Vorbeugung von depressiven Symptomen wird vom Institut für Sozialmedizin, Arbeitsmedizin und Public Health (ISAP) an der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig evaluiert. Es ist vorgesehen, das Programm nach Abschluss der Untersuchung voraussichtlich ab 2016 Nutzern in Deutschland kostenfrei zur Verfügung zu stellen.

© Fraunhofer FOKUS

Weitere ausgewählte Beispiele

Aus der Vielfalt der diversen Indikationen, in denen TR-Ansätze ausgetestet werden, seien die folgenden kurz erwähnt:

- Für *Augenerkrankungen* (»low vision«) befindet sich ein systematischer Cochrane Review in Vorbereitung (vgl. *Bittner et al. (2014)* [27]).
- Für *Phantomschmerz* (engl. Phantom Limb Pain, PLP) wird derzeit eine RCT durchgeführt (*Rothgangel et al. (2015)* [197], siehe auch Abschnitt 4.7 und 5.2.1.4).
- Mit der Wirkung, die TR auf *Depression nach einem Schlaganfall* hat, beschäftigt sich eine von *Linder et al. (2015)* durchgeführte RCT [150].

4.6 Evaluation von Telerehabilitationskonzepten

Die Abschnitte 4.4 und 4.5 haben hinreichend verdeutlicht, dass auch für die TR konkrete Nachweise ihrer Effektivität bezüglich sämtlicher Outcome-Kategorien – von den klinischen Wirkungen und auf den Prozess sowie auf andere Versorgungsbereiche bezogenen Outcomes bis zu den ökonomischen Outcomes – erforderlich sind. Noch bestehende Lücken wurden in Abschnitt 4.5 benannt. Häufig werden dabei die als »Goldstandard« der empirischen Forschung geltenden RCTs eingefordert.

Bereits der in Abschnitt 4.4 erwähnte Beitrag von *Kairy et al. (2009)* äußert sich jedoch kritisch zu einer ausschließlichen Fokussierung auf HTAs und deren Forderung nach RCTs, wenn es um die Evaluation telemedizinischer Konzepte und damit auch TR geht ([130], S. 445). In jüngerer Zeit äußert sich unter explizitem Verweis auf den britischen »Whole System Demonstrator« u. a. *Hendy et al. (2012)* [105] skeptisch zum Ansatz, ausschließlich auf RCTs bei der Evaluation von innovativen Konzepten in der Gesundheitsversorgung zu setzen. Als grundsätzliche Informationsquelle zu den Methoden, mit denen telemedizinische Konzepte evaluiert werden, eignet sich *Ekeland et al. (2012)* [67]. Dieser Beitrag identifiziert auch Lücken und unterbreitet Vorschläge zur Weiterentwicklung. Im gleichen Geist skizzieren an Hand einer Fallstudie zu einem Diabetes-Programm *Agboola et al. (2014)* pragmatische Evaluationsansätze (»'Real-World' Practical Evaluation Strategies«) [2].

Jansen-Kosterink (2014) fasst zusammen, welche Probleme beim Einsatz von RCTs als alleinigem Evaluationsdesign bestehen ([115], S. 13):

- Vorbereitung und Durchführung einer RCT erstrecken sich notwendigerweise über einen längeren Zeitraum. Währenddessen schreitet jedoch die technologische Entwicklung fort, weshalb zu Planungsbeginn aktuelle Technik bereits in der Durchführungsphase von den Nutzern als veraltet wahrgenommen wird und nicht über das mit der dann aktuellen Technik realisierbare Potenzial verfügt.
- Um eine Kontrollgruppe verfügbar zu haben, werden telemedizinische Konzepte häufig in Form von Stand-alone-Services umgesetzt. Damit können sie ihr volles Potenzial nicht entfalten, da keine Einbindung in die alltäglichen Gesundheitsversorgungsroutinen erfolgt. Sobald eine wirkliche Integration in den klinischen Alltag vorgenommen wird, müssen organisatorische Umbauten stattfinden, durch die keine Kontrollgruppen mehr verfügbar sind, weshalb Ersatzkonstruktionen bemüht werden müssen.

– Bei TR kann die eingesetzte Technologie auf die Präferenzen und das individuelle Leistungsvermögen der einzelnen Patienten angepasst werden (a. a. O., S. 66). Im Rahmen einer RCT ist diese Variabilität nicht möglich. Zudem macht es wenig Sinn, der Technik wenig zugeneigte Probanden in die Interventionsgruppe einer kontrollierten Studie (unabhängig vom konkreten Design) aufzunehmen.

Entsprechend plädiert *Jansen-Kosterink (2014)* für weniger konservative Studiendesigns und nennt als Beispiel u. a. »factorial design« (a. a. O., S. 67). In Weiterentwicklung von *DeChant et al. (1996)* [49] schlägt der Beitrag ein vierstufiges Evaluationsschema vor ([115], S. 125 ff.), das ausgehend von einer Einschätzung des Reifegrads der verwendeten Technologie den Aspekten Evaluationsziele, Evaluationskontext, Evaluationsmethoden und Evaluationsendpunkten spezielle Aufmerksamkeit zukommen lässt. Hauptsächlich zielt dieser Evaluationsansatz darauf ab, innovativen technologischen Ansätzen eine adäquate Entwicklungschance zur vollständigen Realisierung des ihnen innewohnenden Potenzials zu gewähren und sie gerade nicht durch zu früh gestellte hohe Erwartungen in Form komplexer Evaluationsszenarien zu »ersticken«.

In den ersten beiden Stufen arbeitet man sich über experimentelle Evaluationsmethoden von der Machbarkeit (»feasibility«) und Handhabbarkeit (»usability«) zu einer ersten Untersuchung der potenziellen Effekte vor. Sofern die ersten beiden Evaluationsstufen positive Ergebnisse liefern, sind in den nun folgenden beiden Stufen die Studien dann zwingend in die alltägliche klinische Praxis einzubetten, um u. a. in groß angelegten Kohorten-Studien in beobachtenden Designs die Effektivität (»effectiveness«) und systemweite Nutzung (»adoption«) zu belegen sowie auf Basis einer fundierten Betrachtung der ökonomischen Aspekte die Entwicklung passender Geschäftsmodelle voranzutreiben.

Auch in Deutschland wird die Diskussion darüber geführt, wie telemedizinische Konzepte sinnvoll evaluiert werden sollten. Den Impuls durch den Methodenbeitrag von *Beckers (2014)* [21] wird der im November 2015 stattfindende 6. Nationale Fachkongress Telemedizin aufnehmen. Passenderweise ist dieses Treffen der Telemedizin-Community mit dem Motto »Evaluation – Qualität – Forschung« überschrieben (*Deutsche Gesellschaft für Telemedizin* [53]).

4.7 Laufende Forschungsarbeiten

Diverse Datenbanken informieren sowohl über abgeschlossene als auch über laufende Forschungsarbeiten im Gesundheitsbereich. PROSPERO (*University of York, Centre for Reviews and Dissemination* [234]) stellt einen guten Startpunkt dar, um sich über laufende systematische Überblicksstudien (»systematic reviews«) zu informieren. Eine Ende Juni 2015 durchgeführte Suche zu TR als Bestandteil des Review-Titels unterstreicht, dass für TR eine große Aktivität zu verzeichnen ist: Aktuell werden sieben Auswertungen von Studien bezüglich diverser Indikationen erstellt. Dabei reicht das Spektrum der untersuchten Rehabilitationsbereiche von orthopädischen Indikationen über Augenerkrankungen bis zur Bewegungstherapie für Brustkrebspatienten. Zudem wurde im Dezember 2014 von *Panda et al.* ein (noch nicht publizierter) Überblick zur Effizienz der TR für die Rehabilitation nach TKA abgeschlossen ([177], siehe Abschnitt 4.5.3).

Wootton (2012) sieht die vorliegenden Studien für den von ihm betrachteten Bereich des telemedizinischen Managements chronischer Erkrankungen kritisch: *»The evidence base for the value of telemedicine in managing chronic diseases is on the whole weak*

© Fraunhofer FOKUS

and contradictory« ([246], S. 219). Beinahe sarkastisch erscheint sein Hinweis auf eine erforderliche Ausweitung des Untersuchungszeitraums, um erst aussagekräftige Ergebnisse gewinnen zu können: *»[…] it seems unlikely that in a chronic disease, any intervention can have much effect unless applied for a long period. Future studies might consider interventions lasting years rather than months*« (ibidem). Auf die in den meisten der vorliegenden Studien sehr kurz gewählten Anwendungszeiträume verweist auch *Goldstein und O'Hoski (2014)* ([90], S. 947).

Kairy et al. (2009) weist darauf hin, dass zwischen der Durchführung einer Studie, der anschließenden Veröffentlichung und einer Aufnahme sowie Auswertung im Rahmen eines systematischen Überblicks einige Zeit vergehen kann ([130], S. 445). Aus diesem Grund sind Informationsquellen zu aktuell laufenden Studienaktivitäten von besonderem Wert. Die Datenbank ClinicalTrials.gov (*U. S. National Institutes of Health* [236]) ist eine ausgewiesene Quelle zur gezielten Information über die weltweiten Aktivitäten in der klinischen Forschung und damit auch zum Einsatz von TR. Eine Ende Juni 2015 durchgeführte Suche (Eingabe von TR in die allgemeine Suchmöglichkeit) lieferte 40 Forschungsvorhaben zu diversen Untersuchungsgegenständen und in unterschiedlichen Zuständen, von »not yet recruiting« und »recruiting« sowie »enrolling by invitation« über »active, not recruiting« bis zu »completed«, »unknown« oder »terminated«.

Das Deutsche Telemedizinportal stellt eine Möglichkeit dar, sich über die Projektlandschaft im umfassend verstandenen Bereich der Telemedizin in Deutschland zu informieren. Ähnlich den anderen genannten Informationsportalen besteht der Ansatz darin, dass die Mitglieder eigenständig Informationen zu Projektvorhaben einstellen, damit die gesamte Community im dadurch geschaffenen Bestand recherchieren und die Informationen für eigene Zwecke nutzen kann (*Böckmann et al. (2014)* [28]).

Für den hier verfolgten Betrachtungsgegenstand sind die folgenden, in der aktiven Planung bzw. bereits in der Durchführung befindlichen Studien bezüglich der Erprobung telemedizinischer Konzepte in der Rehabilitation besonders relevant:

1 *Effectiveness of a comprehensive telerehabilitation program for the heart (Telerehab III)*
   - Einsatzbereich: TR in der kardiologischen Rehabilitation
   - Studienart und angestrebte Stichprobengröße: RCT mit 140 Patienten
   - Ziele*:* Nachweis der langfristigen Effektivität im Vergleich mit einer Präsenz-CR
   - Status: Auswertungsphase
   - Weitere Informationen
     - ISRCTN29243064 in der ISRCTN Registry (*BioMed Central* [26]) bzw. im von der WHO betriebenen ICTRP Search Portal (*World Health Organization* [247])
     - *Frederix et al. (2015)* [74], *Frederix et al. (2015)* [75]

2 *Telerehabilitation in Coronary Heart Disease (TRiCH)*
   - Einsatzbereich: TR in der kardiologischen Rehabilitation
   - Studienart und angestrebte Stichprobengröße: RCT mit 105 Patienten [14]
   - Ziele: Nachweis der langfristigen Effektivität im Vergleich mit einer Präsenz-CR
   - Status: Rekrutierungsphase (gemäß den Angaben in *Avila et al. (2014)* [14])
   - Weitere Informationen
     - NCT02047942 in *U. S. National Institutes of Health* [236]
     - *Avila et al. (2014)* [14]

3 *Effects of cardiac telerehabilitation in patients with coronary artery disease using a personalized patient-centred ICT platform: the SmartCare-CAD study*
   - Einsatzbereich: TR in der kardiologischen Rehabilitation
   - Studienart und angestrebte Stichprobengröße: RCT mit 300 Patienten
   - Ziele: Nachweis der langfristigen Effektivität im Vergleich mit einer Präsenz-CR, Durchführung einer CEA
   - Status: Planung (Vor-Rekrutierungsphase)
   - Weitere Informationen
     - NTR5156 im von der WHO betriebenen ICTRP Search Portal (*World Health Organization* [247])
     - *Nederlands Trial Register* [167]

4 *HTRBIP-Trial*
   - Einsatzbereich: TR in der neurologischen Rehabilitation nach einem Schlaganfall (»brain infarction«)
   - Studienart und angestrebte Stichprobengröße: RCT mit 210 Patienten [118]
   - Ziele: Nachweis der Effektivität und Sicherheit im Vergleich mit einer Präsenzrehabilitation
   - Status: Rekrutierungsphase
   - Weitere Informationen
     - ChiCTR-TRC-14005233 im von der WHO betriebenen ICTRP Search Portal (*World Health Organization* [247])
     - *Jin et al. (2015)* [118]

5 *iTrain-Studie* des Norwegian Center for Integrated Care and Telemedicine (NST)
   - Einsatzbereich: TR in der Rehabilitation von COPD-Patienten
   - Studienart und angestrebte Stichprobengröße: RCT mit 120 Patienten
   - Ziele: Nachweis der Effektivität mit Blick sowohl auf klinische als auch prozessbezogene Outcomes, Durchführung einer CEA
   - Status: Rekrutierungsphase
   - Weitere Informationen
     - NCT02258646 in *U. S. National Institutes of Health* [236]
     - *Norwegian Centre for Integrated Care and Telemedicine* [170]
     - Die vorangegangene Pilotstudie beschreibt *Zanaboni et al. (2013)* [251].

6 *PACT-Studie*
   - Einsatzbereich: TR in der Rehabilitation von Amputations-Patienten/ Phantomschmerz (engl. Phantom Limb Pain, PLP)
   - Studienart und angestrebte Stichprobengröße: RCT mit 105 Patienten
   - Ziele: Nachweis der Effektivität einer TR, Durchführung einer CEA
   - Status: Durchführungsphase (bei laufender Rekrutierung [128])
   - Weitere Informationen
     - NCT02076490 in *U. S. National Institutes of Health* [236]
     - *Rothgangel et al. (2015)* [197]
     - Siehe auch Abschnitt 5.2.1.4

© Fraunhofer FOKUS

7 ReMove-IT
- Einsatzbereich: TR in der orthopädischen Rehabilitation
- Studienart und angestrebte Stichprobengröße: CCT mit 110 Patienten
- Ziele: Nachweis der Effektivität einer TR
- Status: Planungsphase
- Weitere Informationen: Siehe Anhang A.2.2

Tousignant und Mampuya (2015) kündigt eine Pilotstudie zu einer ganzheitlichen kardiologischen TR im häuslichen Bereich an, deren Ziele im Nachweis der Durchführbarkeit, Akzeptanz und Zuverlässigkeit eines derartigen TR-Programms bestehen. Des Weiteren sollen die Wirksamkeit (»efficacy«), die Sicherheit und die Kosten evaluiert werden. Ebenso sollen Hinweise gewonnen werden, für welche Patientengruppe TR in welchem Maße geeignet ist ([227], S. 75).

Die angekündigte Pilotstudie soll 20 Patienten mit Herzfehler berücksichtigen und technologisch auf einer bereits in diversen TR-Szenarien erprobten Videokonferenzplattform aufbauen. Der Start war für das Frühjahr 2015 vorgesehen, die Pilotstudie ist Teil der Vorbereitung eines »*large non-inferiority randomized trial*« (ibidem).

© Fraunhofer FOKUS

5 Stand der Praxis für medizinische Assistenzsysteme in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge

In jüngster Zeit erfahren telemedizinische Anwendungen für die Erfassung von Vital- und Bewegungsdaten einen vermehrten Zuspruch (siehe die einzelnen Beispiele in Abschnitt 5.2). Mit diesen multimedialen, sensorbasierten Trainings- und Therapieformen besteht grundsätzlich die Möglichkeit, Rehabilitations- und Präventionsmaßnahmen in das häusliche Umfeld zu verlagern. Die Systeme können aber auch im stationären Bereich und damit z. B. in Krankenhäusern oder Reha-Kliniken eingesetzt werden.

Generell kann man bei der Art der existierenden Systeme zwischen mobilen bzw. ortsfest installierten, d. h. ambienten Teilsystemen unterscheiden. Zur Bewegungsaktivierung in der stationären und ambulanten Rehabilitation sowie im Alltag des Patienten gibt es rein mechanische Systeme wie z. B. die Heim- oder Fahrradtrainer. Zunehmende Verbreitung finden aber auch telemedizinische Anwendungen für das Monitoring von Bewegungsverhalten, z. B. als mobiler Fitnessbegleiter auf dem Smartphone.

Im Folgenden wird der Begriff des »medizinischen Assistenzsystems« für die Bereiche der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge definiert. Daraufhin werden beispielhaft ausgewählte Projekte aus den Anwendungsbereichen TR und Teletherapie vorgestellt.

5.1 Begriffsdefinition eines medizinischen Assistenzsystems

Der Begriff des Assistenzsystems lässt sich in einer Vielzahl von Anwendungsdomänen wiederfinden. Neben Fahrerassistenzsystemen finden sich weitere Anwendungen in der Logistik- und Baubranche, aber auch in der Medizin.

Abbildung 2 zeigt schematisch, dass Assistenzsysteme ganz allgemein gekennzeichnet sind durch eine verlässliche Datenbasis (1), zuverlässige Erkennungsmethoden der Ist-Situation (2) sowie Analysemethoden zur Interpretation der erfassten Daten (3), die auf der verlässlichen Datenbasis aufbauen. Die analysierten Daten werden nach Anwendung der Analysemethoden über eine Mensch-Maschine-Schnittstelle (4) an den Nutzer ausgegeben. Die zu interpretierenden Daten werden häufig von Sensoren bzw. Medizingeräten (5) bereitgestellt, können aber auch aus anderen Systemen integriert werden. Assistenzsysteme unterstützen die Nutzer durch die Anwendung mitunter komplexer Datenverarbeitungsmethoden bei der Entscheidungsfindung und leiten ihn durch Feedback bei der Durchführung einzelner Aktivitäten unmittelbar an.

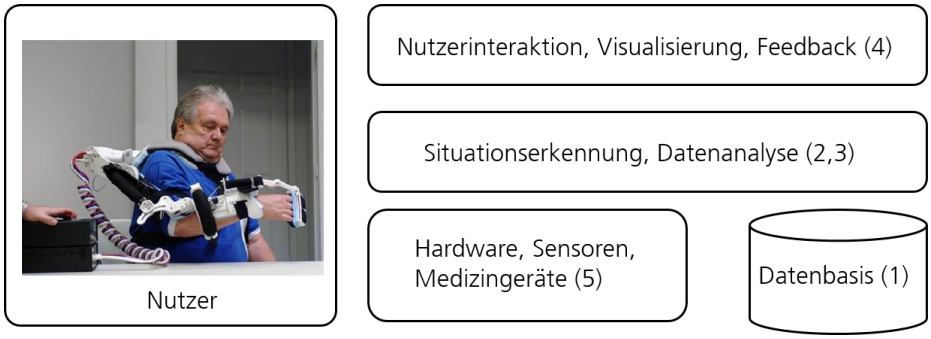
Eine Definition für »technische Assistenzsysteme« hat das IEGUS - Institut für Europäische Gesundheits- und Sozialwirtschaft GmbH in einer gemeinsamen Studie mit dem VDI/ VDE-IT erarbeitet:

»*Technische Assistenzsysteme sind technische Hilfsmittel, insbesondere auf Basis von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), zur Unterstützung Pflegebedürftiger (einschließlich "Pflegestufe 0") im häuslichen Umfeld. Basistechnologien der IKT sind Elektronik und Mikrosystemtechnik, Softwaretechnik und Daten- bzw. Wissensverarbeitung sowie Kommunikationstechnologien und Netze.*« [112]

Zur Präzisierung/ Spezialisierung dieser Definition wird im weiteren Verlauf des Berichts der Begriff »medizinisches Assistenzsystem« in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge wie folgt verwendet:

»*Medizinische Assistenzsysteme in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge unterstützen Ärzte, Therapeuten und Patienten bei der Durchführung der angeordneten Behandlung. Dies beinhaltet Funktionen für die Therapieplanung, die Kontrolle des Therapiefortschritts und deren ggf. notwendige Anpassung. Zu diesem Zweck setzen sich diese aus Medizinsensoren und -geräten, Programmen zur Datenverarbeitung, Programmen für die Visualisierung und Nutzerinteraktion sowie sicheren Kommunikationstechnologien und -netzen zusammen.*«

Abbildung 2 Überblicksartige Darstellung eines medizinischen Assistenzsystems



Im Folgenden wird versucht, den Begriff des »medizinischen Assistenzsystems« auf die TR anzuwenden und aus der Analyse einzelne grundlegende Systemfunktionalitäten wie auch anwendungsspezifische Informationsdienste abzuleiten. Für die Systematisierung wird ein Schichtenmodell verwendet. Jede Schicht stellt der darüberliegenden Schicht bestimmte Dienste und technische Komponenten bereit.

Orientierungsachsen sind:

1 Der medizinische Fachbereich, in dem Telemedizin eingesetzt wird, oder die konkrete medizinische Indikation, die mit Hilfe der Telemedizintechnologie unterstützt wird (z. B. Teleradiologie oder Teleneurologie etc.).
2 Der Anwendungsbereich, d. h. der medizinische Sektor der Versorgungsstruktur, innerhalb dessen das medizinische Assistenzsystem eingesetzt wird (z. B. Teletherapie, Teleprävention, TR etc.).
3 Die Funktionen technischer und informationsverarbeitender Art, die im Behandlungsprozess durch den Einsatz von ICT unterstützt werden (z. B. Telekonsil, Telemonitoring etc.).

Ein umfassendes Telerehabilitationssystem setzt sich im Ganzen oder zu Teilen aus folgenden technischen, modularen Komponenten und Diensten zusammen (siehe Abbildung 3):

Die *Anwendungsebene* bezeichnet den medizinischen Fachbereich oder die Indikation, in der ein medizinisches Assistenzsystem eingesetzt wird. Bekannte Anwendungsgebiete von Assistenzsystemen sind Teletherapie, TR, Teleradiologie, Telepathologie, Telechirurgie etc.

© Fraunhofer FOKUS

Die *Interaktionsebene* dient dazu, den Nutzern einzelne Funktionen der Dienstebene anzuzeigen und ihnen zu assistieren. Sie unterstützt die konkrete Interaktion zwischen System und Benutzer. Die Funktionen können z. B. die Visualisierung von Therapieinhalten (Therapiepläne, Therapieergebnisse), Feedbacksignale an den Nutzer, aber auch Menüführungen und Anleitungen zur Programmnutzung sein.

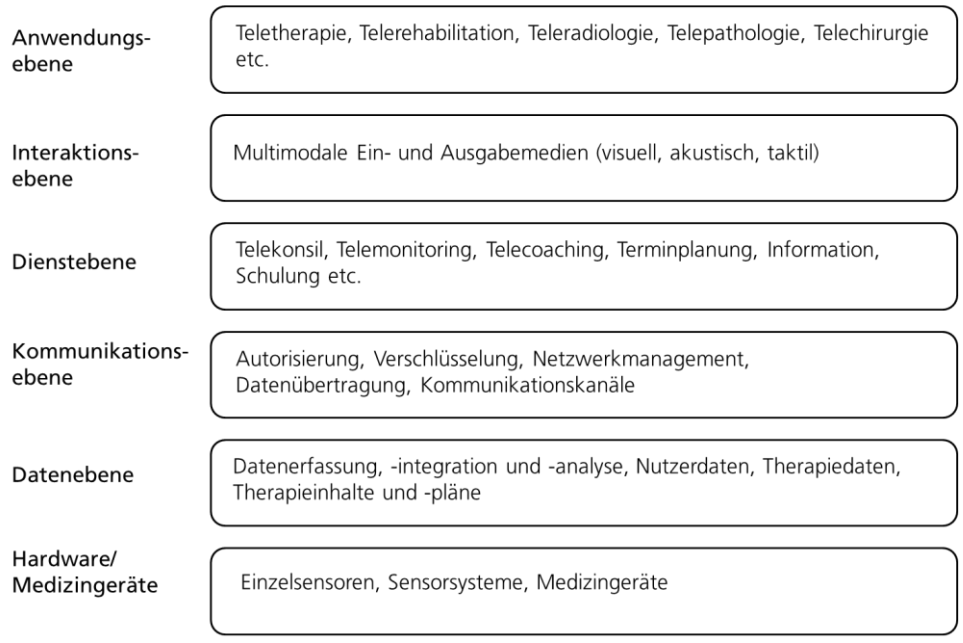
Die *Dienstebene* bezeichnet komplexere Dienste, die sich aus den technischen Komponenten und Modulen der darunterliegenden Systemschichten zusammensetzen lassen. Die Dienste können in jedem der vorgenannten Anwendungsgebiete eingesetzt werden. Sie umfassen Telemonitoring, Telekonsil, Telecoaching, Telekollaboration, Terminplanung, Information, Schulung etc.

Die *Kommunikationsebene*, die *Datenebene* sowie die optional einsetzbaren *Medizingeräte und Sensoren* bilden die technische Basis eines Telerehabilitationssystems. Diese beinhaltet technische Komponenten für Autorisierung, Verschlüsselung, Netzwerkmanagement, Datenübertragung (Vital- und Bewegungsdaten, Therapieergebnisse) und stellt verschiedene Kommunikationskanäle bereit (z. B. Textnachrichten, Telefonie, Videofonie).

Auf der *Datenebene* werden die unterschiedlichen Datenarten erfasst, integriert und verarbeitet. Dies können z. B. Nutzerdaten (Stamm- und Versichertendaten, Diagnosedaten etc.), Abrechnungsdaten oder therapeutisch relevante Vital- und Bewegungsdaten sowie Kognitionsdaten sein. Mit Verfahren der Datenanalyse können die erfassten Daten für die Nutzerinteraktion und Therapiesteuerung verarbeitet werden.

Die *Sensoren und Medizingeräte* dienen als Datenquellen, deren Inhalt entweder direkt übertragen oder zu Therapieergebnissen weiterverarbeitet wird.

Abbildung 3 Schichten eines Telerehabilitationssystems



5.2 Projekte und Beispielanwendungen

Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über beispielhaft ausgewählte nationale und internationale Projekte. Die Auswahl basiert auf den Kenntnissen über den Stand der Praxis, die auf der mehrjährigen Beobachtung des Anwendungsgebiets TR und der Entwicklung des Gesamtsystems MeineReha® basieren. Die Beobachtungen und Recherchen wurden auf einer Vielzahl von Fachkongressen, Messen und Workshops durchgeführt. Zusätzlich wurde eine ausgiebige Recherche im deutschen Telemedizinportal durchgeführt [28], wobei die Angaben im Regelfall durch Nutzung komplementärer Quellen oder direkte Anfragen bei den Projektverantwortlichen abgesichert und ergänzt wurden. Das gleiche Vorgehen wurde zwecks Komplettierung der Angaben gewählt. Die getroffene Auswahl erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und soll den Lesern lediglich einen Eindruck über den Stand der technischen Entwicklungen und den Stand der Praxis vermitteln. Sofern vorhanden werden zum Abschluss der Projektbeschreibungen zentrale Publikationen angegeben.

5.2.1 Nationale Projekte

5.2.1.1 Kardiologische Rehabilitation

Das Programm *AUTARK (Ambulante und telemedizinisch unterstützte Anschluss-Rehabilitation nach Koronar-/ Klappen-Operationen)* existiert seit 2005. Durch die ambulante Rehabilitation mit Hilfe von AUTARK soll eine Steigerung der Leistungsfähigkeit und eine deutliche Verbesserung der Lebensqualität des Versicherten erreicht werden. Dies beinhaltet körperliche Trainingsprogramme, Haus- und Facharztuntersuchungen sowie eine telemedizinische Betreuung durch das Institut für angewandte Telemedizin (IFAT) am Herz- und Diabeteszentrum NRW, Bad Oeynhausen. Des Weiteren sollen Risikofaktoren wie Übergewicht oder Nikotinkonsum durch eine Änderung der persönlichen Lebensgewohnheiten des Versicherten positiv beeinflusst werden. Neben dem Rehabilitationsziel soll auch die Schaffung effizienterer und wirtschaftlicherer Versorgungsstrukturen in der Rehabilitation herzchirurgisch behandelter Versicherter durch den Einsatz neuer telemedizinischer Mittel gefördert werden.

Im Behandlungsablauf werden die Patienten mit einem mobilen EKG-Gerät und einem Fahrradergometer ausgestattet Der Behandelte leitet mindestens einmal pro Woche ein EKG ab und teilt dieses per Telefon dem behandelnden Arzt mit. Anhand der Ergebnisse der Auswertung des EKGs und auf Basis von Begleituntersuchungen werden die Trainingspläne aktualisiert. In einer von 06/2005 – 06/2009 durchgeführten Evaluation nahmen 337 Patienten am Programm teil, deren Fortschritte mit denen einer 34-köpfigen Kontrollgruppe verglichen wurden.

Projektbezogene Publikationen: *Körtke et al. (2009)* [141], *Körtke et al. (2006)* [142]

Das Projekt *CardioBBEAT (Gesundheitsökonomische Methodenentwicklung am Beispiel der Evaluation einer technologiebasierten, sektorübergreifenden Intervention zur Versorgung chronisch kranker Patienten)* wurde im Zeitraum 01.03.2009 – 31.03.2015 durchgeführt und richtete sich an Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz [113] [17]. Ziel dieses Projekts war es, die Kosteneffektivität der eingesetzten telemedizinischen Versorgung zu ermitteln, den gesundheitsökonomischen Methodenbaukasten weiterzuentwickeln, wiederholte stationäre Aufenthalte zu vermeiden, die Lebensqualität zu steigern, das Eigenpflegeverhalten (Self-Management) sowie die Therapietreue

© Fraunhofer FOKUS

(Compliance) zu verbessern. Bei den Patienten wurden täglich die Parameter Gewicht, Blutdruck und Puls gemessen und durch das Telemedizingerät »Motiva®« über eine sichere, kabellose Verbindung an die klinischen Prüfzentren geschickt und dort analysiert. Über das Monitoring-System konnten die Ärzte den aktuellen Zustand der Patienten kontinuierlich überwachen und somit Risikosituationen frühzeitig erkennen. Gaben die Daten Anlass zur Sorge, wurden vom System entsprechende individualisierte, zielgerichtete sowie krankheitsspezifische Meldungen an die Patienten und das medizinische Personal ausgegeben. Eine Evaluation hinsichtlich medizinischer, technischer, ökonomischer Aspekte wurde durchgeführt. Ebenso wurden die Usability und die Therapietreue der Patienten evaluiert.

Das Projekt wurde als eine randomisierte, kontrollierte, offene, multizentrische Studie unter der Leitung des Instituts für Medizinmanagement und Gesundheitswissenschaften der Universität Bayreuth durchgeführt. Dazu nahmen 626 chronisch leidende Patienten aus zehn klinischen Prüfzentren (in Bayern, Berlin, Hamburg und Nordrhein-Westfalen) an der Untersuchung teil. In der Interventionsgruppe wurden 302 Patienten durch Telemonitoring unterstützt. In der Kontrollgruppe waren 324 Personen vertreten. Alle Patienten erhielten in einem Zeitraum von zwölf Monaten ambulant eine leitlinienorientierte Behandlung entsprechend der Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie. Die Interventionsgruppe wurde darüber hinaus mit bidirektionaler Telemedizinunterstützung nach dem Versorgungsplan, personalisiertem Feedback, automatisierten Fragebögen, Erinnerungen und Telefonkontakten unterstützt. Die Auswertung der erfassten Datenbasis ist angelaufen. Mit den konkreten Ergebnissen ist Ende 2015 zu rechnen.

Projektbezogene Publikationen: *Handlbauer et al.* (2014) [100]

Das Projekt *Fontane (Gesundheitsregion der Zukunft Nordbrandenburg)* wurde im Zeitraum 01.09.2009 – 28.02.2015 von der Charité Universitätsmedizin für Patienten mit Herzinsuffizienz und Präklampsie durchgeführt. Ziel dieses Projekts war es, mit Hilfe von Telemedizin dem Ärztemangel (in ländlichen Regionen) entgegenzuwirken, die medizinische Versorgung zu verbessern und die Hausärzte in ihrer Betreuung von kardiologischen Risikopatienten zu unterstützen. Die Patienten erhielten verschiedene medizinische Messgeräte, mit denen sie täglich EKG, Blutdruck und Gewicht gemessen sowie eine Selbsteinschätzung des Wohlbefindens gegeben haben. Diese Werte wurden über Bluetooth und Mobilfunk automatisch an das angegliederte Telemedizinzentrum übermittelt. Die Fachärzte und -pfleger befundeten die dort eingehenden Daten unter Berücksichtigung der Patientenhistorie und den medizinischen Leitlinien für CHF und leiteten bei Veränderungen/ Verschlechterung verschiedene Maßnahmen ein: z. B. telefonische Kontaktaufnahme, Veränderungen der Therapie (z. B. Dosisanpassung der Medikamente), Verhaltensänderungen des Patienten (z. B. Reduzierung der Trinkmenge), Alarmierung des Notarztes und Übergabe medizinischer Informationen an diesen.

An der randomisierten, kontrollierten, prospektiven, multizentrischen, offenen Studie »Telemedical Interventional Management in Heart Failure II« (vgl. NCT01878630 in *U. S. National Institutes of Health* [236]) nehmen 1500 an chronischer Herzschwäche erkrankte Patienten teil. Die Evaluation soll den Nachweis für die »*Überlegenheit eines telemedizinischen Therapiemanagementansatzes bei Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz (HI) hinsichtlich ungeplanter HI-Hospitalisierung, Tod und Lebensqualität im Vergleich zu Standardtherapie*« erbringen. Darüber hinaus soll die »*Gleichwertigkeit eines telemedizinischen Therapiemanagementansatzes bei Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz und Komorbiditäten im strukturschwachen ländlichen Raum und in der Metropolenregion*« festgestellt werden [253].

Projektbezogene Publikationen: *Scherf und Downes (2013)* [205], *Prescher und Köhler (2012)* [186]

Das Versorgungsprogramm *AOK-Curaplan Herz Plus* unterteilt sich in zwei Segmente, welche auf die Bedürfnisse von Herzinsuffizienzpatienten abgestimmt sind. Das seit 2006 von der AOK getragene Programm enthält konkret einen Selektivvertrag zur Versorgung von Hochrisikopatienten (bekannt als »Cordiva«) sowie eine AOK-interne Telefonie zur Betreuung von Patienten mit mittlerem Risiko (bekannt als »AOK-Curaplan Herz«). Diese sollen, ergänzend zur ärztlichen Behandlung, regelmäßig durch ausgebildete Mitarbeiter zu Verhalten im Alltag, Gewicht, Puls, Blutdruck und konkreten Symptomen wie Ödemen, Luftnot befragt und an die Medikamenteneinnahme erinnert werden. Schwerstbetroffene Patienten können zusätzlich zur telefonischen Beratung in Hinsicht auf ihr Körpergewicht überwacht werden. Dabei erhält der Patient eine Waage mit Modemanschluss, so dass das gemessene Gewicht automatisch an das Betreuungszentrum übermittelt wird. Die gesammelten Daten können dem Haus- und Facharzt sowie der Klinik zur Verfügung gestellt werden. Auf Basis der entstandenen Dokumentation soll eine mögliche Dekompensation des Patienten früh erkannt werden, um eine schnelle Intervention zu ermöglichen.

Zwecks Evaluation der Wirksamkeit des entwickelten Herzprogramms *AOK-Curaplan Herz Plus* (speziell des Segments zur Betreuung von Hochrisikopatienten) wurden 1.943 Programmteilnehmer mit einer Kontrollgruppe von 3.719 Patienten nach einer »intention-to-treat«-Methode verglichen. Zu Beginn der Studie wiesen beide Gruppen ähnliche Voraussetzungen hinsichtlich des Schweregrads der Erkrankung und des Alters auf. Die Untersuchung erfolgte mit Fokus auf medizinische und gesundheitsökonomische Aspekte. Im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse wurde festgestellt, dass 1.381 nachweislich aktiv teilnehmende Patienten in der zweijährigen Phase nach Teilnahmebeginn eine 70 Prozent höhere Überlebenswahrscheinlichkeit aufwiesen als Nichtteilnehmer. Aus ökonomischer Sicht führte der verfolgte Ansatz zu Einspareffekten, die insbesondere in der Sensitivitätsanalyse signifikant über den Programmkosten lagen (*AOK Nordost* [8]).

Projektbezogene Publikationen: *Marin (2015)* [157], *Heese (2010)* [102]

5.2.1.2 Neurologische Rehabilitation

Das Projekt *Synchrotel (Alltags- und Partizipationsorientierte Tele Online-Sprach-Therapie bei schwerer Aphasie)* wurde im Zeitraum 01.01.2005 – 31.12.2008 für die Behandlung neurologischer Patienten mit schwerer und mittelschwerer chronischer Aphasie vom Bezirkskrankenhaus Bayreuth durchgeführt. Im Rahmen des Projekts wurden eine spezielle Hard- und Software (Computer mit ferngesteuerten Kameras, 4 Bildschirme, integrierte Mikrofone) entwickelt, die eine zeitsynchrone interaktive Teletherapie im Rahmen der Rehabilitation und kurativen Therapie ermöglicht. Damit war die Kommunikation in Echtzeit durch die Verwendung eines interaktiven Videosystems möglich, die die traditionelle Sprachtherapie mit telemedizinischen Mitteln nachbildet.

In einer prospektiven Vergleichsstudie (face-to-face vs. screen-to-screen) wurde die Effizienz der telemedizinischen Online-Sprachtherapie bei 16 Patienten mit schwerer chronischer Global- und Broca-Aphasie als Folgen eines Hirninfarkts überprüft. Im Rahmen der Intervention sollte die Effektivität der in Synchrotel umgesetzten therapeutischen Methoden mit konventioneller Sprachtherapie verglichen werden. Darüber hinaus sollte festgestellt werden, welche sprachtherapeutischen Interventionen bei

© Fraunhofer FOKUS

Aphasikern zu Verbesserungen führen und inwiefern sich der Verbesserungsprozess bei Präsenztherapie gegenüber Synchrotel unterscheidet. Im Rahmen der Studie fanden insgesamt 402 Einzelbehandlungen statt. Das primäre Studienziel war es, die synchrone Teletherapie als neue zusätzliche Sprachtherapieform zu etablieren. In beiden Gruppen konnten signifikante Verbesserungen sowohl auf Einzelfallniveau als auch auf Gruppenniveau nachgewiesen werden, dabei zeigten sich positive Veränderungen häufiger in der Teletherapiegruppe. Die Untersuchungen zeigten Leistungsverbesserungen auf der Symptomebene als auch Therapieeffekte im kommunikativ-pragmatischen Bereich. Trotz chronischer Aphasie waren Schweregradverbesserungen und zweimal ein Syndromwandel testdiagnostisch durch den Aachener Aphasie-Test (AAT) nachweisbar.

Projektbezogene Publikationen: *Vauth et al. (2015)* [238], *Vauth et al. (2014)* [239]

Im Rahmen des Projekts *SmartSenior* wurde vom Fraunhofer FOKUS zusammen mit den Projektpartnern Charité Universitätsmedizin, Nuromedia GmbH, Otto Bock HealthCare Deutschland GmbH, Humotion GmbH und dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), Projektbüro Berlin, im Zeitraum 01.05.2009 – 30.09.2012 eine multimediale Trainingsplattform für Schlaganfallpatienten entwickelt, die den Übenden bei der Wiedererlangung motorischer Fähigkeiten unterstützen sollte. Durch anleitende und feedbackgebende Mechanismen wurden Patienten in die Lage versetzt, rehabilitative Übungen unabhängig in den eigenen vier Wänden durchzuführen, ohne anstrengende Transportwege auf sich nehmen zu müssen. Die selbstständige Rehabilitation in der heimischen Umgebung sollte den Patienten in seiner Motivation bestärken und auf diese Weise zur Therapietreue beitragen.

Um den Übenden in der korrekten und medizinisch wirksamen Ausführung der Übungen zu unterstützen, wurden seine Bewegungen mit körpernahen und optischen Sensoren erfasst. Die therapierelevanten Daten wurden zugleich lokal anhand eines Echtzeit-Soll-Ist-Vergleichs auf der Trainingskonsole verarbeitet, um mögliche Fehlhaltungen zu ermitteln. Auf Basis der berechneten Daten wurde dem Übenden ein Feedback kommuniziert.

Der Patient selbst konnte das Übungsprogramm im Laufe der Therapiesitzung multimodal per Sprache oder Fernbedienung steuern. Die Überwachung des Therapieplans erfolgte mithilfe eines Therapieeditors. Sollten der Patient oder der behandelnde Therapeut es für erforderlich erachten, den anderen direkt zu kontaktieren, konnte die Kommunikation über eine integrierte Videokonferenz-Lösung hergestellt werden. Das Projekt endete mit der Fertigstellung eines technischen Prototyps.

Projektbezogene Publikationen: *Kiselev et al. (2011)* [135]

Die Motivation des vom Department für Angewandte Gesundheitswissenschaften der Hochschule für Gesundheit, Bochum, durchgeführten Projekts *DiaTrain* besteht darin, Aphasiepatienten im Rahmen der Rehabilitation nach einem Schlaganfall zu unterstützen. Das Projektvorhaben wird im Zeitraum 01.04.2012 – 30.09.2015 umgesetzt. Vom Forschungsstand ausgehend, dass die Regeneration des Gehirns fünf bis zehn Therapiestunden pro Woche in Anspruch nehmen sollte, um optimale Fortschritte zu erzielen, verfolgt das webbasierte Therapieprogramm den Ansatz, eine möglichst hohe Therapiefrequenz in der häuslichen Umgebung zu gewährleisten. Dadurch soll der Patient in die Lage versetzt werden, therapeutische Maßnahmen sowohl selbstständig als auch intensiv unter Aufsicht eines Therapeuten durchzuführen.

Dabei werden in einer Therapiesitzung alltägliche Dialoge mit Hilfe von Videosequenzen geübt. Darüber hinaus können individuelle Therapien in Form von Videokonferenzen mit dem behandelnden Therapeuten abgehalten werden.

Die Wirksamkeit und Akzeptanz des entwickelten Therapieprogramms wird in einer vom Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) geförderten, auf drei Jahre angelegten Studie im Rahmen des Projekts untersucht. Die Ergebnisse werden nach Ende der Projektlaufzeit publiziert. Derzeit stehen bereits die Ergebnisse einer dreiwöchigen Pilotstudie bezüglich der Wirksamkeit von DiaTrain zur Verfügung. An der kontrollierten Gruppenuntersuchung nahmen fünf Patienten mit chronischer Aphasie teil.

Projektbezogene Publikationen: *Bilda et al. (2014)* [24]

Das Projekt *Telemedizinische Live-Betreuung von Parkinsonpatienten in der häuslichen Umgebung durch bilaterale Livestream-Video-Beobachtung* wurde von der m&i-Fachklinik Ichenhausen in Zusammenarbeit mit der m&i-Klinikgruppe Enzensberg im Zeitraum 01.08.2010 – 31.12.2012 umgesetzt. Das Ziel bestand im Nachweis der technischen, kosteneffizienten und flächendeckenden Machbarkeit telemedizinischer Versorgung von Parkinson-Patienten in Bayern. Die in diesem Rahmen umgesetzte Verbindung von Videobeobachtung und Telemetrie (Einstellung von Medikamentenpumpen und Hirnschrittmachern) sollte eine Basis für die Adaption auf andere Indikationsbereiche bilden und somit für die Sicherung der flächendeckenden Versorgung in Bayern sorgen.

Dem Patienten wurde im Rahmen des Projekts ein sogenanntes Patienten-Kit zur Verfügung gestellt, das aus Laptop und Kamera bestand. Der Laptop war dergestalt konfiguriert, dass per Knopfdruck eine Verbindung mit der Fachklinik möglich war und dann eine entsprechende Videoverbindung aufgebaut werden konnte. Die Bedienung durch den Patienten war einfach gestaltet (drei Tasten für Start der Videoübertragung, Benachrichtigung des betreuenden Arztes und zum Beenden der Videoübertragung). Mehrere Tasten wurden zu Tastenblöcken zusammengefasst, so dass bei der Steuerung der Anwendung keine Feinmotorik benötigt wurde und diese auch mit der Faust oder der Handfläche bedient werden konnte. Das Arzt-Kit bestand aus einem speziell konfigurierten Laptop mit integrierter Kamera, so dass die Patienten auch den begutachtenden Arzt sehen konnten.

Ergebnisse der Evaluation: Das System wurde mit 37 Patienten evaluiert. Während der Projektlaufzeit wurden 269 Videokonsultationen durchgeführt (durchschnittlich 6,94 Konsultationen pro Patient). 26 Konsile mussten aufgrund technischer Probleme abgebrochen werden bzw. konnten nicht durchgeführt werden. Bei 3 Patienten waren Schulungen zum Umgang mit der Technik nötig, bei 9 Patienten mussten technische Probleme durch insgesamt 13 Besuche vor Ort behoben werden. 13 Konsultationen wurden auf Patientenwunsch ohne Video durchgeführt. Die Patienten bewerteten die Technik mit der Durchschnittsnote 2,27 und die ärztliche Betreuung mit 1,80 (Schulnotenskala). Insgesamt konnte mit der teletherapeutischen Behandlung anhand der UPDRS (Unified Parkinson's Disease Rating Scale) sowie des PDQ39 (Parkinson's Disease Questionnaire) eine leichte Verbesserung von Zustand und Lebensqualität bzw. ein konstanter Befund ohne Anzeichen einer Verschlechterung über den Studienverlauf nachgewiesen werden.

Projektbezogene Publikationen: *Walle et al. (2013)* [242]

© Fraunhofer FOKUS

Das vom BMBF geförderte regionale Innovationscluster *Bewegung und Mobilität wiedererlangen (BeMobil)* entwickelt adaptive Therapie-und Assistenzsysteme, um motorisch eingeschränkte Patienten mit neurologischen Erkrankungen, Verletzungen oder Amputationen beim Wiederaufbau der Bewegungsfähigkeit und Mobilität im Alltag zu unterstützen. Das Vorhaben setzt sich aus drei Teilprojekten zur Bewegungsrehabilitation sowie acht Querschnittsprojekten zur Umsetzung der allgemeingültigen Systemanforderungen zusammen. Ein durch die Technische Universität Berlin koordinierter Verbund aus technischen, klinischen und privatwirtschaftlichen Projektpartnern setzt diese im Zeitraum 01.08.2014 – 31.07.2017 um.

Die Teilprojekte A und B entwickeln intelligente Systeme für die Wiederherstellung der Bewegungsfähigkeit der unteren und oberen Extremitäten. Während sich Teilprojekt A (Modularer Hand/ Arm-Rehabilitator »HARE«) konkret mit der Umsetzung von Therapiesystemen für die Wiederherstellung von Arm- und Handfunktionen beschäftigt, entwickelt Teilprojekt B (Modulares Gangstudio NeuroReha »GSNeuro«) ein Therapiesystem für die Wiederherstellung des Gehens. Beide Teilprojekte berücksichtigen die neuroprothetische Versorgung von Schlaganfallpatienten und Querschnittgelähmten. Teilprojekt C (Interaktive Hilfsmittelversorgung »InaHiM«) unterstützt die mobile Interaktion in der Therapeuten-Patienten-Beziehung. Das umzusetzende Therapiemodell verfolgt einen modularen Therapieansatz, der in den stationären, ambulanten und häuslichen Bereichen in Form von TR integriert werden kann.

Projektbezogene Publikationen: *BMBF (2014)* [39]

5.2.1.3 Orthopädische Rehabilitation

Das Ziel des Projekts *MyRehab* bestand darin, ein medizinisches Assistenzsystem zu entwickeln, um Patienten bei Nachsorge- und Rehabilitationsmaßnahmen nach einer Krankheit oder einem Unfall zu unterstützen. Dafür wurde im Rahmen der Entwicklungsphase im Zeitraum 01.08.2010 – 31.12.2013 vom Fraunhofer FOKUS gemeinsam mit dem Reha-Zentrum Lübben ein medizinisches Assistenzsystem realisiert, das Patienten beim selbstständigen Training anleiten und motivieren soll. Auf diese Weise sollte zu einem nachhaltigen Reha-Erfolg nach der stationären Behandlung beigetragen werden.

Das medizinische Assistenzsystem besteht aus der häuslichen Komponente »MeineReha®« und seinem mobilen Pendant MeineReha® mobil. Während das häusliche System den Patienten bei seinem Training in den eigenen vier Wänden anleitend und korrigierend begleitet, können die beschriebenen Funktionen mit Hilfe des mobilen Systems auf außerhäusliche Umgebungen wie z. B. den Park oder den Arbeitsplatz ausgedehnt werden. Um den Patienten bei seinem Training zu unterstützen, werden Sensoren körpernah oder an Trainingsgeräten angebracht. Im Laufe einer Übung können die relevanten Bewegungsdaten über integrierte Sensoren gesammelt und auf ihre Korrektheit hin analysiert werden. Das ermittelte Feedback wird dem Übenden in Echtzeit kommuniziert, so dass eventuelle Fehlstellungen schnell erkannt und korrigiert werden können.

Die gesammelten therapierelevanten Daten werden in die Klinik übertragen und archiviert. Auf diese Datenbasis können der behandelnde Arzt und/ oder der Physiotherapeut zugreifen, um sich am Therapeutenarbeitsplatz den Therapie- und Belastungs-

zustand der Patienten anzeigen zu lassen, neue Trainingspläne zu erstellen und mit den Patienten über eine Videokonferenz in Kontakt zu treten.

Das medizinische Assistenzsystem wurde von der Charité Universitätsmedizin, Berlin evaluiert und im Rahmen einer Studie zur Usability mit 32 Rehabilitanden während ihres stationären Reha-Aufenthalts bewertet. Nach der ersten Testung zeigte sich, dass die überwiegende Mehrheit der Studienteilnehmer keine Probleme mit dem Menüaufbau und der Navigation durch das Programm hatte. 95 Prozent der Teilnehmer bewerteten das Programm als leicht bedienbar und klar gegliedert. Fast 70 Prozent der Probanden gaben an, sich vorstellen zu können, das System auch in der häuslichen Umgebung zu nutzen und dass auch das soziale Umfeld diese Nutzung unterstützen würde. Die hohe Zufriedenheit der Nutzer mit dem System drückte sich auch in der Bereitschaft aus, einen finanziellen Beitrag leisten zu wollen. Über 70 Prozent der Studienteilnehmer waren bereit, mindestens 25 Euro pro Monat für die weitere Nutzung zu zahlen.

Projektbezogene Publikationen: *John et al. (2014)* [124], *John et al. (2014)* [120], *John et al. (2013)* [126]

Die *EvoCare®-Telemedizin-Behandlung* ist ein Verfahren für die Rehabilitation, Prävention und Nachsorge im klinischen und häuslichen Umfeld. Die EvoCare®TeleTherapie nach dem EvoCare®-Versorgungskonzept umfasst die Anwendungsbereiche Orthopädie, Neurologie und innere Medizin und wurde 2013 von der Deutschen Rentenversicherung Bayern Süd für die orthopädische Therapie in der Rehabilitation zugelassen (vgl. *Deutsche Rentenversicherung Bund (2014)* [57] und *Hein (2014)* [103]).

Das Ziel der orthopädischen EvoCare®-TeleTherapie besteht darin, die Versorgungslücke zwischen der stationären Behandlung und der Nachsorge zu schließen, um die in der stationären Rehabilitation erreichten Therapiefortschritte auch nach der Entlassung zu bewahren bzw. weiter auszubauen. Behandelte Patienten werden dazu mit einem in die EvoCare®-Infrastruktur integrierten Telemedizingerät auf Leihbasis ausgestattet, das ihnen ein physiotherapeutisches Übungsportfolio in Form von kurzen Filmen zur Kräftigung, Mobilisation, Stabilisierung und Dehnung zur Verfügung stellt. Die vom Rehabilitanden absolvierten Übungen werden dokumentiert und nach erfolgter Freigabe durch den Nutzer über die geschlossene EvoCare®-Infrastruktur an den behandelnden Arzt/ Therapeuten zur Einsicht weitergeleitet. Den Gesundheitsexperten soll auf Basis der dokumentierten Daten ermöglicht werden, dem Patienten Anweisungen und Hilfestellung zu geben. Aufgrund der mobilen Datenübertragung müssen seitens des Patienten keine Voraussetzungen hinsichtlich des Telefon- und Internetanschlusses vorhanden sein.

Die Wirksamkeit der Behandlung wurde im Rahmen einer Multicenter-Studie mit 278 Teilnehmern überprüft. Dabei konnte festgestellt werden, dass zwischen dem konventionellen IRENA-Verfahren und dem EvoCare-Nachsorgesystem kein Unterschied in Hinsicht auf die medizinische Wirksamkeit besteht (*Hein (2014)* [104]).

Projektbezogene Publikationen: *Schellenberger et al. (2014)* [204], *Radoschewski und Mohnberg (2009)* [189]

Im Rahmen des vom BMBF geförderten *Projekts ADAPTIFY* [232] wird in der Laufzeit 01.02.2015 – 31.01.2018 federführend vom Technologie-Zentrum Informatik und Informationstechnik (TZI) der Universität Bremen eine Software für motivationale, spielerische Bewegungsprogramme mit dem Zweck entwickelt, Patienten bei der

© Fraunhofer FOKUS

orthopädischen Rehabilitation und Physiotherapie in der häuslichen Umgebung zu unterstützen.

Die zu entwickelnden Bewegungsprogramme beruhen auf Serious Games, die auf Basis von medizinischen Profilen und den Vorgaben des Physiotherapeuten an die individuellen Bedürfnisse des Patienten angepasst werden sollen. Um den Therapeuten bei der Behandlung zu unterstützen, werden anhand von maschinellen Lernverfahren Entwicklungsprognosen des Rehabilitanden erstellt. Die dafür benötigten Daten werden im Lauf der Übung durch ein Ganzkörper-Tracking unter Einsatz einer Kamera und einer mit Sensoren ausgestatteten Trainingsmatte erfasst. Diese werden im Projekt neu entwickelt.

5.2.1.4 Sonstige Indikationen

Das im Rahmen einer vierjährigen Laufzeit (01.01.2011 – 31.12.2015) vom Heinz-Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik der Technischen Universität München entwickelte System *COMES®* dient als eine personalisierte und mobile Diagnose- und Therapieplattform.

Durch die umgesetzte Verknüpfung von biomedizinischen Sensoren mit elektronischen Medien und telematisch orientierten Datenbanken soll ein Beitrag zur individualisierten und personalisierten Telemedizin geleistet werden. Die entwickelte Lösung soll in den Anwendungsgebieten Adipositas, Atemwegserkrankungen Diabetes mellitus, Herzinsuffizienz, Hypertonie, metabolisches Syndrom und schlafbezogene Atemstörungen Einsatz finden.

Patienten sollen in die Lage versetzt werden, ihre individuellen Parameter mit COMES®-unterstützten Messgeräten (z. B. Blutdruck, Aktivitätskarte/ Schrittzähler, Waage, Spirometer) unabhängig von Arzt, Krankenhaus und Betreuungspersonal zu erfassen und zu messen. Die ermittelten Werte werden an ein Daten-Center gesendet. Die Rückmeldung kann über ein medizinisches Expertenzentrum oder auch direkt vom Hausarzt auf das Smartphone erfolgen.

Im Rahmen einer systematischen Anwendungsbeobachtung wurden Usability, Akzeptanz, technische Zuverlässigkeit und Compliance des entwickelten Systems unter Einsatz von Feedback-Fragebögen mit insgesamt 32 Probanden ermittelt [77]. Davon waren 17 Personen psychokardiologische Klinikpatienten, während die restlichen Probanden dem privaten Umfeld entstammten. Die Teilnehmer gaben an, dass das System zuverlässig funktioniert. So wurden die Messwerte vollständig in die Datenbank übertragen. Auch den ermittelten Vitalparametern wurde meist vertraut. Die Beurteilung der Bedienbarkeit fiel sehr gut aus. Als sehr positiv wurde zudem die Möglichkeit der unabhängigen Selbstmessung eingestuft. Die Teilnehmer haben das System regelmäßig genutzt, um ihre Werte zu ermitteln, womit eine gute Compliance beobachtet werden konnte. Die überwiegende Mehrheit der Befragten (über 90 Prozent) konnte sich vorstellen, das System im alltäglichen Leben zu nutzen. 50 Prozent dieser Personen hielten es für möglich, das System über einen längeren Zeitraum zur Unterstützung der eigenen Selbstkontrolle einzusetzen. Die andere Hälfte hielt die Nutzung des Systems für einen begrenzten Zeitraum z. B. im Rahmen eines Klinikaufenthalts für sinnvoll.

Projektbezogene Publikationen: *Friedrich et al. (2013)* [77], *Friedrich et al. (2010)* [78]

Ziel des von der Kaasa health GmbH, der Zuyd University of Applied Sciences, Heerlen (Niederlande) und der Universität Maastricht, Fachbereich Rehabilitationsmedizin durchgeführten *Projekts PACT (Telereha Phantomschmerz - PAtient Centred Telerehabilitation)* war es, im Zeitraum 05.09.2012 – 30.06.2015 eine Telerehabilitationslösung zu entwickeln, um Patienten bei der Therapie von Phantomschmerzen nach Amputationen im Beinbereich zu unterstützen [64]. Die Lösung soll Anwendern dazu verhelfen, langfristig selbstständig zu trainieren, um Schmerzerscheinungen und Alltagseinschränkungen signifikant zu reduzieren. Der nach den Anforderungen und Vorlieben der betroffenen Patienten gestaltete Dienst wird im Rahmen des Projekts auf Nutzerfreundlichkeit, technische Funktionsfähigkeit und (Kosten-)Effektivität evaluiert.

Im Rahmen der entwickelten telerehabilitativen Versorgung werden bei den betroffenen Patienten einmal täglich die wahrgenommene Schmerzintensität, -lokalisation, -qualität und -dauer und die absolvierten Übungsprogramme abgefragt. Zusätzlich haben Rehabilitanden die Möglichkeit, freie Schmerzeinträge vorzunehmen, die für die behandelnden Therapeuten einsehbar sind.

Um die entwickelte Telerehabilitationslösung zu testen, ist eine Evaluation unter medizinischen, technischen und ökonomischen Aspekten sowie eine Bewertung der Usability und Compliance vorgesehen. Seit Mai 2014 befindet sich das System im klinischen Einsatz, die Rückmeldungen der Patienten sind bislang positiv. Fast alle Patienten konnten ihre Phantomschmerzen und somit auch die Menge der einzunehmenden Schmerzmedikamente reduzieren.

Projektbezogene Publikationen: *Rothgangel et al. (2015)* [197]

Die Zielsetzung des *Projekts TiRA (Telemedizinische intersektorale Rehabilitationsplanung in der Alterstraumatologie)* besteht darin, die Behandlung und Rehabilitation von Patienten mit Altersfrakturen [65] zu optimieren. Die Entwicklungsphase des Projekts lief vom 04.09.2013 – 31.07.2015 in Zusammenarbeit der Uniklinik RWTH Aachen mit der Reha-Klinik Schwertbad und dem Haus Cadenbach im Aachener Luisenhospital.

Nach dem vorgesehenen Rehabilitationsplan werden relevante Patientendaten (u. a. Befunde, Operationsberichte und Verlaufskurven) in einer elektronischen FallAkte (EFA) erfasst. Nach Erstellung der EFA im Telemedizinzentrum erfolgt die gemeinsame Entscheidung über die Art der Rehabilitation, die Zielklinik und den Verlegungszeitpunkt. Während der Rehabilitationsphase soll sich ein Patient dann regelmäßig über eine Videokonferenz unter Konsultierung der EFA beim Chirurgen vorstellen, um eine bessere Planung des Belastungsaufbaus und Wundmanagements zu ermöglichen. Das Assessment soll während und nach der Reha regelmäßig wiederholt werden, um den erreichten Rehabilitationsfortschritt unter Anwendung der entwickelten Rehabilitationsplanung mit konventionell erstellten Rehabilitationsplänen zu vergleichen.

In einer Evaluation soll festgestellt werden, inwiefern die entwickelte telemedizinisch gestützte Planung von Rehabilitationsmaßnahmen zur größeren Mobilität und verminderten Pflegebedürftigkeit von Patienten beiträgt. Darüber hinaus soll die Akzeptanz der entwickelten Anwendung in Abhängigkeit vom Geschlecht und Alter des Nutzers festgestellt werden. Bislang wurde projektbegleitend untersucht, ob durch telemedizinische Screenings die Allokation der Patienten zu den verschiedenen Formen der Rehabilitation (traumatologisch/ geriatrisch) optimiert werden kann [187].

Projektbezogene Publikationen: *Roland Berger Strategy Consultants (2013)* [196], S. 135-139

© Fraunhofer FOKUS

Mit dem *TK-DepressionsCoach* soll Mitgliedern der TK, die unter leichtgradiger oder mittelschwerer Depression leiden, ein Online-Beratungs- und Therapieangebot zur Verfügung gestellt werden [223]. Das Projektvorhaben wird von der TK in Zusammenarbeit mit dem Arbeitsbereich Klinisch-Psychologische Intervention der Freien Universität Berlin umgesetzt. Nach Projektablauf (01.04.2014 – 31.12.2016) soll der Dienst im Rahmen der Prävention, Diagnostik und Rehabilitation als Ergänzung zur traditionellen Psychotherapie zum Einsatz kommen. Mit Hilfe der Internet-Therapie sollen Patienten in ihren Selbstmanagementkompetenzen und in ihrer Motivation, angemessene Unterstützungsangebote in Anspruch zu nehmen, gestärkt werden.

Die Wirksamkeit und Akzeptanz des Therapieangebots soll im Rahmen einer Studie festgestellt werden. Die Rekrutierungsphase lief vom 01.04.2014 – 31.03.2015. Dabei konnten unter Einsatz von psychometrischen Tests und im Rahmen von einstündigen Gesprächen 1100 Teilnehmer identifiziert werden, die den Einschlusskriterien entsprachen.

5.2.2 Internationale Projekte

Ziel des EU-Projekts *StrokeBack (Telemedicine System Empowering Stroke Patients to Fight Back)* war es, ein automatisiertes TR-Assistenzsystem zur effektiven Ausführung von Rehabilitationsübungen für Schlaganfallpatienten zu entwickeln, um Rehabilitanden die Möglichkeit zu geben, selbstständig und planmäßig in ihrer häuslichen Umgebung zu trainieren. Das Projektvorhaben wurde vom 01.10.2011 – 30.09.2014 unter Koordination der IHP GmbH mit sieben weiteren Partnern umgesetzt.

Der Patient sollte mit dem Therapiesystem Bewegungsübungen und kleine Spiele durchführen, während er von einem Kamerasystem überwacht wurde. Am Körper getragene Sensoren nahmen zusätzlich Aktivitäten der betroffenen Körperseite im Alltag auf. Die bei den Bewegungen aufgezeichneten Datensätze wurden regelmäßig von den Therapeuten überprüft, um daraus einen möglichen Therapiefortschritt hinsichtlich erreichter Übungsanzahl, Schnelligkeit und Ausdauer, abzuleiten. Auf dieser Basis konnte der bestehende Therapieplan modifiziert an den Patienten übermittelt werden. Die gesammelten Daten wurden in einer persönlichen elektronischen Krankenakte gespeichert, auf die sowohl Ärzte und Therapeuten als auch Patienten Zugriff hatten. Der Prototyp des Therapiesystems wurde im Rahmen der Projektlaufzeit erfolgreich umgesetzt.

Projektbezogene Publikationen: *Ortmann und Schäffner (2013)* [176], *Sik Lányi et al. (2012)* [217]

Im vom TZI der Universität Bremen koordinierten EU-Projekt *Rehab@Home* wurde innerhalb einer dreijährigen Laufzeit (01.10.2012 – 30.09.2015) mit acht weiteren Partnern eine kostengünstige Infrastruktur mit integrierter Sensorik entwickelt, um Schlaganfallpatienten bei der Ausführung individueller, rehabilitativer Übungen die nötige Unterstützung zu gewähren. Durch die Dokumentation von physischen und medizinischen Parametern der Patienten soll ein möglicher Rückfall rechtzeitig verhindert werden.

Es wurde eine Telemedizinlösung entwickelt, die auf verteilter Sensorik und intelligenten, assistierenden Algorithmen beruht, die in ein mehrdimensionales physiologisches Modell des Menschen integriert werden. Zur Durchführung der individuellen Rehabilitationsübungen sind kostengünstige Medizingeräte vorgesehen. Nach Einsicht der Daten

durch den Arzt bzw. den Therapeuten wird das Feedback zur Qualität der durchgeführten Übung dem Patienten über einen Bildschirm ausgegeben. Die Dienstleister sind über das Internet mit den Patienten verbunden. Es werden offline- und online-Management und -Überwachung des Rehabilitationsprotokolls, die Förderung der sozialen Einbindung der Patienten und der Community-Aufbau unterstützt.

Projektbezogene Publikationen: *Ferrara et al. (2014)* [72]

Ziel des von September 2007 – August 2010 durchgeführten EU-Projekts *CLEAR (The Clinical Leading Environment for the Assessment of Rehabilitation protocols in home care)* war es, einen innovativen E-Health-Dienst für die Entwicklung von Protokollen bei der häuslichen Therapie umzusetzen [96]. Das von einem italienischen Partner geführte Konsortium umfasste dabei teils mehrere Partner aus den vier EU-Mitgliedstaaten Italien, Niederlande, Spanien und Polen. Vor allem ältere Patienten mit Muskel- und Skelettbeschwerden, neurologischen Erkrankungen, Lungenkrankheiten und chronischen Schmerzen sollten durch den Dienst in ihrem häuslichen Umfeld unterstützt werden. Durch den Einsatz des Diensts in der Klinik oder im Krankenhaus sollten behandelnde Experten bei der medizinischen Überwachung der Patienten entlastet werten. Auf diese Weise sollte die Effektivität bei der Verwendung von Ressourcen in Gesundheitszentren erhöht werden, um so zu einer Kostenreduktion in diesem Bereich beizutragen.

Die Plattform beruhte auf ausgereiften Anwendungen, die hauptsächlich in den EU-geförderten Projekten »H-CAD« und »HELLODOC« entwickelt wurden [201]. Eine solche Plattform stattet Ärzte und Therapeuten mit einer Dienstarchitektur, einer Krankenhausdatenbank und der nötigen Software zur einfachen Bedienung des Diensts aus. Für den Patienten sind Übungen enthalten, die speziell auf die Heimumgebung des Übenden zugeschnitten sind. Während die Patienten ihr Trainingsprogramm durchführen, werden die Ergebnisse aufgezeichnet, verschlüsselt und an das behandelnde Ärzteteam verschickt. Eine Analysesoftware, die dazu dient, die Analysezeit zu verringern, unterstützt die Mediziner bei der Bewertung der Übungen, um die Therapie entsprechend der erzielten Resultate zu aktualisieren. Die Pilotstudien wurden in vier europäischen klinischen Zentren durchgeführt (Italien, Spanien, Niederlande, Polen). Für eine heterogene Gruppe verbreiteter chronischer Krankheiten wurden spezielle ICT-assistierte Protokolle entworfen. Die Krankheiten wurden aufgrund ihres Einflusses auf das Gesundheitssystem gewählt (Osteoarthritis, teilweise gelähmte obere Extremität, Schlaganfall, erworbene Hirnschädigung, leichte kognitive Beeinträchtigung, chronische Rückenschmerzen, Schleudertrauma, COPD). In einer Evaluation mit 50 Patienten ließ sich feststellen, dass der Dienst praktikabel, sicher und wirksam ist. Die Plattform ist so flexibel, dass sie bei Bedarf leicht auf weitere Krankheiten und Dienstmodelle adaptiert werden kann. Die von den Patienten wahrgenommene Qualität ist im Allgemeinen insbesondere bei älteren Patienten ohne Erfahrung mit neuen Medien gut [106].

Projektbezogene Publikationen: *European Commission (2012)* [70]

Im vom 01.10.2011 – 30.09.2014 durchgeführten EU-Projekt *CuPiD (Closed-loop system for personalized and at-home rehabilitation of people with Parkinson's disease)* sollten von einem aus acht Partnern bestehenden Konsortium unter Führung der Universität Bologna innovative Rehabilitationsmaßnahmen entwickelt werden, die auf neuen Technologien und den Prinzipien des motorischen Lernens bei Parkinson beruhen, um den Bedürfnissen der Patienten gerecht zu werden [47]. Die Zielsetzung von CuPiD bestand darin, Patienten mit einer chronischen, neurodegenerativen Parkinson-Krankheit mit Hilfe eines intensiven Trainings nachhaltig zu unterstützen.

© Fraunhofer FOKUS

Im Projekt wurden personalisierte Rehabilitationswerkzeuge für Patienten mit Parkinson entwickelt, um ein individuelles Training im heimischen Umfeld zu ermöglichen. Beim Training in Form von Exergames wurden die Patienten beim Üben anhand verschiedener Simulationen mit auditivem, taktilem und visuellem Feedback versorgt. Dadurch sollten kognitive und motorische Funktionen gefördert werden. Weitere externe Reize sollten das »freezing of gait« verhindern bzw. diesem präventiv entgegenwirken. Der Patient wurde außerdem mit einem mobilen Biofeedbackgerät ausgestattet, so dass er die Möglichkeit hatte, auch im Freien zu trainieren. Um eine optimale Versorgung zu gewährleisten, wurden die Trainingsaktivitäten der Patienten von Experten überwacht, indem diese den Fortschritt beobachten, das Training an die individuellen Bedürfnisse anpassen und möglicherweise bei der Bedienung des Computers auftretende Probleme beheben konnten.

Im Projekt sollten zwei Langzeitversuche durchgeführt (ca. 10 Wochen mit 30 Patienten) werden. Dabei sollten die Realisierbarkeit, die Integration in Gesundheitseinrichtungen, die Wirksamkeit des Trainings und die Zufriedenheit der Anwender der Dienste validiert werden. Bislang wurde das System im Rahmen einer nicht kontrollierten, interventionellen Studie von 14 Patienten nach einer Einführungsphase erfolgreich genutzt. Unter den Probanden konnte eine hohe Akzeptanz in Hinsicht auf die Technologie verzeichnet werden. Zudem konnte einer Verbesserung des Lauftempos, der Schrittlänge und der Ergebnisse beim 2-Minuten-Lauftest festgestellt werden. Diese Befunde deuten darauf hin, dass CuPiD geeignet ist, im Rahmen der häuslichen Rehabilitation effektiv und ohne Überwachung eingesetzt zu werden [48].

Projektbezogene Publikationen: *Rocchi et al. (2013)* [193]

© Fraunhofer FOKUS

6 Anforderungen an medizinische Assistenzsysteme in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge

Nachfolgend wird am konkreten Beispiel des Telerehabilitationssystems MeineReha®[1] beschrieben, wie in einem benutzerzentrierten Prozess die Anforderungen an medizinische Assistenzsysteme in der Rehabilitation und Nachsorge erhoben wurden. Die Analyse der Anforderungen erfolgt nach den einzelnen Benutzergruppen des Systems, wobei nur die jeweils wichtigsten Anforderungen diskutiert werden. Eine ausführliche Darstellung der Anforderungen kann den empirischen Datenerhebungen entnommen werden, die in Anhang A.1 angeführt werden. Die Benutzeranforderungen haben dabei zu einem großen Anteil die Systementwicklung von MeineReha® bestimmt. Zur Systematisierung werden in diesem Kapitel die Anforderungen hinsichtlich der verschiedenen Endnutzergruppen (Ärzte/ Therapeuten und Patienten) klassifiziert und gewichtet. Dabei wird auf die Daten der empirischen Voruntersuchung anhand der Wii Fit, die Präsentationen des Systems auf Fachmessen und die Zwischenevaluation während des Entwicklungsprozesses zurückgegriffen. In einem zweiten Schritt werden daraus die technischen Systemanforderungen abgeleitet. Die Ergebnisse der Anforderungsanalyse flossen in die Entwicklung von MeineReha® für eine telemedizinisch assistierte, interaktive Therapie- und Trainingsunterstützung ein.

6.1 Vorgehensweise bei der Ermittlung der Anforderungen

Durch Verwendung von MeineReha® werden Patienten im Rahmen des therapeutischen Behandlungsprozesses dabei *unterstützt*, vorgesehene Übungsprogramme zuverlässig, regelmäßig und *korrekt* durchzuführen. Die interaktive Übungsumgebung sowie das erfolgte Feedback über den Fortschritt der eigenen Leistungsentwicklung sollen motivierend wirken, um eine längerfristige Übungsdurchführung erreichen zu können. Zusätzlich werden die beteiligten Ärzte und Therapeuten mit dem Telerehabilitationssystem in die Lage versetzt, den Therapiefortschritt des Patienten anhand der übermittelten Daten zu verfolgen und ggf. dessen Therapieplan anzupassen.

Bei der Entwicklung von MeineReha® wurde darauf Wert gelegt, die Systemfunktionen konsequent an den Bedürfnissen der einzelnen Endnutzergruppen auszurichten. Hierfür wurden vorab Fremdsysteme und zu einem späteren Zeitpunkt auch die eigenen Entwicklungsstände wiederholten Akzeptanzuntersuchungen sowie einer Evaluation unterzogen. Aus den jeweiligen Ergebnissen wurden neue Anforderungen an das System abgeleitet. In den folgenden empirischen Studien wurden Anforderungen erhoben:

Befragung der Therapeuten

Um die Anforderungen der Therapeuten zu erheben, wurde eine Umfrage unter Beteiligung von 43 Physiotherapeuten aus acht Rehabilitationseinrichtungen durchgeführt und ausgewertet [11]. Ziel dieser Studie war es, die Anforderungen und die

[1] Weitere Informationen finden sich auf der Homepage des Telerehabilitationssystems MeineReha® [73]. Das System wurde im vom BMBF geförderten MyRehab-Projekt entwickelt (Entwicklung eines Prototypen MyRehab als Trainings- und Therapieumgebung unter Einbeziehung der Endnutzer, 01.08.2010 – 31.12.2013, Förderkennzeichen 01SF1004). Die Entwicklungszwischenschritte im Projekt werden MyRehab-Prototypen genannt, das einsatzfähige und evaluierte Telerehabilitationssystem MeineReha®.

technologisch relevanten Aspekte für die Realisierung einer medizinisch validen Therapie- und Trainingsumgebung aus Sicht der betreuenden Therapeuten zu erfassen. Zusätzlich wurden Gesundheitsexperten des Reha-Zentrums Lübben mithilfe eines Interviewleitfadens dahingehend befragt, welche Anforderungen an eine multimediale, interaktive Therapie- und Trainingsform zu stellen sind, um eine effiziente und valide Nachversorgung im häuslichen Umfeld zu gewährleisten. Im Fokus standen dabei die Feedback- und Kontrollmechanismen, die Erfassung biomedizinischer Parameter und die zu nutzende Sensorik [216].

Befragung der Patienten

In der Wii-Fit-Studie wurde anhand der Evaluation der Wii Fit untersucht, welche Kriterien und technischen Anforderungen spielebasierte, interaktive Therapieunterstützungen zur Steigerung der Patientenmotivation bei rehabilitativen Maßnahmen erfüllen sollen [122]. Die Studie wurde am Reha-Zentrum Lübben, einer Fachklinik für Orthopädie und Onkologie, im Zeitraum von August 2008 bis Juli 2009 mit insgesamt 60 Patienten in zwei Erhebungswellen mit 20 bzw. 40 per Zufallsstichprobe ausgewählten Patienten durchgeführt. Zusätzlich wurde erhoben, wann ein System nicht nur während des intensiv betreuten Rehabilitationsaufenthalts, sondern auch im Anschluss zu regelmäßigen Bewegungs- und Funktionsübungen animiert [215].

In einer projektbegleitenden Evaluation des MyRehab-Prototypen im Jahr 2010 wurden mit insgesamt 36 Teilnehmern bereits implementierte Funktionen auf ihre Akzeptanz überprüft sowie Diskussionen in Fokusgruppen geführt, um weitere Anforderungen an das zukünftige Telerehabilitationssystem abzuleiten [123].

Befragung der Kostenträger

In der primär im Zeitraum November 2014 bis Ende Januar 2015 durchgeführten Expertenbefragung zu »Einsatzmöglichkeiten medizinischer Assistenzsysteme in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge« wurden 19 Kostenträgerexperten in strukturierten Telefoninterviews zu den Anforderungen an medizinische Assistenzsysteme in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge befragt [121]. Die Ergebnisse dieser Befragung bestätigen, dass die in den oben genannten Untersuchungen erhobenen Anforderungen der Therapeuten und Patienten sich im Wesentlichen mit den Anforderungen der befragten Kostenträger decken.

Im Folgenden werden die Anforderungen auf Basis der durchgeführten Untersuchungen dargestellt. Zur Verbesserung der Lesbarkeit wird dabei nicht streng jede Anforderung bis zu der Quelle des Anforderungsgebers zurückverfolgt, sondern die wichtigsten Anforderungen je Nutzergruppe in Form eines Fließtexts wiedergegeben. Die Ergebnisse der Anforderungsanalyse flossen in die Entwicklung von MeineReha® für eine telemedizinisch assistierte, interaktive Therapie- und Trainingsunterstützung ein.

6.2 Anforderungen der Therapeuten und Ärzte

Funktionen zur individuellen Patientenmotivation stehen im Vordergrund

Anhand der durchgeführten empirischen Befragung lässt sich festhalten, dass sich die befragten Ärzte/ Therapeuten eine telemedizinisch assistierte Rehabilitationsform im häuslichen Umfeld durchaus vorstellen können. Die Mehrzahl der Therapeuten war der Auffassung, dass die neuartigen Rehabilitationsmethoden vor allem »Spaß und

© Fraunhofer FOKUS

Motivation beim Training« bereiten müssen. Die Visualisierung eines individuellen Zeitplans sowie der erreichten Therapieziele für den Patienten würden ihrer Meinung nach motivierend wirken. Auch der Vergleich mit anderen Übenden z. B. in der Art einer »Online-Selbsthilfegruppe« wirke nach Meinung der Therapeuten motivierend.

Geringer technischer Aufwand und einfache Bedienbarkeit stehen im Zentrum

Als grundlegende Anforderungen nannten die Therapeuten »geringer technischer Aufwand« und »einfache Bedienung der Software«. Als Ort für das Therapie- und Trainingssystem im häuslichen Umfeld wäre der Wohnbereich vor dem Fernseher am besten geeignet. Wenn das Training in einem Extraraum stattfände, wäre für den dann notwendigen Raumwechsel eine zusätzliche Motivation erforderlich. Das Therapie- und Trainingssystem sollte möglichst fest installiert sein, damit es für die Übungseinheiten nicht hervor- und wieder weggeräumt werden müsste. Der Installationsaufwand sollte wenn möglich geringer sein als für die Inbetriebnahme der Wii Fit.

Frühe Einbindung der Systeme in den Behandlungsprozess

Aus Sicht der Therapeuten sollte der stationär erreichte Behandlungserfolg durch die Fortsetzung einer aufbauenden Therapie im häuslichen Umfeld nachhaltig gesichert werden. Wichtig wäre im stationären Umfeld eine Einführung in das System durch einen vertrauten Therapeuten, damit der Patient die ordnungsgemäße Nutzung des Systems bereits während des Klinikaufenthalts erlernen könne. Somit kann der Patient mit dem System bereits umgehen, wenn er zu Hause allein weiterüben will.

Die Therapeuten signalisierten auch die Bereitschaft, Verantwortung für die telemedizinische Fernbetreuung zu übernehmen, vorausgesetzt das System würde die angeforderten Kontroll- und Interventionsmechanismen bieten und der Patient würde das Gerät ordnungsgemäß und regelmäßig benutzen und keine weiteren Übungen absolvieren, die sich außerhalb des Kontrollbereichs des Therapeuten befänden. Dies könne dadurch verhindert werden, dass der Therapeut die Art und Anzahl der Übungen bestimmen und voreinstellen könne, sodass eine mögliche Fehlbedienung durch den Patienten ausgeschlossen werden könne.

Individuelle Therapiegestaltung für eine optimale Betreuung der Patienten

Für die Therapeuten war es am wichtigsten, die grundlegenden Parameter eines Trainings, wie z. B. Wiederholungsanzahl, Erholungsphasen der Patienten und Puls, erfassen und befunden zu können. Die Erholungspausen sollten auch durch die Therapeuten selbst einstellbar sein. Die Therapeuten äußerten dabei auch, dass die Therapie für die Patienten individuell einsetzbar sowie mit den persönlichen Therapieplänen und -zielen hinterlegt sein solle. Die Messung von Vitalparametern (z. B. Puls) wäre wichtig, um beurteilen zu können, wie stark der einzelne Patient sich belastet.

Therapiesteuerung durch Vorgabe und Kontrolle von Zielen

Zwecks Einbindung der Patienten in den Behandlungsprozess sind klare, vorab gemeinsam zu vereinbarende Vorgaben in Form von Therapiezielen notwendig, die anschließend vom Therapeuten kontrolliert werden. Als hilfreich wurden automatische Benachrichtigungen an den Therapeuten gesehen, wenn ein Ist-Wert einen vorab festgelegten Soll-Wert unterschreitet. Hiermit kann effektiv aus der Ferne kontrolliert werden, ob ein Patient die Übungen überhaupt ausführt, um dann ggf. geeignete Maßnahmen zur persönlichen Motivation zu ergreifen. Ebenso wären Skalen zur Selbsteinschätzung des

eigenen Befindens hilfreich für den Therapeuten, um bewerten zu können, wie sich der Patient bei den häuslichen Übungen fühlt.

Verständliche Trainingsanleitung und nachvollziehbare Korrekturhinweise essenziell

Zur Bewertung der Korrektheit von durchgeführten Übungen müssen die Bewegungsabläufe genau abgebildet werden, der Therapeut muss korrigierend eingreifen können. Die Bewegungsübungen müssen von medizinischen Fachkräften vorgegeben und an das spezifische Krankheitsbild des Patienten angepasst werden können. Die überwiegende Mehrheit der Therapeuten konnte sich zudem eine automatische Fehlermeldung und Korrekturhinweise an den Patienten vorstellen.

Rückmeldung über Therapieerfolg und Gesundheitszustand des Patienten erwünscht

Bei der Frage, wie häufig und in welcher Taktung Kontakt zwischen Therapeut und Patient erfolgen sollte, um eine reibungslose Fortführung der therapeutischen Übungen in der häuslichen Umgebung zu gewährleisten, waren sich die Physiotherapeuten einig, dass es zuerst engere Zeitintervalle der Kontrolle von drei bis sechs Tagen geben müsste und später dann ein Kontakt in Abständen von zwei bis vier Wochen zur Betreuung ausreiche. Der Patient müsse jedoch die Möglichkeit besitzen, mit dem Therapeuten in Kontakt zu treten, sobald er Fragen oder Probleme habe. Als bevorzugtes Medium für die Benachrichtigung des Therapeuten wurde hier die E-Mail genannt, die man im Laufe eines Arbeitstags zur Kenntnis nehmen und deren Beantwortung man auch gut in den Tagesablauf integrieren könnte. Als besonders wirkungsvoll sahen die Physiotherapeuten die Kommunikation per Videotelefonie an. Diese Form der Kommunikation besitze auch den Vorteil, den Patienten direkt über den Bildschirm in einer gemeinsamen Therapie- und Trainingssitzung anleiten zu können.

Sensorische Anforderungen und zu erfassende physiologische Parameter

Die körpernahe Sensorik, z. B. Brustgurt, ein sensorbestücktes T-Shirt oder ein Trainingsanzug, wurden in ihrer Akzeptanz geringer gegenüber im Raum installierter Sensorik (Matten oder Kamera) eingestuft, da man sich in diesem Fall für eine Therapie- bzw. Trainingseinheit erst einmal präparieren müsste. Zudem wurde auch nicht der Vorteil einer zusätzlichen Sensorik gesehen, wenn man bereits durch die Bewertung der optischen Information z. B. per Videokonferenz auf die Korrektheit der ausgeführten Bewegung schließen könne. Auf der Basis ihres Erfahrungswissens trauten sich die Physiotherapeuten zu, den momentanen Krafteinsatz und Belastungszustand des Patienten auf Basis der an die übermittelten Übungsergebnisse und einer Videoaufzeichnung des Bewegungsablaufs einschätzen zu können. Wichtig war ihnen, dass die optische Sensorik kontinuierlich während des Trainings messe.

Dokumentation und Visualisierung der geleisteten Therapieeinheiten

Die Dokumentation der Übungsergebnisse muss sowohl für den Patienten als auch den Therapeut einsehbar sein. Für die Darstellung der Daten konnten sich die Therapeuten eine Vorauswertung, wie z. B. die Abweichung der Ist-Werte von den Soll-Werten, vorstellen. Hier spielt auch die knappe Zeit der Therapeuten eine Rolle. Zur einfachen Bewertung des Therapiefortschritts sollte auf Basis der vorausgewerteten Daten ein Verlauf (z. B. in Form einer Kurve) erkennbar sein. Eine Herausforderung wäre es

© Fraunhofer FOKUS

allerdings, ein zuverlässiges Standardbewegungsmuster zu erstellen, da die individuellen Bewegungsmuster sehr stark voneinander abweichen.

Vernetzung mit weiteren medizinischen Experten gewünscht

Erwünscht war seitens der Ärzte/ Therapeuten, nach der stationären Therapie den Kontakt sowohl zum Patienten als auch zum niedergelassenen Arzt zu pflegen. Dafür müsse die Betreuung des Patienten durch ein Telerehabilitationssystem aber auch eine abrechenbare Leistung sein. Für die Verstetigung des therapeutischen Prozesses wurde die Möglichkeit gewünscht, den Kontakt mit dem niedergelassenen Arzt zu haben, um z. B. bei Bedarf ergänzende Messungen zur Feststellung der Vitalkapazität oder zusätzliche EKG- oder Laktatmessungen zu initiieren. Ebenfalls von Interesse wäre es, über eine Kommunikationsfunktion Werte zur Medikation, z. B. bei der Verabreichung von schmerzlindernden Präparaten durch den niedergelassenen Orthopäden, und eine Rückmeldung über den Zustand des Patienten zu erhalten.

Zusammenfassung und Bewertung der Anforderungen der Ärzte/ Therapeuten

Die Bewertung des Potenzials interaktiver Therapieumgebungen seitens der Ärzte/ Therapeuten fiel durchweg positiv aus. Auch wenn die medizinischen Fachkräfte berechtigterweise auf die Anwendungsgrenzen derartiger Systeme z. B. bei schweren körperlichen oder auch kognitiven Beeinträchtigungen hinwiesen und äußerten, dass ein Telerehabilitationssystem sich nahtlos in den therapeutischen Arbeitsalltag integrieren müsse, kann davon ausgegangen werden, dass ein Großteil der Therapeuten gegenüber der Nutzung von Telerehabilitationssystemen aufgeschlossen ist. Therapeuten bezeichneten es als vorteilhaft, mit den Patienten auch über räumliche Distanzen hinweg in Kontakt bleiben und sie weiter betreuen zu können.

Telerehabilitationssysteme können dem Patienten eine zielgerichtete und medizinisch valide Anleitung und Unterstützung beim selbstständigen häuslichen Training nach dem stationären Aufenthalt bieten. Die medizinische Versorgung durch den Therapeuten oder Arzt wird dadurch nicht ersetzt, sondern der Behandlungsrahmen erweitert.

Kliniken und ambulante Dienstleister können die neuartigen Telerehabilitationsangebote nutzen, um bestehende Therapieräume mit vernetzten und interaktiven Therapieobjekten und -geräten aufzuwerten und den Patienten bereits im stationären Alltag eine attraktive und motivierende Form der Rehabilitation zu ermöglichen und sie darüber hinaus auch zu Hause im Rahmen eines persönlichen Coachings zu betreuen. Für die Patienten ergibt sich aus diesem Angebot eine neue Form der telemedizinisch assistierten Rehabilitation, die insbesondere auch für immobile Patienten in spärlich besiedelten Gegenden von Vorteil ist.

6.3 Anforderungen der Patienten

Die Anforderungen der Patienten wurden anhand der Evaluation der Wii Fit sowie der Zwischenevaluation des ersten MyRehab-Prototyps abgeleitet. Insgesamt wurden 96 Patienten in den Prozess der Anforderungserhebung im Projekt MyRehab einbezogen.[2]

Eine gute Übungsanleitung und nachvollziehbares Feedback haben erheblichen Einfluss auf Akzeptanz und Motivation

Für den Erfolg einer Rehabilitation ist es wichtig, dass sich die Behandelten von den Behandelnden persönlich wahrgenommen und selbst als kompetent erleben können. Insofern muss das Therapie- und Trainingsprogramm an die individuellen Beeinträchtigungen und das individuelle Leistungsvermögen anpassbar sein.

Alle bei den empirischen Untersuchungen befragten Patienten waren sich darin einig, dass es für den Trainingserfolg sehr wichtig war, die Trainer als Animationsfigur beim Vormachen der Übungen (vorzugsweise auch aus verschiedenen Perspektiven) betrachten zu können. Die Bewegungsdarstellung sollte dabei nachvollziehbar und realistisch sein. Das dargestellte visuelle Feedback auf die Bewegungsausführung wurde als hilfreich wahrgenommen. Allerdings benötigten einige Patienten zusätzliche Anleitung, um die Bewegungen richtig auszuführen.

Benutzerschnittstellen müssen barrierefrei und anpassbar sein

Da die Nutzung von Computern und Spielen für die meisten (vor allem älteren) befragten Patienten völlig neu war, muss das Übungssystem einfach bedienbar und barrierefrei zugänglich sein, d. h. es darf keine Kabel, Stolperschwellen etc. besitzen. Die Anwendung muss möglichst einfach mit einem einzigen Knopf in Betrieb genommen werden können. Menüs und Schriftfelder sollten übersichtlich und groß gestaltet sein. Ebenso gilt es, den Nutzer nicht durch zu viele Eingabe- und Messgeräte kognitiv zu überlasten oder durch eine zu komplexe Handhabung der Eingabegeräte zu überfordern. Zusätzliche Hardware (z. B. weitere Therapie- und Trainingsgeräte) müssen einfach anschließbar und sofort nutzbar sein (Plug-and-play-Verhalten).

Oftmals gilt, dass für dasselbe Therapie- und Trainingsprogramm mehrere zielgruppenspezifische Umgebungen geschaffen werden müssen. Denn bereits die frühzeitige Berücksichtigung von Aspekten wie Gender, Alter, sozialem Status, Herkunft oder psychischer Komorbidität trägt wesentlich zum Rehabilitationserfolg bei. Die Benutzerschnittstellen müssen sich dabei an das Alter, den Grad der körperlichen Einschränkung sowie den bevorzugten Designstil der Endnutzergruppen anpassen.

In den Studien wurde offensichtlich, dass ältere Teilnehmer besser mit der Fernbedienung umgehen konnten, während jüngere Teilnehmer gerne auch die Bedienung per Sprache oder Gestik nutzten. Häufig wurde der Wunsch nach einem Touchscreen als ergänzender Steuermöglichkeit artikuliert.

[2] 60 bei der Evaluation der Wii Fit in den Jahren 2008-2009 und 36 Patienten bei der Zwischenevaluation des MyRehab-Prototypen im Jahr 2010.

© Fraunhofer FOKUS

Orts- und Zeitunabhängigkeit werden als Vorteil gesehen

Aus Sicht der Patienten wurde es als Vorteil gesehen, die Rehabilitationsübungen im häuslichen Umfeld durchführen und somit etwaige Wegezeiten minimieren zu können. Auch die zeitliche Flexibilität bei der Durchführung der Übungen wurde als Vorteil gesehen. Allerdings wünschten sie sich dabei, dass der Kontakt zum Physio- oder Sporttherapeuten erhalten bleibt. Ebenso wurde von den Patienten gewünscht, dass die Therapeuten eine Korrektur der Bewegung und Anpassung der Therapie- und Trainingseinheiten vornehmen können.

Die große Mehrheit der befragten Patienten konnte sich die Weiternutzung eines Telerehabilitationssystems zu Hause vorstellen. Als besonders attraktiv wurden die speziellen multimedialen Interaktionsformen und die Eigenkontrolle während der Bewegungsübungen angesehen.

Wunsch nach Dokumentation der Übungsergebnisse und Bewertung der erreichten Ziele

Die Möglichkeit der Darstellung erreichter Ergebnisse wurde ausnahmslos begrüßt. Die Dokumentation der Therapie- und Trainingseinheiten war dem Patienten wichtig, um Erfolge leicht sichtbar zu machen. Allen Befragten war wichtig, die erreichten Ergebnisse dokumentieren und den eigenen Fortschritt visualisieren zu können. Die Speicherung der Anzahl geleisteter Übungen verschaffte den Patienten ein Gefühl des Überblicks und der Kontrolle über ihr Trainingsmaß. Anhand der Bewertungen der durchgeführten Übungen wurde offenbar, dass dies ein Anreiz ist, die Übung zu wiederholen und sie besser als zuvor auszuführen. Sie wünschten sich zudem die Möglichkeit zum Ausdruck der Werte der absolvierten Trainingseinheiten. Die größte Zufriedenheit konnte mit der abschließenden medizinischen Kraftmessung auf dem Biodex [25] in der Klinik hergestellt werden. Der in schriftlicher Form überreichte Vorher-Nachher-Vergleich wirkte motivierend.

Den Kontakt zu den Therapeuten und zum Arzt erhalten

Die meisten Patienten standen einer Übertragung von Übungsdaten an die behandelnde Einrichtung, z. B. um den Therapieverlauf fachlich zu begleiten, ausgesprochen positiv gegenüber. Sie wünschten sich ein regelmäßiges Feedback vom Therapeuten und Hinweise zur Verbesserung der Übungsausführung. Einige Patienten konnten sich vorstellen, diese Daten auch Krankenkassen zur Verfügung zu stellen, etwa um sich für Bonusprogramme zu qualifizieren. Mögliche Sanktionen (z. B. keine Kostenübernahme bei Trainingsausfällen) wurden als Ansporn angesehen, um das Training weiter zu verfolgen. Einer Verwendung der Daten zu kommerziellen Zwecken würden die Patienten jedoch nicht zustimmen.

Die Bedeutung des spielerischen Ansatzes während des Trainings

Die befragten Patienten äußerten sich durchweg positiv zu einer spielerischen und multimedialen Vermittlung von Bewegung. Im Rahmen der begleitenden Interviews wurde bei allen Teilnehmern deutlich, dass für sie der Spielcharakter in Kombination mit Wettkampfszenarien einen besonders positiven Reiz ausübte und letztendlich der eigentliche Ansporn für zusätzliches Training war. Allerdings wurde auch offenbar, dass spielerische Multimediaelemente maßvoll und nicht um des Effekts willen eingesetzt werden sollten, da für die Patienten die ernsthafte Beschäftigung mit den eigenen körperlichen Defiziten im Zentrum steht.

Integration in das soziale Umfeld erhöht die Akzeptanz

Von vielen Teilnehmern wurde das Potenzial der Wii gesehen, den erreichten Reha-Erfolg zu halten. Das Training zu Hause spare Zeit. Auch der soziale Aspekt sei nicht zu unterschätzen. Männliche Teilnehmer äußerten sich dahingehend, dass sie sich auch vorstellen könnten, mit ihrer Familie gemeinsam zu trainieren. Weibliche Teilnehmer freuten sich darüber, dass sie ihre Partner durch die Nutzung von Technik ggf. zu einem aktiven Lebensstil bewegen könnten. Den Kindern wurde deutlich, dass Reha-Training auch Spaß machen kann.

Zusammenfassung der Anforderungen der Patienten

Die Genauigkeit der Visualisierung von Bewegungsabläufen, eine individualisierbare Trainingsgestaltung, eine nachvollziehbare Rückmeldung zu der Bewegungsausführung an den Patienten und regelmäßiges Feedback durch einen realen Therapeuten sind wichtige Anforderungen an ein Telerehabilitationssystem.

Für alle während der empirischen Untersuchungen befragten Patienten war der interaktive, multimediale und kommunikative Ansatz in Kombination mit gemeinsamen Spiel- und Wettkampfsituationen besonders attraktiv und letztlich der eigentliche Ansporn für zusätzliche Therapie- und Trainingseinheiten. Motivationssteigernd wirkten auch die durchgeführten Patientenschulungen.

Die Motivation ging sogar soweit, erheblich mehr Übungen als erforderlich durchzuführen und darüber hinaus weitere optionale Übungen mit in das persönliche Tagesprogramm aufzunehmen. Bis auf einen Teilnehmer gaben alle Patienten an, ein solches Trainingssystem im häuslichen Umfeld nutzen zu wollen. Auch die Möglichkeit zur Kommunikation und Interaktion sowohl mit den Therapeuten wie auch mit anderen Patienten oder Angehörigen wurde seitens der Patienten als positiv bewertet. Vielen Patienten war daran gelegen, Verbesserungsvorschläge einzubringen.

6.4 Anforderungen an die Benutzerschnittstelle und das technische System

Im folgenden Abschnitt werden in Ergänzung zu den obigen Anforderungen die daraus abgeleiteten Anforderungen an die Benutzerschnittelle und das technische System dargestellt. Dabei werden zunächst die Anforderungen der Endnutzergruppen an die Benutzerschnittstelle und die Handhabung des Systems dargestellt und im Anschluss dann die Anforderungen an das technische System.

Barrierefreie und einfach zu bedienende Benutzerschnittstellen

Bei der Nutzung von sensorbasierten und telemedizinisch assistierten Therapie- und Trainingsangeboten in der Rehabilitation, Prävention und Nachsorge ist mit einer Vielzahl unterschiedlicher Anforderungen hinsichtlich der Gestaltung eines barrierefreien Zugangs zu rechnen. Auftretende Einschränkungen sind sehr heterogen und können von Sehschwäche bis hin zu Einschränkungen ganzer Körperpartien reichen.

© Fraunhofer FOKUS

Im Behindertengleichstellungsgesetz (BGG) sind die Rechte von Behinderten festgeschrieben. Ziel ist die gleichberechtigte Teilhabe am gesellschaftlichen Leben (§1 BGG). Explizit wird dies auch für technische Gegenstände und Systeme der Informationsverarbeitung gefordert (§§ 4, 11 BGG).[3] Auch der BDH Bundesverband Rehabilitation fordert, die Richtlinien für physische Barrierefreiheit und Integration von Menschen mit Behinderung in allen Bereichen des täglichen Lebens umzusetzen [19].

Auf dem Gebiet der Informations- und Kommunikationstechnologien wurden hier insbesondere hinsichtlich der Barrierefreiheit von Webseiten wesentliche Vorarbeiten geleistet. Von zentraler Bedeutung sind vier Grundprinzipien, die bei der Gestaltung berücksichtigt werden sollten:

- Wahrnehmbarkeit (z. B. Anbieten von Textalternativen wie Großschrift, gute Kontraste)
- Bedienbarkeit (alle Funktionen lassen sich per Tastatur auslösen, Informationen müssen ausreichend lang sichtbar sein)
- Verständlichkeit (Textinhalte leicht zu verstehen)
- Robustheit (Kompatibilität zu heutigen und zukünftigen Technologien)

Diese Prinzipien lassen sich auch generell auf grafische Benutzeroberflächen z. B. für die Entwicklung einer grafischen Benutzeroberfläche für die Telerehabilitation übertragen. Um Barrierefreiheit zu gewährleisten, ist es sinnvoll, dass die entwickelten Systeme nach dem BITV-Test geprüft werden [23].

Zuverlässige Erkennung der Bewegungs- und Vitaldaten

Die Bewegungskorrektur ist für ein interaktives Therapie- und Trainingsprogramm der Schlüssel zum Erfolg. Nur ein unmittelbares Feedback zeigt Stärken und Schwächen auf. Die Analyse-Software muss dazu geeignet sein, Daten der verschiedenen Sensoren in Echtzeit zu analysieren, ggf. zu integrieren und zu interpretieren. Dafür müssen in Zusammenarbeit mit den Ärzten und Therapeuten spezielle, auf den Kontext der Behandlung angepasste Algorithmen entwickelt werden, die die Soll-Ist-Vergleiche von Vital- und Bewegungsparametern ermöglichen.

Um Bewegungen in ihrer Korrektheit zu erfassen, müssen geeignete Messmittel, wie optische, Druck- oder Bewegungssensoren, verwendet werden. Für einen Nachweis der Korrektheit der Bewegung bei einer Übung muss diese Detektion in einer hohen Exaktheit erfolgen [139]. Zur Schulung eines guten Körperbewusstseins gehört eine Korrektur in Echtzeit, die dem Übenden Hinweise auf Fehlbewegungen gibt. Aus technischer Sicht kann es aber für eine zuverlässige Bewegungserfassung notwendig sein, verschiedenartige Sensoren miteinander zu kombinieren, um ein genaueres Bewegungsabbild ermitteln zu können. Dabei ist zu beachten, dass die zu verwendenden Sensoren nicht in einer Laborumgebung, sondern im häuslichen Umfeld von Laien genutzt werden sollen. Die Sensoren dürfen daher nicht auf besondere Umgebungsbedingungen, die im häuslichen Umfeld ungewöhnlich sind, angewiesen sein. Zusätzliche Sensorik wird dann eher akzeptiert, wenn sie in bereits bekannte Gegenstände wie Therapie- und Trainingsgeräte integriert ist. Sie bieten zudem eine gute Möglichkeit, den Übungs-

[3] Verordnung zur Schaffung barrierefreier Informationstechnik nach dem Behindertengleichstellungsgesetz [66]. Siehe auch *Aktionsbündnis für barrierefreie Informationstechnik* [5].

ablauf abwechslungsreich zu gestalten. Eine berührungslose und kamerabasierte Erfassung der Bewegungsabläufe ohne Verkabelung bietet optimale Voraussetzungen für das Training zu Hause.

Für eine verlässliche Befundung der Vitalwerte (z. B. EKG) ist es notwendig geprüfte und zertifizierte Medizinprodukte einzusetzen. Eine richtige Handhabung seitens der Patienten ist wichtig, damit die Qualität der Vitaldaten vergleichbar zu denen der stationären Diagnose- und Messsysteme ist. So ist es z. B. besser, Vitalparameter in einer ruhenden Position zu messen, da bei Bewegung das Vitalsignal gestört werden kann.

Einfacher Aufbau und einfache Handhabung der Technologie sind wichtig

Die Nutzung des heimischen Fernsehschirms als Wiedergabegerät kann sich als vorteilhaft erweisen, da er bereits in nahezu jedem Haushalt vorhanden ist. Zur Anzeige der Übungsinhalte können aber auch andere Wiedergabegeräte verwendet werden, wie z. B. ein PC und Monitor oder Tablet-PC. Der Aufbau des Systems muss leicht zu bewältigen, das System in seiner alltäglichen Anwendung einfach bedienbar sein. Es sollte auf eine einfache Handhabung der Fernbedienung (Controller) zur Programmsteuerung geachtet werden. Idealerweise sollten zusätzliche Geräte oder Sensoren ein Plug-and-play-Verhalten besitzen (»Einstecken, Anschalten, Loslegen«). Auch die Benutzeroberfläche muss einfach und ansprechend aufgebaut und intuitiv bedienbar sein.

Attraktive Visualisierungen steigern die Motivation

Die Art und Weise, wie die Patienten die Feedbackmechanismen durch Sensorik und multimediale Präsentationsoberflächen erleben, legt den Grundstein für eine nachhaltige Nutzung des Systems. Die durchzuführenden Übungen sowie die tatsächlichen Bewegungen des Rehabilitanden müssen visualisiert werden. Die ansprechende Visualisierung von Therapieergebnis und -fortschritt z. B. in Form einer anschaulichen Grafik (z. B. Trainingsleistung) besitzt eine motivationssteigernde Wirkung für die Fortführung der Trainings- und Therapieeinheiten. Zur Motivationserhaltung sollten auch Gruppenübungen möglich sein.

Die Ergebnisvisualisierungen von Bewegungs- und Vitaldatenmessungen führen wie die Bewegungskorrektur zu einem Lerneffekt in Bezug auf die Körperwahrnehmung. Sie müssen sowohl für den Patienten als auch die Ärzte oder Therapeuten verständlich sein und medizinischen Standards zur Visualisierung genügen (z. B. bei der Visualisierung der EKG-Kurven).

Im Folgenden werden die Anforderungen an das technische System weiter ausgeführt.

Unterstützung der Kommunikation und Interaktion zwischen Ärzten/ Therapeuten und Patienten

Da von den Patienten und Ärzte/ Therapeuten als wichtiger Bestandteil des Systems angefordert wurde, auch nach der stationären Rehabilitationsmaßnahme miteinander Kontakt zu halten, muss das Telerehabilitationssystem MeineReha® Möglichkeiten der Kommunikation und Interaktion bereitstellen. Dies umfasst asynchrone, zeitversetzte und synchrone, zeitgleiche Kommunikationsmechanismen. Die Kommunikation zwischen Patienten und Ärzte/ Therapeuten kann asynchron in Form von Textmitteilungen stattfinden oder auch durch die Beantwortung standardisierter Fragebögen z. B. zur Erhebung des Wohlbefindens. Für die synchrone Kommunikation bieten sich

© Fraunhofer FOKUS

Internet-Protokoll-Telefonie (IP-Telefonie) oder auch die in die Anwendung integrierte Videokonferenz an. So hat der Therapeut z. B. nach der Ergebniskontrolle der Patientendaten über die Videokonferenz die Möglichkeit, mit dem Patienten erneut eine korrekte Übungsausführung zu besprechen und ihn unmittelbar anzuleiten. Auf diese Weise bleibt der unmittelbare Kontakt zwischen Patienten und Therapeuten erhalten, was die Trainingsmotivation erhält und steigert.

Dokumentation des Behandlungsverlaufs und der erreichten Ziele

Für eine Nachverfolgung des Behandlungsverlaufs ist es wichtig, dass einerseits die zwischen Patient und Arzt/ Therapeut verhandelten Therapieziele dokumentiert werden und andererseits der Therapeut die Ergebnisdaten der therapeutischen Übungen des Patienten begutachten kann. Wichtig ist dabei, dass die Dokumentation weitgehend automatisch auf Basis der erfassten und verarbeiteten Sensordaten erfolgt und keinen zeitlichen Mehraufwand für den Arzt/ Therapeuten bedeutet. Der Therapeut kann so anhand der Ergebnisdaten ggf. den Therapieverlauf anpassen und gezielt Interventionen steuern. Der Wunsch der Ärzte/ Therapeuten war es auch, die einzelnen Befundungen und Kommentare zum Behandlungsverlauf als kurze Protokollnotizen jeweils mit Datum dokumentieren zu können.

Auch für den Patienten ist es ggf. wichtig, dass er seinen Therapieerfolg anhand der erfassten Daten nachverfolgen kann. Die aufbereiteten Daten für den Patienten können von denen für den Arzt/ Therapeuten divergieren. Während dem Arzt/ Therapeut auch Rohdaten und fehlerhafte Muster in den Übungsausführungen dargestellt werden, erhält der Patient ggf. eine anschaulichere Darstellung der Daten, da er die Daten nicht für eine medizinische Befundung nutzt.

Verwendung von kosteneffizienten Standardkomponenten

Da sich das Angebot der telemedizinisch assistierten Therapie mit MeineReha® an Endverbraucher wendet und ggf. von den Nutzern selber oder als Krankenkassenleistung refinanziert werden muss, ist die Kosteneffizienz ein wichtiger Faktor für die Erfolgswahrscheinlichkeit dieses Diensts. Die Ausgaben für das Programm sollten nicht über den handelsüblichen Preisen liegen. Der Einsatz kosteneffizienter Standardtechnologien (marktübliche Sensorik, PC, Monitor, Smartphone) trägt dazu bei, dass das Programm auch plattformübergreifend auf unterschiedlichen, im Haushalt bereits verfügbaren Endgeräten installiert werden kann. Die einzelnen Hard- und Softwaremodule müssen dabei auch in einer kleinen Untermenge des Gesamtsystems (z. B. nur Smartphone-App) einsetzbar sein. Je nach Indikation und Anwendungskontext muss es im Nachhinein bzw. im weiteren Behandlungsverlauf möglich sein, zusätzliche Medizingeräte in MeineReha® zu integrieren.

Sichere Übermittlung von personenbezogenen und medizinischen Daten

In der Telerehabilitation ist es besonders wichtig, dass Patienten über die Verarbeitung und Handhabung ihrer personenbezogenen und medizinischen Daten ausreichend informiert sind. Bei Vertragsabschluss bzw. Einwilligung zur Teilnahme am Telerehabilitationsangebot muss der Patient über Umfang, Zweck und Rechtsgrundlage der Verarbeitung seiner Daten aufgeklärt werden. Dazu gehören auch verständliche Erläuterungen der technischen Verfahren, die zu deren Verarbeitung angewendet werden.

Die Übermittlung medizinischer und personenbezogener Daten stellt hohe Ansprüche an den Datenschutz. Insofern muss MeineReha® erhöhte Anforderungen bzgl. der

Einbruchs- und Abhörsicherheit während der Übertragung von Trainings- und Therapiedaten in die durch Elektronische Datenverarbeitung (EDV) gestützten Dokumentationssysteme bei den betreuenden Einrichtungen erfüllen.

Aus Sicherheitsgründen müssen die Patientendaten, die lokal in den einzelnen Systemen gespeichert werden, pseudonymisiert und verschlüsselt werden. Dies ist auch die Grundvoraussetzung für den Austausch der Daten zwischen den Patientensystemen und der betreuenden Reha-Einrichtung über das Hypertext Transfer Protocol (HTTP) des Internets. Die Verschlüsselung dient dazu, dass die Daten nicht als einfach lesbarer Klartext gesendet werden. Die Pseudonymisierung dient dazu, dass der Angreifer immer noch kein brauchbares Datum erhält, wenn es ihm gelingt, die verschlüsselten Daten zu dechiffrieren, da er die Daten, z. B. die Blutdruckwerte eines Patienten, keiner Person zuordnen kann.

Modularer Systemaufbau und Alltagsintegration

Für die Akzeptanz des Telerehabilitationssystems bei den Ärzten und Therapeuten ist es wichtig, dass sich die Therapeutenumgebung möglichst nahtlos in den Arbeitsalltag des Therapeuten integriert. Der Arzt/ Therapeut muss eine separate Anwendung nutzen können, in der er die Ergebnisdaten aus den Patientensystemen begutachten, die Therapiepläne anpassen und die Kommunikation mit dem Patienten herstellen kann. Für eine einfache Benutzung war es besonders wichtig, die Behandlungsschritte des Therapeuten durch ein möglichst einfaches Bedien-Interface zu unterstützen, sodass die Therapeutenumgebung einfach in den bestehenden Behandlungsprozess integriert werden kann.

Für eine möglichst einfache und unauffällige Integration in den Patientenalltag ist eine zentrale Anforderung, dass auch einzelne Systemteile oder Anwendungen (z. B. häusliches Trainingsprogramm, mobile Reha-App oder Therapeutenumgebung in der Klinik) unabhängig voneinander einsetzbar sind. Je nach Verfügbarkeit müssen auch die Kommunikationskanäle adaptierbar sein. In ländlichen Regionen kann es sein, dass die Bandbreite für eine Videokommunikation nicht immer vorhanden ist. Bei geringer Bandbreite müssen dann leichtere Kommunikationsformen wie z. B. Textmitteilungen oder Telefonie in die Anwendung integrierbar sein. Auch ist die Übertragung der Daten in die betreuende Reha-Einrichtung nicht immer notwendig, z. B. wenn der Patient zu Hause nur mit einer lokalen Anwendung des Telerehabilitationssystems arbeitet. Aus diesem Grund ist es wichtig auch über eine lokale, offline-fähige Version zu verfügen, die die Daten nur lokal auf dem PC speichert und nicht via Internet in die Reha-Klinik überträgt. Auch für den Betrieb des Reha-Servers wurden zwei Varianten entwickelt. Dieser kann entweder nach den Sicherheitsanforderungen der betreuenden Reha-Einrichtung in dem sicheren Kliniknetz betrieben werden oder in einem externen sicheren Rechenzentrum z. B. vom Fraunhofer FOKUS oder einem medizinischen Rechenzentrum.

Schnittstellen zu medizinischen Dokumentationssystemen

Im Telerehabilitationssystem MeineReha® müssen therapierelevante Daten von den Patientensystemen an die EDV-Systeme in den Therapiezentren, den niedergelassenen Praxen oder Krankenhäusern übermittelt werden. Des Weiteren werden nach Ende der Therapie die abrechnungsrelevanten Daten an die zuständigen Kostenträger übermittelt bzw. weitere therapierelevante Daten zur Nachbetreuung an den niedergelassenen Facharzt geschickt.

© Fraunhofer FOKUS

Im klinischen Umfeld finden sich eine Vielzahl heterogener medizinischer Dokumentations- und Informationssysteme, die oftmals unterschiedliche Datenstrukturen und Kommunikationsprotokolle verwenden. Dabei kann es sich um Patientenstammdaten, Aufnahmeinformationen, Entlassungsberichte, Therapiepläne, Übungsergebnisse sowie Abrechnungsdaten für die Kostenträger handeln. Die einzelnen Reha-Zentren benutzen unterschiedliche und zum Teil auch proprietäre Software für die Speicherung und Verwaltung ihrer Patientendaten. Daher muss für die Konzeption eines Telerehabilitationssystems wie MeineReha® eine einheitliche Datenkommunikationsebene vorhanden sein, die sich an die vorhandenen Datenformate und Kommunikationsprotokolle anpasst. Eine gute Basis liefert hier die Orientierung am HL7-Standard, da er der neueste und weltweit am meisten genutzte Standard auf dem Gebiet der Patientendatenkommunikation ist.

Für den Einsatz im ambulanten Bereich müssen Schnittstellen zu den Praxisverwaltungssystemen der behandelnden Ärzte/ Therapeuten entwickelt werden. Die zuletzt spezifizierte Systemfamilie xDT (auch KVDT) der Kassenärztlichen Bundesvereinigung benutzt ein ähnliches Prinzip wie HL7 V2 [132]. Die Nachrichten sind textbasiert und haben ein gemeinsames Felderverzeichnis [133]. Aus Sicht der problemlosen Anbindung an die einzelnen EDV-Systeme muss für die Datenformate und Kommunikationsprotokolle von MeineReha® eine Ebene der Kommunikations-Abstraktion eingeführt werden.

© Fraunhofer FOKUS

7 Das Telerehabilitationssystem MeineReha® im Überblick

Auf Basis der Evaluation der Projekte und Produkte lassen sich unabhängig vom konkreten Anwendungsgebiet bestimmte, immer wiederkehrende Basiskomponenten identifizieren. Medizinische Assistenzsysteme für die Prävention, Rehabilitation und Nachsorge bestehen in der Gesamtheit aus einer klinischen sowie einer häuslichen Komponente, die sich ggf. in ein stationäres, d. h. ortsfestes und ein mobiles Modul unterteilen lassen. Während das häusliche System den Patienten in seinem persönlichen Umfeld unterstützen soll, können sich der behandelnde Arzt oder Therapeut über den Therapeutenarbeitsplatz in der Klinik/ Praxis mit dem Patienten verbinden, um weitere Anleitung und Unterstützung im Therapieprozess zu geben, den Entwicklungsverlauf auszuwerten bzw. neue Maßnahmen zu bestimmen. Die Patienten sollen bereits in der Klinik in die Nutzung eines solchen Systems eingeführt werden, um einen nahtlosen Übergang in die häusliche Praxis zu ermöglichen.

Der Einsatz des vernetzten, intersektoralen Behandlungsansatzes ist nicht auf konkrete Anwendungsgebiete eingeschränkt, sondern lässt sich (bis jetzt) in den Domänen Orthopädie, Kardiologie und Neurologie wiederfinden (vgl. Kapitel 5). Dabei sind die technologische Ausgestaltung der Plattformen und die dazugehörigen Mittel zur Datenerfassung/ -analyse und Rückkopplung an den Patienten von den indikationsspezifischen Anforderungen abhängig. Aufgrund der Favorisierung von intersektoral einsetzbaren, technikbasierten Assistenzsystemen in den aktuellen Projektumsetzungen erscheint dieser Lösungsansatz als wegweisend für die weitere Entwicklung im Forschungsfeld TR.

Im Folgenden werden das MeineReha®-Systems sowie die jeweiligen Nutzungszusammenhänge der einzelne Systemteile mit ihren Kernfunktionalitäten in einer übergreifenden Gesamtarchitektur beschrieben. Dadurch wird eine aktuelle, den derzeitigen Forschungsstand repräsentierende Umsetzung eines multimodalen und intersektoralen Systems vorgestellt.

7.1 Architektur des Gesamtsystems

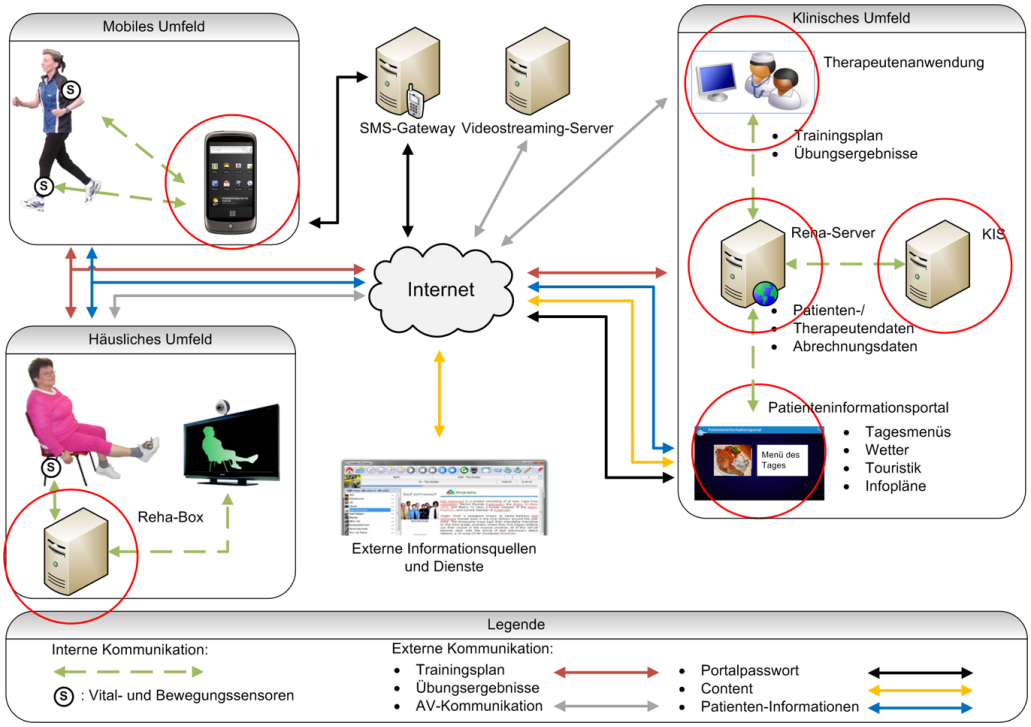
Das MeineReha®-System besteht aus einer klinischen, einer häuslichen und einer mobilen Komponente sowie einem Patienteninformationsportal. Die Sensorik besteht aus einem körpernahen Sensorsystem zur Erfassung von Bewegungs- und Vitaldaten sowie einer Kinect-Kamera zur Erfassung von Bewegungen. Mit Hilfe dieses Systems können festgelegte therapeutische Übungen durchgeführt werden. Die kombinierte Sensorik erfasst die Bewegungen, gleicht sie gegen ein Modell von optimalen Bewegungsmustern ab (»Soll-Bewegungen«) und gibt dem Übenden in Echtzeit ein Feedback über die Qualität der durchgeführten Übungen. Zur Programmsteuerung stehen dem Nutzer auf der Eingabeseite ein Smartphone, eine Fernbedienung, eine Tastatur, Gestensteuerung sowie eine lokale Sprachsteuerung zur Verfügung. Die verfügbaren Modalitäten dienen der Führung des Nutzers durch das Programm. Die ambienten Sensoren sind per Kabel mit der sogenannten Reha-Box verbunden; die Übertragung der körpernahen Sensordaten erfolgt dagegen drahtlos an die Reha-Box bzw. an das Smartphone, um den Patienten bei seinen Bewegungen nicht zu behindern und mögliche Risiken durch Kabel zu vermeiden. Ausgabeseitig gibt es neben einem TV/ PC-Monitor auch einen in den TV-Monitor integrierten Lautsprecher. Schließlich benötigt die Reha-Box für die Durchführung der o. g. externen Kommunikation auch einen Internetanschluss. Die Daten der Übungsqualität werden

online einem betreuenden Physiotherapeuten übermittelt, der seinerseits die Qualität der Übungen beurteilen und gegebenenfalls die Übungen in ihrer Intensität und Dauer anpassen kann. Schließlich kann der Übende im Bedarfsfall mittels des MeineReha®-Gesamtsystems über eine Audio/ Video-Schnittstelle mit dem betreuenden Physiotherapeuten Kontakt aufnehmen

Unabhängig davon, dass die genannten Komponenten auch einzeln eingesetzt werden können, wird zur Gewinnung eines Überblicks im Folgenden der Einsatz des Gesamtsystems skizziert, und zwar im Kontext einer Klinik. Die Patienten werden in der Klinik in die Nutzung der häuslichen und mobilen Therapie- und Trainingsprogramme eingewiesen, für deren Konfiguration und Durchführung die Therapeutenumgebung eine zentrale Rolle spielt. Dies wird deutlich, wenn man einen Blick auf die in Abbildung 4 dargestellte Architektur des Gesamtsystems wirft und sich dann die einzelnen Schritte dieser Therapie- und Trainingsprogramme vor Augen führt.

Die Bestandteile des MeineReha®-Systems sind der technisch im Mittelpunkt stehende *Reha-Server*, die von den Patienten genutzten *häuslichen* bzw. *mobilen Reha-Systeme* sowie die o. g. *Therapeutenumgebungen*, die die Arbeit der Therapeuten unterstützen. Der Reha-Server ist die zentrale Komponente für Datenhaltung und Kommunikation. Er verbindet alle Komponenten miteinander und hostet das *Patienteninformationsportal*. Darüber hinaus wird das MeineReha®-System mit seiner Hilfe an das bestehende Krankenhausinformationssystem (*KIS*) einer Reha-Einrichtung angebunden.

Abbildung 4 Das MeineReha®-System im Überblick



Entsprechend wird also im ersten Schritt der im KIS abgelegte Therapieplan eines beteiligten Patienten an den Reha-Server übertragen. Auf dieser Basis kann dann mit Hilfe der Therapeutenumgebung ein individueller Therapie- und Trainingsplan für diesen Patienten erstellt werden, der wiederum persistent auf dem Reha-Server abgelegt wird. Der Therapeut arbeitet lediglich mit der Therapeutenumgebung (bestehend aus Therapiemonitor, Übungseditor und Kommunikationsfenster) und kann sich allein auf den

© Fraunhofer FOKUS

Patienten sowie auf das Erstellen und Überprüfen von Therapie- und Trainingsplänen konzentrieren.

Wenn der Patient zu Hause mit dem Therapie- und Trainingsprogramm MeineReha® arbeitet oder unterwegs die mobile Komponente aktiviert, so beziehen die jeweiligen Endgeräte (Reha-Box und Smartphone) die aktuellen Trainingspläne über das Internet. Umgekehrt werden die Trainingsergebnisse via Internet an den Reha-Server übertragen, so dass sie den Therapeutenumgebungen sofort zur Verfügung stehen. Sollte der betreuende Arzt oder Therapeut es als notwendig erachten, den Therapie- und Trainingsplan anzupassen, kommt der Übungseditor wieder zum Einsatz und die modifizierten Therapiepläne stehen bei der nächsten Aktivierung der häuslichen bzw. mobilen Komponente zur Verfügung. Abschließend sei noch angemerkt, dass nach Beendigung der Behandlung auch die Abrechnungsdaten vom Reha-Server an das KIS weitergeleitet werden können.

In der Rehaklinik werden die erfassten Daten für Therapeuten an seinem Bildschirmarbeitsplatz (der sogenannten *Therapeutenumgebung*) dargestellt. Die Trainingsergebnisse dienen den Therapeuten als Anhaltspunkt für den therapiebezogenen Fortschritt und den Belastungszustand der Patienten. Für die Analyse dieser Ergebnisse stehen geeignete Visualisierungsmittel wie z. B. ein Therapiemonitor mit grafischer Darstellung der Trainingsergebnisse oder die Anzeige des Therapiefortschritts zur Verfügung. Ebenso kann der Therapeut neue Trainingspläne anlegen oder bestehende Trainingspläne konfigurieren und diese dann dem Patienten auf das mobile oder das häusliche System übermitteln.

Zwischen Patient und Therapeut ist auch eine *Video-Kommunikation* möglich. Diese kann insbesondere dann sinnvoll eingesetzt werden, wenn es um die Besprechung modifizierter Therapie- und Trainingspläne geht. Diese audiovisuelle Kommunikation findet direkt zwischen Therapeutenumgebung und häuslicher Komponente statt und wird nicht gespeichert. Der Reha-Server verwaltet lediglich die entsprechenden Adressinformationen für die Videokonferenzteilnehmer.

Mit Hilfe des *Patienteninformationsportals* können den Nutzern auf einfache Weise einschlägig interessante Informationen zugängig gemacht werden, die neben öffentlich zugänglichen Bestandteilen auch klinikrelevante Anteile beinhalten können und – ggf. nach Durchführung einer passwortgeschützten Identifikation – auch persönliche Daten.

In den folgenden Unterabschnitten werden die einzelnen Bestandteile des MeineReha®-Systems detaillierter dargestellt.

7.2 Sensor- und Assistenzsysteme für die Bewegungserfassung und -therapie

Um Bewegungsabläufe von Menschen genau zu erfassen, muss ein die prinzipielle Anatomie und Physiologie jederzeit hinreichend genau widerspiegelndes Modell des menschlichen Körpers digital und in Echtzeit erfasst werden. Sensortechnologien, die für eine lebensbereichsübergreifende Prävention und Rehabilitation eingesetzt werden können, lassen sich grob in körpernahe und ambiente Sensorsysteme unterteilen. Körpernahe Sensorsysteme werden an Körperteilen oder der Bekleidung angebracht. Sensoren zur Bewegungserfassung können aber auch ambient im umgebenden Raum angebracht sein (z. B. Kameras, Sensormatten). Ansätze im häuslichen Umfeld beschränken sich bislang auf erste Versuche, die Alltagsaktivitäten aufzuzeichnen und

zu visualisieren. Diese Ansätze setzen allerdings voraus, dass die Wohnung mit Sensorik ausgestattet ist.

Für die körpernahe Erfassung von Bewegungsaktivitäten werden sogenannte Intertialsensoren (Accelerometer/ Gyroskope) sowie Magnetometer eingesetzt. Einige mobile Systeme lassen sich im Bereich der Messsysteme zur Fertigung von Orthopädieprodukten oder zur Laufanalyse finden. Die Firma Xybermind GmbH hat seit neun Jahren ein Gerät namens Achillex [249] auf dem Markt, welches Beschleunigungssensor und Gyroskop zur Vermessung des Laufstils einsetzt. Die Messelektronik ist in Textilien integriert. Die Firma Schwa-Medico GmbH bietet mit ihrem mobilem Gehstützentrainingssystem PIERENSTEP [214] ein System zur Gangschulung und zur Kontrolle der Teilbelastung an.

Für die Erfassung von Alltagsaktivitäten sind kleine tragbare Pedometer gebräuchlich. Dazu zählen z. B. Schrittzähler und Aktivitätsmesser von Firmen wie OMRON Healthcare oder Aipermon. Das Modul AiperMotion [4] der Firma Aipermon wird zur Aufzeichnung von alltäglichem Bewegungsverhalten eingesetzt. Der kleine Bewegungsdetektor wird am Gürtel getragen. Er enthält einen Sensor, der kontinuierlich die Beschleunigung in alle drei Raumrichtungen misst. Aus diesen kleinsten Bewegungen werden Art und Intensität der Bewegung berechnet und mit gespeicherten Bewegungsmustern verglichen. Der Schrittzähler Walking style Pro [172] berechnet darüber hinaus nach unterschiedlichen Bewegungsrhythmen den individuellen Kalorienverbrauch. Die Firma Beurer hat mit dem Beurer AS80 [22] ein kleines Armband entwickelt, das viele Funktionalitäten zusammenfasst: Schrittzähler, Kalorienverbrauch, Aktivitätszeit, Strecke und Feedbackmechanismen wie einen Smiley, der visualisiert, wie das Training gelaufen ist. Zur Auswertung können die Daten in die HealthManager-Software übertragen werden. Für Extremsportler, wie z. B. Triathleten, mit Übungsszenarien wie Schwimmen, Fahrradfahren, Laufen bietet der Forerunner 620 [84] von Garmin ein GPS-fähiges Trainingstool, der auch Entfernung, Schritt- und Herzfrequenz, Leistungsdaten bei Fahrrad- und Laufsportarten aufzeichnet und drahtlos an einen Computer sendet. Wird der Forerunner 620 mit dem optionalen drahtlosen Herzfrequenzsensor gekoppelt, zeichnet das Gerät ständig die Herzschläge pro Minute auf und nutzt die Herzfrequenz zur erweiterten Berechnung des Kalorienverbrauchs.

Für die ambiente Messung von Druck und Kraft werden verschiedene Sensorprinzipien (resistive, kapazitive, induktive Sensorik) verwendet, die den mechanischen Druck zwischen dem Körper des Probanden und dem Fußboden flächig verteilt und in hoher Auflösung (mit bis zu ca. 1 Sensorelement pro cm²) messen [161]. Diese Sensoren besitzen prinzipiell eine ausreichende Genauigkeit und Abtastrate zur Bewegungsanalyse, sind allerdings insbesondere für die Anwendung im Heimbereich zu teuer. Die Firma Novel hat eine breite Palette von Sensoren für die Druckverteilungsmessung in medizinischen und technisch/ industriellen Bereichen entwickelt. Die Pedographie-Systeme dienen der exakten Messung und Analyse von plantaren Druckverteilungen. Das pedar® System [171] ist ein Druckverteilungs-Messsystem für die Bestimmung der lokalen Kräfte, die zwischen Fußsohle und Schuh auftreten. Häufig werden diese Systemlösungen vorwiegend für das Gesundheitshandwerk und anverwandte Arbeitsfelder angeboten und nicht für den Endkundenmarkt. Eine interessante Entwicklungslinie sind die derzeit für sicherheitstechnische Anwendungen entwickelten »intelligenten Textilien« [156] [82]. Diese in den Boden eingebrachten Sensoren sind in der Lage, elektromagnetisch bzw. elektrostatisch mit geringerer räumlicher Auflösung und Genauigkeit die Annäherung menschlicher Körperteile festzustellen und aus diesen Daten z. T. auch Aussagen über physiologische Parameter abzuleiten.

© Fraunhofer FOKUS

Zur Erkennung von Position und Bewegung lassen sich auch Motion Capturing oder Tracking Verfahren verwenden. Sie werden auch zur Bewegungsanalyse im Bereich Life Sciences eingesetzt. Die Gemeinsamkeit von markerlosen und markerbasierten Verfahren liegt in ihrer Aufgabe, 3D-Bewegungsabläufe zu erfassen. Bekannte Systeme sind OptiTrack [173] oder das Vicon System [240]. Störend bei diesen Verfahren sind allerdings die Marker (Größe, Einrichtungsaufwand). Andere körpernahe Motion Capturing bzw. Motion Tracking Systeme basieren auf magnetischen, mechanischen oder akustischen Verfahren. So können beispielsweise mit Hilfe des MTw-Systems [248] des Herstellers XSens Winkeldaten zwischen Körperteilen, an denen das System angebracht ist, aufgenommen werden. Sie erfordern allerdings die Anbringung körpernaher Elektronikbauteile, wofür meist eine zweite Person benötigt wird.

Ein neuer Ansatz zur Erkennung von Bewegungen ist optisches markerloses Tracking. Markerlose Systeme wurden an der Stanford University [220] und dem Max-Planck-Institut für Informatik, Saarbrücken, [148] entwickelt. Ein kommerzielles System wird von Organic Motion [175] angeboten. Ein derzeit weit verbreitetes markerloses System zur Bewegungserfassung ist der Kinect-Sensor [165] der Firma Microsoft. Die Kinect wurde von Microsoft als natürliche Benutzerschnittstelle entwickelt. Sie ermöglicht die Bedienung eines Computers mittels Spracheingabe oder Gesten.

Für rehabilitative Zwecke wurden unter anderem Anwendungen im Bereich Schlaganfallrehabilitation entwickelt, die die oberen oder unteren Extremitäten trainieren [143]. In ähnlichen Projekten werden Bewegungsspiele auch zu Therapiezwecken von Bewegungseinschränkungen z. B. nach einem Schlaganfall erprobt [69]. Immersive Medienumgebungen bieten die Möglichkeit, die dysfunktionalen Partien über multimodale Sinneskanäle (Haptik, Gehör, Sehsinn) zu stimulieren [15]. Zur Wiederherstellung koordinativer Fähigkeiten nach einem Schlaganfall nutzen Ansätze aus der Neuropsychologie virtuelle Umgebungen für das kognitive Training von funktionseingeschränkten Körperpartien [146] [154] (vgl. auch Abschnitt 4.5.2). Durch Projektion der eigenen Bewegung in eine spielerische VR-Umgebung, in der man Handlungen aus dem Alltag wie z. B. Einkaufen oder Fußballspielen nachvollziehen kann, werden die in ihrer Funktion eingeschränkten Körperpartien kognitiv stimuliert [127].

Als eine Möglichkeit der spielerischen Vermittlung von Bewegung haben in den letzten Jahren sensorbasierte Spieleumgebungen aus dem Consumerbereich an Aufmerksamkeit gewonnen [180]. Die sogenannten Exergames (eine Schöpfung aus den englischen Worten »to exercise« und »game«) bieten sowohl die Möglichkeit, allein mit einem multimedialen Therapie- und Trainingsprogramm und einer Kunstfigur in der Art eines persönlichen Beraters bewegungsaktivierende Trainingsprogramme zu absolvieren, als auch, mit mehreren Teilnehmern in einer virtuellen Gemeinschaft gemeinsam zu trainieren oder gegeneinander in Wettbewerb zu treten.

Das Projekt Gaming Rehabilitation System nutzt z. B. einen markerbasierten Ansatz, indem der Patient einen Handschuh anzieht, der besser mit der Kamera verfolgt werden kann [218]. Die Arme des Patienten, mit denen er einen Ball fangen muss, werden in die VR-Umgebung projiziert. Die Firma Kaasa health GmbH bietet in Zusammenarbeit mit der Dr. Becker Klinikgesellschaft auf der Hardware von Nintendo basierende multimediale Rehabilitationsangebote an [129].

Für die Akut- bzw. Frührehabilitation z. B. nach einem Schlaganfall werden in Kliniken derzeit Exoskelette eingesetzt. Die Firma Hocoma produziert mit dem Lokomat [108] ein exoskelettartiges Bewegungssystem, das es den Patienten über eine sensorische Stimulation frühzeitig ermöglicht, ihre funktionalen Bewegungen wiederzuerlernen. Ein

vergleichbares System zur neurologischen Gangrehabilitation ist der Haptic Walker, der am Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK (Fraunhofer IPK) entwickelt wurde [206]. Im Projekt MoreGait II wurde an der Orthopädischen Universitätsklinik Heidelberg ein Heimtrainer für die Therapie der unteren Extremitäten erprobt. Ein Hohlschlauch, der durch einen Elektromotor mit Luft gefüllt wird, soll Knie und Sprunggelenk bewegen. Der Patient sitzt oder liegt im Trainer, denn ein Gewichtsentlastungssystem (wie beim Lokomat für das aufrechte Gehen) wäre zu teuer für den Hausgebrauch [233].

Roboter-assistierte Therapieansätze kombinieren multimodale Lernumgebungen mit physischen Interaktionen, die durch einen Roboter unterstützt werden [212]. Durch die Kombination von haptischen und visuellen Reizen werden die koordinativen Fähigkeiten trainiert. Mit dem an der Universität Arizona entwickelten tragbaren System RUPERT [222] können die Bewegungen der oberen Extremitäten nach einem Schlaganfall trainiert werden. In einer Kombination von VR-Umgebung und Roboter-Arm werden die tatsächlichen Bewegungen nachverfolgt, auf einem Bildschirm visualisiert und hinsichtlich ihrer Ausführung bewertet. Der Patient nutzt das visuelle Feedback, um die verschiedenartigen Bewegungen wieder zu erlernen. Ein ähnliches System bietet die Firma Tyromotion mit dem System Diego® [231] an.

7.3 Das häusliche Reha-System

Zunächst wird die Funktionalität des Systems ausführlich beschrieben, wobei speziell auf die im Hintergrund laufende Bewegungsanalyse und die Vitaldatenanalyse eingegangen wird. Anschließend wird die grafische Benutzerschnittstelle des auf der Reha-Box installierten Anwendungsprogramms MeineReha® und das zugrunde liegende multimodale Interaktionskonzept präsentiert. MeineReha® ist das »Gesicht« des häuslichen Systems und liefert bei der Durchführung von Übungen Echtzeitfeedback.

Die Funktionalitäten des häuslichen Systems

Die aus Patientensicht zentrale Komponente ist das auf der Reha-Box installierte Anwendungsprogramm MeineReha®. Die Reha-Box ist ein mit dem Internet verbundener Mini-PC, der an einen Bildschirm (z. B. TV-Gerät) angeschlossen wird und darüber hinaus neben der üblichen Peripherie (Maus und Tastatur) mit einem Kinect-Sensor sowie einer Webcam (mit Mikrofon) ausgestattet ist. Zusätzlich ist der Anschluss einer Sensormatte möglich. Wird die Reha-Box gestartet, so startet das auf ihr installierte Programm MeineReha® automatisch. Nach Beendigung des Programms fährt der Rechner automatisch wieder runter. Die Voraussetzungen für die Nutzung des Programms MeineReha® sind, dass die Reha-Box via Internet mit dem Reha-Server verbunden ist und der Nutzer sich mit Benutzername und Passwort legitimieren kann.

Die Funktionalitäten der Reha-Box sind die folgenden:

- Erhalt von (aktualisierten) Trainingsplänen
- Fusion und Integration der Sensordaten (Vital- und Bewegungsdaten)
- Therapeutische Anleitung zur korrekten Bewegungsausführung
- Analyse der durchgeführten Bewegungen auf Korrektheit
- Ausgabe von Echtzeitfeedback an den Übenden
- Zusammenfassende Auswertung der Trainingseinheiten
- Übermittlung von Ergebnisprotokollen an den Reha-Server
- Kommunikation mit dem Therapeuten (Textnachrichten und Videokonferenz)

© Fraunhofer FOKUS

Die wichtigste Anwendungsform des häuslichen Systems ist die Nutzung als interaktive Therapie- und Trainingsplattform. Dies kann sowohl im klinischen als auch im häuslichen Umfeld erfolgen. Positioniert sich der Patient vor der Kinect, so kann er kontrolliert physiotherapeutische Übungen durchführen, deren Verlauf in Echtzeit analysiert und kommentiert wird. Hierbei sind das visuelle Abbild seiner Bewegungen und eine als Vorbild auf dem Bildschirm präsentierte Trainerfigur die wesentlichen Hilfsmittel (vgl. Abbildung 5). Die dargestellte Trainerfigur zeigt dem Patienten die Übungen, die er wiederholen soll. Dabei ermöglicht seine eigene grafische Darstellung neben dem Bewusstmachen des eigenen Körpergefühls auch ein Haltungsfeedback während der Übungsausführung wie bei einem Spiegel. Bei der Ausführung der Übungen im Stehen werden die Position einzelner Körperglieder und der Bewegungsverlauf vom Kinect-Sensor erfasst. Um Bewegungen in ihrer Korrektheit zu bewerten, werden auch körpernahe Bewegungssensoren verwendet (z. B. Reha-Uhr). Für Übungen im Liegen erhält der Patient eine Sensormatte.

Die Sensordaten der Kamera und möglicher weiterer Sensoren (Matte, Reha-Uhr etc.) werden dann von einer speziell entwickelten Software auf der Reha-Box verarbeitet und auf Korrektheit des Bewegungsablaufs hin analysiert. Die Parameter der Trainingsleistung wie z. B. Trainingsvolumen und Qualität werden von der Reha-Box nachverfolgt, so wie es auch ein anwesender Therapeut täte. Die wesentlichen Körperregionen wurden vorab dazu detailgetreu und möglichst realitätsnah in 3-D modelliert. Anhand der Bewegungsdaten wird die Position der einzelnen Körperglieder im Raum bestimmt und auf das biomechanische Computermodell übertragen. Auf diese Weise kann in Echtzeit überprüft werden, ob die tatsächlich ausgeführte Bewegung mit der »Idealbewegung« der Übung übereinstimmt. Eine Live-Bewertung mit Hilfe eines leicht verständlichen Ampelsystems (rot=schlecht, gelb=mittel, grün=gut) gibt dem Trainierenden schon während der Ausführung ein Feedback und ermöglicht auf diese Weise eine Korrektur der Bewegungsabläufe. Ebenso erhält der Übende Feedback in auditiver und textueller Form.

Abbildung 5 Echtzeitfeedback während der Übungsausführung

Die Ergebnisse der automatisch durchgeführten Bewegungsanalyse werden dem Nutzer nach Beendigung der Sitzung in einer Zusammenfassung visualisiert. Diese Daten werden nach Abschluss des Trainings im Zuge des Abschaltens der Reha-Box zum

Reha-Server übermittelt. Sie dienen dem betreuenden Therapeuten als Entscheidungsgrundlage für das weitere Vorgehen und als Indiz für den Fortschritt der Therapie.

Sowohl die stationäre als auch die mobile Komponente unterstützen individuell an die Bedürfnisse und Therapieziele angepasste und erweiterbare Übungseinheiten. Jede einzelne Übung beinhaltet motivierende Elemente. Weitere Anwendungsformen des stationären Teilsystems bestehen darin, dieses als Kommunikationsplattform nutzen zu können. Mit einem integrierten Kommunikationsmodul ist es möglich, dass der Patient Kontakt mit dem behandelnden Physiotherapeuten aufnimmt. Neben textbasierter Kommunikation können Arzt und Patient auch eine Videokonferenzsoftware nutzen, um beispielsweise Fragen zur Übungsausführung und Trainingsintensität live zu klären. Darüber hinaus kann auch eine Community-orientierte Weboberfläche angeboten werden.

Bewegungsanalyse und Bewegungskorrektur

Neben der einfachen und direkten Möglichkeit zur Selbstkontrolle durch die Verwendung der Spiegelmetapher (direkte visuelle Kontrolle der eigenen Bewegung auf dem Bildschirm) wird die durchgeführte Übung durch eine automatische Bewegungskontrolle analysiert. Die Software zur Bewegungsanalyse ist in der Lage, Daten der verschiedenen Sensoren in Echtzeit zu analysieren, ggf. zu fusionieren und zu interpretieren. Dafür wurden spezielle, auf den Kontext der Bewegungserkennung angepasste Algorithmen entwickelt. Um die Korrektheit von Bewegungen während einer Übung bewerten zu können, müssen Bewegungsmodelle vorhanden sein, die Soll-Ist-Vergleiche ermöglichen.

Die Bewegungsanalyse bietet dem Nutzer noch während der Übungsausführung zusätzliche Informationen über die Güte der ausgeführten Bewegung. So wird die Haltung hinsichtlich übungsspezifischer Körperregionen unmittelbar bewertet und dem Nutzer in Kombination mit der bereits erwähnten Spiegelmetapher visualisiert.

Am Ende einer Übung wird zur bereits erfolgten Echtzeitbewertung eine detaillierte Bewertung der Bewegungsausführung erstellt. Neben der Körperhaltung werden nun auch die Ausführungsgeschwindigkeit und die erreichte Bewegungsamplitude untersucht und bewertet.

Um die Qualität der Körperhaltung zu beurteilen, werden zwei wesentliche Merkmale analysiert. Hierzu werden die durchgeführte Bewegung mit dem geforderten Bewegungsmodell verglichen und mit Hilfe von speziell entwickelten Algorithmen die Abweichung und die Ähnlichkeit beider Bewegungen bestimmt. Sie bilden die Bewertungsgrundlage der Körperhaltung.

Die Überprüfung der Bewegungsamplitude umfasst ebenfalls zwei Teilaspekte: Die Kontrolle der maximalen Auslenkung der körperlichen Bewegung und die Erkennung einer Haltephase im Bereich der Bewegungsamplitude. Letzterer Punkt wird übungsspezifisch geprüft, da nicht jede Übungsausführung eine Haltephase verlangt. Grundlage der Bewertung ist erneut das hinterlegte Soll-Bewegungsmodell.

Um die Haltung sowie die Bewegungsamplitude unabhängig von der zeitlichen Durchführung zu beurteilen, werden die Übungen vor der Analyse zeitlich normalisiert.

© Fraunhofer FOKUS

Der dritte und letzte Aspekt, der bei der Bewertung einer Übung zu beachten ist, umfasst die Ausführungsgeschwindigkeit. Dabei fließt neben der reinen Ausführungszeit auch die Gleichmäßigkeit der Bewegungsdurchführung in das Ergebnis mit ein.

Sowohl bei der Gesamtbewertung als auch bei den Teilbewertungen (Haltung, Ausführungsgeschwindigkeit und Bewegungsamplitude) werden die ermittelten Einzelergebnisse dynamisch mit Hilfe von Bewertungsmatrizen zusammengefasst und lokal im Speichermodul auf der Reha-Box abgelegt.

Um eine höhere Genauigkeit der Bewegungsverfolgung des übenden Probanden zu erzielen, reicht es in manchen Fällen nicht aus, sich auf die Skelettpositionsdaten, die der Kinect-Sensor liefert, zu verlassen. Die Kinect-Daten können inkorrekt sein und somit falsche Informationen über die tatsächliche Bewegung des Nutzers liefern. Dadurch kann es auch zu Fehlern in der Bewegungsanalyse kommen, da die Solldaten der Bewegung, die zum Vergleich herangezogen werden, bereits fehlerbehaftet sind. Um dieses Defizit zu kompensieren, werden körpernahe Sensoren (Inertialsensoren) eingesetzt, die eine noch akkuratere Datenakquise als die optische Sensorik zulassen.

Vitaldatenerfassung

Um die benötigten Vitaldaten aufnehmen zu können, wird beim Patienten ein Brustgurt des Modells »Zephyr BioHarness« verwendet. Dieser Sensor wurde bei der Firma »Zephyr Technology Corporation« entwickelt. Mit ihm lassen sich folgende Messwerte aufnehmen: EKG, Herzrate, Atmungsrate, Lagesensor, 3-Achsen-Beschleunigungssensor. In seiner Funktionalität ist er Fitnessprodukten von Garmin (Model Forerunner) oder Polar vergleichbar, jedoch in Details wie Atemfrequenzmessung und EKG besser. Die Daten aus den Sensoren im Brustgurt werden in der mobilen Reha-App lediglich angezeigt und dienen nicht der lokalen Trainings- bzw. Belastungssteuerung auf dem Smartphone. Für die Erfassung nur des Pulses wird der vergleichsweise günstigere HXM-Sensor eingesetzt [254].

Die Daten werden nach Beendigung des Trainings an den behandelnden Arzt bzw. Therapeuten gesendet. Erst hier findet eine Prüfung auf Korrektheit sowie eine Auswertung der überlieferten Vitaldaten durch medizinisch geschultes Personal statt. Bislang werden die Vitalwerte in MeineReha® nur aus den Sensorsystemen ausgelesen. Es erfolgt keine lokale Weiterverarbeitung der Vitaldaten und auch keine Alarmfunktion auf dem Smartphone. Vital- und Bewegungsdaten werden erst in der Therapeutenumgebung visualisiert und durch den Arzt bzw. Therapeuten interpretiert.

Die grafische Benutzeroberfläche des häuslichen Systems

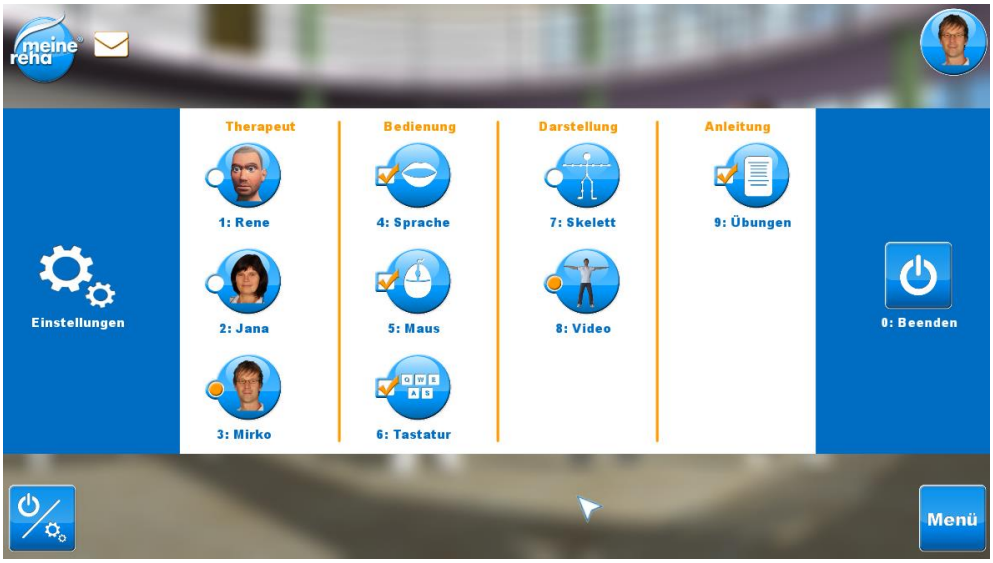
Für die weitergehende Partizipation am und Identifikation mit dem in der Rehaklinik begonnenen Rehabilitationsprozess wurde eine dreidimensionale Welt erschaffen, die sich am existierenden Reha-Zentrum Lübben orientiert. So gibt es eine Rezeption, an der der Patient empfangen wird, einen Raum zum Trainieren (im Folgenden Trainingsraum genannt) und einen Schulungsraum, in dem u. a. die Videokommunikation stattfindet. Die Räume sind visuell und über ein zweidimensionales Raumsymbol identifizierbar. Eine modellierte Kunstfigur (sogenannter Avatar) dient sowohl als Begleiter zu den Räumen als auch als »Ansprechpartner«. Im Folgenden werden die einzelnen Räume näher beschrieben.

Die *Rezeption* dient dem Patienten als erste Anlaufstelle im Programm. Sie soll an die Patientenaufnahme in einer Physiotherapeutenpraxis oder einer

Rehabilitationseinrichtung erinnern. Der Patient kann sich zwischen einer realistischen Abbildung existierender Therapeuten, sowohl männlich als auch weiblich, und einer Kunstfigur (Avatar) entscheiden. In einem Konfigurationsmenü werden Präferenzen zur Programmbedienung abgefragt, die letztendlich als Einstellungen für das Programm dienen (vgl. Abbildung 6). Dies betrifft die Steuerung des Programms und die Auswahl der Therapeuten.

Alle Hinweise werden nicht nur akustisch ausgegeben, sondern auch in einem Textfeld angezeigt.

Abbildung 6 Konfigurationsmenü



Im *Trainingsraum* kann der Patient verschiedene Übungen auswählen und ausführen. Der Therapeut, der während der Aufnahme ausgewählt wurde, führt die gewählte Übung einmal vor. Die Übungsanleitung wird, je nach gewähltem Therapeuten, durch Videoaufnahmen der realen Therapeuten bzw. durch einen 3D-Avatar vorgeführt. Danach wird der Patient aufgefordert, diese Übung selbst durchzuführen.

Während der Übungsdurchführung sieht sich der Patient auf einer im Raum platzierten Leinwand. Ziel des audiovisuellen Feedbacks ist es, die Idealbewegung des Therapeuten mit denen des übenden Patienten zu vergleichen. Durch die Wahl dieser Spiegelmetapher kann er sich selbst bei der Übungsdurchführung sehen, seine Bewegungen mit denen des Therapeuten abgleichen und die Übung korrekt ausführen. Über Abweichungen von der Sollbewegung wird der Patient sowohl akustisch wie auch visuell informiert. Hierdurch wurde eine direkte Rückkopplungsmöglichkeit geschaffen, die den Patienten zu der korrekten Ausführung der Bewegungen anleiten soll.

Der *Schulungsraum* (vgl. Abbildung 7) bietet schließlich die Möglichkeit, persönlichen Kontakt per Videochat zu seinem Therapeuten aufzunehmen. So können z. B. absolvierte Übungen vom Therapeuten ausgewertet und ggf. erneut unter therapeutischer Anleitung wiederholt werden. Während der Kommunikation mit dem Physiotherapeuten sieht sich der Patient selbst und den Therapeuten in einem Videofenster.

© Fraunhofer FOKUS

Abbildung 7 Schulungsraum mit aktivierter Videokonferenz

Benutzerführung und multimodale Programmsteuerung

Im Hinblick auf die Patienten wurde die Benutzeroberfläche des Programms MeineReha® möglichst einfach gestaltet. Sie ist übersichtlich, intuitiv bedienbar und flexibel konfigurierbar, so dass sie z. B. auf Bildschirmen unterschiedlicher Größe (Notebook-LCD bis Projektionsleinwand) nutzbar ist. Angestrebt wurde ebenfalls eine leichte Personalisierung durch den Nutzer; ggf. auch mit einem gewissen Grad an Unterstützung bei der Voreinstellung durch Dritte wie Trainer oder Therapeut.

Das Interaktionskonzept sieht eine redundante Auslegung von Sprach- und Gestensteuerung sowie die optionale Einbindung eines Zeigegeräts vor (multimodale Programmsteuerung). Für die Navigation innerhalb der Programmstruktur wurde der Schwerpunkt auf eine intuitive, leicht erlernbare Bedienung gelegt.

Das Ermöglichen der freihändigen Bedienung einer Software stellt ein Problem dar. Als eine Lösung wurde hier ein multimodaler Ansatz, bei dem Sprache und Gestik als Interaktionsform kombiniert werden, umgesetzt. Die Notwendigkeit einer Kombination resultiert einerseits aus den möglichen, körperlichen Einschränkungen des Patienten, anderseits aus den Problemen, die bei beiden Interaktionsformen entstehen, sofern sie ausschließlich einzeln verwendet werden. So ist die Steuerung der Anwendung mit Gestik während des Ausführens einer Übung nur bedingt möglich. Hier bietet sich die Interaktion per Sprache an. Sprache ist eine natürliche Kommunikationsform. Die Integration einer Spracherkennung zum Zweck der Steuerung soll zum einen älteren Menschen mögliche Berührungsängste vor multimedialen Systemen nehmen sowie Menschen mit motorischen Beeinträchtigungen unterstützen. Zum anderen kann die Steuerung per Sprache so auch während des Ausführens einer Übung erfolgen. Für den Einsatz im Projekt MyRehab wurden sowohl kommerzielle wie auch Open-Source-Sprachlösungen evaluiert.

Die Sprachsteuerung funktioniert kontextabhängig. Das bedeutet, dass in jedem Raum nur eine bestimmte Menge an Kommandos gültig ist. Diese Mengen müssen jedoch nicht disjunkt sein, die Raumauswahl z. B. ist in allen Räumen möglich. Eine weitere Besonderheit ist, dass die Sprachsteuerung für eine Entfernung von zwei bis drei Meter zum Mikrofon optimiert wurde, die der Entfernung zwischen Patient und Bildschirm

entspricht. Der Status der Sprachsteuerung (aktiviert oder deaktiviert) während bestimmter Szenen wird ebenso über ein Symbol dargestellt. Feedback erhält der Proband durch Sprachausgabe und Soundeffekte. Dafür wurden Sätze durch Sprecher aufgenommen, die im Programm abgespielt werden können.

Die Steuerung per Gestik stellt eine natürliche, nichtverbale Kommunikationsform dar. Verwendet wird sie bereits bei Sony EyeToy [71] oder der Kinect von Microsoft [165]. Wichtig bei der Interaktion mittels Gesten ist, dass der Nutzer direkte Rückmeldung (Feedback) zu seinen Eingaben erhält: Nur wenn der Nutzer erkennt und versteht, wie eine Interaktion stattfindet, kann eine intuitive Steuerung des Systems ermöglicht werden. Daher wurde in dem Projekt als Alternative und Ergänzung zur Sprachsteuerung auch eine Gestensteuerung entwickelt.

Bereits bestehende Systeme verfolgen verschiedene Ansätze, um eine Gestenerkennung zu realisieren: Gerätebasierte Lösungen verwenden zusätzliche Hardware wie Handschuhe, in denen Positions- oder Beschleunigungssensoren verarbeitet sind (Inertialsensorik). Kamerabasierte Verfahren arbeiten oft mit Markern, um mit deren Hilfe Bewegungen einfacher verfolgen zu können.

Bei der gerätebasierten Lösung mit Handschuhen müssen diese vom Patienten (selbstständig) angezogen bzw. angebracht werden, bevor eine Interaktion mit dem System möglich ist. Dies wiederum würde zum einen ein reibungsloses Abarbeiten einer Trainingseinheit verhindern. Zum anderen könnte es in ihrer Motorik eingeschränkten Patienten schwerfallen, diese Marker oder Handschuhe selbstständig anzuziehen bzw. am Körper anzubringen. Kamerabasierte, markerlose Verfahren benötigen lediglich eine oder mehrere Kameras.

Zur Umsetzung der Gestensteuerung für die häusliche Plattform wird der von Microsoft entwickelte Kinect-Sensor verwendet. Dieser Sensor kann sowohl Tiefenbilder als auch normale Farbbilder (ähnlich einer Webcam) einer Szene in Echtzeit aufnehmen. Beide Bilder, insbesondere das Tiefenbild, werden so aufbereitet, dass der Nutzer, der das System bedient, selektiert werden kann und ein dreidimensionales, biomechanisches Skelett von ihm erzeugt wird. Für das »Bewegungstracking« (oder auch Bewegungserfassung) sind keinerlei Marker notwendig, wie es bei den meisten Motion-Tracking-Verfahren der Fall ist. Das Skelett wird erfasst, sodass das System jederzeit Informationen darüber hat, wo sich die einzelnen Körperteile, bspw. die Füße und Hände des Nutzers, befinden. Mit der Information über die Position der Hände des Nutzers im Raum können diese in der Therapie- und Trainingsumgebung abgebildet werden und als Interaktionsform mit der multimedialen Motivationsumgebung dienen. Dadurch kann das System ähnlich wie mit einem Mauszeiger bedient werden, ohne dass es von Nöten ist, direkten physischen Kontakt mit der Computerhardware (z. B. Drücken eines Steuerknopfs) zu haben. Dies ermöglicht eine flüssige Steuerung des Programms, da der Nutzer nicht ständig an das Gerät herantreten muss, um es zu bedienen.

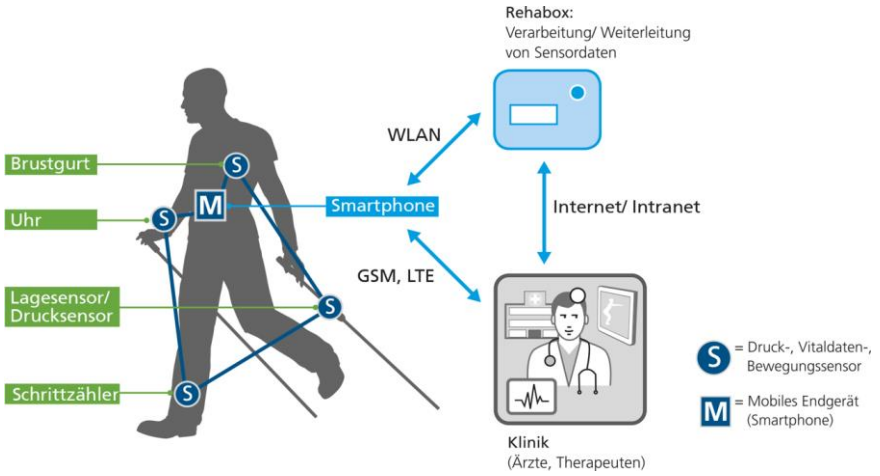
7.4 Das mobile Reha-System

Die Ausprägungsformen des mobilen Reha-Systems können sehr unterschiedlich sein. Die »klassische« Form besteht aus einem Smartphone und möglicherweise weiteren am Körper angebrachten Sensoren. Denkbar ist aber auch der alleinige Einsatz der Reha-Uhr oder von Sportgeräten, die entsprechend mit Sensoren bestückt sind.

© Fraunhofer FOKUS

Das mobile Reha-System ist gewissermaßen das mobile Gegenstück zur Reha-Box. Es setzt sich aus einem mobilen Endgerät (z. B. einem Smartphone) und in der Regel mehreren Sensorkomponenten zusammen, die in Kombination sowohl Bewegungs- wie auch Vitaldaten erfassen und verarbeiten können. Die Sensoren befinden sich in einer Uhr oder einem Brustgurt. Sie können aber auch in Sport- und Therapiegeräte, z. B. Wanderstöcke oder Hanteln, integriert werden und sind über Bluetooth bzw. den proprietären Funknetzstandard ANT+ mit dem Smartphone gekoppelt (vgl. Abbildung 8). Der Brustgurt dient dazu, den Puls und die Atemfrequenz zu messen. Der Puls ist ein wichtiger Parameter beim Training. Ein Pulsmesser ist optimal zur Trainingssteuerung und kann effektiv eine Überlastung des Trainierenden verhindern. Mit weiteren Sensorknoten, z. B. einer Uhr am Handgelenk oder Bewegungssensoren im Wanderstock, werden die Bewegungen der Patienten erfasst und kontrolliert. Die Bewegungs- und Vitaldatenanalyse ermöglicht es, korrigierend auf den Therapie- und Trainingsverlauf einzuwirken, den Trainierenden zu motivieren und auf den Risikofall achtend zu unterstützen. Das Smartphone hat die Funktion, beim Training die Messdaten von anderen Sensorknoten zusammenzuführen, zu speichern, zu analysieren und bei Bedarf den Kontakt zu den Ärzten oder Therapeuten aufzubauen.

Abbildung 8 Körpernahes Sensornetzwerk zur Erfassung von Vital- und Bewegungsdaten



Auf dem mobilen Endgerät werden die Bewegungs- und Vitaldaten integriert und ausgewertet. Der Trainierende wird mit dem mobilen Endgerät einerseits durch den aktuellen Therapieplan geführt, andererseits wird ihm eine Rückmeldung über die Korrektheit der Bewegungsausführung und seinen momentanen Belastungszustand gegeben. Die Rückmeldung an den Trainierenden kann vom mobilen Endgerät ausgehend sowohl auditiv, visuell oder mittels haptischem Feedback erfolgen. Draußen oder in beliebigen Räumen unterstützt und protokolliert das Smartphone-basierte Reha-System unabhängig vom häuslichen System die Durchführung von Übungen. Die protokollierten Daten können an die Reha-Box oder den Reha-Server weitergleitet und dort gespeichert werden.

Für die Schnittstelle zwischen Sensoren und Smartphone können alternativ ANT+ und der Standard Bluetooth V2.1 oder 4.0 verwendet werden. Bluetooth ist eine weit verbreitete Technologie für die Datenübermittlung bei mobilen Geräten wie Smartphones oder Laptops.

Auf dem mobilen Endgerät werden folgende Aktionen ausgeführt:

- Aktivitätserfassung und Bewegungsanalyse für die im Trainingsplan festgelegten Übungen
- Anleitung zur Vitaldatenmessung
- Anleitung durch den Trainingsplan
- Anpassung des Trainingsplans durch Änderung der Reihenfolge der Übungen
- Anzeigen der bisher absolvierten Route
- Anzeige der aktuellen Fehlerquote oder besonderer Ereignisse während des Trainings
- Feedback an User (Sprachausgabe, Übungsanleitung, Fehlerdarstellung)
- Benachrichtigung (z. B. Erinnerung an das Training)
- Synchronisation der Daten mit dem Reha-Server (z. B. Speichern und Übertragen von Therapie- und Trainingsdaten)
- Einstellmöglichkeit des auditiven/ haptischen Feedbacks

Analog zum häuslichen System wird beim mobilen Reha-System vor dem Trainingsbeginn vom Smartphone aus eine verschlüsselte Verbindung mit dem Reha-Server aufgebaut und Benutzerdaten sowie der (aktualisierte) Trainingsplan heruntergeladen. Nach Beendigung des Trainings wird die Auswertung des Trainings auf die gleiche Weise auf den Reha-Server übertragen. Der Reha-Patient kann somit die Ergebnisse an die betreuende klinische Einrichtung und das betreuende Fachpersonal übermitteln. Ebenso erhält der Therapeut die Möglichkeit, den Trainingsplan auf dem mobilen Endgerät zu aktualisieren.

Die Reha-Uhr

Die Reha-Uhr dient als eine Ergänzung zum Smartphone. Auch sie fungiert als körpernaher Sensor, mit dessen Hilfe Vital- und Bewegungsdaten erfasst, analysiert und gespeichert werden können. Ohne Verfügbarkeit des Smartphones besitzt die Reha-Uhr die Funktionen eines mobilen Endgeräts, das zugleich Verbindungsaufbau und Datentransfer an das stationäre System einleiten kann. Die gespeicherten Therapie- und Trainingsdaten werden über ein lokales Funknetz (engl. Wireless Local Area Network, WLAN) oder Mobilfunk an den Reha-Server übermittelt oder auf den Heim-PC übertragen.

Folgende Funktionen stehen in der Reha-Uhr zur Verfügung:

- Haltungsposition und Bewegung der Arme messen und beschreiben
- Puls messen
- Persönlichen Trainingsplan und Alarmmeldungen anzeigen
- Messdaten von anderen Sensoren erhalten und speichern (ohne Smartphone)
- GPS-Modul für die Erfassung von Wegstrecken

Therapie- und Sportgeräte

Außer der Reha-Uhr und dem Smartphone können für die Bewegungserfassung auch Lage- und Drucksensoren eingesetzt werden, die z. B. in mitgeführten Therapie- und Trainingsgeräten integriert werden können. Ein Bewegungsmonitoring zielt immer zugleich auf unterschiedliche Körperteile ab. Wie viele und welche Sensoren zum körpernahen Sensornetzwerk gehören, hängt von der Trainingsart ab.

© Fraunhofer FOKUS

Beim Nordic Walking sollten die Neigung und die auf den Stock ausgeübte Kraft erfasst werden können. Für eine kontinuierliche medizinische Pulsmessung ist ein Brustgurt notwendig. Weiterhin können Drucksensor und Schrittzähler eingesetzt werden. Eine genaue Ermittlung des korrekten Bewegungsablaufs, z. B. Veränderungen am Gangbild, ist für die Physiotherapeuten sehr wichtig, damit sie Verbesserungen in Koordination, Beweglichkeit und Ausdauer sicher erkennen und dokumentieren können.

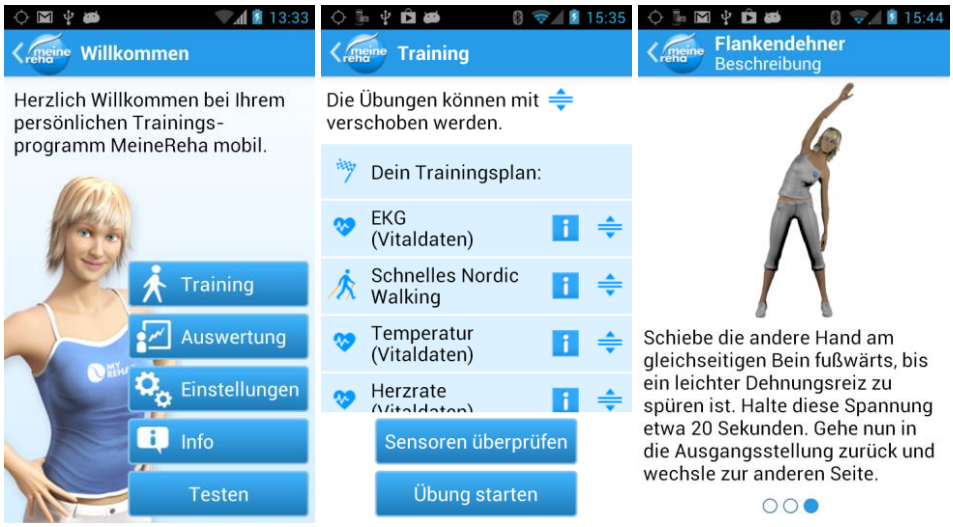
Die Ergebnisse aus der Vitaldaten- und Bewegungsanalyse werden angezeigt sowie eine Rückmeldung an den Nutzer in Form von Sprachausgabe oder Übungsanleitung gegeben. Mittels des Ortungsmoduls kann der Nutzer entlang einer vorgeplanten Route angeleitet werden. Bei der Nutzung des mobilen Systems zuhause in Zusammenhang mit dem stationären System wird der PC (Reha-Box) zur Empfangseinheit. Über eine Funkverbindung können die mobil erfassten Bewegungs- und Vitaldaten auf den PC überspielt und der Trainingsverlauf sowie die Ergebnisse auf dem TV-Endgerät oder PC-Monitor visualisiert werden.

Die grafische Benutzeroberfläche des mobilen Reha-Systems

Die grafische Benutzeroberfläche des mobilen Reha-Systems ist bewusst einfach gehalten und dient in erster Linie zur Durchführung einer mobilen Therapie- und Trainingseinheit.

Nach dem persönlichen Login bietet der Willkommensbildschirm die Möglichkeit, ein Training durchzuführen oder sich die Auswertung zu den durchgeführten Übungen anzusehen (vgl. Abbildung 9). Unter dem Menüpunkt »Einstellungen« kann der Nutzer die Art und Weise des Feedbacks wählen (Audio- bzw. Übungs-Feedback). Um die Benutzerführung möglichst klar und verständlich anzubieten, bekommt der Nutzer zur Navigation grundsätzlich redundante Hinweise in Text- und Sprachform.

Abbildung 9 Willkommensbildschirm und Trainingsplan

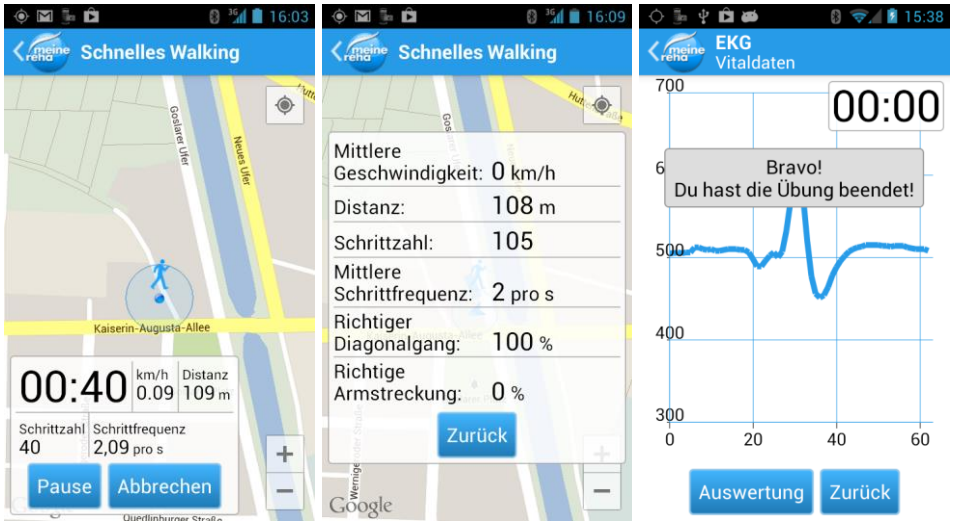


Bei Wahl des Menüpunkts »Training« wird der persönliche Trainingsplan aufgerufen. Für den Trainingsablauf gibt es zwei Modi: Der Modus des freien Trainings erlaubt, die einzelnen Übungen in der Abfolge umzuordnen, während der personalisierte Trainingsplan eine vorgegebene Abfolge vorsieht. Zu jeder Übung können Hintergrundinformationen nachgelesen werden (z. B. Übungsbeschreibung, richtige Handhabung der

Sensoren). Beim Starten der ersten Übung des Trainingsplans werden die Sensoren überprüft und die Sensorsignale in die Anwendung eingebunden.

Bei der Durchführung des Trainings werden dem Nutzer die aktuell erfassten Daten angezeigt (vgl. Abbildung 10). Dies können Vitaldaten, Bewegungsdaten und Daten zur zurückgelegten Strecke sein. Dem Benutzer werden sein momentaner Aufenthaltsort angezeigt sowie die Etappen und Übungsabschnitte des zurückgelegten Trainingsverlaufs. Nach Beendigung der aktuellen Übung ist es möglich, entweder die unmittelbare Übungsauswertung anzusehen oder zur nächsten Übungseinheit im Trainingsplan zurückzukehren.

Abbildung 10 Aktuelle Daten bei Trainingsdurchführung und unmittelbare Auswertung



Nach Beendigung aller Therapie- und Trainingseinheiten kann der Nutzer unter dem Menüpunkt »Auswertung« die Daten aller sowie auch einzelner Übungen einsehen. Dies können Vitaldaten, Streckendaten oder Bewegungsdaten sein. Bei der Beendigung der mobilen Anwendung werden die Daten dann über Mobilfunk oder WLAN an den Reha-Server übertragen, damit sie dann in der Therapeutenumgebung visualisiert werden können.

7.5 Der Reha-Server

Der Reha-Server ist ein Programm, das auf einem separaten Computer im Kliniknetz betrieben wird und als einzige Komponente des MeineReha®-Systems eine Verbindung zum KIS hat. Der Reha-Server hostet das Patienteninformationsportal und dient der Synchronisation und persistenten Speicherung der Daten aller beteiligten Teilsysteme (Reha-Boxen, mobile Teilsysteme, Therapeutenumgebungen, KIS). Er hält sämtliche Daten des telemedizinischen Therapie- und Trainingssystems vor, d. h. beteiligte Patienten, Therapeuten, Therapiepläne und Trainingsergebnisse oder Textnachrichten von Therapeuten. Diese Daten werden in der Datenbank des Reha-Servers gespeichert, auf die nur autorisierte Personen Zugriff haben. Darüber hinaus dient der Reha-Server als zentrale Kommunikations-Plattform zum Datenaustausch zwischen den Therapeutenumgebungen und den häuslichen sowie mobilen Trainingssystemen. Der Arbeitsplatz des Therapeuten kommuniziert also nicht direkt mit dem Patientensystem.

© Fraunhofer FOKUS

Diese Entkopplung dient sowohl der Sicherheit als auch der Flexibilität. Die zentrale Speicherung der Therapeutenarbeit auf dem Reha-Server ermöglicht, dass ein Therapeut grundsätzlich mit jedem Computer arbeiten kann, auf dem ein Therapeutenarbeitsplatz (die sogenannte Therapeutenumgebung) installiert ist. Der Nutzer loggt sich mit Benutzername und Passwort ein, woraufhin ihm die Arbeitsdaten vom Reha-Server bereitgestellt werden.

Durch das Konzept des Reha-Servers gibt es für das Gesamtsystem nur einen zentralen Computer im Kliniknetz, der die gesicherte Kommunikation mit den häuslichen und mobilen Patientensystemen über das öffentliche Internet abwickeln muss. Anders als die Therapeutenarbeitsplätze, die sich in der Regel innerhalb des sicheren IT-Netzes der Klinik befinden, wird der Reha-Server aber in der sogenannten demilitarisierten Zone (DMZ) [52] aufgestellt, weil auf ihm ein Webserver läuft, der für die Internet-Kommunikation mit den Therapie- und Trainingssystemen der Patienten verantwortlich ist.

Der Reha-Server stellt Schnittstellen zu den folgenden Teilkomponenten bereit:

– Krankenhaus-Informationssystem

Diese Schnittstelle erlaubt den Import von Therapieplänen und Patienteninfos sowie die Übermittlung von Abrechnungsinformationen an das KIS.

– Therapeutenumgebung

Die Therapeutenumgebung holt Therapiepläne und Patienteninformationen ab und übermittelt auf der anderen Seite detaillierte Trainingspläne. Darüber hinaus liest sie auch die von den Reha-Boxen und mobilen Reha-Systemen gesendeten Übungsergebnisse aus und visualisiert die Ergebnisse in der Benutzeroberfläche.

– Häusliche und mobile Reha-Systeme

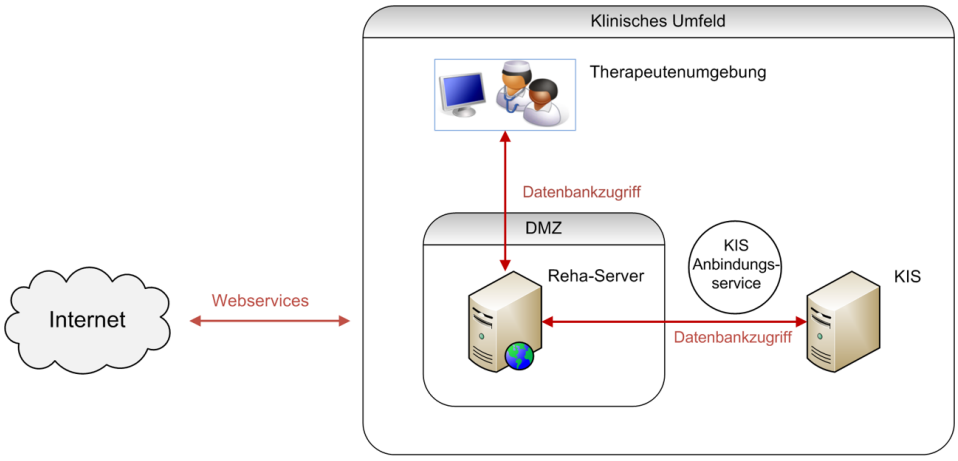
Sowohl Reha-Boxen als auch mobile Reha-Systeme lesen Trainingspläne aus und übermitteln Übungsergebnisse an das Reha-Zentrum.

Die folgenden Unterabschnitte dienen der genaueren Darstellung der MeineReha®-Netztopologie sowie der Elemente, die für die Absicherung der einschlägigen Daten/Datenflüsse zum Einsatz kommen.

Netzstruktur und Datenflüsse

Der Konzeption des MeineReha®-Systems liegt die in Abbildung 11 dargestellte »typische« Netzstruktur zugrunde. In dieser Referenzstruktur laufen das KIS und die Therapeutenumgebungen im internen oder »grünen« Netz einer Klinik, das durch Firewalls gesichert ist und auf das von außen nicht zugegriffen werden kann. Aus diesem Grund ist der Reha-Server, auf dem notwendigerweise ein Webserver installiert werden muss, in der DMZ angesiedelt.

Abbildung 11 »Typische« Netzstruktur einer MeineReha®-Installation



Der Reha-Server ist zugleich zentrale Datenbank und zentrale Kommunikationsschnittstelle. Damit hängt die Datensicherheit des Systems in erster Linie von der Sicherheit dieser Datenbank und der verwendeten Kommunikationsprotokolle ab. Aus diesem Grunde werden alle patientenbezogenen Datenbankeinträge gemäß dem Advanced Encryption Standard (AES) [1] verschlüsselt, auf allen Kommunikationsstrecken wird TLS [230] eingesetzt. AES ist ein etabliertes Verschlüsselungsverfahren, das in den USA z. B. für staatliche Dokumente mit höchster Geheimhaltungsstufe zugelassen ist. TLS ist das übliche Verschlüsselungsprotokoll für die sichere Datenübertragung im Internet.

Konkret bietet der Reha-Server für die Kommunikation mit Reha-Boxen und mobilen Systemen durch TLS gesicherte Webservices an, während für die Therapeutenumgebungen ein durch TLS gesicherter Datenbankzugriff vorgesehen ist. Zusätzlich wird mit Hilfe von Zertifikaten sichergestellt, dass die beteiligten Partner jeweils die sind, die sie vorgeben zu sein. Anders als beim Online-Banking wird nicht nur der Server mit einem Zertifikat ausgestattet, sondern auch die beteiligten Therapeutenumgebungen.

Datenbank

Bei dem Reha-Server handelt es sich um einen Linux-Rechner, der mit einer MySQL-Datenbank ausgestattet ist. Damit Reha-Boxen und mobile Teilsysteme auf diese Daten zugreifen können, wurden gesicherte Webservices etabliert, während den Therapeutenumgebungen und dem oben erwähnten KIS-Anbindungs-Service ein gesicherter Datenbankzugriff zur Verfügung steht. Die Datenbank des Reha-Servers ist der einzige Ort, an dem Daten persistent vorgehalten werden. Darüber hinaus gilt grundsätzlich, dass Patientendaten gelöscht werden, sobald eine Behandlung abgeschlossen ist.

KIS-Anbindungs-Service, AES-Verschlüsselung

Bei dem in Abbildung 11 genannten »KIS-Anbindungs-Service« handelt es sich um ein Programm des MeineReha®-Systems, das im grünen Bereich installiert wird und mit dessen Hilfe ein bestehendes KIS auf einfache Weise an das MeineReha®-System angebunden werden kann. Dieser Service sorgt insbesondere dafür, dass patientenbezogene Daten bereits AES-verschlüsselt sind, wenn sie den grünen Bereich verlassen und in der Datenbank des Reha-Servers gespeichert werden.

© Fraunhofer FOKUS

Auf welchem Rechner dieser Service installiert wird, ist grundsätzlich unerheblich. Wichtig ist nur, dass Zugriff auf ein zu vereinbarendes Verzeichnis besteht, in welches die zu exportierenden Therapeuten-, Patienten- und Verordnungsdaten geschrieben und aus dem heraus die zu importierenden Abrechnungsdaten gelesen werden. Die notwendigen Ver- bzw. Entschlüsselungen und Datenbankzugriffe auf die zentrale Datenbank des Reha-Servers werden dann vom KIS-Anbindungs-Service geleistet.

Bei den in diesem Prozess erzeugten Dateien handelt es sich um XML-Dateien, für deren Formate jeweils XML-Schemata vereinbart wurden. Die AES-verschlüsselte Version wird vom KIS-Anbindungs-Service erzeugt, bevor die Daten das grüne Netz verlassen und verschlüsselt in die Datenbank eingetragen werden.

Gesicherte Webservices

Für die Kommunikation mit den Reha-Boxen bzw. den mobilen Teilsystemen kommt ein GlassFish 3 Webserver [174] zum Einsatz. Der Zugriff auf die Datenbank wird durch gesicherte Webservices[4] kanalisiert, bei denen für die Kanalverschlüsselung das TLS-Protokoll zum Einsatz kommt. Entsprechend wurde der Server mit einem Server-Zertifikat ausgestattet. Um die angebotenen Webservices nutzen zu können, müssen sich die Reha-Boxen bzw. mobilen Teilsysteme mit Benutzername und Kennwort am Reha-Server anmelden. Die Webservices sind so konfiguriert, dass eine über einen gewissen Zeitraum hinausgehende Inaktivität der angemeldeten Systeme eine Neuanmeldung notwendig macht[5]. Die Datensicherheit entspricht hier also der Sicherheit der Kontoabfrage beim üblichen Online-Banking [68].

Gesicherter Datenbankzugriff

Für den KIS-Anbindungs-Service und die Therapeutenumgebungen steht ein mit TLS gesicherter Datenbankzugriff zur Verfügung. Neben einem Server-Zertifikat kommt hier ein zusätzliches Client-Zertifikat zum Einsatz, mit dem sich sowohl die Therapeutenumgebungen als auch der KIS-Anbindungs-Service »ausweisen« müssen, so dass sichergestellt ist, dass nur diese Systeme auf die Datenbank zugreifen können.

Die Platzierung des Reha-Servers

Ein »typischer« Platz für den Reha-Server ist etwa, wie in Abbildung 11 angedeutet, die DMZ im zugeordneten klinischen Umfeld. Sicherheitstechnisch äquivalent ist aber jeder andere abgesicherte Ort, zu dem nur ein kontrollierter Zugang möglich ist. Dies gilt unter der Voraussetzung, dass sichergestellt ist, dass dieser Zugang nur durch auf einschlägige Datenschutzerklärungen verpflichtetes Personal erfolgt.

Die Video-Kommunikation zwischen Therapeutenumgebung und Reha-Box

Eingangs wurde erwähnt, dass die auf BRAVIS beruhende Video-Kommunikation zwischen Therapeutenumgebung und Reha-Box unabhängig vom Reha-Server ist. Die konkrete Nutzung der Videokommunikation gestaltet sich wie folgt: Hierbei sind zwar die Kontaktdaten für Therapeuten und Patienten ebenfalls auf dem Reha-Server hinter-

[4] Java JAX-RS Webservices (RESTful Webservices mit Jersey)
[5] Dieser Timeout kann beliebig angepasst werden, prototypisch sind 30 Minuten eingestellt.

legt und werden wie alle anderen Daten auch hierüber ausgetauscht. Das Streaming der Audio- und Videodaten aber findet direkt zwischen Patient und Therapeut statt, sodass keine Gesprächsdaten gespeichert werden. Allerdings kann der Reha-Server (falls gewünscht) abrechnungsrelevante Beratungsgespräche vermerken. Bei der Videokommunikation handelt es sich technisch gesehen um eine eingebundene Drittkomponente, die das Streaming von Audio- und Videodaten unabhängig vom Reha-Server abwickelt. Das gilt gleichermaßen für Therapeutenumgebung und Reha-Box. Das Sende- und Empfangsmodul ist sowohl auf der Reha-Box wie auch in der Therapeutenumgebung identisch. Das BRAVIS-Modul läuft innerhalb der jeweiligen Reha-Anwendung als untergeordneter Teil. Es wird beim Programmstart der Reha-Anwendung im Hintergrund geladen und für die Durchführung einer Videokonferenz aktiviert. Die Details des Streaming müssen daher weder die Reha-Box noch die Therapeutenumgebung kennen.

Für die Zwecke von MeineReha® wurde durch BRAVIS eine individuelle Programmierschnittstelle entwickelt. Um BRAVIS zu benutzen, ist ein gültiger Lizenzschlüssel, aber keine Anmeldung bei BRAVIS erforderlich. Personenbezogene Daten werden nicht erhoben.

7.6 Die Therapeutenumgebung

Mit Hilfe der Therapeutenumgebung betreut der Therapeut seine Patienten, indem er ausgehend von Therapieverordnungen konkrete Trainingspläne formuliert.

Therapie- und Trainingspläne beinhalten Informationen über die Patienten (Name, Alter, Diagnose, Therapie- und Trainingsziel), Informationen über die Trainingsart (z. B. Kombination von Nordic Walking, Walking und Dehnungsübungen) und Informationen über die Trainingsdauer und -länge (z. B. Trainingsintervalle, Übungsreihenfolge). Bezogen auf eine Sammlung von einzelnen Übungen wie z. B. »Taillendreher«, »Flankendehnung« oder »Beinstrecker« ist ein Trainingsplan hierbei eine Sammlung von therapierelevanten Parametern. Diese legen fest, wie oft eine dieser Übungen in welcher Ausführungsform (z. B. schnelle oder langsame Ausführung, lange oder kurze Pausenzeit etc.) durchgeführt werden soll. Diese Sammlung von Übungen kann mit ihren Parametern modifiziert werden, z. B. durch Hinzufügung einer neuen Übung oder durch Modifikation der therapierelevanten Parameter für die derzeit durchzuführende Übung.

Auf diese Datenbasis können der behandelnde Arzt und der Physiotherapeut zugreifen und sich am Therapeutenarbeitsplatz (auch Therapeutenumgebung genannt) Ergebnisse über den Trainings- und Belastungszustand der Patienten anzeigen lassen. Der Therapeutenarbeitsplatz beinhaltet die folgenden Funktionen:

- Therapiemonitor zur Begutachtung des Gesundheitszustands des Patienten
- Editor zum Bearbeiten von Trainings- und Therapieplänen
- Integrierte Kommunikation mit dem Patienten und Dokumentation des Therapiefortschritts

Die Therapie- und Trainingspläne werden dann durch den Reha-Server zur Reha-Box und zum mobilen Trainingssystem übertragen. Nach den Übungen werden die ermittelten Ergebnisse für die Therapeuten visualisiert und zum späteren Nachvollziehen hinterlegt. Zu den Ergebnissen gehört ebenfalls eine visuelle Ausgabe der Bewegungsqualität des jeweiligen Patienten, die dem Therapeuten Hinweise auf Verbesserungspotenziale

© Fraunhofer FOKUS

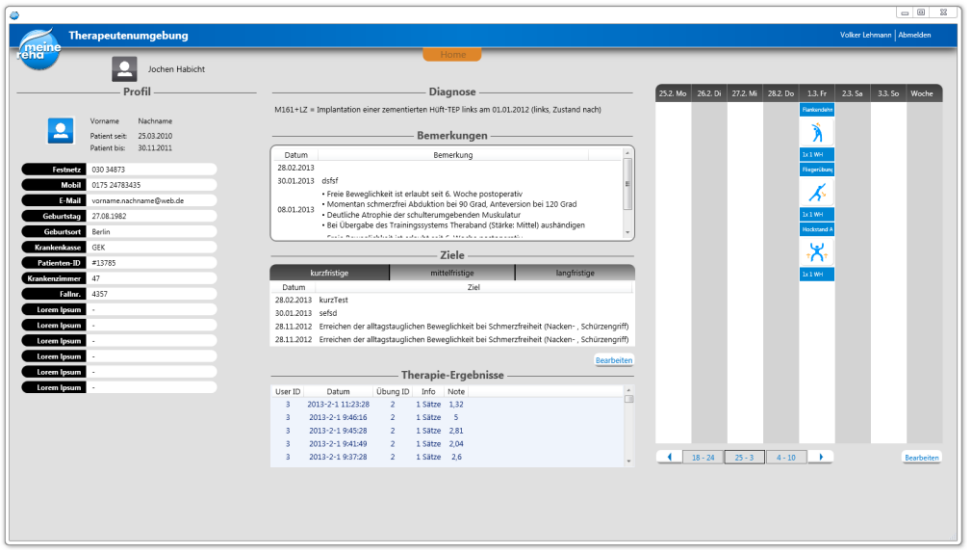
oder vorhandene Probleme bei der Durchführung von Bewegungsübungen gibt. Reha-Box und Therapeutenumgebung – und damit Patient und Therapeut – können text-basiert und per Videogespräch miteinander in Verbindung treten. Die audiovisuelle Kommunikation ermöglicht jenseits der Messdaten der Reha-Box ein visuelles Urteil der Therapeuten. Ebenso können Verbesserungshinweise direkt besprochen werden. Bislang wird die Videokonferenzsoftware BRAVIS [29] genutzt.

Therapieplaner und Übungseditor

Da mit dem Programm die Fernbetreuung eines regelmäßig trainierenden Patienten möglich sein soll, müssen mit dem Therapieplaner zukünftige Trainingseinheiten einstellbar sein. Im Gegenzug müssen im Therapiemonitor wesentliche Leistungsparameter der absolvierten Trainingseinheiten für den Therapeuten abrufbar sein. Hierbei kann es sich um Daten handeln, die für den Therapieprozess wichtig sind, wie z. B. einzelne verordnete Übungen. Aus einem mit Therapeuten erarbeiteten Übungskatalog müssen zukünftige Trainingseinheiten zusammengestellt und parametrisiert werden können. Ziele aus Sicht der Therapeuten sind dabei auch, die Ergebnisse der durchgeführten Übungen zu kontrollieren, dem Patienten neue Übungen bereitzustellen und alte Übungen in einer neuen bzw. veränderten Übungssequenz anzuordnen sowie neue Therapieziele mit dem Patienten vereinbaren zu können.

Mit Hilfe des Übungseditors werden neue Übungssequenzen erstellt oder bestehende Sequenzen modifiziert. Ebenso kann der aktuelle Therapie- und Trainingsplan an neue Parameter angepasst werden (vgl. Abbildung 12). In einer Zeitleistenansicht (Timeline) werden die Reihenfolge der Übungen, die Anzahl von Wiederholungen, die Ausführungsdauer von Übungen sowie die Pausenzeiten festgelegt (z. B. zehn Kniestrecker, zwei Minuten Pause, 30 Minuten Nordic Walking). Ebenso können Schulungsunterlagen wie z. B. erklärende Videos oder Grafiken der Übungsabläufe, aber auch Texte oder motivierende Audiodateien eingebunden werden. Die Integration standardisierter Schulungsunterlagen z. B. aus Übungskatalogen von Drittanbietern ist auch möglich.

Abbildung 12 Übungs- und Therapieeditor



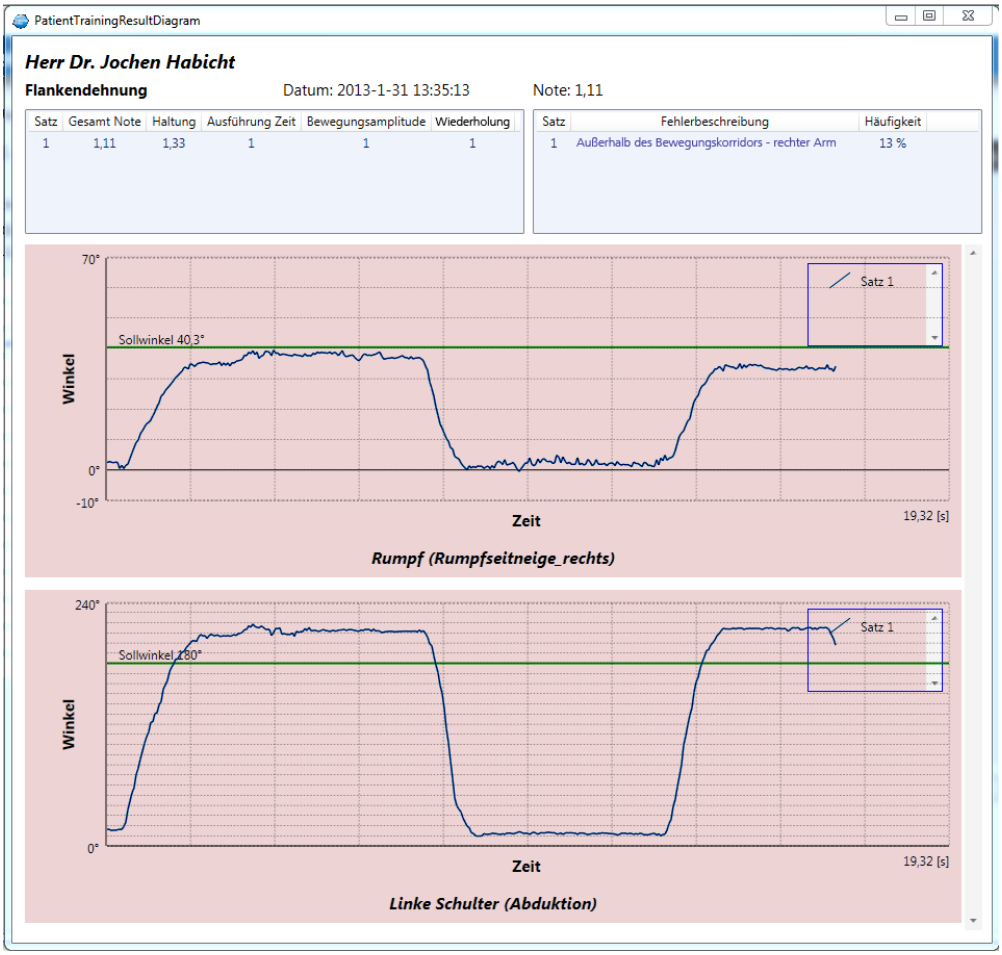
Als Ergebnis der Arbeit mit dem Übungseditor übermittelt der Therapeut eine Übungssequenz, einen modifizierten Therapieplan oder einen neuen Terminvorschlag für ein gemeinsames Videotraining an den Patienten. Die neu zusammengestellten Übungs-

sequenzen können wiederum vom Patienten vor Beginn des nächsten therapeutischen Trainings auf die Reha-Box geladen werden.

Therapiemonitor mit Ergebnisvisualisierung

Im Therapiemonitor sieht der Therapeut jeweils auf einem überblicksartigen Eingangsbildschirm alle relevanten Informationen, die er benötigt, um den Therapiefortschritt des Patienten beurteilen zu können. Dies können statistische Informationen zum Therapieverlauf, zu den durchgeführten Übungen oder auch Nachrichten der Patienten an den Therapeuten sein (vgl. Abbildung 13).

Abbildung 13 Ergebnisvisualisierung



So werden die jeweiligen Trainingsergebnisse und der therapeutische Behandlungsfortschritt für die Physiotherapeuten dargestellt und visualisiert. Dafür werden die therapierelevanten Daten von der Reha-Box oder vom mobilen Reha-System des Patienten zur Dokumentation an den Reha-Server übertragen und dem Therapeuten in der Therapeutenumgebung angezeigt. Wesentliche Größen zur Erkennung des Fortschritts sind neben der Erreichung oder Nichterreichung des geplanten Trainingsvolumens auch die tatsächlich benötigten Erholungsphasen und der Puls während der Trainingszeit, einschließlich seines Höchstwerts. Dazu gehören auch statistische Informationen über das geleistete Training sowohl in Bezug auf Quantität als auch auf Qualität. Abweichungen und auch Übererfüllung vom Plan sind erkennbar. Unregelmäßigkeiten im Bewegungsablauf bzw. unkorrekte Bewegungsmuster (z. B. Abweichungen von der Sollbewegung,

© Fraunhofer FOKUS

unzulässige Ausgleichsbewegungen) in gewissen Bewegungsabschnitten sind ebenfalls wichtige Indikatoren und werden dargestellt, damit der Physiotherapeut ggf. das Therapie- und Trainingsprogramm anpassen kann.

Kommunikations- und Dokumentationsfenster für Ärzte und Therapeuten

Um eine Nachhaltigkeit der zu Hause durchgeführten Reha-Übungen zu erzielen, müssen die Therapeuten regelmäßig in persönlichen Kontakt mit den Patienten treten. Ein Telerehabilitationssystem sollte aus diesem Grund synchrone (Videokommunikation, Telefonie) und asynchrone Kommunikationsmedien (Mail, Text, SMS) zwischen Patient, Therapeut und Gruppe besitzen. Hierzu sind die Übertragungsmöglichkeiten von Textnachrichten und eine Videokonferenz implementiert. Diese Kommunikationsmöglichkeiten ermöglichen dem Therapeuten, den Trainierenden direkt zu motivieren, zu loben oder Verbesserungsvorschläge anzubringen.

Mit Hilfe der audiovisuellen Kommunikation werden Videotelefonate zwischen Patient(en) und Therapeut(en) durchgeführt. Im Rahmen dieser Videotelefonate kann der Therapeut beispielsweise die Ausführung einer spezifischen Übung überprüfen. Das Erscheinen der grafischen Steuerelemente der eigentlichen Videoanwendung auf der grafischen Oberfläche des Telerehabilitationsprogramms soll in jedem Falle vermieden werden, da diese Steuerelemente durch zusätzliche Konfigurations- und Bedienfunktionalität die Endnutzer ablenken können. Ziel ist die für den Patienten nahtlose optische Integration in die grafische Umgebung des Rehabilitationsprogramms. Die Handhabung orientiert sich am bekannten Telefon. So ertönt nach dem Sprachbefehl zum Anruf beim Therapeuten ein Freizeichen, während dieser gebeten wird, den Anruf anzunehmen oder abzulehnen. Im Falle der Annahme startet das Gespräch auf beiden Seiten mit gleichzeitigem Erscheinen des eigenen Bilds und dem des Gesprächspartners. Für die MeineReha®-Plattform steht die grafisch integrierte Entwicklungsversion der Software BRAVIS zur Verfügung. Sie erlaubt bei bestehender Internetverbindung den Kontakt zwischen dem Trainierenden und seinem Therapeuten. Der Kommunikationsaufbau läuft dabei standardkonform mittels Session Initiation Protocol (SIP) ab.

Die in die Therapeutenumgebung integrierten Dokumentationsfelder dienen dem Arzt bzw. Therapeut als Dokumentationswerkzeug für den Behandlungsprozess. So kann er z. B. die abrechnungsrelevanten Daten (Stundenaufwände etc.) dokumentieren. Ebenso hat der Therapeut die Möglichkeit, in seiner Therapeutenumgebung Notizen zu verfassen. Diese Funktion dient der Dokumentation und Nachvollziehbarkeit der eigenen Arbeit sowie der späteren Abrechenbarkeit der Behandlungsleistung. Die Dokumentationseinheiten werden auf dem Reha-Server gespeichert und können somit auch in das KIS überführt werden. Eine zentrale Anforderung ist die sichere Datenübertragung zwischen der häuslichen Reha-Box und dem Reha-Zentrum.

7.7 Das Patienteninformationsportal

Das webbasierte Patientenportal bietet Informationen zu folgenden Punkten an:

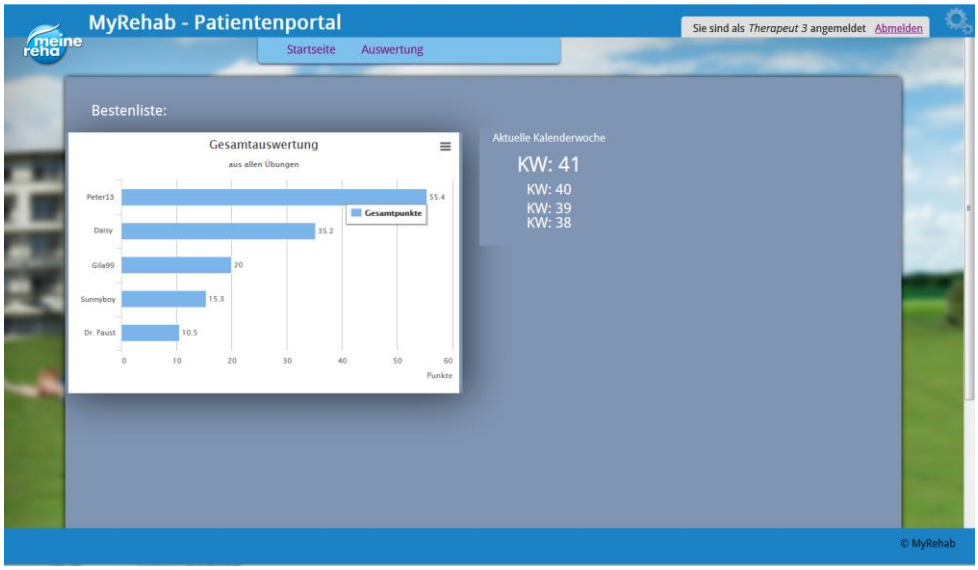
- Aktuelle Therapiepläne der betreuten Patienten
- Aktualisierte Gesundheitsinformationen und Schulungen
- Schwimmangebote, Sport, Gymnastik, Tanz
- Ortsbasierte Informationen wie Veranstaltungen, Stadtnews, Pollenwetter etc.
- Weitere Informationen (z. B. Pflegeheime im Umkreis)

Ziel ist es, webbasierte Informationsdienste und Schulungsangebote mit lokalen Trainingsformen und Fernsehfunktionalität in einer Plattform zu integrieren. Diese Plattform hat zusätzlich die Eigenschaft, dass sich das Patientenportal auf dem TV-Bildschirm darstellen lässt. Somit kann die Interaktion mit dem Benutzer auf ein einzelnes Eingabemedium wie z. B. die Fernbedienung des TV-Geräts reduziert werden. Entsprechend ist die Kombination von Tastatur und Maus nicht erforderlich. Patienten und Therapeuten greifen über Intra-/ Internet auf den Server zu und benötigen nur die Funktionalität eines einfachen Web-Browsers, unabhängig davon, ob ein solcher direkt oder als Teil eines Gesamtsystems verwendet wird.

Der Reha-Patient muss sich nicht länger die ihn interessierenden Informationen aus verschiedenen Gesundheitsportalen zusammensuchen. Durch das Patienteninformationsportal kann er seine Dienste selbstständig auswählen und verwalten. Die ausgewählten Dienste werden innerhalb des Portals in einer strukturierten Übersicht angezeigt. Auch die Therapie- und Trainingsumgebung »MeineReha®« im häuslichen Bereich kann auf die Daten zugreifen und die Inhalte aus dem Patientenportal in der Trainingsumgebung auf dem TV-Bildschirm anzeigen. Möglich ist auch, dass die einzelnen Patienten sich einloggen und dann speziell auf sie zugeschnittene Informationen erhalten, etwa ihre aktuellen Therapie- und Trainingspläne oder einen Einblick in ihre Benutzerdaten. Wenn sich die Dienste aktualisiert haben, werden die neuesten Informationen in der Datenbank auf dem Server gespeichert. So kann z. B. der Reha-Patient seine persönlichen Informationen entweder im Webportal oder in der Therapie- und Trainingsumgebung MeineReha® auf dem TV-Bildschirm einsehen.

Das Patientenportal (vgl. Abbildung 14) kann im häuslichen Umfeld, im Reha-Zentrum, im Krankenhaus oder im Outdoor-Bereich eingesetzt werden. Es benutzt folgende Standard-Webtechnologien: HTML, CSS, JavaScript, PHP, XML und MySQL. Durch die Nutzung von XML-Dateien auf dem Reha-Server lassen sich beliebig viele unterschiedliche Endgeräte erreichen. Neben der Darstellung in der Patientenanwendung »MeineReha®« lassen sich auch z. B. Smartphones zum Auslesen der Informationen benutzen. Zum Erhalt der Information ist nur ein Internetanschluss nötig.

Abbildung 14 Anonymisierte Darstellung eines sportlichen Vergleichsszenarios im Patientenportal



© Fraunhofer FOKUS

7.8 Diskussion der Datenschutzaspekte

Für den Betrieb des Gesamtsystems MeineReha® wurde ein Datenschutzkonzept erstellt und implementiert. Für die praktische Erprobung an Patienten wurde eine Risikoanalyse durchgeführt, um etwaige Gefährdungen der Patienten bei der Durchführung von Bewegungsübungen auszuschließen (*Kock et al. (2013)* [137], *Kock et al. (2013)* [138]. Im folgenden Kapitel werden in Kürze die für den Datenschutz relevanten Aspekte dargestellt.

Das Gesamtsystem MeineReha® besteht neben dem Reha-Server aus mehreren klinischen, häuslichen und mobilen Komponenten. Im klinischen Umfeld erfolgt die Anbindung an ein KIS und es wird die sogenannte Therapeutenumgebung verwendet. Im häuslichen bzw. mobilen Umfeld kommen die sogenannte Reha-Box bzw. das mobile Teilsystem zum Einsatz.

Abstrahiert man von der audiovisuellen Kommunikation, laufen alle Datenflüsse zwischen den Teilkomponenten über den Reha-Server und bestehen faktisch aus zwei asynchronen Teilschritten: Im ersten Schritt schreibt die sendende Komponente (z. B. Therapeutenumgebung) einen Datensatz in die Datenbank. Im zweiten Schritt fragt die andere Komponente (z. B. Reha-Box oder mobiles System) die Datenbank ab. In der häuslichen Komponente (Reha-Box) und im mobilen Teilsystem (Smartphone) findet eine Zwischenspeicherung der empfangenen Daten lediglich während der Übungszeit statt. Nach Beendigung der Übungseinheit werden die Daten von den Endgeräten Reha-Box bzw. Smartphone an den Reha-Server übertragen und danach auf den Endgeräten gelöscht.

Für eine vollständige Analyse aller Datenflüsse müssen also nur die bilateralen Datenflüsse zwischen Reha-Server und den anderen Teilkomponenten betrachtet werden sowie ergänzend dazu die audiovisuelle Kommunikation. Diese Einzelbetrachtungen finden sich in den folgenden Unterabschnitten. Dort sind die von der jeweiligen Teilkomponente erzeugten Datensätze kursiv markiert (vgl. Tabelle 1).

Datenflüsse zwischen KIS und Reha-Server

Sollen Patienten in das Arbeiten mit dem System einbezogen werden, so wird der KIS-Anbindungs-Service dazu genutzt, entsprechende Daten des KIS aufzunehmen. Die jeweiligen *Therapeutendaten*, *Patientendaten* und *Verordnungsdaten* werden hierbei verschlüsselt in die Datenbank des Reha-Servers übertragen und dort auch verschlüsselt gespeichert.

Umgekehrt können mit dem KIS-Anbindungs-Service auch *Abrechnungsdaten* verschlüsselt in das KIS übertragen werden.

Datenflüsse zwischen Therapeutenumgebung und Reha-Server

Mit einer Therapeutenumgebung können Trainingspläne erstellt werden. Sie kann aber auch für die Kommunikation mit den Patienten und für die Modifikation von Trainingsplänen genutzt werden, wenn die zurückfließenden Trainingsergebnisse dies nahelegen. Bezogen auf den Datenfluss in Richtung Reha-Server heißt dies zunächst einmal, dass eine Therapeutenumgebung *Trainingspläne* und *Textnachrichten* für den Patienten erzeugt. Ebenso kann der Therapeut die Therapieziele festlegen und nach Sichtung der Therapiedaten eines Patienten oder nach einer Videokonferenz mit ihm Kommentare über den Behandlungsverlauf (sogenannte *Behandlungsdaten*) eingeben.

Die *Videodaten*, die während der Gespräche zwischen Therapeuten und Patienten entstehen, werden nicht gespeichert.

Schließlich sind noch *Konfigurationsdaten*, *Abrechnungsdaten* und *Logdaten* zu nennen, die während oder nach der Nutzung des Systems erfasst werden. *Konfigurationsdaten* spiegeln Nutzerpräferenzen wider, *Abrechnungsdaten* dienen nach Abschluss der Behandlung dazu, absolvierte therapeutische Einheiten und Ergebnisse zu dokumentieren, und *Logdaten* sind ggf. im Rahmen spezieller Studien einstellbar, um die Nutzung der Therapeutenumgebungen und Patientensysteme (Reha-Box und mobiles Teilsystem) protokollieren zu können.

Tabelle 1 Vom MeineReha®-System erzeugte Datensätze

Datenart	Verwendungszweck
Therapeutendaten	Personenbezogene Daten der Therapeuten (z. B. Name, ID)
Patientendaten	Personenbezogene Daten der Patienten (z. B. Name, ID)
Verordnungsdaten	Medizinische Daten (z. B. Diagnose-Code und KTL-Code)
Trainingspläne	Listen von Übungen
Trainingsergebnisse	Listen von Ergebnissen
Textnachrichten	Zwischen Therapeut und Patient ausgetauschte Nachrichten (z. B. E-Mail, Textdatei, SMS)
Videodaten	Gesprächsdaten während der Video-Telefonie
Telefoniedaten	Gesprächsdaten während der Telefonie
Behandlungsdaten	Daten, die der Therapeut während des Behandlungsprozesses dokumentiert
Statistikdaten	Daten, die dem Patienten und Therapeuten in aggregierter Form Auskunft über den Behandlungsverlauf geben (z. B. Historie über gemachte Übungen)
Konfigurationsdaten	Daten über die Nutzereinstellungen des Systems (z. B. Art des Feedbacks, gewählter Therapeut zum Trainieren etc.)
Abrechnungsdaten	Abrechnungsrelevante Daten, die die Kosten der Dienstnutzung widerspiegeln
Logdaten	Systemdaten, die Auskunft über die Nutzung des Programms geben (z. B. Starten und Ausschalten des Computers, Starten und Beenden der MeineReha®-Anwendung)

Datenflüsse zwischen Reha-Box und Reha-Server

Betrachtet man den Datenfluss von der Reha-Box zum Reha-Server, so sind hier die Datensätze *Trainingsergebnisse*, *Konfigurationsdaten*, *Statistikdaten*, *Textnachrichten* und *Logdaten* zu nennen. *Trainingsergebnisse* helfen den Therapeuten bei der Beurteilung des Therapieerfolgs und sind ggf. die Basis für die Modifikation von Trainingsplänen. Konfigurationsdaten beziehen sich auf die Gewohnheiten eines Patienten bei der Nutzung der Reha-Box und fließen somit nicht weiter zur Therapeutenumgebung. Sie verbleiben auf dem Reha-Server und werden beim nächsten Einloggen der Reha-Box von dieser wieder vom Reha-Server eingelesen. Etwas anders verhält es sich mit den Statistikdaten. Bei diesen handelt es sich im einfachsten Fall um eine Akkumulation von *Trainingsdaten* aus der Vergangenheit, denkbar sind aber auch statistisch aufbereitete Daten. Diese sind sowohl für den Patienten als auch für den betreuenden Therapeuten von Interesse. Das Ziel der von Therapeuten bzw.

© Fraunhofer FOKUS

Patienten erstellten Textnachrichten ist der gegenseitige Informationsaustausch. Logdaten können wie oben erwähnt im Rahmen spezieller Studien erhoben werden.

Datenflüsse zwischen mobilem Teilsystem und Reha-Server

Bzgl. der Datenflüsse zum Reha-Server und umgekehrt gilt für das mobile Teilsystem im Wesentlichen das oben für die Reha-Box Gesagte. Genauer: Ein mobiles Teilsystem generiert *Trainingsergebnisse*, *Konfigurationsdaten*, *Statistikdaten* sowie *Logdaten* und kann neben den selbst generierten Daten abhängig vom eingeloggten Patienten auch die für ihn bestimmten Trainingspläne lesen.

Datenflüsse bei der Video-Kommunikation

Die auf der Videokonferenzsoftware BRAVIS beruhende Video-Kommunikation zwischen Therapeutenumgebung und Reha-Box ist technisch gesehen eine eingebundene Drittkomponente, die das Streaming von Audio- und Videodaten unabhängig vom Reha-Server abwickelt. Das Streaming findet direkt zwischen Patient und Therapeut statt, sodass keine Gesprächsdaten gespeichert werden. Allerdings kann der Reha-Server im Bedarfsfall abrechnungsrelevante Beratungsgespräche vermerken.

Datensicherheit

Beim Einsatz des MeineReha®-Systems muss sichergestellt sein, dass Unberechtigte keinesfalls Zugriff auf »persönliche Patientendaten« haben, und dass darüber hinaus auch die weiteren »technischen Daten« im Normalfall geschützt sind. Deshalb werden alle persönlichen Daten AES-verschlüsselt in der Datenbank des Reha-Servers gespeichert. Persistent werden die (verschlüsselten) Daten auch nur hier vorgehalten. Der Reha-Server steht typischerweise in der sogenannten DMZ [52] einer Klinik oder von Fraunhofer FOKUS. Eine DMZ ist der Bereich eines Computernetzes, in dem ein sicherheitstechnisch kontrollierter Zugriff auf dort installierte Server möglich ist. Bezogen auf den Reha-Server bedeutet das, dass er auf der einen Seite von den Reha-Boxen und mobilen Systemen erreicht werden kann, auf der anderen Seite aber das jeweilige interne (Klinik-)Netz vor unberechtigten Zugriffen von außen geschützt bleibt.

Ein Zugriff auf den durch ein Server-Zertifikat gesicherten Reha-Server und damit auf die dort gespeicherten Daten ist nur durch einen TLS-gesicherten Datenbankzugriff (Therapeutenumgebungen und KIS-Anbindungs-Service) bzw. durch TLS-gesicherte Webservices (Reha-Boxen bzw. mobile Teilsysteme) möglich. Auf allen Kommunikationswegen werden die Nachrichten also verschlüsselt.

Reha-Boxen und mobile Teilsysteme können erst genutzt werden, nachdem sich ein Patient mit gültiger Benutzerkennung und Passwort angemeldet hat. Bei längerer Inaktivität ist eine erneute Legitimation für die Nutzung der Webservices notwendig. Während der Nutzung liegen nur patientenspezifische Daten vor, lokale Kopien werden nach Beendigung des Systems gelöscht.

Die Verwendung einer Therapeutenumgebung erfordert neben der Anmeldung mit gültigem Benutzernamen und Kennwort zusätzlich, dass auf dem entsprechenden Rechner ein sogenanntes Client-Zertifikat installiert wurde, mit dem sich die Therapeutenumgebung gegenüber dem Reha-Server »ausweisen« muss. Zur Erhöhung der Sicherheit kann hier auch die IP-Adresse des zugreifenden Prozesses überprüft werden. Während einer Nutzung der Therapeutenumgebung liegen nur die Daten der

Patienten vor, die dem eingeloggten Therapeuten zugeordnet sind. Nach Beendigung des Systems werden alle lokal gespeicherten Daten gelöscht.

Die Sicherheit der Datenübertragung zwischen den Reha-Boxen bzw. mobilen Systemen auf der einen und dem Reha-Server auf der anderen Seite entspricht der Sicherheit beim üblichen Online-Banking (ohne Einsatz von TANs [229]), bei dem sich der Kunde mit Benutzernamen und Passwort anmeldet. Die Sicherheit bei der Nutzung der Therapeutenumgebungen geht darüber hinaus. Hier reicht es nicht, den gültigen Benutzernamen und das Passwort eines Therapeuten zu kennen, zusätzlich muss sich die Installation der Therapeutenumgebung mit einem Client-Zertifikat »ausweisen«.

Zusammenfassend kann festgehalten werden: Solange nicht ein missbräuchlicher Zugriff auf den Reha-Server erfolgt, sind die persönlichen und technischen Daten des Systems in ausreichender Weise geschützt. Die Sicherheit der Datenhaltung und Datenkommunikation geht wegen der Verwendung von Client-Zertifikaten für die Therapeutenumgebungen und durch die verschlüsselte Datenhaltung auf dem Reha-Server sogar über die Sicherheit beim Online-Banking hinaus. Geschieht dennoch ein missbräuchlicher physischer Zugriff auf den Reha-Server, so sind die dann zugänglichen technischen Daten wegen der AES-verschlüsselten persönlichen Daten »wertlos«.

Pseudonymisierung und Anonymisierung

Die zu einem Patienten gehörigen Daten werden im Betriebsmodus durch ein Paar (Klinik-ID, Patienten-ID) markiert. Darüber hinaus wird aber auch eine willkürliche Forschungs-ID generiert, die im Rahmen spezieller Studien beim Export relevanter Daten genutzt werden kann.

Die auf diese Weise exportierten Daten sind dann auf jeden Fall pseudonymisiert. Ob es sich am Ende auch um anonymisierte Daten handelt oder nicht, hängt von den konkret exportierten Daten und/ oder weiteren Maßnahmen ab. So wäre eine Anonymisierung sicher relativ einfach sicherzustellen, wenn man nur Vitaldaten, nicht aber Daten über Größe, Alter und Gewicht sowie Angaben über durchgeführte Übungen etc. exportieren würde.

© Fraunhofer FOKUS

8 Zusammenfassung und Ausblick

Der Rehabilitationsbereich steht ebenso wie die übrigen Sektoren der Gesundheitsversorgung angesichts der demografischen Entwicklung und der damit verbundenen ökonomischen Herausforderungen seit geraumer Zeit unter einem anhaltend hohen Innovationsdruck. Die Kosten werden weiter steigen, eine immer geringere Zahl von Beitragszahlern wird die zunehmende Inanspruchnahme von Leistungen finanzieren müssen. Bezogen auf das System der Gesundheitsversorgung als Ganzes wird ein Ende des Denkens in voneinander isolierten Versorgungsbereichen gefordert und eine Vernetzung im Sinne einer wirklich integrierten Versorgung, die sich strikt am Patientennutzen ausrichtet (vgl. *Porter und Guth (2012)* [185]), angemahnt. Um den Bedarf an kostenintensiven und zeitaufwändigen Therapien von vornherein zu senken, werden neben den notwendigen Rehabilitationsmaßnahmen zukünftig Präventionsmaßnahmen und die Präventivmedizin einen größeren Stellenwert erhalten.

Um die Qualität der Gesundheitsversorgung langfristig beizubehalten, bieten sich ICT-gestützte Ansätze an, um die stationär erzielten Behandlungserfolge zu verstetigen und im Sinne der Sekundärprävention therapeutische Angebote in den Alltag der Patienten zu integrieren. Die Rolle der ICT ist es, die am Behandlungsprozess beteiligten Personen zu unterstützen, die Prozess- und Informationslücken zwischen Arzt, Therapeut und Patient zu überbrücken, jedoch keinesfalls die Ärzte und Therapeuten zu ersetzen. Telerehabilitationssysteme können den konventionellen Behandlungsprozess um sinnvolle Teilaspekte wie eine erhöhte Motivation und Selbstkontrolle der Patienten, eine verbesserte Therapietreue und eine verbesserte, teilautomatisierte Dokumentation des Behandlungsverlaufs erweitern. Allerdings muss auch klar gesehen werden, dass es nur *»durch die Kombination eines eindeutig nachgewiesenen und auch wahrgenommenen Nutzens, einer veränderten Sichtweise der Bevölkerung auf die Verantwortung für die eigene Gesundheit und nicht zuletzt einer verbesserten Zusammenarbeit der beteiligten, heterogenen Akteure […] der Telemedizin gelingen [wird], sich einen festen Platz in der alltäglichen Versorgungsrealität zu sichern*« (*Pelleter (2012)* [181], S. 588).

Seit gut einem Jahrzehnt werden auch auf europäischer Ebene telerehabilitative Konzepte entwickelt und erprobt. Die großen EU-geförderten Projekte *HELLODOC* (03/2005-02/2007), *CLEAR* (09/2007-08/2010) und *CuPiD* (10/2011-09/2014) weisen bereits erste Wege in Richtung Regelversorgung (siehe Abschnitt 5.2.2). Mit dem in diesen Vorhaben gesammelten Wissen liegt ein Erfahrungsschatz darüber vor, was sich bewährt hat und wo alternative Lösungswege beschritten werden müssen. Für Deutschland liegen ebenfalls fundierte Erfahrungen aus diversen Projekten vor, die im Regelfall von einem aus Kostenträgern, Technikdienstleistern und medizinischen Forschungseinrichtungen sowie Kliniken bestehenden Verbund durchgeführt werden. Zudem werden gezielt Erprobungen praxistauglicher medizinischer Assistenzsysteme betrieben (siehe Abschnitt 5.2.1).

Wachsende Bereitschaft für groß angelegte Erprobungen

Dieses Berichtsdokument liefert in den Abschnitten 4.5, 4.7 und 5.2 vielfältige Beispiele dafür, dass TR sowohl in Deutschland als auch international für ein breites Spektrum von Indikationen und in unterschiedlichen stationären, ambulanten wie auch häuslichen Settings erprobt und kontinuierlich weiterentwickelt wird (siehe u. a. *Bayerische TelemedAllianz (2014)* [18] sowie *Kumar und Cohn (2013)* [145]). Diese Erprobungen stellen insbesondere von Seiten der maßgeblich beteiligten Kostenträger ein klares Anzeichen für ein verstärktes Interesse an TR dar. Zugleich weisen sie auf die Praxis-

tauglichkeit telerehabilitativer Konzepte hin. Derartige Ansätze bieten die Möglichkeit zu einer Flexibilisierung des Behandlungsprozesses, einer weitergehenden Vernetzung der beteiligten Akteure aus den stationären wie auch ambulanten Versorgungsbereichen und einer erhöhten Individualisierung der therapeutischen Maßnahmen. Das stärkt die aktive Beteiligung der Patienten und führt nicht zuletzt auch dazu, dass die Patienten mehr Verantwortung für den Therapiefortschritt und den Erhalt ihrer Gesundheit übernehmen (siehe Abschnitt 4.1).

Ebenso steht jedoch außer Zweifel, dass es weiterer, groß angelegter Vorhaben bedarf, um insbesondere gesundheitsökonomische Aspekte vertieft untersuchen und im Sinne der Evidenzbasierung weitere Nachweise für die medizinische Wirksamkeit der TR liefern zu können (siehe die Abschnitte 4.5 und 4.7). Hier bieten sich u. a. durch den vom BMG aufgelegten Innovationsfonds Möglichkeiten, wie die vom IGES Institut angefertigte Studie aufzeigt (*Neumann und Wolfschütz (2015)* [168]). Durch systematische Arbeit müssen die derzeit noch bestehenden Lücken geschlossen werden. Dringliche Fragen beziehen sich auf die Kosteneffektivität telerehabilitativer Ansätze, die Ermittlung besonders geeigneter Patientengruppen, die Verzahnung mit den etablierten konventionellen Behandlungsszenarien und die Unterstützung standardisierter und leitlinienkonformer Behandlungsprozesse. TR bietet die Möglichkeit, bestehende Standards in Bezug auf Struktur- und Prozessqualität aufzunehmen. Die entsprechenden Ansätze können darüber hinaus individuell an den Behandlungsverlauf angepasst werden. Auf diese Weise kann mittels der TR der dringlichen Aufforderung nachgekommen werden, Kosteneffizienz mit der Wahrung der etablierten medizinischen Behandlungsstandards zu verbinden. Wenn es gelingt, die Prozess- und Strukturqualität der DRV und der Krankenversicherungen auf Telerehabilitationssysteme zu übertragen, kann TR ein »Exportartikel Made in Germany« werden.

Erste Einsatzbereiche für Telerehabilitation

In der nahen Zukunft wird TR primär in der Rehabilitationsnachsorge eingesetzt werden. Hier wird noch einmal das Potenzial der TR deutlich, die orientiert am konkreten Nutzen für Patienten, Ärzte und Therapeuten eine sektorenübergreifende Vernetzung herbeiführen kann, aber nicht muss. Nachfolgen können aber auch Angebote, die speziell für den Behandlungsbedarf in der Klinik entwickelt wurden. Großes Potenzial für dauerhafte Kosteneinsparungen bietet zudem eine Verschränkung von stationärer oder ambulanter Rehabilitation mit TR in dem Sinne, dass ein teilweiser Ersatz der aufwändigen Visiten und Präsenzbehandlungen durch telerehabilitative Angebote stattfindet (vgl. *Jansen-Kosterink (2014)* [115]). Die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten telerehabilitativer Konzepte und auch das Vernetzungspotenzial werden in Abbildung 1 (siehe Abschnitt 4.1) angedeutet.

Es gilt klar festzuhalten: Auch die TR muss ein ganzheitliches Konzept verfolgen, dass sich an den ICF-Vorgaben orientiert. Die telerehabilitativen Angebote müssen möglichst indikationsübergreifend angelegt sein und auch ein Coaching durch die begleitenden medizinischen Experten, eine Vernetzung mit anderen Betroffenen und Selbstlernmaterialien zur aktiven Auseinandersetzung des Patienten mit seiner Krankheit (siehe z. B. *Frederix et al. (2015)* [76], S. 51) oder auch Angebote zur Ernährung sowie zur Vorbeugung und Behandlung psychischer Krankheiten umfassen.

Der gesundheitsökonomische Nutzen von TR in den unterschiedlichen Lebensbereichen zu Hause, in der Klink, im häuslichen oder auch im beruflichen Umfeld besteht in der Flexibilisierung, Individualisierung und stärkeren Patientenmotivation. Therapeutisch valide Rehabilitations- und Präventionsmaßnahmen können unter kontrollierten

© Fraunhofer FOKUS

Bedingungen in das häusliche Umfeld verlagert werden. Dafür muss sichergestellt werden, dass die Systeme einfach und intuitiv bedienbar sind und sich ihr Einsatz nahtlos in den Patientenalltag sowie den Arbeitsalltag von Ärzten und Therapeuten integriert. Zur nachhaltigen Nutzung müssen Telerehabilitationssysteme vermehrt langfristige und wirksame Motivations- und Feedbackstrategien implementieren, die sich zielgruppenspezifisch an den Bedürfnissen der Nutzer ausrichten. Ziel zukünftiger Entwicklungen muss es sein, die Systeme noch individueller auf das Leistungsvermögen und das soziale Umfeld der Patienten einstellen und anpassen zu können (z. B. durch lernende, autoadaptive Verfahren).

Wandel des Rollenverständnisses von Arzt, Therapeut und Patient

Die bewährten, über Jahrzehnte etablierten Behandlungsformen und -strukturen werden weiter bestehen bleiben. TR wird sich in der nahen Zukunft ergänzend hinzufügen und das Spektrum der Behandlungsmöglichkeiten, unter denen die Ärzte und Therapeuten wählen können, erweitern. Die kompetente Betreuung durch das medizinische Fachpersonal bleibt in allen telerehabilitativen Konzepten ein unverzichtbarer Bestandteil. TR wird in erster Linie dort ansetzen, wo Lücken im Informationsfluss bzw. Unterbrechungen und räumliche Trennungen im Behandlungsprozess bestehen, dies ist für die Reha-Nachsorge und auch die Prävention zutreffend (siehe z. B. *Tiemann et al. (2015)* [225]).

Es entstehen durch die TR aber auch neue Behandlungssituationen, die das sich wandelnde Rollenverständnis sowohl der Ärzte und Therapeuten als auch der Patienten aufgreifen. Ärzten und Therapeuten kommt – vollkommen losgelöst vom möglichen Einsatz telerehabilitativer Konzepte – zunehmend die Rolle eines Langzeitbegleiters und Coachs zu: »*Die Patient-Arzt-Beziehung wird durch ein neues Rollenverständnis intensiviert und der Patient in seiner Rolle als aktiver Partner – nicht zuletzt durch die Bereitstellung qualitätssichernder Informationen – gestärkt und in den Behandlungsprozess mit eingebunden*« (*Budych et al. (2013)* [35], S. 32). TR hilft dabei sehr konkret, den die Eigenverantwortung des Patienten stärkenden, eher beratenden sowie auf die Individualisierung der Behandlung ausgerichteten Ansatz stringenter zu verfolgen.

Der Forderung nach einem »Patient Empowerment« wird entsprochen und an die Eigenverantwortung der Patienten appelliert. Dadurch werden Patienten immer mehr zum aktiven Partner der Ärzte und Therapeuten. Der mündige Patient soll und möchte aktiv seine Gesundheit gestalten und mehr für seine Gesundheit leisten (*Schachinger (2014)* [202]).

Strukturelle Veränderungen und neue Geschäftsmöglichkeiten

TR bietet die Möglichkeit zur Flexibilisierung des Behandlungsangebots und somit auch zur Flexibilisierung des Arbeitsumfelds. Für Kliniken, ambulante Dienstleister und niedergelassenes Fachpersonal entstehen hier neue Geschäftsmöglichkeiten einer individuellen Betreuung und Nachsorge (Personal Coaching) auf Basis der Evidenzbasierten Medizin (EbM). Klinikbetreibern bietet TR die Option, Patienten bereits im stationären Behandlungsalltag eine attraktive und motivierende Form der Rehabilitation zu ermöglichen. Aber auch niedergelassene Ärzte und Therapeuten können im Anschluss an die stationäre Behandlung den Kontakt zum Patienten aufrechterhalten und individuell über räumliche Entfernungen hinweg zusätzliche Betreuungsdienstleistungen anbieten. Ärzte und Therapeuten können die Patienten mit Hilfe von Telerehabilitationssystemen auch in Heimarbeit betreuen, was eine verbesserte Vereinbarkeit von Beruf und Familie bedeuten würde. Hierfür müssen organisatorische Veränderungen im

Behandlungsablauf unter den beteiligten Anspruchsgruppen der Selbstverwaltung vereinbart werden (z. B. die Einführung von Tele-Arbeit, die Lockerung des Verbots der Fernbehandlung, die Aufwertung der am Patienten telemetrisch erhobenen Assessmentdaten, die für die Beurteilung des Therapieprozesses notwendig sind).

Langfristig werden die strukturellen Änderungen und das »Patient Empowerment« zur Flexibilisierung der Kostenerstattung führen (z. B. Selbstbeteiligung, neue Bezahl- und Erstattungsmodelle). Doch bereits heute können zur Einführung der TR und zur Abrechnung der mittels TR erbrachten Leistungen die Nachsorge- bzw. Präventionsprogramme der DRV und der Krankenkassen sowie der von den Krankenkassen mitfinanzierte Reha-Sport genutzt werden.

Vorhandene Technologien und Infrastrukturen können (einfach) genutzt werden

Für die Einführung und Nutzung von TR bestehen keine Barrieren technischer Art. Die benötigten Telekommunikations-Infrastrukturen sind vorhanden, die zur Datenverarbeitung benötigte Hardware wird immer kleiner, leichter bedienbar, leistungsstärker und kostengünstiger. Bei den verschiedenen Aufbauten zur Systemerprobung im MyRehab-Projekt hat sich gezeigt, dass eine lose Kopplung mit der vorhandenen klinischen IT-Infrastruktur von den Anwendern (u. a. IT-Verantwortliche, Geschäftsführer) bevorzugt wird. Sie erhöht die einfache Zugänglichkeit und Akzeptanz telerehabilitativer Dienste. Selbstverständlich müssen hierbei die geltenden Datenschutz-Standards im Gesundheitswesen eingehalten werden.

Aus Anwenderperspektive sind die Voraussetzungen für die Einführung von TR ebenfalls gut, da immer mehr Personen tagtäglich mit Smartphone, Tablet, PC etc. umgehen und ihre Nutzungserfahrungen einbringen können. Das gilt ebenso für die Anwendergruppen der TR, namentlich Patienten sowie Ärzte und Therapeuten. Auch im Bereich der mobilen Reha sind Produkte wie z. B. Schrittzähler, Pulsmesser und Blutdruckgeräte bereits in der breiten Bevölkerung angekommen. Hinzu kommt eine immer bessere Ausstattung mit leistungsfähigen, breitbandigen Internetanschlüssen – auch in ländlichen Regionen.

Hohe Benutzerzentrierung und agile Entwicklungsprozesse

Bei der Systementwicklung ist eine hohe Benutzerzentrierung unverzichtbar. Patienten, Ärzte und Therapeuten wünschen sich die Weiterführung therapeutischer Maßnahmen im häuslichen Umfeld – das zeigen nicht zuletzt die vom Fraunhofer FOKUS durchgeführten Pilotierungen.

Oftmals basieren die konkreten Behandlungsansätze der Ärzte und Therapeuten auf ihrem individuellen Experten- und Erfahrungswissen bzw. den medizinischen Schulen, die zur Anwendung kommen. Ebenso sind regionale oder klinikeigene Behandlungsstandards zu berücksichtigen. Daher müssen telerehabilitative Angebote an die Anforderungen und Vorlieben der Nutzergruppen anpassbar und individualisierbar sein. Über benutzerzentrierte Entwicklungsprozesse können die oftmals impliziten Anforderungen der Patienten, Ärzte und Therapeuten (sogenanntes stilles Wissen) erfasst und für eine Systementwicklung genutzt werden. Somit sind agile und flexible Entwicklungsprozesse zu bevorzugen, die in kleinen Schritten gemeinsam mit den Anwendern das System sukzessive aufbauen. Standardtechnologien und -programme sind immer dann sinnvoll und kostengünstig anwendbar, wenn leitlinienkonforme Behandlungsprozesse unterstützt und bundesweit umgesetzt werden sollen.

© Fraunhofer FOKUS

Weiterentwicklungen von MeineReha®

Fraunhofer FOKUS entwickelt seit 2008 in einem stark benutzerorientierten Entwicklungsprozess ein bewährtes Gesamtsystem zur Bewegungstherapie und hat eine IT-basierte Plattform zur Produktion und Auslieferung digitaler Therapieinhalte aufgebaut. Die Plattform ist modular strukturiert und kann sowohl für kleine Pilotierungen und Erprobungen zum Nachweis der Akzeptanz und Machbarkeit sowie für die Durchführung größerer Projekte zum Nachweis der Wirksamkeit genutzt werden. In den bereits begonnenen und in zukünftigen Projekten soll die Plattform MeineReha® gemeinsam mit Ärzten, Therapeuten und Patienten auch um Angebote aus den Bereichen Ernährung und Behandlung psychischer sowie stressbedingter Krankheiten erweitert werden. Ziel ist es, mit der bestehenden Plattform praxisnah indikationsübergreifende, ganzheitliche und digitale Therapiemodule zu entwickeln. Ein starker Fokus wird dabei weiterhin auf innovativen Technologien zur Bewegungserfassung und zur Aktivitäts- wie auch Bewegungsanalyse liegen. Hier gilt es, in Modellprojekten die Wirksamkeitsnachweise der telemedizinisch assistierten Bewegungstherapie für die Indikationen Orthopädie, Kardiologie und Neurologie zu erbringen sowie von dort aus neue Anwendungen in der Prävention und dem Betrieblichen Gesundheitsmanagement zu erschließen.

© Fraunhofer FOKUS

9 Abkürzungsverzeichnis

AAT	Aachener Aphasie-Test
AES	Advanced Encryption Standard (ein symmetrisches Verschlüsselungsverfahren)
AG MedReha	Arbeitsgemeinschaft Medizinische Rehabilitation SGB IX
BAR	Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation
BÄK	Bundesärztekammer
Betsi	Beschäftigungsfähigkeit teilhabeorientiert sichern (ein Präventionsprogramm der DRV)
BGG	Gesetz zur Gleichstellung behinderter Menschen (Kurztitel ist Behindertengleichstellungsgesetz)
BITV	Barrierefreie Informationstechnik-Verordnung
BMAS	Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMG	Bundesministerium für Gesundheit
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
CAD	Coronary Artery Disease, koronare Herzkrankheit
CCT	Clinical Controlled Trial, nichtrandomisierte kontrollierte Studie
CEA	Cost-Effectiveness Analysis, Kosten-Wirksamkeits-Analyse
CHF	Chronic Heart Failure, chronische Herzinsuffizienz
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease, chronisch obstruktive Lungenerkrankung
CR	Cardiac Rehabilitation, kardiologische Rehabilitation
CSS	Cascading Style Sheets
CUA	Cost-Utility Analysis, Kosten-Nutzwert-Analyse
CVD	Cardiovascular Disease, Herz-Kreislauf-Erkrankung
DFKI	Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz
DPtV	Deutsche PsychotherapeutenVereinigung
DGRW	Deutsche Gesellschaft für Rehabilitationswissenschaften

DIMDI	Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information
DMZ	Demilitarisierte Zone
DRG	Diagnosis Related Groups, diagnosebezogene Fallgruppen
DRV	Deutsche Rentenversicherung
EbM	Evidenzbasierte Medizin
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EFA	Elektronische FallAkte
EFRE	Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung (umgangssprachlich auch EU-Regionalfonds)
EKG	Elektrokardiogramm
ESD	Early Supported Discharge, therapeutisch begleitete Frühentlassung
EU	Europäische Union
GKV	Gesetzliche Krankenversicherung
GPS	Global Positioning System, globales Positionsbestimmungssystem
HL7	Health Level 7 (Standardisierungsorganisation)
HTA	Health Technology Assessment, Medizintechnik-Folgenabschätzung
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
ICF	International Classification of Functioning, Disability and Health, Internationale Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit
ICT	Information and Communications Technology, Informations- und Kommunikationstechnik
ID	Identifikator
IEGUS	Institut für europäische Gesundheits- und Sozialwirtschaft
IFAT	Institut für angewandte Telemedizin (am Herz- und Diabeteszentrum NRW, Bad Oeynhausen)
IGKE	Institut für Gesundheitsökonomie und Klinische Epidemiologie (der Universität zu Köln)
IP	Internet Protocol

© Fraunhofer FOKUS

IRENA	Intensivierte Rehabilitationsnachsorge (ein Programm der DRV zur ambulanten Nachsorge)
ISAP	Institut für Sozialmedizin, Arbeitsmedizin und Public Health (an der Medizinischen Fakultät der Universität Leipzig)
ISO	International Organization for Standardization, Internationale Organisation für Normung
KARENA	Kardiovaskuläres Reha-Nachsorgeprogramm (von der DRV Nord konzipiertes kardiologisches Nachsorgeprogramm)
KIS	Krankenhausinformationssystem
KTL	Klassifikation therapeutischer Leistungen
LCD	Liquid Crystal Display, Flüssigkristallbildschirm
MBOR	Medizinisch-beruflich orientierte Rehabilitation
MDS	Medizinischer Dienst des Spitzenverbandes der Krankenkassen
NIMHR	Centre for Mental Health Research (an der Australian National University, Canberra)
NST	Norwegian Centre for Integrated Care and Telemedicine
PDQ	Parkinson's Disease Questionnaire
PKV	Private Krankenversicherung
PLP	Phantom Limb Pain, Phantomschmerz
RCT	Randomized Controlled Trial, randomisierte kontrollierte Studie
RERC	Rehabilitation Engineering Research Center
SGB	Sozialgesetzbuch
SIP	Session Initiation Protocol
SMS	Short Message Service
SVR	Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen
TAN	Transaktionsnummer
TBI	Traumatic Brain Injury, Schädel-Hirn-Trauma
TK	Techniker Krankenkasse
TKA	Total Knee Arthroplastry, Einsetzen einer Knie-Totalendoprothese

TLS	Transport Layer Security
TR	Telerehabilitation
TZI	Technologie-Zentrum Informatik und Informationstechnik (der Universität Bremen)
UDPRS	Unified Parkinson's Disease Rating Scale
VR	Virtual Reality
W3C	World Wide Web Consortium
WHO	World Health Organization, Weltgesundheitsorganisation
WLAN	Wireless Local Area Network
xDT	Gruppe von Datenaustauschformaten, die im deutschen Gesundheitswesen im Bereich der niedergelassenen Ärzte benutzt werden
XML	Extensible Markup Language
ZeReNa	Zentrum Reha-Nachsorge

© Fraunhofer FOKUS

10 Quellenverzeichnis

[1] *Advanced Encryption Standard*. *Wikipedia*. (28.06.2015)

[2] AGBOOLA, STEPHEN; HALE, TIMOTHY M.; MASTERS, CAITLIN; KVEDAR, JOSEPH; JETHWANI, KAMAL: „Real-world" practical evaluation strategies: a review of telehealth evaluation. In: *JMIR Research Protocols. DOI: 10.2196/resprot.3459*. Bd. 3 (2014), Nr. 4, S. e75

[3] AGOSTINI, MICHELA; MOJA, LORENZO; BANZI, RITA; PISTOTTI, VANNA; TONIN, PAOLO; VENNERI, ANNALENA; TUROLLA, ANDREA: Telerehabilitation and recovery of motor function: a systematic review and meta-analysis. In: *Journal of Telemedicine and Telecare*. Bd. 21 (2015), Nr. 4, S. 202–213

[4] AIPERMON GMBH & CO. KG: *Aipermon – Unsere AiperMotion Produktfamilie*. Verfügbar unter: http://www.aipermon.com/produkte-aipermotion.htm (abgerufen am 14.07.2015)

[5] AKTIONSBÜNDNIS FÜR BARRIEREFREIE INFORMATIONSTECHNIK: *Web ohne Barrieren – Startseite*. Verfügbar unter: http://www.wob11.de/ (abgerufen am 09.07.2015)

[6] ANGELE, SIBYLLE: *Die medizinische Rehabilitation – ein Überblick*. Schriftenreihe der GVG. Bd. 66. Köln: GVG, 2010

[7] ANTÓN, DAVID; GOÑI, ALFREDO; ILLARRAMENDI, ARANTZA; TORRES-UNDA, JUAN-JOSÉ; SECO, JESÚS: KiReS: A Kinect-based telerehabilitation system. In: *2013 IEEE 15th International Conference on e-Health Networking, Applications Services (Healthcom)*, 2013, S. 444–448

[8] AOK NORDOST: *Wissenschaftliche Studie: AOK-Herzprogramm zeigt positive Effekte*. Verfügbar unter: http://www.aok.de/nordost/presse/Wissenschaftliche-Studie:-AOK-Herzprogramm-zeigt-positive-Effekte-06-11-2014/detail/352/lastAction/index/page/1 (abgerufen am 14.07.2015)

[9] ARBEITSGEMEINSCHAFT MEDIZINISCHE REHABILITATION SGB IX: Reha zeigt Gesicht (2014)

[10] ARMFIELD, NIGEL R.; EDIRIPPULIGE, SISIRA K.; BRADFORD, NATALIE; SMITH, ANTHONY C.: Telemedicine – is the cart being put before the horse? In: *Medical Journal of Australia*. Bd. 200 (2014), Nr. 9, S. 530–533

[11] AST, KATRIN: *Anforderungserhebung an eine interaktive, multimediale Trainings- und Therapieplattform im rehabilitativen Bereich*. Jena, Friedrich-Schiller-Universität, Institut für Sportwissenschaft, 2010

[12] AUGURZKY, BORIS; KOLODZIEJ, INGO; STROKA, MAGDALENA: Evaluation medizinischer Rehabilitationsleistungen der DRV – Abschlussbericht. Forschungsbericht im Auftrag der Deutschen Rentenversicherung (DRV) Rheinland und DRV Westfalen (2015)

[13] AUGURZKY, BORIS; REICHERT, ARNDT R.; SCHEUER, MARKUS: *Faktenbuch Medizinische Rehabilitation 2011*. RWI Materialien (Nr. 66). Essen, 2011

[14] AVILA, ANDREA; GOETSCHALCKX, KAATJE; VANHEES, LUC; CORNELISSEN, VÉRONIQUE A.: A Randomized Controlled Study Comparing Home-Based Training with Telemonitoring Guidance Versus Center-Based Training in Patients with Coronary Heart Disease: Rationale and Design of the Tele-Rehabilitation in Coronary Heart Disease (TRiCH) Study. In: *Journal of Clinical Trials. DOI: 10.4172/2167-0870.1000175*. Bd. 4 (2014), Nr. 4

[15] BALLESTER, BELÉN R.; NIRME, JENS; DUARTE, ESTHER; CUXART, AMPAR; RODRIGUEZ, SUSANA; VERSCHURE, PAUL; DUFF, ARMIN: The visual amplification of goal-oriented movements counteracts acquired non-use in hemiparetic stroke patients. In: *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. DOI: 10.1186/s12984-015-0039-z*. Bd. 12 (2015), Nr. 1

[16] BASHSHUR, RASHID; SHANNON, GARY; KRUPINSKI, ELIZABETH; GRIGSBY, JIM: The taxonomy of telemedicine. In: *Telemedicine and e-Health*. Bd. 17 (2011), Nr. 6, S. 484–494

[17] BAYERISCHES LANDESAMT FÜR; GESUNDHEIT UND LEBENSMITTELSICHERHEIT: *Gesundheit: CardioBBEAT Studie – Telemonitoring bei Herzinsuffizienz*. Verfügbar unter: http://www.lgl.bayern.de/gesundheit/gesundheitsversorgung/informationsplattform_versorgungsforschung/akteure/unibayimg_schwpkt1_projekt1.htm (abgerufen am 14.07.2015)

[18] BAYERISCHE TELEMEDALLIANZ (Hrsg.): *Spektrum Telemedizin Bayern. Aktueller Überblick telemedizinischer Projekte und Anwendungen in Bayern*. Ingolstadt: Verlag Bayerische Anzeigenblätter, 2014

[19] BDH BUNDESVERBAND REHABILITATION: *Barrierefreiheit*. Verfügbar unter: http://www.bdh-reha.de/de/aktuelles/aktuelle-meldungen/barrierefreiheit.php (abgerufen am 09.07.2015)

[20] BECKER, KURT; JACOBS, HENK: e-Health in der Physiotherapie und Prävention. In: DUESBERG, F. (Hrsg.): *e-Health 2015. Informations- und Kommunikationstechnologien im Gesundheitswesen*. Solingen: medical future verlag, 2014, S. 198–204

[21] BECKERS, RAINER: *Alternativen zur Evaluation telemedizinischer Verfahren – ein Methodenbeitrag*. Berlin: 5. Nationaler Fachkongress Telemedizin (06.11.2014)
[22] BEURER GMBH: *Aktivitätssensor | Für Fitness und Alltag - Tag & Nacht.* Verfügbar unter: https://www.beurer.com/web/de/produkte/sports/aktivitaetssensor.php (abgerufen am 14.07.2015)
[23] BIK - BARRIEREFREI INFORMIEREN UND KOMMUNIZIEREN: *Der BITV-Test*. Verfügbar unter: http://www.bitvtest.de/bitvtest.html (abgerufen am 09.07.2015)
[24] BILDA, KERSTIN; FESENFELD, ANKE; LEIENBACH, MARIE; MEYER, ELISABETH; RIEBANDT, SEBASTIAN: Teletherapie bei Aphasie. Eine Therapiestudie zur Akzeptanz und Effektivität eines internetbasierten Sprachtrainings mit integriertem Videokonferenzsystem. In: *Forum Logopädie*. Bd. 28 (2014), Nr. 2, S. 34–39
[25] BIODEX MEDICAL SYSTEMS: *Dynamometers – Physical Medicine | Biodex*. Verfügbar unter: http://www.biodex.com/physical-medicine/products/dynamometers (abgerufen am 09.07.2015)
[26] BIOMED CENTRAL: *ISRCTN Registry*. Verfügbar unter: http://www.isrctn.com/ (abgerufen am 09.07.2015)
[27] BITTNER, AVA K.; WYKSTRA, STEPHANIE L.; YOSHINAGA, PATRICK D.; LI, TIANJING: Telerehabilitation for people with low vision (Protocol). In: *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Bd. 3. CD011019 (2014)
[28] BÖCKMANN, BRITTA; HEIDEN, KATJA; KLOSE, STEFAN; BILLIG, ANDREAS: Das deutsche Telemedizinportal – Status und Perspektiven. In: DUESBERG, F. (Hrsg.): *e-Health 2015. Informations- und Kommunikationstechnologien im Gesundheitswesen*. Solingen: medical future verlag, 2014, S. 193–197
[29] BRAVIS INTERNATIONAL GMBH: *Videokonferenz für den professionellen Einsatz*. Verfügbar unter: http://www.bravis.eu/ (abgerufen am 09.07.2015)
[30] BRENNAN, DAVID M.; BARKER, LINSEY M.: Human factors in the development and implementation of telerehabilitation systems. In: *Journal of Telemedicine and Telecare*. Bd. 14 (2008), Nr. 2, S. 55–58
[31] BRENNAN, DAVID M.; MAWSON, SUE; BROWNSELL, SIMON: Telerehabilitation: enabling the remote delivery of healthcare, rehabilitation, and self management. In: *Studies in Health Technology and Informatics*. Bd. 145 (2009), S. 231–248
[32] BRIENZA, DAVID M.; MCCUE, MICHAEL: Introduction to Telerehabilitation. In: KUMAR, S.; COHN, E. R. (Hrsg.): *Telerehabilitation*. *Health informatics*. London: Springer, 2013, S. 1–11
[33] BROWN, JANET E.: Professional Associations, State Licensure, and the Reimbursement of Telerehabilitation. In: KUMAR, S.; COHN, E. R. (Hrsg.): *Telerehabilitation*. *Health informatics*. London: Springer, 2013, S. 285–296
[34] BRÜGGEMANN, SILKE: *Bewegungstherapie aus der Sicht der Deutschen Rentenversicherung. Sporttherapie, Physiotherapie und mehr*. Erkner: Fachtagung Bewegungstherapie in der medizinischen Rehabilitation – „Wie bringen wir Menschen in Bewegung?“ (23.01.2015)
[35] BUDYCH, KAROLINA; CARIUS-DÜSSEL, CHRISTINE; SCHULTZ, CARSTEN; HELMS, THOMAS M.; SCHULTZ, MARTIN; DEHM, JOHANNES; PELLETER, JÖRG; LEE, SIE-YOUN; ZIPPEL-SCHULTZ, BETTINA: *Telemedizin: Wege zum Erfolg*. Management von Innovationen im Gesundheitswesen. Stuttgart: Kohlhammer, 2013
[36] BÜHRING, PETRA: Internet-Psychotherapie: „Ein hochsensibles Feld“. In: *Deutsches Ärzteblatt*. Bd. PP 12 (2013), Nr. Oktober 2013, S. 439–440
[37] BUNDESARBEITSGEMEINSCHAFT FÜR REHABILITATION: Praxisleitfaden: Strategien zur Sicherung der Nachhaltigkeit von Leistungen zur medizinischen Rehabilitation (2008)
[38] BUNDESÄRZTEKAMMER: Telemedizinische Methoden in der Patientenversorgung – Begriffliche Verortung (2015)
[39] BUNDESMINISTERIUM FÜR BILDUNG UND FORSCHUNG: Projektsteckbrief »Bewegungsfähigkeit und Mobilität wiedererlangen (BeMobil)« (2014)
[40] BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT: *Prävention*. Verfügbar unter: http://www.bmg.bund.de/glossarbegriffe/p-q/praevention.html (abgerufen am 09.07.2015)
[41] BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT: *E-Health-Gesetz und elektronische Gesundheitskarte*. Verfügbar unter: http://www.bmg.bund.de/themen/krankenversicherung/e-health-gesetz.html (abgerufen am 10.09.2015)
[42] BUSCHMANN-STEINHAGE, ROLF; BRÜGGEMANN, SILKE: Veränderungstrends in der medizinischen Rehabilitation der gesetzlichen Rentenversicherung. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*. Bd. 54 (2011), Nr. 4, S. 404–410

© Fraunhofer FOKUS

[43] CASON, JANA: Telehealth: A Rapidly Developing Service Delivery Model for Occupational Therapy. In: *International Journal of Telerehabilitation*. Bd. 6 (2014), Nr. 1, S. 29–36

[44] CHUMBLER, NEALE R.; LI, XINLI; QUIGLEY, PATRICIA; MOREY, MIRIAM C.; ROSE, DORIAN; GRIFFITHS, PATRICIA; SANFORD, JON; HOENIG, HELEN: A randomized controlled trial on Stroke telerehabilitation: The effects on falls self-efficacy and satisfaction with care. In: *Journal of Telemedicine and Telecare*. Bd. 21 (2015), Nr. 3, S. 139–143

[45] CHUMBLER, NEALE R.; QUIGLEY, PATRICIA; LI, XINLI; MOREY, MIRIAM C.; ROSE, DORIAN; SANFORD, JON; GRIFFITHS, PATRICIA; HOENIG, HELEN: Effects of telerehabilitation on physical function and disability for stroke patients: a randomized, controlled trial. In: *Stroke*. Bd. 43 (2012), Nr. 8, S. 2168–2174

[46] COTTRELL, MICHELLE; GALEA, OLIVIA; O'LEARY, SHAUN; HILL, ANNE; RUSSELL, TREVOR: *The use of 'real-time' telerehabilitation in the treatment of a musculoskeletal and orthopaedic population: where are we up to? A systematic review. PROSPERO 2015:CRD42015020746*. Verfügbar unter: http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/display_record.asp?ID=CRD42015020746#.VZv6EUaMHo0 (abgerufen am 09.07.2015)

[47] CUPID: *Cupid Project Home*. Verfügbar unter: http://www.cupid-project.eu/home (abgerufen am 12.07.2015)

[48] CUPID-PROJEKT: CuPiD Newsletter No. 6 (2014)

[49] DECHANT, HALLIE K.; TOHME, WALID G.; MUN, SEONG K.; HAYES, WENDELIN S.; SCHULMAN, KEVIN A.: Health systems evaluation of telemedicine: a staged approach. In: *Telemedicine Journal*. Bd. 2 (1996), Nr. 4, S. 303–312

[50] DECK, R.; GLASER-MÖLLER, N. (Hrsg.): *Reha-Nachsorge. Aktuelle Entwicklungen*. Lage: Jacobs Verlag, 2014

[51] DECK, RUTH; SCHRAMM, SUSANNE; HÜPPE, ANGELIKA: Begleitete Eigeninitiative nach der Reha („neues Credo") – ein Erfolgsmodell? In: *Die Rehabilitation*. Bd. 51 (2012), S. 316–325

[52] *Demilitarized Zone*. *Wikipedia*. (27.03.2015)

[53] DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TELEMEDIZIN E.V.: *Fachkongress der Deutschen Gesellschaft für Telemedizin e. V.* Verfügbar unter: http://www.telemedizinkongress.de/index.php?lang=de (abgerufen am 09.07.2015)

[54] DEUTSCHE RENTENVERSICHERUNG BUND: Empfehlungen zur Weiterentwicklung der Reha-Nachsorge in der Rentenversicherung (2008)

[55] DEUTSCHE RENTENVERSICHERUNG BUND: *22. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium: Teilhabe 2.0 – Reha neu denken?* DRV-Schriften (Nr. 101). Berlin, 2013

[56] DEUTSCHE RENTENVERSICHERUNG BUND: *Reha-Bericht Update 2014. Die medizinische und berufliche Rehabilitation der Rentenversicherung im Licht der Statistik*, 2014

[57] DEUTSCHE RENTENVERSICHERUNG BUND: *Mit Reha von zu Hause wieder fit für den Job. Geschäftsführer Witthöft: „Nachsorge mit Teletherapie sichert Rehabilitationserfolg"*. Verfügbar unter: http://www.deutsche-rentenversicherung.de/BayernSued/de/Inhalt/4_Presse/02_Veroeffentlichungen_Veranstaltungen/Pressemitteilungen/BYS/2014/2014_04_16_Telemedizin.html (abgerufen am 14.07.2015)

[58] DEUTSCHE RENTENVERSICHERUNG BUND: *Rehabilitationssport und Nachsorge*. Verfügbar unter: http://www.deutsche-rentenversicherung.de/Allgemein/de/Navigation/2_Rente_Reha/02_Rehabilitation/02_leistungen/06_reha_nachsorge/reha_nachsorge_node.html (abgerufen am 09.07.2015)

[59] DEUTSCHE RENTENVERSICHERUNG BUND: *Prävention und Gesundheitsförderung*. Verfügbar unter: http://www.deutsche-rentenversicherung.de/Allgemein/de/Navigation/2_Rente_Reha/02_Rehabilitation/03_praevention_nachsorge_selbsthilfe/praevention_gesundheitsfoerderung_node.html (abgerufen am 09.07.2015)

[60] DEUTSCHE RENTENVERSICHERUNG BUND: *Nachsorge*. Verfügbar unter: http://www.deutsche-rentenversicherung.de/Bund/de/Navigation/2_Rente_Reha/02_reha/05_fachinformationen/03_infos_fuer_reha_einrichtungen/nachsorge_node.html (abgerufen am 09.07.2015)

[61] DEUTSCHE RENTENVERSICHERUNG BUND: *Forschungsschwerpunkt „Nachhaltigkeit durch Vernetzung"*. Verfügbar unter: http://forschung.deutsche-rentenversicherung.de/ForschPortalWeb/contentAction.do?key=main_reha_nachhaltigkeit&chmenu=ispvwNavEntriesByHierarchy146 (abgerufen am 09.07.2015)

[62] DEUTSCHES INSTITUT FÜR MEDIZINISCHE DOKUMENTATION UND INFORMATION: *DIMDI – ICF*. Verfügbar unter: http://www.dimdi.de/static/de/klassi/icf/ (abgerufen am 09.07.2015)

[63] DINESEN, BIRTHE; SEEMAN, JANNE; GUSTAFSSON, JEPPE: Development of a program for tele-rehabilitation of COPD patients across sectors: co-innovation in a network. In: *International Journal of Integrated Care*. Bd. 11 (2011), S. 1–12

[64] EGESUNDHEIT.NRW: *Patient Centred Telerehabilitation (PACT) – Telereha Phantomschmerz*. Verfügbar unter: http://egesundheit.nrw.de/projekt/telereha-phantomschmerz/ (abgerufen am 15.07.2015)

[65] EGESUNDHEIT.NRW: *TiRA – Telemedizinische intersektorale Rehabilitationsplanung in der Alterstraumatologie*. Verfügbar unter: http://egesundheit.nrw.de/projekt/tira/ (abgerufen am 15.07.2015)

[66] EINFACH FÜR ALLE: *Barrierefreie Informationstechnik-Verordnung (BITV)*. Verfügbar unter: http://www.einfach-fuer-alle.de/artikel/bitv/ (abgerufen am 09.07.2015)

[67] EKELAND, ANNE G.; BOWES, ALISON; FLOTTORP, SIGNE: Methodologies for assessing telemedicine: a systematic review of reviews. In: *International Journal of Medical Informatics*. Bd. 81 (2012), Nr. 1, S. 1–11

[68] *Electronic Banking*. *Wikipedia*. (01.07.2015)

[69] ENTERTAINMENT ROBOTICS: *Product and Solutions - Modular Interactive Tiles*. Verfügbar unter: http://www.e-robot.dk/production.html#Solutions (abgerufen am 14.07.2015)

[70] EUROPEAN COMMISSION: Final Results of the CLEAR project (2012)

[71] *EyeToy*. *Wikipedia*. (22.03.2015)

[72] FERRARA, ELISA; NARDOTTO, SONIA; PONTE, SERENA; DELLEPIANE, SILVANA G.: Infrastructure for Data Management and User Centered Rehabilitation in Rehab@Home Project. In: *Proceedings of the 7th International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments*. *PETRA '14*. New York, NY, USA: ACM, 2014, S. 21:1–21:8

[73] FRAUNHOFER FOKUS: *MyRehab – Rehabilitationsnachsorge zu Hause*. Verfügbar unter: http://meinereha.de/Deutsch/myrehab.html (abgerufen am 09.07.2015)

[74] FREDERIX, INES; HANSEN, DOMINIQUE; CONINX, KARIN; VANDERVOORT, PIETER; VAN CRAENENBROECK, EMELINE M.; VRINTS, CHRISTIAAN; DENDALE, PAUL: Telerehab III: a multi-center randomized, controlled trial investigating the long-term effectiveness of a comprehensive cardiac telerehabilitation program – Rationale and study design. In: *BMC Cardiovascular Disorders. DOI: 10.1186/s12872-015-0021-5*. Bd. 15 (2015), Nr. 1, S. 29

[75] FREDERIX, INES; HANSEN, DOMINIQUE; CONINX, KARIN; VANDERVOORT, PIETER; VANDIJCK, DOMINIQUE; HENS, NIEL; VAN CRAENENBROECK, EMELINE; VAN DRIESSCHE, NIELS; DENDALE, PAUL: Effect of comprehensive cardiac telerehabilitation on one-year cardiovascular rehospitalization rate, medical costs and quality of life: A cost-effectiveness analysis. In: *European Journal of Preventive Cardiology. DOI: 10.1177/2047487315602257* (2015)

[76] FREDERIX, INES; VANHEES, LUC; DENDALE, PAUL; GOETSCHALCKX, KAATJE: A review of telerehabilitation for cardiac patients. In: *Journal of Telemedicine and Telecare*. Bd. 21 (2015), Nr. 1, S. 45–53

[77] FRIEDRICH, PETRA; KNEITZ, J.; MARTIUS, PHILIPP; WEBER, REINHARD; SPITTLER, THOMAS; WOLF, BERNHARD: Telemedizinische Anwendungsbeobachtung mit COMES® im klinischen und heimischen Umfeld. In: *Tagungsband Ambient Assisted Living: 6. Deutscher AAL-Kongress mit Ausstellung. Lebensqualität im Wandel von Demografie und Technik*. Berlin: VDE Verlag, 2013

[78] FRIEDRICH, PETRA; SPITTLER, THOMAS; TÜBINGER, S.; TIEDGE, W.; WOLF, BERNHARD: COMES® – ein Konzept zur personalisierten telemedizinischen Assistenz – oder – auf Anruf Arzt. In: DUESBERG, F. (Hrsg.): *e-Health 2011. Informationstechnologien und Telematik im Gesundheitswesen*. Solingen: medical future verlag, 2010, S. 254–260

[79] FUSCO, FRANCESCO; MAHDAD, MARAL; TURCHETTI, GIUSEPPE: Telerehabilitation after Total Knee Replacement: Business model proposals and insights from Tuscany. In: *eTELEMED 2015: The Seventh International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine*. Lissabon, 2015, S. 33–38

[80] FUSCO, FRANCESCO; TRIESTE, LEOPOLDO; TURCHETTI, GIUSEPPE: Approaching 2014: Is Telemedicine Assessed from The Social Perspective? A Brief 2013 Systematic Review. In: *eTELEMED 2014: The Sixth International Conference on eHealth, Telemedicine, and Social Medicine*. Barcelona, 2014, S. 271–279

[81] FUSCO, FRANCESCO; TURCHETTI, GIUSEPPE: Interactive Business Models for Telerehabilitation after Total Knee Replacement. In: ORTUÑO, F.; ROJAS, I. (Hrsg.): *Bioinformatics and Biomedical Engineering*. *Lecture Notes in Computer Science*. Cham: Springer, 2015, S. 502–511

© Fraunhofer FOKUS

[82] FUTURE-SHAPE GMBH: *SensFloor® – ein großflächiger Sensorboden*. Verfügbar unter: http://www.future-shape.com/de/technologies/11 (abgerufen am 14.07.2015)
[83] GAIA AG: *deprexis*. Verfügbar unter: http://www.deprexis.de/ (abgerufen am 08.09.2015)
[84] GARMIN: *Forerunner 620*. Verfügbar unter: https://buy.garmin.com/de-DE/DE/uhren/armbänder/forerunner-620/prod122785.html (abgerufen am 14.07.2015)
[85] GENSICHEN, JOCHEN; MUTH, CHRISTIANE; BUTZLAFF, MARTIN; ROSEMANN, THOMAS; RASPE, HEINER; MÜLLER DE CORNEJO, GABRIELE; BEYER, MARTIN; HÄRTER, MARTIN; MÜLLER, ULRICH A.; U. A.: Die Zukunft ist chronisch: das Chronic Care-Modell in der deutschen Primärversorgung. Übergreifende Behandlungsprinzipien einer proaktiven Versorgung für chronische Kranke. In: *Zeitschrift für Evidenz, Fortbildung und Qualität im Gesundheitswesen*. Bd. 100 (2006), S. 365–374
[86] GERDES, NIKOLAUS; BÜHRLEN, BERNHARD; LICHTENBERG, STEPHANIE; JÄCKEL, WILFRIED: *Rehabilitationsnachsorge: Analyse der Nachsorgeempfehlungen und ihrer Umsetzung*. Regensburg: S. Roderer Verlag, 2005
[87] GIGER, MAX; DE GEEST, SABINA: Neue Versorgungsmodelle und Kompetenzen sind gefragt. In: *Schweizerische Ärztezeitung*. Bd. 89 (2008), Nr. 43, S. 1839–1843
[88] GKV-SPITZENVERBAND: Leitfaden Prävention. Handlungsfelder und Kriterien des GKV-Spitzenverbandes zur Umsetzung der §§ 20 und 20a SGB V vom 21. Juni 2000 in der Fassung vom 10. Dezember 2014 (2014)
[89] GOBLE, DANIEL J.; CONE, BRIAN L.; FLING, BRETT W.: Using the Wii Fit as a tool for balance assessment and neurorehabilitation: the first half decade of "Wii-search". In: *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation. DOI: 0.1186/1743-0003-11-12*. Bd. 11 (2014), Nr. 1, S. 12
[90] GOLDSTEIN, ROGER S.; O'HOSKI, SACHI: Telemedicine in COPD: time to pause. In: *Chest*. Bd. 145 (2014), Nr. 5, S. 945–949
[91] GOLLA, ANDRÉ; MATTUKAT, KERSTIN; HOFFMANN, R.; EHLEBRACHT-KÖNIG, INGE; KLUGE, KARIN; MAU, WILFRIED: Nutzung vorrangig neuer Kommunikationstechnologien und der „boRN-App" zur Umsetzung einer patientenzentrierten bewegungsorientierten Nachsorge. In: DEUTSCHE RENTENVERSICHERUNG BUND (Hrsg.): *22. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium: Teilhabe 2.0 – Reha neu denken*. *DRV-Schriften*. Bd. 101. Berlin, 2013, S. 59–61
[92] GREINER, WOLFGANG: Health Technology Assessment (HTA). In: SCHÖFFSKI, O.; SCHULENBURG, J.-M. G. VON DER (Hrsg.): *Gesundheitsökonomische Evaluationen*. 4. Aufl. Berlin: Springer, 2012, S. 457–479
[93] GROBE, THOMAS G.; STEINMANN, SUSANNE: Depressionsatlas. Arbeitsunfähigkeit und Arzneiverordnungen (2015)
[94] GROSS, BIRGIT: *Nachhaltigkeitsstrategien aus Sicht der Rentenversicherung*. Münster: Workshop des Nordrhein-Westfälischen Forschungsverbundes Rehabilitationswissenschaften „Strategien der Zukunft: Nachhaltigkeit und Vernetzung" (18.01.2013)
[95] HAAF, HANS-GÜNTER: *Nachhaltigkeit der medizinischen Rehabilitation der Deutschen Rentenversicherung*. Berlin: Sozialmedizinisches Symposium (20.06.2013)
[96] HABILIS EUROPE: *CLEAR project*. Verfügbar unter: http://www.habiliseurope.eu/?q=node/5 (abgerufen am 12.07.2015)
[97] HAESUM, LISA K. E.; SOERENSEN, NATASCHA; DINESEN, BIRTHE; NIELSEN, CARL; GRANN, OVE; HEJLESEN, OLE; TOFT, EGON; EHLERS, LARS: Cost-utility analysis of a telerehabilitation program: a case study of COPD patients. In: *Telemedicine and e-Health*. Bd. 18 (2012), Nr. 9, S. 688–692
[98] HAILEY, DAVID; ROINE, RISTO; OHINMAA, ARTO; DENNETT, LIZ: Evidence of benefit from telerehabilitation in routine care: a systematic review. In: *Journal of Telemedicine and Telecare*. Bd. 17 (2011), Nr. 6, S. 281–287
[99] HAILEY, DAVID; ROINE, RISTO; OHINMAA, ARTO; DENNETT, LIZ: The status of telerehabilitation in neurological applications. In: *Journal of Telemedicine and Telecare*. Bd. 19 (2013), Nr. 6, S. 307–310
[100] HANDLBAUER, RAINER; BINDL, DOMINIK; NAGELS, KLAUS; VÖLLER, HEINZ; FLECK, ECKART: CardioBBEAT – RCT-Studie zur dual klinisch-gesundheitsökonomischen Evaluation einer interaktiven Telemonitoring-Lösung für Patienten mit chronischer Herzinsuffizienz. In: BAYERISCHE TELEMEDALLIANZ (Hrsg.): *Spektrum Telemedizin Bayern. Aktueller Überblick telemedizinischer Projekte und Anwendungen in Bayern*. Ingolstadt: Verlag Bayerische Anzeigenblätter, 2014, S. 129–132
[101] HÄRTER, MARTIN; KOCH-GROMUS, UWE: Innovative Versorgungsformen und Modelle der vernetzten Versorgung. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*. Bd. 58 (2015), Nr. 4-5, S. 341–344

[102] HEESE, JÜRGEN: *Erwartungen an Qualität und Nutzenbewertung telemedizinischer Anwendungen aus Sicht der AOK Berlin-Brandenburg – Die Gesundheitskasse*. Berlin: 1. Nationaler Fachkongress Telemedizin (05.11.2010)

[103] HEIN, ACHIM: *Telemedizin in der Therapie – Die EvoCare Nachsorge in der Regelversorgung der Deutschen Rentenversicherung Bayern Süd*. München: 2. Bayerischer Tag der Telemedizin (02.04.2014)

[104] HEIN, PATRICIA: Patienten profitieren von TeleReha. In: BAYERISCHE TELEMEDALLIANZ (Hrsg.): *Spektrum Telemedizin Bayern. Aktueller Überblick telemedizinischer Projekte und Anwendungen in Bayern*. Ingolstadt: Verlag Bayerische Anzeigenblätter, 2014, S. 162–166

[105] HENDY, JANE; CHRYSANTHAKI, THEOPISTI; BARLOW, JAMES; KNAPP, MARTIN; ROGERS, ANNE; SANDERS, CAROLINE; BOWER, PETER; BOWEN, ROBERT; FITZPATRICK, RAY; U. A.: An organisational analysis of the implementation of telecare and telehealth: the whole systems demonstrator. In: *BMC Health Services Research. DOI: 10.1186/1472-6963-12-403*. Bd. 12 (2012), S. 403

[106] HERMENS, HERMIE; HUIJGEN, BARBARA; GIACOMOZZI, CLAUDIA; ILSBROUKX, STEPHAN; MACELLARI, VELIO; PRATS, ELISABET; ROGANTE, MARCO; SCHIFINI, MARIA FRANCESCA; SPITALI, MARIA CRISTINA; U. A.: Clinical assessment of the HELLODOC tele-rehabilitation service. In: *Annali dell'Istituto Superiore Di Sanità*. Bd. 44 (2008), Nr. 2, S. 154–163

[107] HINDERER, KAI-UWE; FRIEDRICH, PETRA; HÖBEL, OTTO; WOLF, BERNHARD: Telematic rehabilitation 2.0. In: FRIEDRICH, P.; CYCON, H. L.; CLAUSS, J.; WOLF, B. (Hrsg.): *2013 IEEE Third International Conference on Consumer Electronics - Berlin (ICCE-Berlin 2013)*. Piscataway, NJ: IEEE, 2013, S. 8–12

[108] HOCOMA AG: *Lokomat*. Verfügbar unter: http://www.hocoma.com/de/produkte/lokomat/ (abgerufen am 14.07.2015)

[109] HOFFMANN, BETTINA; STEIDL, STEFAN; SCIBOR, MATEUSZ; NÖTH, ELMAR; KEIDEL, MATTHIAS: Telehealth im Smarthome. Teletherapie von Sprachstörungen bei Parkinson-Patienten im häuslichen Kontext. In: BAYERISCHE TELEMEDALLIANZ (Hrsg.): *Spektrum Telemedizin Bayern. Aktueller Überblick telemedizinischer Projekte und Anwendungen in Bayern*. Ingolstadt: Verlag Bayerische Anzeigenblätter, S. 35–41

[110] HUANG, KAISEN; LIU, WEI; HE, DINGXIU; HUANG, BAOTAO; XIAO, DAN; PENG, YONG; HE, YONG; HU, HONGDE; CHEN, MAO; U. A.: Telehealth interventions versus center-based cardiac rehabilitation of coronary artery disease: A systematic review and meta-analysis. In: *European Journal of Preventive Cardiology*. Bd. 22 (2014), Nr. 8, S. 959–971

[111] HWANG, RITA; BRUNING, JARED; MORRIS, NORMAN; MANDRUSIAK, ALLISON; RUSSELL, TREVOR: A Systematic Review of the Effects of Telerehabilitation in Patients with Cardiopulmonary Diseases. In: *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation and Prevention. DOI: 10.1097/HCR.0000000000000121* (2015)

[112] IEGUS - INSTITUT FÜR EUROPÄISCHE GESUNDHEITS- UND SOZIALWIRTSCHAFT GMBH; VDI/VDE INNOVATION + TECHNIK GMBH: *Abschlussbericht zur Studie Unterstützung Pflegebedürftiger durch technische Assistenzsysteme*. Berlin, 2013

[113] INSTITUT FÜR MEDIZINMANGEMENT UND GESUNDHEITSWISSENSCHAFTEN DER UNIVERSITÄT BAYREUTH: *CardioBBEAT*. Verfügbar unter: http://www.cardiobeat.uni-bayreuth.de/de/index.html (abgerufen am 14.07.2015)

[114] JACOBS, K.; SCHULZE, S. (Hrsg.): *Sicherstellung der Gesundheitsversorgung. Neue Konzepte für Stadt und Land*. Berlin: KomPart Verlagsgesellschaft, 2011

[115] JANSEN-KOSTERINK, STEPHANIE: *The added value of telemedicine services for physical rehabilitation*. Enschede, University of Twente: Centre for Telematics and Information Technology, 2014

[116] JELCIC, NELA; AGOSTINI, MICHELA; MENEGHELLO, FRANCESCA; BUSSÈ, CINZIA; PARISE, SARA; GALANO, ANTONIETTA; TONIN, PAOLO; DAM, MAURO; CAGNIN, ANNACHIARA: Feasibility and efficacy of cognitive telerehabilitation in early Alzheimer's disease: a pilot study. In: *Clinical Interventions in Aging*. Bd. 9 (2014), S. 1605–1611

[117] JIMÉNEZ, FANNY: *Psychische Probleme: So erstaunlich effektiv sind Onlinetherapien*. Verfügbar unter: http://www.welt.de/gesundheit/psychologie/article134704968/So-erstaunlich-effektiv-sind-Onlinetherapien.html. — Die Welt

[118] JIN, WEI; CHEN, JING; SHI, FANGFANG; YANG, WUQING; ZHANG, YU; LIU, YUAN; DONG, WENSHUAI; JIN, YAN; MA, WENFENG; U. A.: Home-based tele-supervising rehabilitation for brain infarction patients (HTRBIP): study protocol for a randomized controlled trial. In: *Trials. DOI: 10.1186/s13063-015-0585-5*. Bd. 16 (2015), Nr. 1, S. 61

© Fraunhofer FOKUS

[119] JÖBGES, MICHAEL: *Telemedizin und Rehabilitation: Von der Forschung in die Praxis – Anwendungen in der TeleNeurorehabilitation*. Berlin: 5. Nationaler Fachkongress Telemedizin (06.11.2014)

[120] JOHN, MICHAEL; BERNERT, SEBASTIAN; WOLSCHKE, MIRKO: Nachhaltig und effektiv: Das telemedizinisch assistierte System MyRehab des Fraunhofer FOKUS kommt gut bei Patienten an. In: *E-HEALTH-COM. Magazin für Health-IT, Vernetzte Medizintechnik und Telemedizin* (2014), Nr. 1, S. 42–44

[121] JOHN, MICHAEL; EINHAUS, JOHANNES; GRAßHOFF, TAMARA: Bericht Expertenbefragung »Einsatzmöglichkeiten medizinischer Assistenzsysteme in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge«. Fraunhofer FOKUS (2015)

[122] JOHN, MICHAEL; HÄUSLER, BENNY; FRENZEL, MIRKO; KLOSE, STEFAN; ERNST, THILO; SEEWALD, BEATE; BÜCHER, JAN; LIEBACH, JANA; WOLSCHKE, MIRKO; U. A.: Rehabilitation im häuslichen Umfeld mit der Wii Fit – Eine empirische Studie. In: *Tagungsband Ambient Assisted Living: 2. Deutscher AAL-Kongress mit Ausstellung. Technologien – Anwendungen – Management*. Berlin: VDE Verlag, 2009, S. 238–245

[123] JOHN, MICHAEL; KLOSE, STEFAN; HÄUSLER, BENNY; BÖLKE, ANETT; MICHAELIS, TIM; FRENZEL, MIRKO; JENDRECK, MICHAEL; SIEWERT, JANKA: Reha@home – Empirische Studie zur benutzerzentrierten Entwicklung einer Telerehabilitationsanwendung für das häusliche Umfeld. In: *Tagungsband Ambient Assisted Living: 4. Deutscher AAL-Kongress. Demographischer Wandel – Assistenzsysteme aus der Forschung in den Markt*. Berlin: VDE Verlag, 2011

[124] JOHN, MICHAEL; KLOSE, STEFAN; KOCK, GERHARD; BERNERT, SEBASTIAN: Die Benutzer im Fokus – Lessons learned über die Entwicklung des Telerehabilitationssystems MeineReha®. In: BECK, E.; SCHRADER, T.; WIKARSKI, D. (Hrsg.): *Tagungsband MedPro 2014. Der informierte Mensch in der Medizin – Prozesse, Daten und Entscheidungen*. Brandenburg, 2014, S. 16–23

[125] JOHN, MICHAEL; KLOSE, STEFAN; KOCK, GERHARD; BERNERT, SEBASTIAN: MeineReha® – Gesamtsystem für die telemedizinisch assistierte Rehabilitation und Prävention. In: *Public Health Forum (in Vorbereitung)* (2015)

[126] JOHN, MICHAEL; KLOSE, STEFAN; KOCK, GERHARD; SEEWALD, BEATE; LIEBACH, JANA; WOLSCHKE, MIRKO; KRÜGER, STEFANIE: MeineReha – Gesamtsystem für die Lebensbereich übergreifende Rehabilitation und Prävention. In: DUESBERG, F. (Hrsg.): *e-Health 2013. Informationstechnologien und Telematik im Gesundheitswesen*. Solingen: medical future verlag, 2012, S. 291–296

[127] JOSMAN, NAOMI; KIZONY, RACHEL; HOF, ESTHER; GOLDENBERG, KATALIN; WEISS, PATRICE L.; KLINGER, EVELYNE: Using the virtual action planning-supermarket for evaluating executive functions in people with stroke. In: *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases: The Official Journal of National Stroke Association*. Bd. 23 (2014), Nr. 5, S. 879–887

[128] KAASA HEALTH: *Es gibt einen anderen Weg. Training gegen Phantomschmerzen ohne Medikamente*. Verfügbar unter: http://kaasahealth.com/de/phantomschmerz (abgerufen am 15.10.2015)

[129] KAASA HEALTH: *Physiofun – Products*. Verfügbar unter: http://www.physiofun.com/index.php/en/products (abgerufen am 14.07.2015)

[130] KAIRY, DAHLIA; LEHOUX, PASCALE; VINCENT, CLAUDE; VISINTIN, MARTHA: A systematic review of clinical outcomes, clinical process, healthcare utilization and costs associated with telerehabilitation. In: *Disability & Rehabilitation*. Bd. 31 (2009), Nr. 6, S. 427–447

[131] KAIRY, DAHLIA; TOUSIGNANT, MICHEL; LECLERC, NANCY; CÔTÉ, ANNE-MARIE; LEVASSEUR, MÉLANIE; U. A.: The Patient's Perspective of in-Home Telerehabilitation Physiotherapy Services Following Total Knee Arthroplasty. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health*. Bd. 10 (2013), Nr. 9, S. 3998–4011

[132] KASSENÄRZTLICHE BUNDESVEREINIGUNG: *Für Anbieter von Gesundheits-IT (ITA)*. Verfügbar unter: http://www.kbv.de/html/ita.php/4201.html (abgerufen am 09.07.2015)

[133] KASSENÄRZTLICHE BUNDESVEREINIGUNG: *Schlüsseltabellen*. Verfügbar unter: http://applications.kbv.de/keytabs/ita/schluesseltabellen.asp (abgerufen am 09.07.2015)

[134] KHAN, FARY; AMATYA, BHASKER; KESSELRING, JÜRG; GALEA, MARY: Telerehabilitation for persons with multiple sclerosis. In: *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Bd. 4. CD010508 (2015)

[135] KISELEV, JÖRN; GÖVERCIN, MEHMET; STIENHAGEN-THIESSEN, ELISABETH; JOHN, MICHAEL; KLOSE, STEFAN; KOCK, GERHARD; ROSÉ, HELGE; HENNIG, BEN; REITHINGER, NORBERT: Konzeption und Entwicklung eines interaktiven Trainingssystems zur häuslichen Sturzprophylaxe und Schlaganfallrehabilitation. In: *Tagungsband Ambient Assisted Living: 4. Deutscher AAL-Kongress. Demographischer Wandel – Assistenzsysteme aus der Forschung in den Markt*. Berlin: VDE Verlag, 2011

[136] KNARVIK, UNDINE; DOLLNER, RALPH: Telemedizin und das Management der COPD in Norwegen. In: GESELLSCHAFT FÜR VERSICHERUNGSWISSENSCHAFT UND -GESTALTUNG E.V. (Hrsg.): *eHealth Conference 2014. Menschen, Metropolen, Möglichkeiten – bessere Versorgung durch eHealth. Dokumentation der Veranstaltung vom 17. und 18. Juni 2014 in Hamburg*. *GFG-Schriftenreihe*. Bd. 75. Köln, S. 75–86

[137] KOCK, GERHARD; JOHN, MICHAEL; GIERTZ, CHRISTIAN: Bezeichnung und Beschreibung des Prüfprodukts MeineReha®. Internes Arbeitsdokument (2013)

[138] KOCK, GERHARD; JOHN, MICHAEL; KLOSE, STEFAN; JENDRECK, MICHAEL; FRENZEL, MIRKO: Risiken und Nutzen des Prüfprodukts MeineReha®. Internes Arbeitsdokument (2013)

[139] KOHLER, FABIAN; SCHMITZ-RODE, THOMAS; DISSELHORST-KLUG, CATHERINE: Introducing a feedback training system for guided home rehabilitation. In: *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. Bd. 7 (2010), Nr. 1, S. 1–11

[140] KORDY, HANS; THEIS, FLORIAN; WOLF, MARKUS: Moderne Informations- und Kommunikationstechnologie in der Rehabilitation. In: *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*. Bd. 54 (2011), Nr. 4, S. 458–464

[141] KÖRTKE, HEINRICH; FEIGE, TANJA; HAKIM-MEIBODI, KAVOUS; REISS, NILS; BÖRGERMANN, JOCHEN; KIRANA, STANLEY; GUMMERT, JAN; MIROW, NIKOLAS: Telemedizinisch basierte ambulante Rehabilitation nach Koronar- und Klappen-Operationen. In: DUESBERG, F. (Hrsg.): *e-Health 2010. Informationstechnologien und Telematik im Gesundheitswesen*. Solingen: medical future verlag, 2009, S. 178–182

[142] KÖRTKE, HEINRICH; STROMEYER, HANS; ZITTERMANN, ARMIN; BUHR, NORBERT; ZIMMERMANN, ELKE; WIENECKE, ELMAR; KÖRFER, REINER: New East-Westfalian Postoperative Therapy Concept: a telemedicine guide for the study of ambulatory rehabilitation of patients after cardiac surgery. In: *Telemedicine and e-Health*. Bd. 12 (2006), Nr. 4, S. 475–483

[143] KRÜGER-BRAND, HEIKE E.: Telerehabilitation: Sensoren helfen beim Training. In: *Deutsches Ärzteblatt*. Bd. 105 (2008), Nr. 18, S. 24

[144] KUBITSCHKE, LUTZ; CULLEN, KEVIN: *ICT & Ageing. European Study on Users, Markets and Technology*. Brüssel, 2010

[145] KUMAR, S.; COHN, E. R. (Hrsg.): *Telerehabilitation*. Health informatics. London: Springer, 2013

[146] LAVER, KATE E.; GEORGE, STACEY; THOMAS, SUSIE; DEUTSCH, JUDITH E.; CROTTY, MARIA: Virtual reality for stroke rehabilitation. In: *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Bd. 2. CD008349 (2015)

[147] LAVER, KATE E.; SCHOENE, DANIEL; CROTTY, MARIA; GEORGE, STACEY; LANNIN, NATASHA A.; SHERRINGTON, CATHERINE: Telerehabilitation services for stroke. In: *Cochrane Database of Systematic Reviews*. Bd. 12. CD010255 (2013)

[148] LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER: *Institut für Informationsverarbeitung (TNT) - Homepage of Bodo Rosenhahn*. Verfügbar unter: http://www.tnt.uni-hannover.de/staff/rosenhahn/ (abgerufen am 14.07.2015)

[149] LEPAGE, PIERRE; LÉTOURNEAU, DOMINIC; HAMEL, MATHIEU; BRIÈRE, SIMON; TOUSIGNANT, MICHEL; MICHAUD, FRANÇOIS: From Teletraining to Telehomecare – Design of Mobile and Multi-Stream Telehealth Systems. In: *Global Information Infrastructure and Networking Symposium (GIIS)*, 2014, S. 1–4

[150] LINDER, SUSAN M.; ROSENFELDT, ANSON B.; BAY, R. CURTIS; SAHU, KOMAL; WOLF, STEVEN L.; ALBERTS, JAY L.: Improving Quality of Life and Depression After Stroke Through Telerehabilitation. In: *American Journal of Occupational Therapy. DOI: 10.5014/ajot.2015.014498*. Bd. 69 (2015), Nr. 2, S. 6902290020p1–6902290020p10

[151] LIN, JIAXI; EBERT, DAVID DANIEL; LEHR, DIRK; BERKING, MATTHIAS; BAUMEISTER, HARALD: Internetbasierte kognitiv-behaviorale Behandlungsansätze: State of the Art und Einsatzmöglichkeiten in der Rehabilitation. In: *Rehabilitation*. Bd. 52 (2013), Nr. 3, S. 155–163

[152] LLORÉNS, ROBERTO; NOÉ, ENRIQUE; COLOMER, CAROLINA; ALCAÑIZ, MARIANO: Effectiveness, usability, and cost-benefit of a virtual reality-based telerehabilitation program for balance recovery after stroke: a randomized controlled trial. In: *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. Bd. 96 (2015), Nr. 3, S. 418–425.e2

[153] LOHSE, KEITH R.; HILDERMAN, COURTNEY G. E.; CHEUNG, KATHARINE L.; TATLA, SANDY; VAN DER LOOS, H. F. MACHIEL: Virtual Reality Therapy for Adults Post-Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis Exploring Virtual Environments and Commercial Games in Therapy. In: *PLoS ONE. DOI: 10.1371/journal.pone.0093318*. Bd. 9 (2014), Nr. 3, S. e93318

[154] LUCCA, LUCIA FRANCESCA: Virtual reality and motor rehabilitation of the upper limb after stroke: a generation of progress? In: *Journal of Rehabilitation Medicine*. Bd. 41 (2009), Nr. 12, S. 1003–1100

© Fraunhofer FOKUS

[155] LUNDGREN, KRISTINE; CAMPBELL, MICHAEL; BROWNELL, HIRAM; BRENNAN, DAVID; MCKEE, AMY; MORGAN, MICHELLE; SACK, COLLEEN: *Cognitive Rehabilitation via Telerehabilitation for TBI: Investigating the Potential*. San Diego, CA: Poster presentation at the Annual Convention of the American Speech-Language Hearing Association (18.11.2011)

[156] MARICARE: *How Smart floor works*. Verfügbar unter: http://maricare.com/index.php/en/how-it-works/how-maricare-works (abgerufen am 14.07.2015)

[157] MARIN, ANDRÉ: *„AOK-Curaplan Herz Plus" – ein Beispiel für patientenorientierte Versorgungsinnovationen aus der Praxis*. Erlangen: 3. Bayerischer Tag der Telemedizin (25.03.2015)

[158] MARQUIS, NICOLE; LARIVÉE, PIERRE; DUBOIS, MARIE-FRANCE; TOUSIGNANT, MICHEL: Are Improvements Maintained after In-Home Pulmonary Telerehabilitation for Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease? In: *International Journal of Telerehabilitation*. Bd. 6 (2015), Nr. 2, S. 21–30

[159] MARQUIS, NICOLE; LARIVÉE, PIERRE; SAEY, DIDIER; DUBOIS, MARIE-FRANCE; TOUSIGNANT, MICHEL: In-Home Pulmonary Telerehabilitation for Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Pre-experimental Study on Effectiveness, Satisfaction, and Adherence. In: *Telemedicine and e-Health. DOI: 10.1089/tmj.2014.0198* (2015)

[160] MCLEAN, SUSANNAH; SHEIKH, AZIZ; CRESSWELL, KATHRIN; NURMATOV, ULUGBEK; MUKHERJEE, MOME; HEMMI, AKIKO; PAGLIARI, CLAUDIA: The Impact of Telehealthcare on the Quality and Safety of Care: A Systematic Overview. In: *PLoS ONE. DOI: 10.1371/journal.pone.0071238*. Bd. 8 (2013), Nr. 8, S. e71238

[161] MEDILOGIC GMBH: *Druckmessplatte Pro*. Verfügbar unter: http://www.medilogic.com (abgerufen am 14.07.2015) . — medilogic GmbH - Ihre Spezialisten für biomechanische Messtechnik

[162] MEDIZINISCHER DIENST DES SPITZENVERBANDES BUND DER KRANKENKASSEN E.V.: Rahmenempfehlungen zur mobilen geriatrischen Rehabilitation (2007)

[163] MEDIZINISCHER DIENST DES SPITZENVERBANDES BUND DER KRANKENKASSEN E.V. (HRSG.): Begutachtungs-Richtlinie Vorsorge und Rehabilitation. Aktualisierte Fassung (2012)

[164] MEYER, BJÖRN; BIERBRODT, JULIA; SCHRÖDER, JOHANNA; BERGER, THOMAS; BEEVERS, CHRISTOPHER G.; WEISS, MARIO; JACOB, GITTA; SPÄTH, CHRISTINA; ANDERSSON, GERHARD; U. A.: Effects of an Internet intervention (Deprexis) on severe depression symptoms: Randomized controlled trial. In: *Internet Interventions*. Bd. 2 (2015), Nr. 1, S. 48–59

[165] MICROSOFT CORPORATION: *Kinect for Windows*. Verfügbar unter: https://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/ (abgerufen am 14.07.2015)

[166] MURRAY, C. J. L.; LOPEZ, A. D. (Hrsg.): *The Global Burden of Disease. A comprehensive assessment of mortality and disability from diseases, injuries, and risk factors in 1990 and projected to 2020*. Cambridge: Harvard University Press, 1996

[167] NEDERLANDS TRIAL REGISTER: *Trial Info NRT5156*. Verfügbar unter: http://www.trialregister.nl/trialreg/admin/rctview.asp?TC=5156 (abgerufen am 09.07.2015)

[168] NEUMANN, KARSTEN; WOLFSCHÜTZ, ALINA: Rahmenbedingungen im Innovationsfonds – Welche Projekte und Förderverfahren helfen, Innovationsdefizite zu überwinden? Studienbericht des IGES Institut für den Verband der Ersatzkassen e. V. (vdek) (2015)

[169] NG, YEE SIEN; CHEW, EFFIE; SAMUEL, GEOFFREY S.; TAN, YEOW LENG; KONG, KENG HE: Advances in rehabilitation medicine. In: *Singapore Medical Journal*. Bd. 54 (2013), Nr. 10, S. 538–551

[170] NORWEGIAN CENTRE FOR INTEGRATED CARE AND TELEMEDICINE: *Long-Term Integrated Telerehabilitation of COPD Patients. A Multi-Center Randomized Controlled Trial (iTrain-study)*. Verfügbar unter: http://telemed.no/long-term-integrated-telerehabilitation-of-copd-patients-a-multi-center-randomized-controlled-trial-itrain-study.5434915-247951.html (abgerufen am 09.07.2015)

[171] NOVEL GMBH: *The pedar® system – The quality in-shoe dynamic pressure measuring system*. Verfügbar unter: http://www.novel.de/novelcontent/pedar (abgerufen am 14.07.2015)

[172] OMRON HEALTHCARE: *Walking style Pro 2.0*. Verfügbar unter: http://www.omron-healthcare.de/unsere-produkte/aktivitaets-monitoring/walking-style-pro-2-0 (abgerufen am 14.07.2015) . — Omron Healthcare

[173] OPTITRACK: *Motion Capture Systems*. Verfügbar unter: http://www.optitrack.com/ (abgerufen am 14.07.2015)

[174] ORACLE CORPORATION: *GlassFish Server*. Verfügbar unter: https://glassfish.java.net/ (abgerufen am 09.07.2015)

[175] ORGANIC MOTION: *Markerless Motion Capture Software by Organic Motion*. Verfügbar unter: http://www.organicmotion.com/ (abgerufen am 14.07.2015)

[176] ORTMANN, STEFFEN; SCHÄFFNER, JAN: Telemedizinische Schlaganfallrehabilitation in den eigenen 4 Wänden. In: *Tagungsband Ambient Assisted Living: 6. Deutscher AAL-Kongress mit Ausstellung. Lebensqualität im Wandel von Demografie und Technik*. Berlin: VDE Verlag, 2013

[177] PANDA, SOUGATA; BALI, SEVEKA; KIRUBAKARAN, RICHARD: *Telerehabilitation and total knee arthroplasty: a systematic review and meta analysis of randomized controlled trials. PROSPERO 2013:CRD42013006831*. Verfügbar unter: http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/display_record.asp?ID=CRD42013006831#.VZv7_UaMHo0 (abgerufen am 09.07.2015)

[178] PANERONI, MARA; COLOMBO, FAUSTO; PAPALIA, ANTONELLA; COLITTA, ARCANGELA; BORGHI, GABRIELLA; SALERI, MANUELA; CABIAGLIA, ANTONELLA; AZZALINI, ELENA; VITACCA, MICHELE: Is Telerehabilitation a Safe and Viable Option for Patients with COPD? A Feasibility Study. In: *COPD: Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*. Bd. 12 (2015), Nr. 2, S. 217–225

[179] PARMANTO, BAMBANG; SAPTONO, ANDI; PRAMANA, GEDE; PULANTARA, WAYAN; SCHEIN, RICHARD M.; SCHMELER, MARK R.; MCCUE, MICHAEL P.; BRIENZA, DAVID M.: VISYTER: versatile and integrated system for telerehabilitation. In: *Telemedicine and e-Health*. Bd. 16 (2010), Nr. 9, S. 939–944

[180] PASCH, MARCO; BIANCHI-BERTHOUZE, NADIA; VAN DIJK, BETSY; NIJHOLT, ANTON: Movement-based sports video games: Investigating motivation and gaming experience. In: *Entertainment Computing, Intelligent Technologies for Interactive Entertainment*. Bd. 1 (2009), Nr. 2, S. 49–61

[181] PELLETER, JÖRG: *Organisatorische und institutionelle Herausforderungen bei der Implementierung von Integrierten Versorgungskonzepten am Beispiel der Telemedizin*. Burgdorf: Health Economics Research Zentrum, 2012

[182] PIOTROWICZ, EWA; BARANOWSKI, RAFAŁ; BILINSKA, MARIA; STEPNOWSKA, MONIKA; PIOTROWSKA, MALGORZATA; WÓJCIK, ANNA; KOREWICKI, JERZY; CHOJNOWSKA, LIDIA; MALEK, LUKASZ A.; U. A.: A new model of home-based telemonitored cardiac rehabilitation in patients with heart failure: effectiveness, quality of life, and adherence. In: *European Journal of Heart Failure*. Bd. 12 (2010), Nr. 2, S. 164–171

[183] PIOTROWICZ, EWA; PIOTROWICZ, RYSZARD: Cardiac telerehabilitation: current situation and future challenges. In: *European Journal of Preventive Cardiology*. Bd. 20 (2013), Nr. 2 suppl, S. 12–16

[184] PIQUERAS, MERCÈ; MARCO, ESTER; COLL, MARIA; ESCALADA, FERRAN; BALLESTER, ALEX; CINCA, CARME; BELMONTE, ROSER; MUNIESA, JOSEP M.: Effectiveness of an interactive virtual telerehabilitation system in patients after total knee arthoplasty: a randomized controlled trial. In: *Journal of Rehabilitation Medicine*. Bd. 45 (2013), Nr. 4, S. 392–396

[185] PORTER, MICHAEL E.; GUTH, CLEMENS: *Chancen für das deutsche Gesundheitssystem: Von Partikularinteressen zu mehr Patientennutzen*. Berlin: Springer, 2012

[186] PRESCHER, SANDRA; KÖHLER, FRIEDRICH: Telemedizinische Versorgung von Patienten mit Herzinsuffizienz im ländlichen Raum. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt FONTANE. In: KUNZE, H.; MUTZE, S. (Hrsg.): *Telemedizin*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2012, S. 109–114

[187] PROJEKTTRÄGER ETN IM FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH: TiRA – Telemedizinische intersektorale Rehabilitationsplanung in der Alterstraumatologie (o. J.)

[188] PUTRINO, DAVID: Telerehabilitation and emerging virtual reality approaches to stroke rehabilitation. In: *Current Opinion in Neurology*. Bd. 27 (2014), Nr. 6, S. 631–636

[189] RADOSCHEWSKI, MICHAEL; MOHNBERG, INKA: *EVA-EvoCare. Evaluation der Effektivität des teletherapeutischen Verfahrens „EvoCare" für Patienten mit Störungen kognitiver und sprachlich-kommunikativer Funktionen nach Schlaganfall in der rehabilitativen Nachsorge*. Berlin, 2009

[190] RASPE, HEINER: *Aktuelle Problemfelder der medizinischen Rehabilitation: Bedarf – Zugang – Prozess – Nachsorge*. Münster: Workshop des Nordrhein-Westfälischen Forschungsverbundes Rehabilitationswissenschaften „Strategien der Zukunft: Nachhaltigkeit und Vernetzung" (18.01.2013)

[191] RASPE, HEINER; HÜPPE, ANGELIKA: Evidenzbasierung in der medizinischen Rehabilitation: eine systematische Literaturübersicht am Beispiel der Indikation chronischer Rückenschmerz. Bericht an den Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen (im Bundesministerium für Gesundheit) (2014)

© Fraunhofer FOKUS

[192] REICHARDT, CHRISTIANE; GASTMEIER, PETRA: „Patient Empowerment". In: *Krankenhaushygiene up2date*. Bd. 08 (2013), Nr. 03, S. 157–164

[193] ROCCHI, LAURA; FARELLA, ELISABETTA; GREENLAW, REYNOLD; CHIARI, LORENZO: Tele-rehabilitation System Based on Augmented Feedback for People with Parkinson's Disease: Design Principles. In: HU, F. (Hrsg.): *Telehealthcare Computing and Engineering. Principles and Design*. Boca Raton: CRC Press, 2013, S. 99–113

[194] ROGANTE, MARCO: *Is Telerehabilitation ready for service delivery?* Pittsburgh: RERC on Telerehabilitation (RERC TR) State of the Science Conference (SOS) (13.06.2013)

[195] ROGANTE, MARCO; GRIGIONI, MAURO; CORDELLA, DANIELE; GIACOMOZZI, CLAUDIA: Ten years of telerehabilitation: A literature overview of technologies and clinical applications. In: *NeuroRehabilitation*. Bd. 27 (2010), Nr. 4, S. 287–304

[196] ROLAND BERGER STRATEGY CONSULTANTS: Best-Practice-Studie Intelligente Netze – Beispielhafte IKT-Projekte in den Bereichen Bildung, Energie, Gesundheit, Verkehr und Verwaltung (2013)

[197] ROTHGANGEL, ANDREAS STEFAN; BRAUN, SUSY; SCHULZ, RALF JOACHIM; KRAEMER, MATTHIAS; DE WITTE, LUC; BEURSKENS, ANNA; SMEETS, ROB JOHANNES: The PACT trial: PAtient Centered Telerehabilitation: Effectiveness of software-supported and traditional mirror therapy in patients with phantom limb pain following lower limb amputation: protocol of a multicentre randomised controlled trial. In: *Journal of Physiotherapy. DOI: 10.1016/j.jphys.2014.08.006*. Bd. 61 (2015), Nr. 1, S. 42

[198] RUSSELL, TREVOR G.: Telerehabilitation: a coming of age. In: *The Australian Journal of Physiotherapy*. Bd. 55 (2009), Nr. 1, S. 5–6

[199] RUSSELL, TREVOR G.; BUTTRUM, PETER; WOOTTON, RICHARD; JULL, GWENDOLEN A.: Internet-based outpatient telerehabilitation for patients following total knee arthroplasty: a randomized controlled trial. In: *The Journal of Bone and Joint Surgery. American Volume*. Bd. 93 (2011), Nr. 2, S. 113–120

[200] SACHVERSTÄNDIGENRAT ZUR BEGUTACHTUNG DER ENTWICKLUNG IM GESUNDHEITSWESEN: *Gutachten 2014. Bedarfsgerechte Versorgung – Perspektiven für ländliche Regionen und ausgewählte Leistungsbereiche*. Bern: Verlag Hans Huber, 2014

[201] SCATTAREGGIA MARCHESE, SANDRO; BARATTA, SILVANO; CINGOLANI, PASQUALE; FADDA, ANTONELLO; GIACOMOZZI, CLAUDIA; MACELLARI, VELIO; MAGNI, RICCARDO; MAGNINO, FABIO; OPISSO SALLERAS, ELOY; U. A.: Technical assessment of the HELLODOC service. In: *Annali dell'Istituto Superiore Di Sanità*. Bd. 44 (2008), Nr. 2, S. 135–144

[202] SCHACHINGER, ALEXANDER: *Der digitale Patient: Analyse eines neuen Phänomens der partizipativen Vernetzung und Kollaboration von Patienten im Internet*. Baden-Baden: Nomos, 2014

[203] SCHEID, PATRICK: *Telemedizinanwendungen im Sanitätsdienst der Bundeswehr*. Berlin: 5. Nationaler Fachkongress Telemedizin (07.11.2014)

[204] SCHELLENBERGER, MICHAEL; DITTRICH, M.; EICHNER, G.; KLEIST, B.; SCHUPP, WILFRIED; BEYER, WOLFGANG F.: Untersuchung der Wirksamkeit der Nachsorgekonzepte IRENA und EvoCare-Teletherapie bei Patienten mit Erkrankungen des Bewegungsapparates in Bezug auf körperliche Parameter. In: DEUTSCHE RENTENVERSICHERUNG BUND: *23. Rehabilitationswissenschaftliches Kolloquium: Arbeit – Gesundheit – Rehabilitation*. *DRV-Schriften*. Bd. 103. Berlin, 2014, S. 268–271

[205] SCHERF, MICHAEL; DOWNES, ROBERT: Telemedizin in der Regelversorgung. In: RASMUSSEN-BONNE, H.-E.; LAUER, R. M.; VON STOSCH, A.; FINK, T. (Hrsg.): *Life Sciences 2013 – Biotech, Medtech, Pharma*. Berlin: Biocom, 2013, S. 62–72

[206] SCHMIDT, HENNING; WERNER, CORDULA; BERNHARDT, ROLF; HESSE, STEFAN; KRÜGER, JÖRG: Gait rehabilitation machines based on programmable footplates. In: *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. Bd. 4 (2007), S. 2

[207] SCHMIDT, ISABEL; BAYERL, BRIGITTA; NAGELS, KLAUS: Der demografische Wandel und seine Implikationen für die medizinische Versorgung. Aktuelle Herausforderungen für die Gesundheitsökonomie. In: MATUSIEWICZ, D.; WASEM, J. (Hrsg.): *Gesundheitsökonomie: Bestandsaufnahme und Entwicklungsperspektiven*. *Schriften der Gesellschaft für Sozialen Fortschritt e. V*. Bd. 30. Berlin: Duncker & Humblot, 2014, S. 29–49

[208] SCHMIDT-OHLEMANN, MATTHIAS; SCHWEIZER, CAROLA: Mobile Rehabilitation: Eine Innovation in der ambulanten medizinischen Rehabilitation. In: *Die Rehabilitation*. Bd. 48 (2009), Nr. 1, S. 15–25

[209] SCHÖNBACH, KARL-HEINZ: Sektorübergreifende Sicherstellung mit Vertragspflicht der Krankenkassen. In: JACOBS, H.; SCHULZE, S. (Hrsg.): *Sicherstellung der Gesundheitsversorgung. Neue Konzepte für Stadt und Land*. Berlin: KomPart Verlagsgesellschaft, 2011, S. 97–116

[210] SCHRAMM, SUSANNE; HIMSTEDT, CHRISTIAN; DECK, RUTH: *Aufbau des webbasierten Zentrums Reha-Nachsorge (ZeReNa): www.nachderReha.de*. Lübeck: Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie der Universität zu Lübeck, 2014

[211] SCHRÖDER, JOHANNA; BRÜCKNER, KATJA; FISCHER, ANJA; LINDENAU, MATTHIAS; KÖTHER, ULF; VETTORAZZI, EIK; MORITZ, STEFFEN: Efficacy of a psychological online intervention for depression in people with epilepsy: a randomized controlled trial. In: *Epilepsia*. Bd. 55 (2014), Nr. 12, S. 2069–2076

[212] SCHÜCK, ALEX; LABRUYÈRE, ROB; VALLERY, HEIKE; RIENER, ROBERT; DUSCHAU-WICKE, ALEXANDER: Feasibility and effects of patient-cooperative robot-aided gait training applied in a 4-week pilot trial. In: *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. Bd. 9 (2012), S. 31

[213] SCHUPP, WILFRIED: Telemedizin in der Neurorehabilitation – Grundsätze, Rahmenbedingungen und eigene Studien. In: BAYERISCHE TELEMEDALLIANZ (Hrsg.): *Spektrum Telemedizin Bayern. Aktueller Überblick telemedizinischer Projekte und Anwendungen in Bayern*. Ingolstadt: Verlag Bayerische Anzeigenblätter, 2014, S. 159–162

[214] SCHWA-MEDICO MEDIZINISCHE APPARATE VERTRIEBSGESELLSCHAFT MIT BESCHRÄNKTER HAFTUNG: *PIERENSTEP - Gehstützen-Trainingssystem*. Verfügbar unter: https://schwa-medico.de/de/pierenstep-gehst%C3%BCtzen-trainingssystem (abgerufen am 14.07.2015)

[215] SEEWALD, BEATE: *Interaktive Therapieunterstützung für die Rehabilitation und Prävention im häuslichen Umfeld. Ergebnisse einer empirischen Studie zum Einsatz der Wii Fit in der Rehabilitation und Prävention und Anforderungen an technische Lösungen*. Berlin/Sankt Gallen, Universität der Künste Berlin, 2010

[216] SEEWALD, BEATE; JOHN, MICHAEL: Tele-Reha – Sichtweisen von Benutzergruppen auf eine Rehabilitation im häuslichen Umfeld. In: *Tagungsband Ambient Assisted Living: 3. Deutscher AAL-Kongress mit Ausstellung. Assistenzsysteme im Dienste des Menschen – zuhause und unterwegs*. Berlin: VDE Verlag, 2010

[217] SIK LÁNYI, CECILIA; SZŰCS, VERONIKA; DÖMŐK, TAMAS; LÁSZLÓ, ERIKA: Developing serious game for victims of stroke. In: SHARKEY, P. M.; KLINGER, E. (Hrsg.): *Proceedings of the 9th international conference on disability, virtual reality and associated technologies (ICDVRAT)*. Reading: University of Reading, 2012, S. 503–506

[218] SPECS RESEARCH LAB - UNIVERSITAT POMPEU FABRA: *Rehabilitation Gaming System*. Verfügbar unter: http://rgs-project.upf.edu/ (abgerufen am 14.07.2015)

[219] SPYRA, KARLA; BERNERT, SEBASTIAN; WILKE, KRISTIN: *Evaluation der Benutzerfreundlichkeit und Akzeptanz der graphischen Benutzeroberfläche (GUI) der im Rahmen des Projektes MyRehab entwickelten telemedizinisch assistierten Trainings- und Therapieumgebung*. Berlin: Universitätsmedizin Charité, Institut für medizinische Soziologie, Abteilung Rehabilitationsforschung, 2013

[220] STANFORD UNIVERSITY: *BioMotion Laboratory*. Verfügbar unter: http://web.stanford.edu/group/biomotion/ (abgerufen am 14.07.2015)

[221] STOUT, KATIE AMBROSE; GIRARD, PHILIP; MARTINEZ, KRISTINA: Telerehabilitation in the Military. In: KUMAR, S.; COHN, E. R. (Hrsg.): *Telerehabilitation*. *Health informatics*. London: Springer, 2013, S. 29–40

[222] SUGAR, THOMAS G.; HE, JIPING; KOENEMAN, EDWARD J.; KOENEMAN, JAMES B.; HERMAN, RICHARD; HUANG, H.; SCHULTZ, ROBERT S.; HERRING, D. E.; WANBERG, J.; U. A.: Design and control of RUPERT: a device for robotic upper extremity repetitive therapy. In: *IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering: a publication of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. Bd. 15 (2007), Nr. 3, S. 336–346

[223] TECHNIKER KRANKENKASSE: TK-DepressionsCoach. Online basierte Unterstützung bei leichtgradiger Depression (o. J.)

[224] THEODOROS, DEBORAH; RUSSELL, TREVOR: Telerehabilitation: current perspectives. In: *Studies in Health Technology and Informatics*. Bd. 131 (2008), S. 191–209

[225] TIEMANN, MICHAEL; MICHELS, HEINKE; GEDWIEN, ANDREAS; CLEMENS, ULRICH; JOHN, MICHAEL; KLOSE, STEFAN; SIEWERT, JANKA; SCHRÖDER, CORNELIA; MARTINI, JULIA; U. A.: DigiTrain – Entwicklung und Evaluation eines interaktiven, multimedialen Trainingsprogramms zur Verbesserung der Rehabilitationsnachsorge von chronischen Rückenschmerzen. In: DUESBERG, F. (Hrsg.): *e-Health 2016. Informations- und Kommunikationstechnologien im Gesundheitswesen*. Solingen: medical future verlag. In Vorbereitung, 2015

© Fraunhofer FOKUS

[226] TOUSIGNANT, MICHEL; BOISSY, PATRICK; MOFFET, HÉLÈNE; CORRIVEAU, HÉLÈNE; CABANA, FRANÇOIS; MARQUIS, FRANÇOIS; SIMARD, JESSICA: Patients' Satisfaction of Healthcare Services and Perception with In-Home Telerehabilitation and Physiotherapists' Satisfaction Toward Technology for Post-Knee Arthroplasty: An Embedded Study in a Randomized Trial. In: *Telemedicine and e-Health*. Bd. 17 (2011), Nr. 5, S. 376–382

[227] TOUSIGNANT, MICHEL; MAMPUYA, WARNER MBUILA: Telerehabilitation for patients with heart failure. In: *Cardiovascular Diagnosis and Therapy*. Bd. 5 (2015), Nr. 1, S. 74–78

[228] TOUSIGNANT, MICHEL; MOFFET, HÉLÈNE; NADEAU, SYLVIE; MÉRETTE, CHANTAL; BOISSY, PATRICK; CORRIVEAU, HÉLÈNE; MARQUIS, FRANÇOIS; CABANA, FRANÇOIS; RANGER, PIERRE; U. A.: Cost analysis of in-home telerehabilitation for post-knee arthroplasty. In: *Journal of Medical Internet Research. DOI: 10.2196/jmir.3844*. Bd. 17 (2015), Nr. 3, S. e83

[229] *Transaktionsnummer*. *Wikipedia*. (18.06.2015)

[230] *Transport Layer Security*. *Wikipedia*. (01.06.2015)

[231] TYROMOTION GMBH: *Diego® – Training im Raum*. Verfügbar unter: http://tyromotion.com/produkte/diego/ubersicht (abgerufen am 14.07.2015)

[232] UNIVERSITÄT BREMEN, ARBEITSGRUPPE DIGITALE MEDIEN: *ADAPTIFY – Das Projekt*. Verfügbar unter: https://adaptify.de/das-projekt (abgerufen am 14.07.2015)

[233] UNIVERSITÄTSKLINIKUM HEIDELBERG: *MoreGait – selbstständiges, robotisches Lokomotionstraining im häuslichen Umfeld*. Verfügbar unter: https://www.klinikum.uni-heidelberg.de/MoreGait-selbststaendiges-robotisches-Lokomotionstraining-im-haeuslichen-Umfeld.116671.0.html (abgerufen am 14.07.2015)

[234] UNIVERSITY OF YORK, CENTRE FOR REVIEWS AND DISSEMINATION: *PROSPERO – International prospective register of systematic reviews*. Verfügbar unter: http://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/ (abgerufen am 09.07.2015)

[235] U. S. DEPARTMENT OF VETERANS AFFAIRS: *VA Telehealth Services Home*. Verfügbar unter: http://www.telehealth.va.gov/index.asp (abgerufen am 09.07.2015)

[236] U. S. NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH: *Home – ClinicalTrials.gov*. Verfügbar unter: https://clinicaltrials.gov/ct2/home (abgerufen am 09.07.2015)

[237] VAUTH, FRIEDERIKE: *Alltagsorientierte Tele-Sprachtherapie bei Patienten mit schwerer chronischer Aphasie*. Frankfurt/Oder: Symposium Tele-Rehabilitation (11.04.2012)

[238] VAUTH, FRIEDERIKE; KEIDEL, MATTHIAS; SCIBOR, MATEUSZ: Alltags- und Partizipationsorientierte Tele Online-Sprach-Therapie bei schwerer Aphasie: Synchrotel. Unveröffentlichtes Manuskript (2015)

[239] VAUTH, FRIEDERIKE; SCIBOR, MATEUSZ; KEIDEL, MATTHIAS: Aphasie-Therapie „online". Tele-Sprachtherapie von Schlaganfallpatienten mit Aphasie im rehabilitativen Kontext. In: BAYERISCHE TELEMEDALLIANZ (Hrsg.): *Spektrum Telemedizin Bayern. Aktueller Überblick telemedizinischer Projekte und Anwendungen in Bayern*. Ingolstadt: Verlag Bayerische Anzeigenblätter, 2014, S. 43–47

[240] VICON MOTION SYSTEMS: *homepage | VICON*. Verfügbar unter: http://www.vicon.com/ (abgerufen am 14.07.2015)

[241] WAGNER, BIRGIT; HORN, ANDREA B.; MAERCKER, ANDREAS: Internet-based versus face-to-face cognitive-behavioral intervention for depression: A randomized controlled non-inferiority trial. In: *Journal of Affective Disorders*. Bd. 152–154 (2014), S. 113–121

[242] WALLE, ETZEL; DURNER, JOACHIM; HANDSCHU, RENÉ: *Abschlussbericht zum Pilotprojekt: Telemedizinische Live-Betreuung von Parkinson-Patienten in der häuslichen Umgebung durch bilaterale Livestream-Videobeobachtung*, 2013

[243] WELTGESUNDHEITSORGANISATION - REGIONALBÜRO FÜR EUROPA: *Der Europäische Gesundheitsbericht 2012. Ein Wegweiser zu mehr Wohlbefinden*. Kopenhagen, 2014

[244] WINTERS, JACK M.: Telerehabilitation Research: Emerging Opportunities. In: *Annual Review of Biomedical Engineering*. Bd. 4 (2002), Nr. 1, S. 287–320

[245] WITTCHEN, HANS-ULRICH; MÜLLER, NINA; SCHMIDKUNZ, B.; WINTER, S.; PFISTER, HILDEGARD: Erscheinungsformen, Häufigkeit und Versorgung von Depressionen. Ergebnisse des bundesweiten Gesundheitssurveys „Psychische Störungen". In: *Fortschritte der Medizin*. Bd. 118 (2000), S. S4–10

[246] WOOTTON, RICHARD: Twenty years of telemedicine in chronic disease management – an evidence synthesis. In: *Journal of Telemedicine and Telecare*. Bd. 18 (2012), Nr. 4, S. 211–220

[247] WORLD HEALTH ORGANIZATION: *ICTRP Search Portal*. Verfügbar unter: http://apps.who.int/trialsearch/Default.aspx (abgerufen am 09.07.2015)

[248] XSENS: *MTw Development Kit – Products*. Verfügbar unter: https://www.xsens.com/products/mtw-development-kit/ (abgerufen am 14.07.2015)
[249] XYBERMIND GMBH: *Achillex*. Verfügbar unter: http://www.achillex.de/products/main.htm (abgerufen am 14.07.2015)
[250] ZAMPOLINI, MAURO; TODESCHINI, ELISABETTA; BERNABEU GUITART, MONTSERRAT; HERMENS, HERMIE; ILSBROUKX, STEPHAN; MACELLARI, VELIO; MAGNI, RICCARDO; ROGANTE, MARCO; SCATTAREGGIA MARCHESE, SANDRO; U. A.: Tele-rehabilitation: present and future. In: *Annali dell'Istituto Superiore Di Sanità*. Bd. 44 (2008), Nr. 2, S. 125–134
[251] ZANABONI, PAOLO; LIEN, LINDA AARØEN; HJALMARSEN, AUDHILD; WOOTTON, RICHARD: Long-term telerehabilitation of COPD patients in their homes: interim results from a pilot study in Northern Norway. In: *Journal of Telemedicine and Telecare*. Bd. 19 (2013), Nr. 7, S. 425–429
[252] ZANABONI, PAOLO; WOOTTON, RICHARD: Adoption of telemedicine: from pilot stage to routine delivery. In: *BMC Medical Informatics and Decision Making. DOI: 10.1186/1472-6947-12-1*. Bd. 12 (2012), S. 1
[253] ZENTRUM FÜR KARDIOVASKULÄRE TELEMEDIZIN GMBH: *Fontane – Chronische Herzinsuffizienz*. Verfügbar unter: http://www.gesundheitsregion-fontane.de/index.php?id=62 (abgerufen am 14.07.2015)
[254] ZEPHYR TECHNOLOGY CORPORATION: *HxM Smart – Heart Rate Monitor for iPhone and Android 4.3 with Bluetooth Low-Energy*. Verfügbar unter: http://zephyranywhere.com/products/hxm-smart-heart-rate-monitor/ (abgerufen am 09.07.2015)

© Fraunhofer FOKUS

11 Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

Abbildungen

Abbildung 1 Das Rehabilitations-Kontinuum (in Anlehnung an *Ng et al. (2013)* [168], S. 543) ... 16
Abbildung 2 Überblicksartige Darstellung eines medizinischen Assistenzsystems ... 40
Abbildung 3 Schichten eines Telerehabilitationssystems ... 41
Abbildung 4 Das MeineReha®-System im Überblick ... 70
Abbildung 5 Echtzeitfeedback während der Übungsausführung ... 75
Abbildung 6 Konfigurationsmenü ... 78
Abbildung 7 Schulungsraum mit aktivierter Videokonferenz ... 79
Abbildung 8 Körpernahes Sensornetzwerk zur Erfassung von Vital- und Bewegungsdaten ... 81
Abbildung 9 Willkommensbildschirm und Trainingsplan ... 83
Abbildung 10 Aktuelle Daten bei Trainingsdurchführung und unmittelbare Auswertung ... 84
Abbildung 11 »Typische« Netzstruktur einer MeineReha®-Installation ... 86
Abbildung 12 Übungs- und Therapieeditor ... 89
Abbildung 13 Ergebnisvisualisierung ... 90
Abbildung 14 Anonymisierte Darstellung eines sportlichen Vergleichsszenarios im Patientenportal ... 92
Abbildung 15 Geeignete Indikationen (Ärzte und Therapeuten) ... 126
Abbildung 16 Voraussetzungen für den Regelbetrieb ... 128
Abbildung 17 Finanzierung des Einsatzes ... 128
Abbildung 18 Budgethöhe für Pilotierung ... 129
Abbildung 19 Kostenrelevante Faktoren ... 130
Abbildung 20 Zu berücksichtigende Entwicklungsstandards ... 131
Abbildung 21 Arzt und Patient bei der Diagnose und Verordnung der individuellen Anwendungen ... 137
Abbildung 22 Entwicklung interaktiver Assistenzsysteme am Fraunhofer FOKUS ... 138
Abbildung 23 Therapeuten weisen die Patienten während des Klinikaufenthalts in MeineReha® ein ... 138
Abbildung 24 Flexible Nutzungsmöglichkeit des mobilen Systems ... 139
Abbildung 25 Die Feedback-Funktionen von MeineReha® helfen den Patienten beim eigenständigen Training zu Hause ... 139
Abbildung 26 Das mobile System erfasst Vital- und Bewegungsdaten für die Dokumentation des Therapiefortschritts ... 140
Abbildung 27 Patient sieht seine Therapie- und Trainingsdaten im persönlichen Patientenportal ein ... 140
Abbildung 28 Der Therapeut erstellt den Therapie- und Trainingsplan an seinem Computerarbeitsplatz ... 141
Abbildung 29 Patient und Therapeut bei der Durchsprache der Therapieergebnisse während einer Videokonferenz ... 141
Abbildung 30 Arzt, Therapeut und Patient überprüfen den Therapieerfolg in der Reha-Klinik ... 142

Tabellen

Tabelle 1 Vom MeineReha®-System erzeugte Datensätze 94
Tabelle 2 Gewünschter Funktionsumfang eines medizinischen Assistenzsystems 127

© Fraunhofer FOKUS

A Anhang

A.1 Empirie

A.1.1 Empirische Untersuchungen zum Telerehabilitationssystem MeineReha®

Wii-Fit-Studie

In der Wii-Fit-Studie wurde anhand der Evaluation der Wii Fit untersucht, welche Kriterien und technischen Anforderungen spielebasierte, interaktive Therapieunterstützungen zur Steigerung der motivationalen Nachhaltigkeit bei rehabilitativen Maßnahmen erfüllen sollen [122]. Die Studie wurde am Reha-Zentrum Lübben, einer Fachklinik für Orthopädie und Onkologie, im Zeitraum von August 2008 bis Juli 2009 mit insgesamt 60 Patienten in zwei Erhebungswellen mit 20 bzw. 40 Patienten durchgeführt.

Die als Zufallsstichprobe ausgewählten Patienten wurden während ihres stationären dreiwöchigen Rehabilitationsaufenthalts dazu angehalten, zweimal täglich selbstständig vorgegebene Übungen zum Muskelaufbau mit einem konventionellen Footstepper oder mit dem Wii Balance Board auf ihren Zimmern durchzuführen. In der ersten Studienphase mit 20 Patienten wurde konkret der Frage nachgegangen, inwieweit die spielerischen Funktionen des Wii-Fit-Programms (Balancespiele und Übungen zur Muskelkräftigung) ausreichend sind, um den Nutzer zur Durchführung von zusätzlichen, freiwilligen Trainings- und Therapieeinheiten zu motivieren. Es wurde analysiert, ob die Bereitschaft, Muskelkräftigungsübungen im häuslichen Umfeld durchzuführen, durch eine Spieleumgebung mit Echtzeitvisualisierung der Übungen gesteigert werden kann.

In einer zweiten, vertiefenden Studienphase mit 40 Teilnehmern wurde ermittelt, welche Faktoren das interaktive, multimediale Training aus der Sicht der Patienten besonders beeinflusst haben. Die Gruppe war sowohl hinsichtlich ihres Ausbildungsstands als auch des Alters sowie der Art ihrer Bewegungseinschränkung und Therapieziele heterogen zusammengesetzt. Hier wurde zusätzlich nach den erwünschten Motivationsmechanismen gefragt, damit ein sensorbasiertes, interaktives und motivierendes Bewegungs-, Kraft-, Koordinations- und Konditionstraining den Patienten nicht nur während des intensiv betreuten Rehabilitationsaufenthalts, sondern auch im Anschluss zu regelmäßigen Bewegungs- und Funktionsübungen animiert [215].

Evaluation der MyRehab-Prototypen

In einer projektbegleitenden Evaluation des MyRehab-Prototypen wurden im Jahr 2010 mit insgesamt 36 Teilnehmern die bereits implementierten Funktionen des Patientensystems auf Akzeptanz überprüft sowie Diskussionen in Fokusgruppen geführt, um weitere Anforderungen an das zukünftige Telerehabilitationssystem abzuleiten [123]. Mit Hilfe eines semistrukturierten Interviewleitfadens wurden Fragen zu Inbetriebnahme und Konfigurationsprozess für individuelle Einstellungen des Geräts, Programm- und Menüstruktur der angebotenen multimedialen Trainingsumgebung, Steuerungsmöglichkeiten per Sprache und zur Videokonferenz mit dem Therapeuten, Akzeptanz der Übungs-Visualisierung (direktes visuelles Feedback), Übungsanweisung durch einen realen und virtuellen Trainer und zur Übungsmotivation gestellt. In weiterführenden Fokusgruppendiskussionen konnten die Teilnehmer auf Basis der Erfahrungen mit dem System Verbesserungsvorschläge und Ideen einbringen.

In der von April bis Oktober 2013 durchgeführten Abschlussevaluation des Projekts wurden dann in einer empirischen Untersuchung mit 32 Teilnehmern die erweiterten Navigations- und Steuermöglichkeiten per Tastatur, Sprache und Gestik sowie das Raumkonzept für die Orientierung und Navigation innerhalb der Programmstruktur untersucht [219] [124] [125]. Ebenso wurden das Feedbackkonzept der visuellen Projektion des Nutzers in den Trainingsraum (»Spiegelmetapher«) sowie das Echtzeitfeedback in Form des einfachen Ampelsystems auf ihre Akzeptanz hin erprobt. Mittels der integrierten Videokommunikationslösung wurde evaluiert, ob sie Therapeuten als ein Werkzeug zur Anleitung und Kontrolle bei der Bewegungsausführung von Patienten dienen könne. Vielfach wurde die motivationsfördernde Wirkung der MyRehab-Prototypen betont.

A.1.2 Ergebnisse der Expertenbefragung zu Assistenzsystemen

Das Fraunhofer FOKUS, Berlin, führte von November 2014 bis Ende Januar 2015 eine Expertenbefragung zu den »Einsatzmöglichkeiten medizinischer Assistenzsysteme in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge« durch. Insgesamt 68 Vertreter aus den Zielgruppen medizinische Experten, Kostenträger und Technologiehersteller nahmen an der Befragung im Rahmen von strukturierten Telefoninterviews unter Einsatz eines zweigliedrigen standardisierten Fragebogens teil. 26 Experten gehörten der Zielgruppe Ärzte und Therapeuten, 19 Experten der Zielgruppe Kostenträger und 23 Experten der Zielgruppe Technologiehersteller an. Der Fragebogen setzte sich aus einem allgemeinen und zielgruppenspezifischen Teilen zusammen. Mithilfe eines Online-Befragungstools wurde dieser Fragebogen in den Telefoninterviews von den Experten bearbeitet.

Die gesammelten Daten liefern relevante Erkenntnisse hinsichtlich der Einstellung der befragten Zielgruppen zu medizinischen Assistenzsystemen in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge. Obwohl die geringe Stichprobengröße keine allgemeingültigen Schlüsse zulässt, sollen die gewonnen Einsichten zu umfangreicheren Forschungsarbeiten in diesem Bereich Anlass geben.

Zusammenfassend werden hier die wichtigsten Ergebnisse den ausführlicheren Darstellungen vorangestellt:

1 Zu den relevanten Voraussetzungen für den Einsatz medizinischer Assistenzsysteme zählen bei Kostenträgern sowie den Ärzten und Therapeuten der »Nachweis der Wirksamkeit«. Diese Tendenz ist bei den Technologieherstellern in deutlich geringerem Maß zu beobachten. In ihrer Bewertung des Kriteriums »Einfache Bedienbarkeit« als unverzichtbare Voraussetzung stimmen alle drei befragten Zielgruppen überein. Zudem stufen sie die »Integration in die Behandlungsprozesse« als wesentlich wichtiger ein als die »Integration in die entsprechenden IT-Infrastrukturen«.
2 Ein gewichtiger Nutzen, den alle drei Zielgruppen dem Einsatz medizinischer Assistenzsysteme zusprechen, ist die »Strukturierte und zeitnahe Rückmeldung«. Sowohl die höhere »Effizienz durch Zeit-/Ortsungebundenheit« (mit Ausnahme der medizinischen Experten) als auch die »Bessere Möglichkeit zur Selbstkontrolle« (mit Ausnahme der Technologiehersteller) werden von jeweils der Mehrheit der Zielgruppen mit hohen Zustimmungsraten als sehr wichtig eingestuft.
3 Der wesentliche Anwendungsbereich für medizinische Assistenzsysteme ist für alle drei Zielgruppen die »Rehabilitation«. Die Bereiche »Therapie« und »Prävention« wurden ebenfalls relativ häufig ausgewählt und damit als sinnvoll erachtet. Die Vertreter der medizinischen Experten wie auch die Kostenträger sehen außerdem

© Fraunhofer FOKUS

die »Nachsorge« als sehr geeigneten Anwendungsbereich an. Diese Bewertung teilt weniger als die Hälfte der befragten Technologiehersteller.

A.1.2.1 Angewandte Methoden

Als Befragungsmedium diente ein zweigeteilter, standardisierter Fragebogen, der sowohl allgemeine als auch zielgruppenspezifische Fragestellungen zum Inhalt hatte. Da die Mehrheit der Antwortmöglichkeiten vorgegeben war, bestand die Option, zusätzliche Angaben in einem Freitextfeld hinzuzufügen. Bei einigen Fragen war die maximale Anzahl der Antworten bewusst eingeschränkt, um auf diese Weise eine mögliche Priorisierung im Antwortverhalten feststellen zu können.

Die meisten Expertenbefragungen fanden in Form eines strukturierten Telefoninterviews unter Nutzung eines Online-Befragungstools statt. Daneben wurde in einigen wenigen Präsenzbefragungen auch eine Printvariante des standardisierten Fragebogens eingesetzt.

Im Rahmen von telefonischen Interviews wurden zur Einführung die generelle Zielrichtung und der Ablauf der vorliegenden Befragung erläutert sowie etwaige, bereits im Vorfeld bestehende Fragen (u. a. zu Begrifflichkeiten) geklärt. Die eigentliche Befragung wurde im ca. 20 Minuten umfassenden Hauptteil durchgeführt, um daraufhin die Anregungen der Experten in einem abschließenden kurzen Block zu dokumentieren.

A.1.2.2 Aussagekraft der Befragung

Jegliche Interpretation der in den folgenden Abschnitten dargestellten Ergebnisse sollte mit Vorsicht erfolgen. Es handelt sich um eine kleine Stichprobengröße, deren Mitglieder zudem nicht nach streng repräsentativen Kriterien bestimmt wurden.[6]

Grundsätzlich wurde der standardisierte Fragebogen positiv bewertet. Es seien auf knappem Raum alle Fragen enthalten, die für den betrachteten Themenkomplex wesentlich seien. Mehrfach wurde von den befragten Experten angemerkt, dass manche Begrifflichkeiten nicht sauber genug voneinander abgegrenzt seien.[7] Zudem wurden einige Fragen als nicht deutlich genug formuliert bezeichnet.

[6] Tatsächlich kann lediglich bei der Zielgruppe Kostenträger von einer neutralen Haltung zum Einsatz medizinischer Assistenzsysteme ausgegangen werden. Bei den beiden anderen Zielgruppen war die Beteiligung an einschlägigen telemedizinischen Projektvorhaben eines der hauptsächlichen Auswahlkriterien. Dadurch wurde zwar dem Erfordernis eines Expertenstatus Rechnung getragen, zugleich jedoch eine systematische Verzerrung des Antwortverhaltens zugunsten des Einsatzes medizinischer Assistenzsysteme eingeführt.

[7] So zeigten sich z. B. manche Experten angesichts der im Befragungstitel explizit genannten Bereiche »Prävention, Rehabilitation und Nachsorge« überrascht, im allgemeinen Frageteil nach den Einsatzmöglichkeiten im Bereich »Diagnose« befragt zu werden. Die Abgrenzung zwischen den Anwendungsbereichen, insbesondere zwischen »Rehabilitation«, »Therapie« und »Nachsorge«, wurde vielfach als nicht ausreichend trennscharf wahrgenommen.

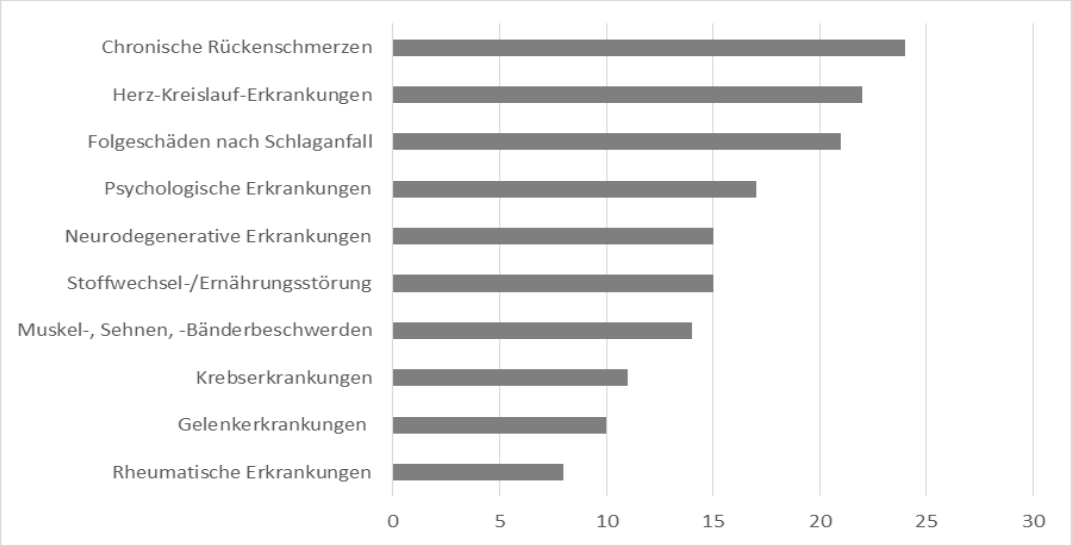
Zwar wurde eine allgemeine Definition eines »medizinischen Assistenzsystems« gegeben.[8] Dennoch konstatierten mehrere Experten, dass die Antworten teils spezifisch von der konkreten Ausprägung eines derartigen Systems abhingen.

A.1.2.3 Ärzte und Therapeuten

Den befragten Experten wurden drei zielgruppenspezifische Fragen nach den Indikationen, bei denen medizinische Assistenzsysteme sinnvoll eingesetzt werden können, nach den gewünschten Funktionen und nach den Anwendungsgebieten für ein solches System gestellt. An der Befragung nahmen insgesamt 26 Ärzte und Therapeuten teil: Zehn Chef- bzw. Oberärzte, 15 Therapeuten (darunter vier Abteilungsleiter für Therapie) und ein Geschäftsführer mit therapeutischer Qualifikation.

Die Indikationen »Chronische Rückenschmerzen« und »Herz-Kreislauf-Erkrankungen« werden von den befragten Experten als sinnvollste Einsatzgebiete für medizinische Assistenzsysteme gewertet (vgl. Abbildung 15). Die Anwendungsbereiche mit der höchsten Nutzenerwartung beim Einsatz medizinischer Assistenzsysteme sind »Häusliche Rehabilitation«, »Nachsorge« und »Prävention«. Dieses Ergebnis ist plausibel, da Patienten sich in diesen Anwendungsbereichen, relativ betrachtet, weniger auf die Unterstützung des betreuenden Arztes oder Therapeuten verlassen können und aus diesem Grund stärker auf alternative Feedback- und Kontrollmechanismen angewiesen sind. Zudem wird auch der Anwendungsbereich »Therapie« sehr positiv bewertet.

Abbildung 15 Geeignete Indikationen (Ärzte und Therapeuten)



Bei der Frage nach den notwendigen Funktionen (»Welche Funktionen sollte ein medizinisches Assistenzsystem in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge

[8] Im standardisierten Fragebogen wurde die folgende Definition gegeben: Medizinische Assistenzsysteme »bestehen aus interaktiven Programmen, die spezielle Hard- und Software nutzen und in einem Trainings- und/ oder Therapiekontext eingesetzt werden.«

© Fraunhofer FOKUS

besitzen, damit Sie als medizinischer Experte dieses einsetzen würden?«)[9] ergab sich das in Tabelle 2 dokumentierte Antwortverhalten.

Die Mehrheit der medizinische Experten zeigt »Motivations- und Feedbackmechanismen« sowie die »Anzeige der Leistungssteigerung« als wichtigste Funktionen eines medizinischen Assistenzsystems auf. Die Zustimmung der Mehrheit der befragten Experten zur Aussage, dass motivationssteigernde Funktionen eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz darstellen, kann als eine positive Einschätzung des Konzepts medizinischer Assistenzsysteme an sich gewertet werden. Weitere überdurchschnittlich positiv bewertete Funktionen sind »Integrierte Kommunikationskanäle« sowie die »Dokumentation der zwischen Arzt/Therapeut vereinbarten Ziele« und die »Konfiguration von individuell zugeschnittenen Trainings- und Therapieplänen«.

Tabelle 2 Gewünschter Funktionsumfang eines medizinischen Assistenzsystems

Funktion des medizinischen Assistenzsystems	Anzahl der Nennungen
Motivations- und Feedbackmechanismen für Patienten	24
Anzeige der Leistungssteigerung des Patienten	21
Konfiguration von individuell zugeschnittenen Trainings-/Therapieplänen für Patienten	20
Benachrichtigung über Trainings-/Therapieergebnisse und visuelle Anzeige der gesundheitsrelevanten Daten	20
Integrierte Kommunikationskanäle (z. B. Textnachrichten für die Kommunikation zwischen Arzt/Therapeut und Patient, Videokonferenz)	19
Dokumentation der zwischen Arzt/Therapeut und Patient vereinbarten Ziele	18
Archivierung der Vital- und Bewegungsdaten	17
Kommentare und Notizen zum Behandlungsverlauf	16
Zeitversetzte Übertragung der gesundheitsrelevanten Daten	12
Terminkoordinierung der zu behandelnden Patienten	9
Echtzeitübertragung der gesundheitsrelevanten Daten	8
Sonstiges	1

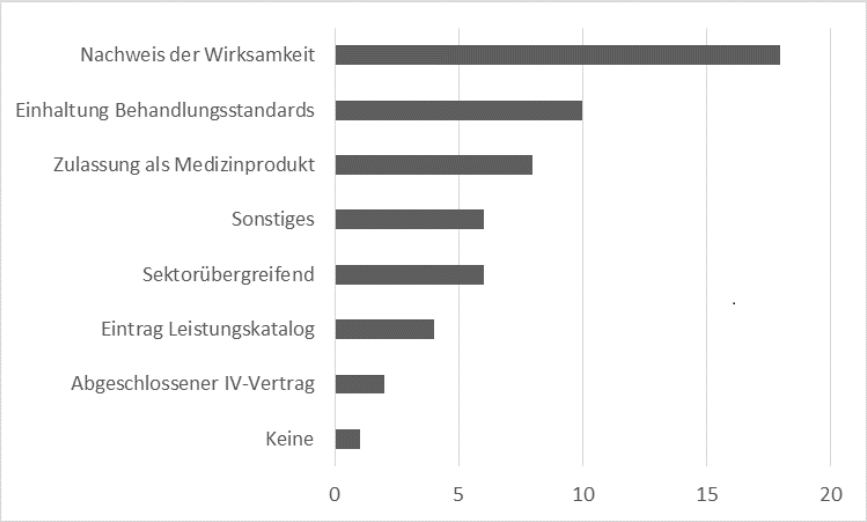
A.1.2.4 Kostenträger

Den 19 befragten Experten wurden unter Einschluss einer präzisierenden Nachfrage, die im Falle einer positiven Antwort auf eine grundsätzliche Frage generiert wurde, sechs zielgruppenspezifische Fragen gestellt (siehe Anhang A.3). Zwei Experten stammen aus dem Bereich der Privaten Krankenversicherung, während 13 Befragungsteilnehmer in der GKV verortet sind. Vier Experten sind im Bereich der Rentenversicherung aktiv.

[9] Bei dieser Frage sollten die befragten Experten mindestens eine von zwölf vorgegebenen Antwortmöglichkeiten (unter Mitzählung des Freitexteintrags) auswählen. Mehrfachantworten waren möglich.

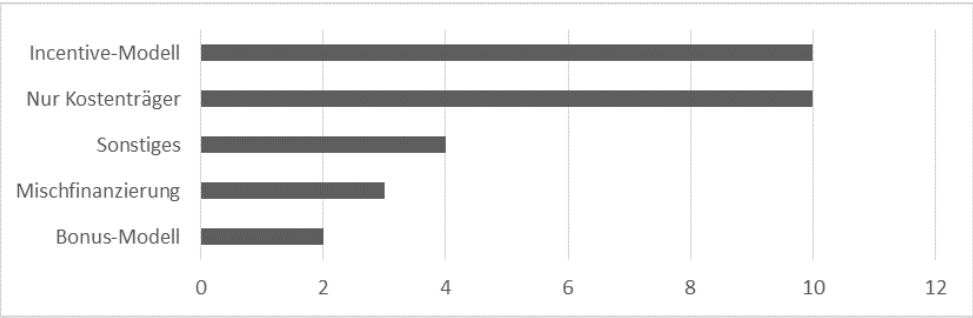
Der »Nachweis der Wirksamkeit« hat für die befragten Experten einen überaus hohen Stellenwert, wenn es um den Einsatz medizinischer Assistenzsysteme in der Praxis geht (vgl. Abbildung 16). Er war für nahezu alle Befragten unverzichtbar.

Abbildung 16 Voraussetzungen für den Regelbetrieb



In Hinsicht auf ihren Versorgungsauftrag sehen sich die Kostenträger bei der Finanzierung des Einsatzes medizinischer Assistenzsysteme sehr stark in der alleinigen Verantwortung (vgl. Abbildung 17). Dabei ziehen sie neben der unmittelbaren vollständigen Kostenübernahme im gleichen Maße auch Incentive-Modelle in Betracht, bei denen der Patient temporär an der Finanzierung beteiligt wird und nach erfolgreichem Abschluss der Behandlung seine Selbstbeteiligung erstattet bekommt.

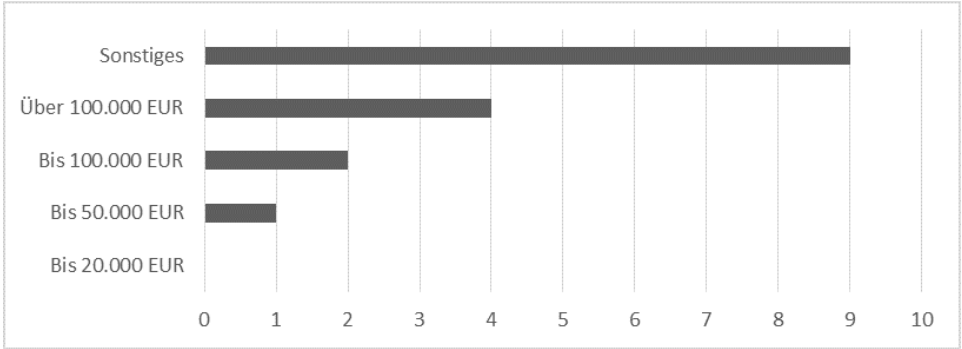
Abbildung 17 Finanzierung des Einsatzes



Die Bereitschaft der befragten Experten, in die Erprobung medizinischer Assistenzsysteme in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge zu investieren, ist sehr ausgeprägt. 16 positiven Nennungen standen lediglich drei negative Rückmeldungen gegenüber (vgl. Abbildung 18). Die gleichlautende Aussage der Kostenträger war, dass die Budgethöhe maßgeblich von der Größe des erwarteten Nutzengewinns abhänge. Dabei geht die überwiegende Mehrzahl der Experten davon aus, dass sich das Volumen der finanziellen Beteiligung im sechsstelligen Bereich bewegen wird. Voraussetzung dafür ist immer eine saubere Kosten-Nutzen-Analyse, die einen dem Aufwand adäquaten Ertrag plausibel erscheinen lässt.

© Fraunhofer FOKUS

Abbildung 18 Budgethöhe für Pilotierung



Zieht man die Erkenntnisse aus den abschließenden Blöcken der strukturierten Telefoninterviews hinzu, kann als Mehrheitsmeinung der befragten Kostenträgerexperten festgehalten werden: Im Vergleich zu einer konventionellen Behandlung werden höhere Kosten dann akzeptiert, wenn der Einsatz eines medizinischen Assistenzsystems die Behandlungsqualität verbessert und damit mittel- bzw. langfristig eine Refinanzierung gesichert erscheint oder Gesamtkosten gesenkt werden können. Wertet man die Freitextangaben aus den abschließenden Blöcken der strukturierten Telefoninterviews aus, wird deutlich, dass angesichts überschaubar großer und klar abzugrenzender potenzieller Nutzergruppen (z. B. chronisch Kranke) Selektivverträge auch zukünftig als das bevorzugte Mittel der Vertragsgestaltung angesehen werden. Der Weg für die angewandte Telemedizin in die flächendeckende Regelversorgung ist somit sicherlich ein langfristiges Ziel.

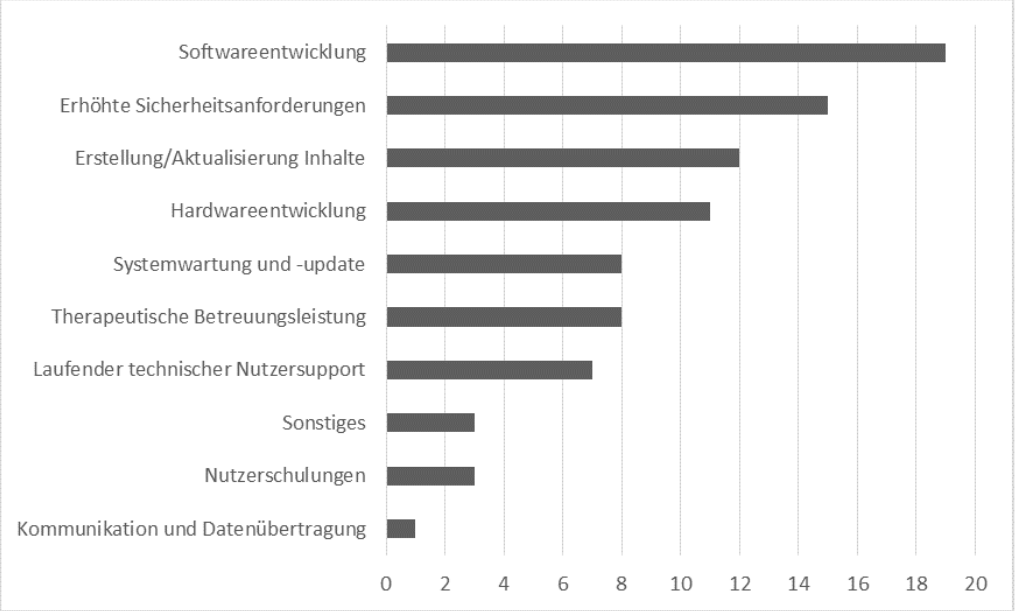
A.1.2.5 Technologiehersteller

Den 23 befragten Experten wurden sechs zielgruppenspezifische Fragen gestellt. Befragt wurden zehn Geschäftsführer bzw. Mitglieder der Geschäftsführung, vier Entwicklungsleiter, sechs Key Account Manager bzw. Produktmanager sowie drei Mitarbeiter aus den Bereichen Business Development und Beratung.

Die befragten Technologiehersteller werten »Folgeschäden nach Schlaganfall« als wichtigste Indikation für den Einsatz medizinischer Assistenzsysteme. Obwohl die Entwicklung eines medizinischen Assistenzsystems je nach Komplexität des Gesamtsystems einen hohen Aufwand an Entwicklungsressourcen bedeutet, lassen sich Systemkomponenten mit lokalen Assistenzfunktionen schon in einem Zeitraum von sechs bis zwölf Monaten realisieren. Dabei werden die »Softwareentwicklung« und die »Erhöhten Sicherheitsanforderungen« als wesentliche, kostentreibende Faktoren angesehen (siehe Abbildung 19).

Da die Mehrzahl der befragten Technologiehersteller Medizingeräte und Software entwickeln, werden die Nutzung und Einhaltung medizinischer Entwicklungsstandards als notwendige Kriterien gewertet. Manche Experten betonten in den abschließenden Blöcken der strukturierten Telefoninterviews, dass der Aufwand für den Betrieb und die Weiterentwicklung eines Systems tendenziell stark unterschätzt werde.

Abbildung 19 Kostenrelevante Faktoren



Die Frage nach Entwicklungsstandards (»Welche Standards müssen Ihrer Auffassung nach bei der Entwicklung medizinischer Assistenzsysteme in der Prävention, Rehabilitation und Nachsorge berücksichtigt werden?«)[10] wurde von den befragten Technologieherstellern einheitlich beantwortet (siehe Abbildung 20).

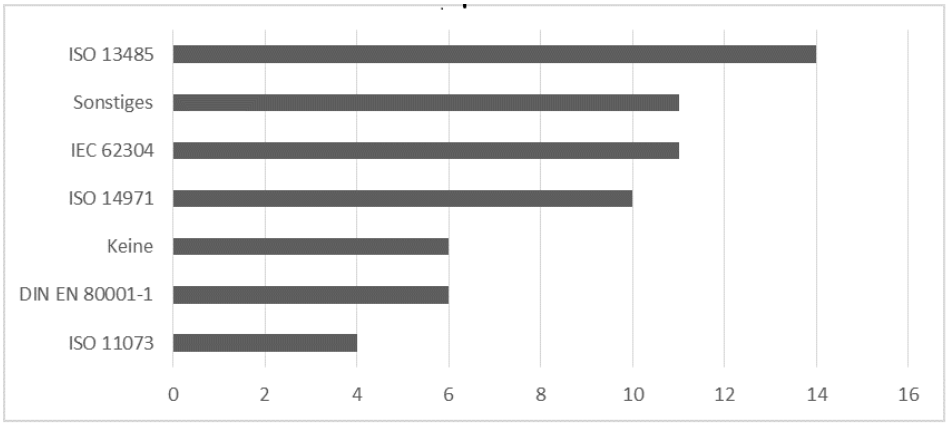
Die Mehrzahl (14 von 23) der befragten Technologiehersteller beachtet den Standard ISO 13485 »Medizinprodukte – Qualitätsmanagementsysteme – Anforderungen für regulatorische Zwecke«, gefolgt von dem Standard IEC 62304 »Medizingeräte-Software – Software-Lebenszyklus-Prozesse« (elf Nennungen). Der Standard ISO 14971 »Medizinprodukte – Anwendung des Risikomanagements auf Medizinprodukte« findet ebenso in den Unternehmen Anwendung, wobei einige Experten als Freitexteingabe (unter »Sonstiges«) auch andere Entwicklungsstandards für das Risiko- und Qualitätsmanagement (z. B. ISO 60601-1-1 bis 11, ISO 9001, hauseigene Standards) nannten.

Die Anwendung des Standards ISO 11073 »Kommunikation patientennaher medizinischer Geräte« für die Interoperabilität bei der Datenübertragung zwischen Medizingeräten scheint gemäß den Antworten der befragten Experten für die Technologiehersteller nicht von großer Relevanz zu sein.

[10] Bei dieser Frage sollten die befragten Experten mindestens eine der sechs vorgegebenen Antwortmöglichkeiten auswählen oder einen Freitexteintrag vornehmen. Mehrfachantworten waren möglich.

© Fraunhofer FOKUS

Abbildung 20 Zu berücksichtigende Entwicklungsstandards



Befragt nach der bevorzugten Refinanzierung der Entwicklungskosten äußern sich die Technologiehersteller grundsätzlich flexibel bezüglich der Vergütungsmodelle, wobei eine leichte Präferenz für die »Einmalzahlung« festgestellt werden kann. Je nach Vertragsgestaltung mit den Anwendern wurden jedoch ebenso das Mietmodell und das Lizenzmodell »Pay-per-Use« (jeweils neun Nennungen) in Betracht gezogen. Bei Systemen, die Hardware beinhalten, sind Einmalzahlung oder Mietmodelle gebräuchlich. Bei Produkten, die nur Software beinhalten, werden Lizenzmodelle bevorzugt.

A.2 Projekte des Fraunhofer FOKUS in der angewandten Telemedizin

In dem folgenden Anhang werden in Kurzform die abgeschlossenen und laufenden Projekte des Fraunhofer FOKUS in der angewandten Telemedizin dargestellt. Bei der Darstellung der Projekte wird auf die unterschiedlichen Ausprägungsformen der Bewegungstherapie für die Sturzprävention, Schlaganfallrehabilitation, Physiotherapie nach Knie- bzw. Hüft-Total-Endoprothese sowie unfallbedingten Bewegungseinschränkungen und unspezifischem Rückenschmerz Bezug genommen. Ebenso werden die in den einzelnen Projekten eingesetzten und speziell entwickelten Technologien beschrieben.

A.2.1 Abgeschlossene Projekte

SmartSenior

Das vom BMBF geförderte Projekt SmartSenior hatte zum Ziel, älteren Menschen durch intelligente, technologische Unterstützung ein längeres und selbstbestimmteres Leben in der persönlichen Wohnsituation zu ermöglichen. Gemeinsam mit Partnern entwickelte Fraunhofer FOKUS vom 01.05.2009 bis 30.09.2012 eine multimediale Therapie- und Trainingsumgebung, die insbesondere geriatrischen Patienten in den Anwendungsbereichen Schlaganfallrehabilitation und Sturzprophylaxe eine möglichst optimale Versorgung im eigenen Wohnumfeld gewährleisten soll.

Im Rahmen einer Therapiesitzung werden die ausgeführten Bewegungen durch eine sensorbestückte Orthese, einen Beckengurt und eine 3D-Kamera erfasst und in der Trainingsumgebung aggregiert. Die Trainingsergebnisse werden an behandelnde Ärzte und Therapeuten weitergeleitet. Die Steuerung des Programms im Rahmen der Therapiesitzung erfolgt dabei multimodal (z. B. per Sprache oder Fernbedienung). Zur

Anleitung des Patienten wurde das Feedback über einen Fernsehbildschirm ausgegeben. Fraunhofer FOKUS entwickelte technologische Lösungen, wie die heterogenen Sensordaten in Echtzeit fusioniert und für ein audiovisuelles Feedback verarbeitet werden können. Für den Schutz der in diesem Prozess kommunizierten medizinischen Daten setzte Fraunhofer FOKUS zusammen mit Partnern eine Sicherheitsinfrastruktur um und beteiligte sich an der Definition und Umsetzung der Gesamtarchitektur des Systems.

Darüber hinaus entwickelte Fraunhofer FOKUS gemeinsam mit Partnern ein Serviceportal, das Senioren vielseitige Unterstützung im Alltag bietet: Der interaktive Gesundheitsdienst soll Patienten unter anderem die Möglichkeit bieten, im Notfall per Videokonferenz Kontakt zu einem Pflegedienst aufzunehmen. Die Kalenderfunktion kann für die Planung und Erinnerung an die Medikamenteneinnahme genutzt werden. Kommunikationskanäle für den Austausch mit Freunden und Bekannten wurden ebenfalls in diesem Projekt entwickelt.

TiviTrain

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Projekts TiviTrain entwickelte Fraunhofer FOKUS vom 01.01.2010 bis 31.03.2012 zusammen mit der Technischen Universität Berlin, Exozet Berlin GmbH, GeBioM mbH und dem Reha-Zentrum Lübben eine interaktive Trainingsumgebung für zu Hause, die dazu beitragen soll, Muskelkraft und Koordination durch regelmäßige Übung zu verbessern. Die aus einem Computer, einem (Fernseh-)Bildschirm und einer Sensormatte bestehende Trainingsumgebung ist speziell für bodennahe Übungen zu präventiven und rehabilitativen Zwecken geeignet.

Vor einer Übungsausführung wird die korrekte Bewegungssequenz von einem Avatar auf dem Bildschirm demonstriert. Durch eine automatische Drehung des Avatars und der Matte kann der Patient die Übung aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten und so die Übungen erlernen. Eingeblendete Texte und Audiokommentare ergänzen die Übungsdemonstration. Sobald der Patient selbst das Training in Rückenlage auf der Sensormatte beginnt, verändert sich durch das Gewicht des Patienten die Belastung der einzelnen Sensoren in der Matte. Die dabei erfassten Druckwerte werden an den Computer übermittelt und von einer speziell entwickelten Software analysiert. Das ermittelte Feedback wird auf dem Bildschirm anhand eines Modells der Matte dargestellt. Mithilfe einer Farbkodierung einzelner Mattenbereiche wird der Trainierende in Echtzeit darauf aufmerksam gemacht, ob die ausgeführte Bewegung mit der Idealbewegung übereinstimmt. Auf diese Weise ist der Patienten in der Lage, mögliche Fehlhaltungen schnell zu korrigieren. Nach erfolgter Trainingssitzung erhält der Übende eine statistische Auswertung hinsichtlich der Vollständigkeit und Korrektheit der ausgeführten Übungen.

MyRehab

Um Patienten im Laufe ihres Genesungsprozesses nach einem Unfall oder einer Krankheit zu unterstützen, entwickelte Fraunhofer FOKUS vom 01.08.2010 bis 31.12.2013 im vom BMBF geförderten Projekt MyRehab mit dem Reha-Zentrum Lübben und der Charité – Universitätsmedizin Berlin eine telemedizinisch assistierte Therapie- und Trainingsumgebung für Prävention und Rehabilitation. Das interaktive und multimodale Gesamtsystem besteht aus der häuslichen Komponente MeineReha®, der mobilen Smartphone basierten Anwendung MeineReha® mobil und dem Therapeutenarbeitsplatz in der Klinik.

© Fraunhofer FOKUS

Sowohl in der häuslichen Komponente MeineReha® sowie der mobilen Smartphone basierten Anwendung MeineReha® mobil wird der Patient bei der Durchführung therapeutischer Bewegungsübungen assistiert. Während der Übungsausführung werden seine Vitaldaten von körpernahen Sensoren erfasst. Darüber hinaus wird die Position einzelner Körperglieder im Bewegungsverlauf von einer 3D-Kamera erfasst und auf einem kleinen Computer berechnet. Die Sensordaten werden dann von einer speziell entwickelten Software integriert und auf die Korrektheit des Bewegungsablaufs hin analysiert. Das ermittelte Feedback wird dem Übenden in Form eines Ampelsystems (rot=inkorrekt, gelb=mittel, grün=gut) in Echtzeit kommuniziert.

In der mobilen Variante werden die beschriebenen Funktionalitäten auf die außerhäuslichen Umgebungen z. B. im Freien oder am Arbeitsplatz ausgedehnt. Dazu entwickelte Fraunhofer FOKUS eine modulare Sensorikplattform, die die flexible Kombination und Korrelation einzelner Sensordaten wie Herzfrequenz, Temperatur und Hautwiderstand mit den Bewegungsdaten ermöglicht.

In der Klinik können die behandelnden Therapeuten und Ärzte individuelle Therapiemaßnahmen für den Patienten planen und durchführen. Konkret können mit Hilfe des Therapeutenarbeitsplatzes Therapiepläne editiert, Ziele vereinbart und Ergebnisse in einer grafischen Anzeige eingesehen werden. Der Gesundheitsexperte hat zudem die Möglichkeit, seinen Patienten über integrierte Kommunikationskanäle z. B. in Form einer Videokonferenz zu kontaktieren.

A.2.2 Laufende Projekte

SiRIA

Im Projekt SiRIA entwickelt Fraunhofer FOKUS in Zusammenarbeit mit der GETEMED AG, dem Klinikum Niederlausitz, dem Reha-Zentrum Lübben, der Saint Elmo's GmbH und der TU Chemnitz gemeinsam mit behandelnden Gesundheitsexperten vom 01.08.2014 bis 31.07.2017 ein Therapie- und Präventionsangebot, das die Therapie durch innovative Mensch-Technik-Schnittstellen nahtlos in den Alltag der Patienten integriert. Das Projekt wird vom BMBF gefördert.

Zur Umsetzung der entwickelten, sensomotorischen Trainingseinheiten werden Sensoren in Alltagsgegenstände und Therapieobjekte integriert, um sowohl Vital- als auch Bewegungsdaten zu erfassen. Im Laufe des Trainings einzelner Gliedmaßen werden die gemessenen Daten gespeichert und über multimodale Schnittstellen an den Arzt oder Therapeuten übertragen (z. B. via Smartphone oder Tablet-PC), so dass involvierte Dienstleister die Therapie über die gesammelten Kontrollwerte überwachen und optimieren können. Gleichzeitig können die ermittelten Werte auch zur Überprüfung von Aktivitäten des alltäglichen Lebens und zur Ableitung von weitergehenden Pflegemaßnahmen genutzt werden. Unabhängig von der Betreuung durch den Gesundheitsexperten wird der Patient außerdem über systemintegrierte Feedback- und Assistenzalgorithmen unterstützt.

Die Nutzung von feedbackgebenden und vernetzten Technologien soll dem Patienten erlauben, Therapie und Assistenzangebote nahtlos in seinen Alltag zu integrieren. Kliniken und niedergelassene Ärzte wiederum erhalten durch das innovative Assistenzsystem die Möglichkeit, ihre Dienstleistungen zu erweitern und den Patienten eine motivierende Form der nachstationären Rehabilitation und Therapie zu ermöglichen.

RehaInterAct

Durch den interaktiven und sensorbasierten Therapieraum »RehaInterAct« soll für den Patienten eine individualisierte und intuitiv verständliche Therapieumgebung geschaffen werden, die ihm therapeutische Unterstützung im klinischen und häuslichen Umfeld bietet. Fraunhofer FOKUS entwickelt das Projekt in Zusammenarbeit mit dem Reha-Zentrum Lübben, der Xybermind GmbH, der Nuromedia GmbH und der Technischen Universität Berlin vom 01.08.2013 bis 31.12.2015. Als medizinische Anwendungsfelder werden primär die Aktivierung und Rehabilitation der oberen und unteren Extremitäten, z. B. bei unfallbedingten Bewegungseinschränkungen und Rückenmarksverletzungen oder im Rahmen der Schlaganfallnachsorge, adressiert.

Um die nötige Therapiequalität beim selbstständigen Training gewährleisten zu können, werden die absolvierten Bewegungssequenzen von körpernahen oder in Therapiegeräte integrierten Mess-, Druck- und Beschleunigungssensoren analysiert. Hierfür werden beispielhaft ein Handlauf sowie orthopädische Schuhe mit Sensorik ausgestattet. Das Feedback an den Patienten hinsichtlich der erbrachten Bewegungsqualität, Druck- und Kraftausübung wird durch den Abgleich mit den im System hinterlegten Soll-Daten ermittelt und dem Übenden in Echtzeit über integrierte Feedbackmechanismen mitgeteilt. Weiterhin kann der behandelnde Therapeut die dokumentierten Daten zur Überwachung und Planung des Therapieprozesses einsehen. Durch die Telekommunikationsinfrastruktur hat der Therapeut zudem die Möglichkeit, einen direkten und andauernden Kontakt zu seinem Patienten zu unterhalten.

Durch die Flexibilität der entwickelten Lösung kann der Patient den interaktiven Therapieraum zunächst in der Klinik nutzen, bevor er in der nachstationären Behandlungsphase die Möglichkeit hat, das bereits bekannte System in seine häusliche Umgebung zu verlagern. Der im Rahmen des Projekts erarbeitete Ansatz soll die Lücke in der medizinischen Betreuung durch den Einsatz innovativer ICT, Sensorik und Motivationsmethodik schließen, so dass ein nachhaltiger und medizinischen Kriterien genügender Übungserfolg erzielt werden kann.

ReMove-IT

In der Studie ReMove-IT entwickelt Fraunhofer FOKUS innerhalb eines aus der MEDIAN Klinik Hoppegarten, der Brandenburg Klinik Bernau, dem Reha-Zentrum Lübben und der Universität Potsdam bestehenden Forschungsverbunds vom 01.01.2015 bis 31.12.2017 ein telemedizinisch assistiertes Interventionstraining für Patienten nach operativem Eingriff an den unteren Extremitäten. Das auf dem System MeineReha® basierende Trainingsprogramm wird im Rahmen der Studie auf Machbarkeit und Wirksamkeit getestet. Ziel des Forschungsverbunds ist es, einen Wirksamkeitsnachweis für die Eignung eines telematisch vernetzten Versorgungsangebots für die Rehabilitation nach interventiven Maßnahmen an der unteren Extremität zu erbringen. Auf dieser Basis sollen vor allem berufstätigen, orthopädischen Patienten zeiteffiziente und medizinisch valide Nachsorgeleistungen zur Verfügung gestellt werden.

Die Auswirkung des zu entwickelnden Trainingsprogramms wird in einem Zeitraum von drei Monaten beobachtet. Dabei werden Veränderungen in der Kraftleistungsfähigkeit, posturalen Kontrolle und Lebensqualität der Patienten untersucht. Dazu führen die Patienten in der Interventionsgruppe das Training mit anleitender und korrigierender Unterstützung des medizinischen Assistenzsystems MeineReha® im häuslichen Umfeld durch.

© Fraunhofer FOKUS

Die im Rahmen der Wirksamkeitsstudie gewonnen wissenschaftlichen Erkenntnisse sollen nachfolgend auch auf andere Indikationen wie z. B. die Kardiologie oder die Schlaganfalltherapie übertragen werden. Die Ergebnisse werden Kostenträgern, Fachgesellschaften und Rehabilitationseinrichtungen für weitere Entwicklungsschritte in der Telerehabilitation zugänglich gemacht.

DigiTrain

Das digitale 3D-Trainingsprogramm DigiTrain soll nach einer stationären Reha-Maßnahme zur Sicherung des Therapieerfolgs sowie zur Förderung der Gesundheitskompetenz und Motivation von rückenkranken Patienten beitragen. Fraunhofer FOKUS realisiert das Projekt gemeinsam mit der AOK Nordwest und der Marcus Klinik vom 01.08.2014 bis 31.12.2016. Im Rahmen des Projekts entwickeln die Experten der Marcus Klinik Bad Driburg und der AOK NordWest einen Übungskatalog, der vom Fraunhofer FOKUS auf dem medizinischen Assistenzsystem MeineReha® umgesetzt wird. Zur Realisierung der multimedialen Trainingsprogramme implementiert Fraunhofer FOKUS die benötigten Erfassungs- und Bewertungsalgorithmen sowie eine adaptive Trainingssteuerung. Die alltagsintegrierte Nachsorgemaßnahme soll den Patienten bei der Durchführung von Übungseinheiten motivieren und auf diese Weise zur Förderung des selbstständigen Trainings beitragen.

In einer Evaluationsstudie soll das Trainingsprogramm zusammen mit Therapeuten und Patienten der Marcus Klinik auf Wirksamkeit und Machbarkeit überprüft werden. Zur Durchführung der Studie wird MeineReha® in die häusliche Umgebung der teilnehmenden Patienten und in die Behandlungsprozesse der betreuenden Ärzte und Therapeuten integriert. Als Forschungsergebnis wird die Entwicklung eines evidenzbasierten Trainingsprogramms angestrebt, das sich individuell an die Beschwerden einzelner Patienten anpassen lässt.

Tele-Assist

Im *Projekt Tele-Assist– Machbarkeitsstudie eines telematisch vernetzen Versorgungsangebotes für die kardiologische und orthopädische Rehabilitation in der Klinik Roderbirken und der Aggertalklinik* werden vom 01.10.2015 bis 30.09.2016 zwei multimediale, interaktive und vernetzte Rehabilitationsprogramme für die Indikationen Orthopädie und Kardiologie auf Basis des MeineReha®-Systems gemeinsam mit Patienten, Ärzten und Therapeuten entwickelt. Damit soll eine Grundlage für die telemedizinisch assistierte und eigenverantwortliche Rehabilitation in der häuslichen Umgebung realisiert und im stationären Betrieb erprobt werden. Das zu entwickelnde Angebot soll die Patienten zum selbstständigen Durchführen vorgegebener Therapieeinheiten in der häuslichen Umgebung motivieren, die Selbstwirksamkeit fördern und so das nachhaltige Ausbilden eines aktiven Lebensstils gewährleisten.

Im Rahmen der Forschung mit der Klinik Roderbirken, der Aggertalklinik und dem Institut für Gesundheitsökonomie und Klinische Epidemiologie der Universität zu Köln (IGKE) sollen Erkenntnisse darüber gewonnen werden, welchen Beitrag das Therapieprogramm Tele-Assist leisten kann, um die Informations- und Prozesslücken für die Rehabilitation und Sekundärprävention zu schließen. Damit strebt das Projekt an, die therapeutischen und technologischen Voraussetzungen für den möglichen Einsatz eines telematisch vernetzten Versorgungsangebots in der Nachsorge und Prävention zu schaffen.

In der abschließenden Evaluation wird das Gesamtsystem von MeineReha® in den beiden beteiligten Kliniken installiert und in einem Zeitraum von 4 Monaten mit 50 Patienten hinsichtlich der relevanten Faktoren Akzeptanz, Motivation, Zufriedenheit und Patientensicherheit überprüft. Ebenso wird untersucht, wie gut sich das System in die klinischen Behandlungsprozesse integrieren lässt. Die Studie soll Aufschluss darüber geben, welche technischen und anwenderorientierten Voraussetzungen für einen breiten Einsatz von Telerehabilitationssystemen für die häusliche Rehabilitation und Nachsorge geschaffen werden müssen.

A.3 Alleinstellungsmerkmale des Telerehabilitationssystems MeineReha®

Folgende Übersicht veranschaulicht die Alleinstellungsmerkmale des Gesamtsystems MeineReha®:

- Die evidenzbasierten medizinischen Therapie- und Trainingsmodule können auf ein vorgegebenes Therapieziel abgestimmt werden und sind an individuelle physiologische Anforderungen adaptierbar. Der Therapeut geht auf individualisierte Trainingsverläufe und die Qualität der ausgeführten Bewegungen ein, wobei mögliche individuelle Bewegungseinschränkungen berücksichtigt werden können.
- Das Gesamtsystem MeineReha® integriert aus Sicht der Ärzte/ Therapeuten und Patienten nahezu alle behandlungsrelevanten Funktionen wie Kommunikation, therapeutische Supervision, Selbstmotivation und Eigenkontrolle. Für den Einsatz am Patienten wurde eine Risikoanalyse in Anlehnung an ISO 14971 durchgeführt (*Kock et al. (2013)* [138]).
- Neue Nutzeranforderungen sind einfach umsetzbar, da von der Sensorik über die Produktion interaktiver Therapieinhalte bis zur Benutzeroberfläche die Systementwicklung, Systemanpassung und Systemerweiterung allein bei Fraunhofer FOKUS liegt. Behandelnde Ärzte und Therapeuten können somit »ihre« Schulen, ihre Methodik und ihre Therapieprogramme im System abbilden sowie deren Wirkung überprüfen.
- Die Ganzkörperbewegungen werden durch die Kombination unterschiedlicher Sensoriken (Optik, Druck, Bewegung) zuverlässig erfasst. Der Einsatz der Muskelkraft kann somit genau bestimmt und visualisiert werden.
- Das System beinhaltet ein breites Portfolio an Systemkomponenten (mobil, stationär, Therapeutenanwendung, Anbindung KIS, sichere Datenübertragung). Durch den modularen Aufbau (nur Reha-Uhr, nur App, nur TV-Lösung) kann das System auch für kleine Teststellungen flexibel zusammengestellt werden. Mit den Basisfunktionen der Plattform kann das System z. B. auch als IT-basierte Reha-Content-Plattform zur Verteilung von Schulungsmaterialien (Texte und Videoinstruktionen) genutzt werden. Für den Betrieb des Gesamtsystems wurde ein Datenschutzkonzept erstellt und implementiert (*Kock et al. (2013)* [137]).
- Durch die Verwendung von Standard-Hardwarekomponenten ist das System in der Anschaffung kostengünstig. Die Produktion der therapeutischen Inhalte und die Nutzung der Plattformfunktionen können unterschiedlich vergütet werden (z. B. auf Festpreisbasis oder in Form von Lizenzzahlungen).
- Der Transfer der Therapie- und Trainingsergebnisse als Ausdruck oder Export der Daten z. B. in klinische Dokumentationssysteme ist über XML-Schnittstellen möglich.

© Fraunhofer FOKUS

A.4 Prävention, Rehabilitation und Nachsorge in den eigenen vier Wänden

Im Jahre 2011 wurden bei der DRV ca. 1,7 Millionen Anträge auf medizinische Rehabilitation gestellt. Dabei kam ein Drittel der stationär durchgeführten Reha-Leistungen auf Muskel-, Skelett- und Bindegewebserkrankungen.

Nach einem operativen Eingriff oder einer schweren Krankheit sind standardmäßig langfristige rehabilitative Maßnahmen notwendig, um wieder auf die Beine zu kommen. Dazu muss der Patient seine Therapie im Anschluss an die stationäre Behandlung nach Konsultation des behandelnden Arztes (vgl. Abbildung 21) eigenverantwortlich und diszipliniert zu Hause weiterführen, bis sich ein nachhaltiger Erfolg einstellen kann.

Damit Rehabilitationsprogramme nachhaltigen Erfolg haben, müssen Patienten auch zu Hause aktiv sein. Eine (aus mehreren Komponenten bestehende) sensorbasierte, telemedizinisch assistierte Therapieumgebung, wie sie im Projekt MyRehab entwickelt wurde, sorgt dabei für ausreichend Motivation (vgl. Abschnitt A.1.1).

Abbildung 21 Arzt und Patient bei der Diagnose und Verordnung der individuellen Anwendungen

Für diesen Einsatzzweck entwickeln Experten am Fraunhofer FOKUS interaktive medizinische Assistenzsysteme (vgl. Abbildung 22), die den Patienten bei diesem Vorhaben optimal unterstützen.

Abbildung 22 Entwicklung interaktiver Assistenzsysteme am Fraunhofer FOKUS

Auf Basis eines biomechanischen Modells wird der menschliche Körper im Computer nachgebildet. Die für das Reha-Programm wesentlichen Körperregionen werden am PC detailgetreu modelliert und die unterschiedlichen Daten integriert. Anhand der Bewegungsdaten wird die Position der einzelnen Körperglieder im 3D-Raum bestimmt und auf ein biomechanisches Modell des Patienten übertragen. Dadurch kann die aufgezeichnete Bewegung mit einer therapeutisch vorgegebenen Idealbewegung abgeglichen werden.

Gesundheitsexperten unterstützen ihre Patienten bei den ersten Trainingseinheiten mit dem medizinischen Assistenzsystem MeineReha® in der Klinik, damit sie die Therapie nach der Entlassung unabhängig im häuslichen Rahmen weiterführen können (siehe Abbildung 23).

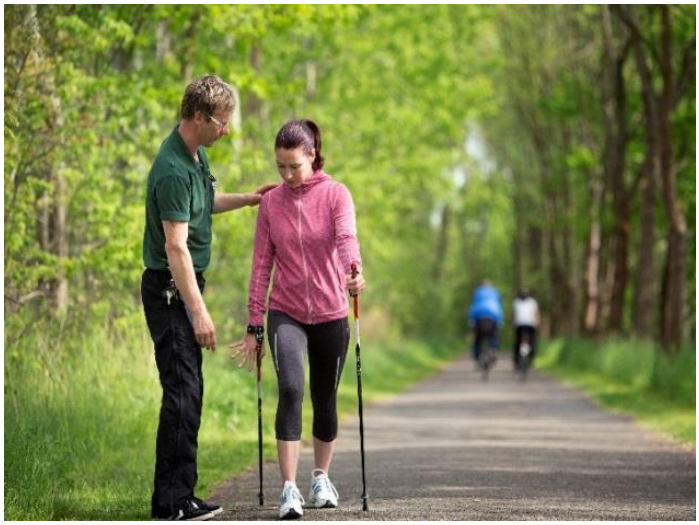
Abbildung 23 Therapeuten weisen die Patienten während des Klinikaufenthalts in MeineReha® ein

Dabei muss das Reha-Training nicht auf abgeschlossene Räumlichkeiten beschränkt sein. Nach der Installation von MeineReha® mobil auf dem Smartphone kann eine Sitzung auch im Park oder am Arbeitsplatz durchgeführt werden (vgl. Abbildung 24).

© Fraunhofer FOKUS

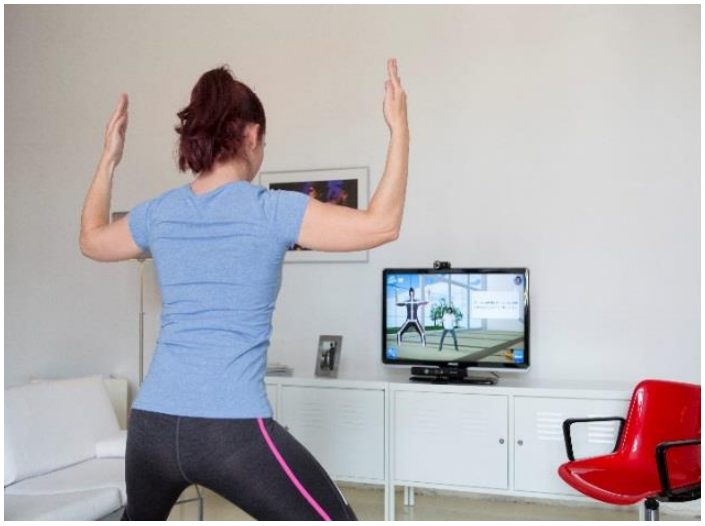
Die flexible Nutzung der mobilen Trainingsumgebung soll zur Motivation und Anreicherung der Therapieerfahrung beitragen.

Abbildung 24 Flexible Nutzungsmöglichkeit des mobilen Systems



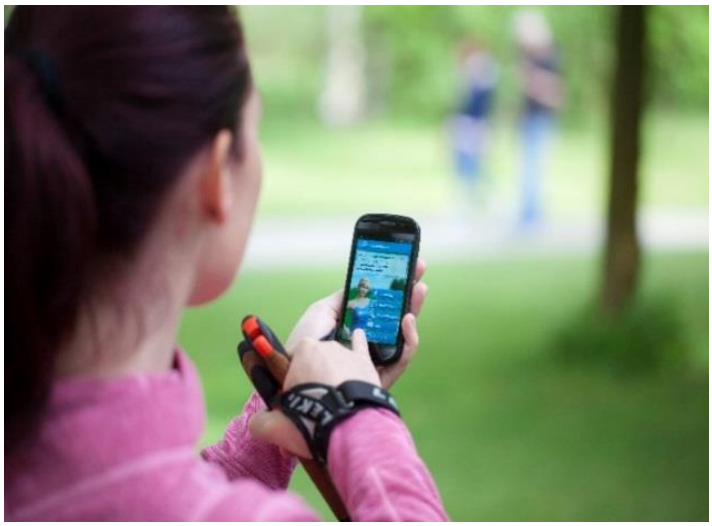
Zu Hause angekommen, wird der Patient weiterhin durch Anleitung und gezieltes Feedback unterstützt (siehe Abbildung 25). Während einer Übung werden wichtige Vitalparameter wie Herzfrequenz, Körperhaltung und Position einzelner Glieder über körpernahe Sensoren und eine 3D-Kamera erfasst und in Echtzeit auf einem kleinen Computer analysiert. Dem Übenden wird unmittelbar über bestimmte Signalfarben angezeigt, wenn eine Bewegung korrekt ausgeführt wurde (grün) bzw. wo Verbesserungsbedarf besteht (rot).

Abbildung 25 Die Feedback-Funktionen von MeineReha® helfen den Patienten beim eigenständigen Training zu Hause



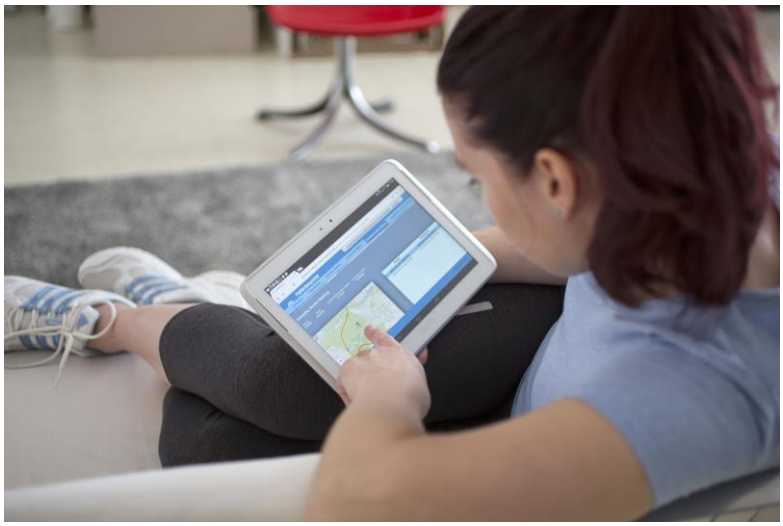
Im Freien werden die getätigten Bewegungen von körpernahen Vital- und Bewegungssensoren erfasst. Das ermittelte Feedback wird dem Patienten dann über die Smartphone-App ausgegeben (vgl. Abbildung 26). Nach abgeschlossenem Training werden die gesammelten Daten an das stationäre System zu Hause oder an den Reha-Server übertragen.

Abbildung 26 Das mobile System erfasst Vital- und Bewegungsdaten für die Dokumentation des Therapiefortschritts



Der Patient kann seine persönlichen Daten über das Patientenportal auf einem Tablet-PC einsehen (siehe Abbildung 27). Um den eigenen Therapiefortschritt nachzuverfolgen, können Strecken-, Vital- und Bewegungsdaten angezeigt werden. Grundsätzlich ist es auch möglich, Selbsthilfegruppen über das Patientenportal zu unterstützen.

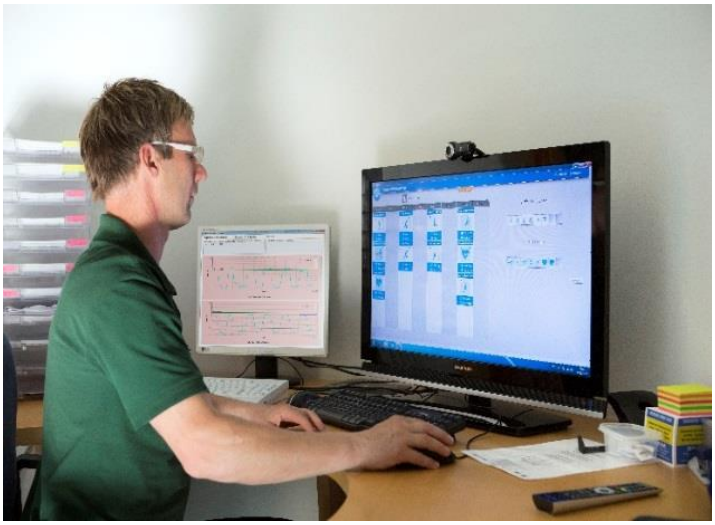
Abbildung 27 Patient sieht seine Therapie- und Trainingsdaten im persönlichen Patientenportal ein



Während der häuslichen Rehabilitation und Nachsorge bleibt der Therapeut stets in den Therapieverlauf des Patienten involviert. Von seinem Therapeutenarbeitsplatz aus kann er sich einen Überblick über die Vital- und Bewegungsdaten sowie den Therapiefortschritt verschaffen (vgl. Abbildung 28), um dem Patienten Feedback zu geben oder Veränderungen an Therapieplänen vorzunehmen.

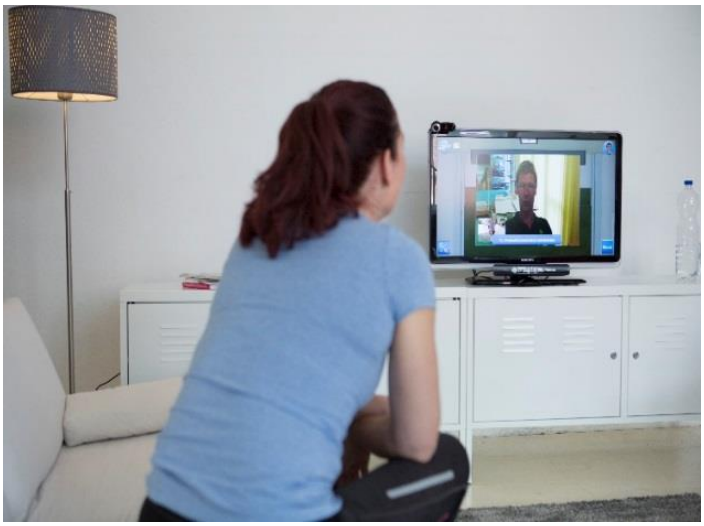
© Fraunhofer FOKUS

Abbildung 28 Der Therapeut erstellt den Therapie- und Trainingsplan an seinem Computerarbeitsplatz



Um die Ergebnisse zu besprechen und das weitere Training abzustimmen, können Patient und Therapeut über integrierte Textmitteilungen oder Videokonferenz Kontakt aufnehmen (vgl. Abbildung 29). Dies kann auch im Rahmen einer Trainingssitzung geschehen, so dass der Gesundheitsexperte sich live einen Eindruck von den Fortschritten seines Patienten machen kann.

Abbildung 29 Patient und Therapeut bei der Durchsprache der Therapieergebnisse während einer Videokonferenz



Abschließend kann sich der Arzt in der Klinik ein genaues Bild über den Therapieerfolg machen und dem Patienten anhand von Vergleichsmessungen mit den klinischen Diagnosesystemen Feedback geben (siehe Abbildung 30). Studien im Rahmen des Projekts zeigen, dass der Einsatz von telemedizinisch assistierten Therapie- und Trainingsumgebungen die Motivation der Patienten nachhaltig steigert (siehe Abschnitt A.1.1).

Abbildung 30 Arzt, Therapeut und Patient überprüfen den Therapieerfolg in der Reha-Klinik

© Fraunhofer FOKUS

Impressum

Fraunhofer-Institut für
Offene Kommunikationssysteme FOKUS
Kaiserin-Augusta-Allee 31
10589 Berlin

Kontakt

Dr. Michael John
Kompetenzzentrum E-HEALTH
Tel. +49-30-3463-7400
michael.john@fokus.fraunhofer.de

Johannes Einhaus
Kompetenzzentrum E-HEALTH
Tel.+49-30-3463-7586
johannes.einhaus@fokus.fraunhofer.de

Bildnachweise

Fraunhofer FOKUS (S. 16, S. 40, S. 41,
S. 70, S. 75, S. 78, S. 79, S. 81, S. 83,
S. 86, S. 89, S. 90, S. 92, S. 126, S. 128,
S. 129, S. 130, S. 131)

Matthias Heyde/ Fraunhofer FOKUS
(S. 137, S. 138, S. 139, S. 140, S. 141)

© Fraunhofer FOKUS