

AktiDia – Aktivitätsmessung in der Dialyse

Christian Peter¹, Heinrich Prophet², Marian Haescher³

¹ BioArtProducts GmbH, Rostock, Germany; c.peter@bioeng.de

² Praxisverbund Dialyse und Apherese, Rostock, Germany; prophet@apherese.de

³ Fraunhofer IGD, Rostock, Germany; marian.haescher@igd-r.fraunhofer.de

Kurzbeschreibung: Im Rahmen der klinischen Studie AktiDia wurden Dialyse-Patienten mit verschiedenen Sensoren zur Erfassung der körperlichen Aktivität ausgestattet. Die Studie verfolgte drei Fragestellungen: zum einen wurde untersucht, wie verschiedene Aktivitätssensoren von Patienten angenommen werden und welche Eigenschaften ein Sensor für die Überwachung körperlicher Aktivität von Dialysepatienten haben sollte, um eine möglichst hohe Akzeptanz zu erlangen. Zweitens wurde das Aktivitätsverhalten von Dialysepatienten über einen Zeitraum von einer Woche untersucht, wobei insbesondere charakteristische Merkmale der Aktivitäten an Dialysetagen und den Tagen zwischen den Behandlungen betrachtet wurden sowie entsprechende Korrelationen zum Nachtschlaf der Patienten. Drittens wurde untersucht, ob und wie sich das Tragen eines Aktivitätssensors auf das Aktivitätsverhalten von Dialysepatienten auswirkt.

Vorläufige Ergebnisse lassen folgende Schlüsse zu: Dialysepatienten sind durchaus bereit Aktivitätssensoren zu tragen, vor allem wenn dies vom behandelnden Arzt empfohlen wird. Ein positiver Effekt auf die Gesundheit bzw. das Wohlbefinden wird hierbei von den Patienten erwartet. Die verwendeten Aktivitätssensoren sind prinzipiell auch im medizinischen Kontext nutzbar, weisen jedoch verschiedene Schwächen bzw. ungünstige Eigenschaften auf. Diese beziehen sich sowohl auf die Eigenschaften der Geräte an sich, als auch auf die Qualität der Daten und Zugriffsmöglichkeiten auf diese. Die von den Sensoren gelieferten Daten sind geeignet, um Aussagen zum Aktivitätsniveau von Patienten zu machen. Hierbei konnte bei einigen Patienten Unterschiede im Aktivitätsprofil hinsichtlich durchgeführter Dialysen erkannt werden. Auswirkungen auf den Schlaf können ebenfalls erkannt werden. Bezüglich der Motivation zu mehr Aktivität gibt es Hinweise darauf, dass bei geeignetem Sensordesign Patienten zu mehr Aktivität angeregt werden können.

1. Einführung

Eine Nierenfunktionseinschränkung führt mit zunehmendem Ausmaß zu globalen Veränderungen im Stoffwechsel von Muskulatur, Knochen und Nerven, wobei es zu Beeinträchtigung der Blutbildung und zu Elektrolytdysbalancen kommt. Alle diese Vorgänge verursachen sowohl einen abnehmenden Antrieb als auch eine eingeschränkte Kapazität zu körperlicher Aktivität, was in einen sich selbst verstärkenden Zyklus von chronischer Erschöpfung mündet. Die Inaktivität von Dialysepatienten wiederum ist ein entscheidender Faktor für die hohe Morbidität und Mortalität dieser Patientengruppe und deren sozioökonomische Bürde. Verschiedene Interventionsstudien zeigen, dass strukturierte Programme, die Kraft und Ausdauer bei diesen Patienten implementieren, zu einer subjektiven und objektiven Verbesserung von Leistungsfähigkeit, allgemeinem Wohlbefinden und medizinischen Markern führen [Cheema et al 2007], [Heiwe & Jacobson 2011], [Nunan et al 2013]. Eine Erfassung des Aktivitätsgrades zur Einschätzung der aktuellen Gesundheitssituation, einer möglicherweise nötigen Intervention oder zum Therapiemonitoring ist eine interessante neue Option zur Verbesserung der Lebensqualität von Dialysepatienten. Die hier vorgestellte Studie untersucht mehrere Aspekte hierzu. Zum einen wird untersucht, wie Dialysepatienten generell zur Erfassung ihrer Tages- und Schlafaktivitäten stehen bzw. dazu, diese doch sehr persönlichen Daten mit ihrem Arzt zu teilen. Zum anderen wird untersucht, welche therapeutisch relevanten Informationen aus sensorisch erfassten Daten erfasst werden können. Drittens werden drei verschiedene Systeme zur Erfassung körperlicher Aktivität hinsichtlich ihrer Eignung im medizinischen Kontext bewertet.

Abschnitt 2 gibt einen kurzen Überblick über den Stand der Forschung, bevor in Abschnitt 3 Informationen zur Studie gegeben werden. Abschnitt 4 informiert über die vorläufigen Ergebnisse der Studie, welche in Abschnitt 5 nochmals zusammengefasst werden.

2. Stand der Forschung

2.1 Aktivitätsmessung

Durch die jüngsten Entwicklungen im Bereich der *wearable devices* existiert eine breite Auswahl an Sensorsystemen zur Erfassung von menschlicher Aktivität. Diese Geräte (darunter z.B. Smartphones oder

Smartwatches) besitzen eine Vielzahl an Sensoren, welche ausreichende Spezifikationen aufweisen um in einem medizinischen Kontext (z.B. zur Aktivitätserkennung) eingesetzt werden zu können [Bieber et al., 2013]. Zahlreiche Forschungsarbeiten im Bereich der mobilen bzw. tragbaren Sensortechnologien beschäftigen sich mit dem Einsatz von Akzelerometern. Diese Sensoren erfassen die auf das Mobilgerät einwirkenden Beschleunigungskräfte. Die forschungsrelevanten Themengebiete in diesem Zusammenhang sind dabei sehr vielfältig. Ein großes Themengebiet im Bereich der Medizin stellt z.B. die Schlafforschung dar. Die ersten Publikationen zur aktigraphischen Erkennung des Schlaf-Wach-Rhythmus erschienen bereits Ende der 70er und Anfang der 80er Jahre [Kripke et al., 1978], [Mullaney et al., 1980], [Webster et al., 1982]. Jedoch basierten diese frühen Verfahren auf zum Teil eigens gefertigten Hardwareplattformen mit geringer Portabilität. Mit der zunehmenden Entwicklung von mobilen Aktigraphen wuchs auch der Bedarf nach Übertragbarkeit und Wiederverwertbarkeit der Daten und Erkennungsverfahren. [Cole et al., 1992] entwickelten einen Algorithmus der auf Basis eines Merkmals (Zählung der Nulldurchgänge aller Achsen eines 3D-Akzelerometers pro Epoche) die Unterscheidung der Zustände schlafend oder wach vornimmt. Ein weiteres Beispiel für einen aktigraphischen Schlafalgorithmus stellt [Sadeh et al., 1994] dar. Neben der Schlaferkennung findet die Aktigraphie im Medizinischen Kontext auch im Bereich der Rehabilitation Anwendung. So beschreiben [Aminian et al., 1999] den Einsatz von Akzelerometern zur Analyse der Fortschritte im Genesungsverlauf der Gangart von Patienten infolge einer Hüftendoprothetik. Hierfür zeichneten sie sowohl vor als auch nach der Operation Messdaten mit uni-axialen Beschleunigungssensoren auf (dabei wurde je ein Sensor pro Bein oberhalb des Knies befestigt). Der Abtastbereich der Sensoren lag bei 60 Hz, bei einem Messbereich von +/- 5g und einer Auflösung von 12Bit. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen pre- und postoperativen Messungen und können somit als valides Messverfahren angesehen werden. Eine weitere Arbeit im Bereich der Rehabilitationsüberwachung nach Hüftoperationen ist [Wall et al., 1981]. [Bieber et al., 2009] verwendeten Mobiltelefone mit Beschleunigungssensoren zur Erkennung einfacher, alltäglicher Aktivitäten (z.B. Gehen, Laufen, Fahrradfahren etc.). Mit Hilfe der Daten können laut Bieber et al. adipöse Kinder im Prozess des Abnehmens unterstützt werden. Zahlreiche, weitere Arbeiten befassen sich mit der Erkennung von alltäglichen Aktivitäten z.B. [Grosse-Puppenthal et al., 2012], [Stikic et al., 2008], [Srinivasan et al., 2010]. Diese sogenannten *Activities of Daily Living* (ADL) bezeichnen Aktivitäten wie z.B. Gehen, Joggen, Springen, Sitzen, Fahrradfahren, Autofahren, Essen und andere. [Bao et al., 2004]

zeigen, dass mit lediglich zwei Beschleunigungssensoren (befestigt am Handgelenk und an der Hüfte oder am Handgelenk und am Oberschenkel) ADLs mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden können. Bao et al. verglichen die Resultate dabei mit einem komplexen Sensor-Setting bestehend aus fünf Akzelerometern (Oberarm, Hüfte, Handgelenk, Oberschenkel, Knöchel). Die erkannten Aktivitäten sind dabei Beispielsweise gehen mit 89,71% Genauigkeit, Laufen mit 87,68% Genauigkeit und Zähneputzen mit 85,27% Genauigkeit).

Ein medizinischer Einsatz von Akzelerometern wird in [Niazmand et al., 2011] adressiert. Hierbei wird ein Gerät (Pullover mit acht integrierten Beschleunigungssensoren) zur Erfassung von Zitterbewegungen bei Patienten mit der Parkinson'schen Krankheit eingesetzt. Eine weitere medizinische Anwendungsdomäne der Aktigraphie ist die Überwachung von Patienten mit Nierenerkrankungen.

2.2 Dialyse und körperliche Aktivität

Körperliche Aktivität hat generelle gesundheitsfördernde Wirkung, was auch auf Dialysepatienten zutrifft. Allerdings haben Dialysepatienten auf Grund ihrer chronischen Erkrankung teilweise erhebliche Einschränkungen, was ihre Möglichkeit, körperlich aktiv zu sein, bisweilen stark einschränkt.

[Avesani et al., 2011] führten eine Untersuchung von 134 Erwachsenen Patienten mit Nierenschäden durch. Alle Patienten mussten sich aufgrund ihrer unterschiedlichen Erkrankungen regelmäßig einer Hämodialyse unterziehen. Mit Hilfe eines am Oberarm des nicht dominanten Armes befestigten Sensorgerätes des Typs *SenseWear PRO* (von Bodimedia Inc.), welches unter anderem über ein Akzelerometer verfügt, wurden dabei Aktivitätsdaten erfasst (z.B. Energieverbrauch in kcal/Tag; Schrittzahl/Tag). Die Ergebnisse von Avesani et al. zeigen bei den Patienten eine signifikant geringere Aktivität an Dialysetagen ($p < 0,001$). Zudem weisen die Ergebnisse eine starke Korrelation von Inaktivität, Alter und einem hohen BMI auf. Laut Avesani et al. sind mögliche Gründe hierfür beispielsweise die Inaktivität während der Dialyseprozedur, sowie die Dialyse induzierte Erschöpfung (*post-dialysis fatigue syndrome*). [Majchrzak et al., 2005] ermittelten in ihrer Untersuchung eine um 24% geringere Aktivität von Hämodialysepatienten an Dialysetagen (erfasst durch ein 3D-Akzelerometer). Beide Arbeiten identifizieren gesundheitliche Risiken infolge der hohen Inaktivität. Als Empfehlung zur Verbesserung des Gesundheitszustands der Patienten werden Faktoren wie z.B. eine gezielte Aktivität während der Dialyse sowie eine gesteigerte Aktivität nach der

Dialyse und an den Folgetagen herausgestellt. [Stack und Murthy, 2008] beziehen sich in ihrer Arbeit auf die Zahlen einer Studie des U.S. Renal Data System (*The Dialysis Morbidity and Mortality Study*). Diese Studie (Umfang 4025 Teilnehmer) erfasste einen repräsentativen Datensatz von Dialysepatienten in den USA im Behandlungszeitraum zwischen 1996 und 1997. Die betroffenen wurden gebeten einen Fragebogen auszufüllen. Dieser enthielt unter anderem die Frage nach der Häufigkeit der Ausübung körperlicher Aktivität. Nach Stack und Murthy gaben dabei 56% der befragten Patienten an weniger als einmal pro Woche Sport zu betreiben. 75% der Befragten gaben an starke Einschränkungen in der Ausübung von stark belastenden Aktivitäten zu haben (z.B. Laufen). 42% der Befragten beklagten starke Einschränkungen bei leichten Aktivitäten (z.B. Staubsaugen). Eine Untersuchung von 64 Hämodialysepatienten in der Arbeit von [Walker et al., 1995] zeigte, dass 83,3% der Befragten über Schlafstörungen klagten. Die Analyse erfolgte hierbei anhand von Fragebögen. Laut Walker et al. klagten 28 Patienten über massive Schlafstörungen. Als Gründe hierfür wurden neben Einschlafstörungen (bei 25 Patienten), nächtliches Erwachen (bei 19 Patienten) sowie das *restless legs syndrome* (bei 18 Patienten) und generelle innere Unruhe (bei sechs Patienten) angeführt. Mit einer Beschwerdeanzahl von 36 Patienten zählte laut Walker et al. die Tagesmüdigkeit zu den Hauptproblemen. An zweiter Position folgt das *restless legs syndrome* mit 31 Betroffenen. Zudem wiesen sieben Patienten Symptome einer Schlafapnoe auf.

Viele frühere und derzeitige Arbeiten nutzen Fragebögen zur Analyse des Istzustandes. Eine aktigraphische Langzeituntersuchung von Dialysepatienten mit zusätzlicher Motivation zu Bewegung sowie eine Realisierung von sportlicher Betätigung während des Dialysevorgangs sind Ansätze deren vermeintlich positive Wirkung erst in zukünftigen Untersuchungen bewiesen werden muss. Vor allem der Einfluss von gesteigerter körperlicher Aktivität an den Postdialysetagen und der Einfluss von erhöhter körperlicher Aktivität auf das Schlafverhalten von Dialysepatienten sind Themen mit großer Forschungsrelevanz.

3. Studienbeschreibung

3.1 Ziel der Studie

Die Studie war als klinische Vorstudie ausgelegt. Drei Fragestellungen wurden verfolgt:

- A) **Technologische Evaluierung:** Wie gut sind aktuelle kommerzielle Aktivitätssensoren für die Anwendung im medizinischen Bereich geeignet, insbesondere für Dialysepatienten?
- Hierbei ging es um das Erfassen von Eigenschaften von Aktivitätssensoren für den Einsatz im medizinischen Umfeld, welche sich sowohl auf die alltägliche Nutzung als auch die Qualität der gelieferten Daten bezogen.
- B) **Datenanalyse:** Untersuchung der Aktivität von Dialysepatienten hinsichtlich ihres Aktivitätsverhaltens an Dialysetagen und Tagen zwischen Dialysebehandlungen, sowie Untersuchung von Korrelationen mit nächtlichem Schlaf der Patienten.
- Hypothese: Eine intermittierende Nierenersatztherapie führt zu einer deutlichen Veränderung des Aktivitätsprofils mit Veränderung der Schlafstruktur. Dies betrifft vor allem den Dialyse-Durchführungstag.
- C) **Patientenmotivation:** Untersuchung der Auswirkung von Aktivitäts-Monitoring auf die Aktivität der Patienten
- Hypothese: Durch das Tragen eines Aktivitätssensors ist der Patient motiviert, sich mehr zu bewegen.

3.2 Studienteilnehmer

Die Studie wurde in der Dialyseabteilung des Praxisverbundes Dialyse und Apherese Rostock¹ durchgeführt. An der Studie nahmen 5 Patienten teil (4 Männer, 1 Frau). Das Durchschnittsalter der Teilnehmer lag bei 61 Jahren, der durchschnittliche BMI² bei 28,48 kg/m². Bis auf einen Patienten hatte zuvor noch kein Studienteilnehmer einen Aktivitätsmesser, bspw. einen Schrittzähler benutzt, ein Patient benutzte schon einmal für einige Wochen einen mechanischen Schrittzähler, um die täglichen Schritte zu zählen (Patient 2). Tabelle 1 gibt einen Überblick über die teilnehmenden Patienten.

¹ <http://praxisverbund-rostock.de/>

² BMI – Body Mass Index, verwendete Formel: $BMI = \frac{\text{Körpermasse}}{\text{Körpergröße}^2}$

Pat. ID ³	Alter in Jahren	Dialyse seit (Jahre)	Geschl.	Gewicht vor Dialyse ⁴ in kg	Größe in cm	BMI in kg/m ²
1	82	10	w	72,0	163	26,53
2	59	0,5	m	76,9	179	24,00
3	73	2	m	91,8	170	31,76
5	46	5	m	92,8	170	32,11
6	45	3,25	m	79,3	170	27,44
Durchschnitt:	61			82,56	170,4	28,37

Tabelle 1. Übersicht Studienteilnehmer

3.3 Verwendete Sensoren

Für die Studie wurden drei Sensorsysteme nach folgenden Kriterien ausgewählt:

- Der Sensor soll am Handgelenk getragen werden können
- Der Akkulaufzeit sollte mehrere Tage betragen, mindestens 3 (maximaler Abstand zwischen zwei Dialysebehandlungen)
- Es sollte zumindest die Erfassung folgender Parameter möglich sein:
 - Schritte
 - Schlafmuster

Des Weiteren wurde bei der Auswahl darauf geachtet, dass die Systeme sich in mehreren Aspekten unterscheiden, um so den Studienteilnehmern eine Auswahl an Optionen vorlegen zu können und ihre entsprechenden Präferenzen nach ihrer Erfahrung mit den verschiedenen Systemen zu erfragen.

In der Studie wurden jeweils zwei der folgenden Sensoren verwendet: Fitbit Flex von Fitbit Inc., USA; Withings Pulse von Withings, Frankreich, und Metawatch von Metawatch Ltd, USA mit Aktivitätserkennungssoftware von Fraunhofer IGD, Deutschland.

³ Patient ID4 entschied sich vor Studienbeginn, nicht an der Studie teilzunehmen

⁴ Das Körpergewicht verändert sich durch die Dialysebehandlung

	Fitbit Flex  © fitbitInc.	Withings Pulse  © Withings	Metawatch + Fraunhofer Software  © Metawatch
Am Handgelenk tragbar	Ja	Ja	ja
Akku-laufzeit	5 Tage	5 Tage	7 Tage
Schritt-erfassung	Ja	Ja	Ja
Schlaf-erfassung	Ja, nach manueller Aktivierung	Ja nach manueller Aktivierung	Ja, automatisch
Weitere Feature	<ul style="list-style-type: none"> • 5-Punkt LED Display • Wasserfest • Vibrationsmotor für Rückmeldungen / Erinnerungen 	<ul style="list-style-type: none"> • LED Display • Wasserbeständig • Berechnung zurückgelegter Strecke • Absolvierte Höhenmeter • Berechnung Kalorienverbrauch • Anzeige Uhrzeit • Kann auch in Hosentasche bzw. am Gürtel getragen werden 	<ul style="list-style-type: none"> • Display • Anzeige Uhrzeit • Automatische Schlaferkennung • Begleitende Smartphone App mit zusätzlicher Aktivitätsanalyse
Anzeige der Aktivitätsdaten	Webseite, Smartphone App für einige Smartphones	Smartphone App, Webseite	Webseite

Tabelle 2. Überblick verwendete Sensoren

3.4 Studiendurchführung

Die Patienten nahmen freiwillig an der Studie teil, wurden vor der Studie schriftlich über Inhalt und Ablauf der Studie sowie die Art der Datenerfassung, -speicherung und -auswertung informiert und haben schriftlich ihre Zustimmung zu diesen gegeben. Die Patienten wurden darüber informiert, dass sie jederzeit aus der Studie ausscheiden können.

Jedem Studienteilnehmer wurde ein Sensor ausgehändigt und seine Befestigung am Handgelenk kontrolliert. Die Auswahl des Sensors erfolgte nach Wunsch der Patienten. Jedem Studienteilnehmer wurde der entsprechende Sensor erklärt und eine Kurzbeschreibung ausgehändigt. Jeder Teilnehmer hatte Gelegenheit, Fragen zu stellen, welche dann beantwortet wurden. Die Teilnehmer füllten den Fragebogen 1 zur Motivation der Studienteilnahme aus.

Die Sensoren wurde im Folgenden eine Woche getragen, wobei es den Patienten frei gestellt war, jederzeit den Sensor abzulegen. Die Patienten führten begleitend ein Aktivitätstagebuch, um eine Korrelation von aufgezeichneten Aktivitätswerten mit den Aktivitäten der Patienten korrelieren zu können. Zwischenzeitlich wurden die Akkus der Sensoren durch das Studienpersonal aufgeladen, während die Patienten eine Dialysebehandlung erhielten. Nach eine Woche wurden die Sensoren abgelegt, die Daten ausgelesen und die Akkus der Sensoren wieder aufgeladen. Die Studienteilnehmer füllten Fragebogen 2 zu den Sensoren und ihrem Aktivitätsverhalten aus.

In den folgenden Tagen wurde jeder Patient gebeten jeweils einen anderen Sensor für mindestens 2 Tage zu tragen. Im Anschluss füllten die Teilnehmer wieder Fragebogen 2 zum aktuellen Sensor aus. Dies wiederholte sich ein weiteres mal, um auch den dritten Sensor von jedem Studienteilnehmer bewerten zu lassen.

Zwei Patienten nahmen nicht bis zum Ende an der Studie teil. Patient 3 schied nach Phase 1 aus gesundheitlichen Gründen aus, Patient 1 lehnte das tragen der beiden anderen Sensoren aus ästhetischen Gründen aus.

4. Auswertung

4.1 Technologische Evaluation

Bewertung der Nutzbarkeit seitens der Patienten: Nach Abschluss der Studienphasen wurden die Patienten zu ihrer Erfahrung mit den Sensoren befragt. Bezüglich des *Designs* können die Bewertungen dahingehend zusammengefasst werden, dass ein schmales, leichtes Design bevorzugt wird. Ein zu dicker Sensor behindert bei alltäglichen Verrichtungen, sei es durch Wechselwirkung mit der Kleidung oder Hängenbleiben/Anstoßen an Gegenstände bei Bewegungen (Problem bei Metawatch). Das *Material* sollte weich sein, um den Tragekomfort zu erhöhen und Druckstellen zu vermeiden (Metawatch wurde abgelegt, Fitbit drückte gelegentlich). Des Weiteren kann festgestellt werden, dass ein Sensor zur Aktivitätsmessung im Alltag auch *wasserfest* sein sollte, um beim Duschen oder Baden getragen werden zu können. Diesen Anforderungen entsprach nur das Fitbit Gerät. Der Withings Sensor ist zwar ebenfalls Wassergeschützt und könnte beim Duschen getragen werden, jedoch ist das Armband hierfür ungeeignet, da es lange die Feuchtigkeit speichert. Für den weiblichen Studienteilnehmer war das Design sehr wichtig. Auch mit Sensor sollte man „gesellschaftsfähig“ sein, was die Patientin gerade so für das Fitbit Armband gelten ließ. Das Tragen der beiden anderen Sensoren wurde von der Patientin aus ästhetischen Gründen nach anfänglicher Begutachtung abgelehnt.

Bezüglich der Informationsmöglichkeit der Patienten über ihre Aktivität erwies sich ein Display als sehr wichtig. Selbst, wenn nur die Uhrzeit angezeigt wird, wird dies doch als nützliche Zusatzfunktion des Sensors bewertet. Werden weitere Informationen angezeigt, wie bspw. beim Withings Sensor die gelaufenen Schritte, wurde dies als besonders interessant und teilweise auch als motivierend angenommen. Alle Patienten berichteten über ihre Verwendung des Withings Gerätes, dass sie regelmäßig ihre bereits absolvierten Schritte kontrollierten und gegebenenfalls zusätzliche Wege gingen, um höhere Schrittzahlen zu erreichen. Auch die zusätzlichen Angaben des Withings-Gerätes zu zurückgelegter Strecke und verbrauchten Kalorien wurden von 2 Teilnehmern konsultiert. Auch beim Fitbit Gerät wurde die Anzeige der absolvierten Schritte in Anspruch genommen (3 Patienten). Die automatische Information über erreichte 10000 Schritte wurde von einem Studienteilnehmer als motivierend empfunden. Die Nicht-Verfügbarkeit einer Angabe der absolvierten Schritte wurde beim Metawatch System bemängelt.

Zwei Patienten waren aufgeschlossen gegenüber Tragen eines Aktivitätssensors im Alltag als persönliches Gerät. Sie empfanden den bestätigenden Charakter der Aktivitätsaussage motivierend. Insbesondere wenn ein positiver Effekt auf den Gesundheitszustand oder das Wohlbefinden feststellbar wäre, würden zwei weitere Patienten das Tragen eines solchen Sensors in Erwägung ziehen. Für eine diesbezügliche Aussage bzw. Erfahrung war der Studienzeitraum zu kurz, jedoch konnten sich die Patienten das Eintreten eines positiven Effekts vorstellen. Wenn die Nutzung eines solchen Sensors von Arzt empfohlen wäre, würden drei Patienten hierzu bereit sein.

Robustheit, Zuverlässigkeit: von den eingesetzten 2 Fitbit Geräten musste einer ausgesondert werden, weil keine Datenübertragung zum Rechner durchgeführt werden konnte. Auch ein Withings Gerät verweigerte die Herausgabe der Messdaten. Die Metawatches funktionierten einwandfrei.

Datenverfügbarkeit: Fitbit bietet eine Web-basierte graphische Darstellung der Aktivitätsdaten mit Tages-, Wochen- und Monatsüberblick. Als Premiumkunde erhält man detailliertere Berichte und die Möglichkeit des Datenexports. Withings bietet ebenfalls eine graphische Web-basierte Darstellung der Aktivität mit Wochenüberblick. Ein Export der Aktivitätsdaten ist bislang nicht möglich. Fraunhofer IGD bieten für ihre Aktivitäts-App ebenfalls ein Webinterface, über welches die Tagesaktivität betrachtet werden kann. Die Darstellung der mit der Metawatch aufgezeichneten Daten erfolgt allerdings invers als „Inaktivitätsdiagramm“. Mit einem Studienleiter-Account können Daten im CSV Format exportiert werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass von den verwendeten Systemen seitens der Stabilität und Zuverlässigkeit das Metawatch/Fraunhofer System am besten für Studien im medizinischen Bereich geeignet ist. Aus Patientensicht wurden jedoch die Systeme mit Anzeige der absolvierten Schritte bevorzugt, wobei das Withings System aufgrund seiner leicht ablesbaren Informationen bessere Kritiken erhielt. Hinsichtlich der sozialen Akzeptanz schnitt das Fitbit Gerät am besten ab, weil es so gut wie gar nicht als Sensor/technisches Gerät erkannt wurde.

4.2 Qualitative Auswertung der Aktivitätsdaten

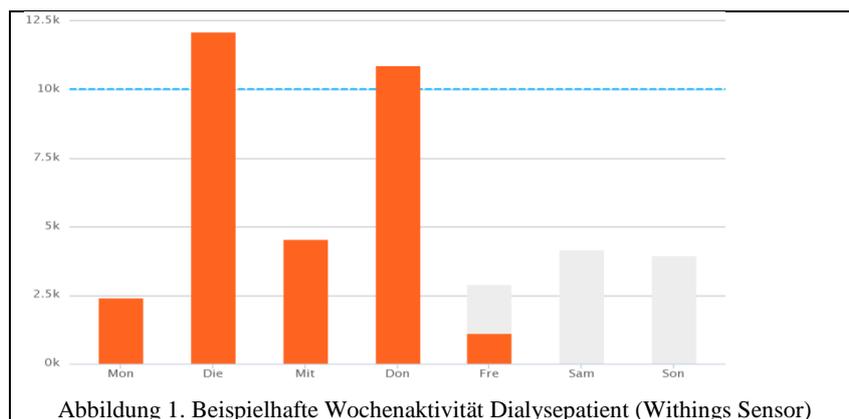
Hypothese: Eine intermittierende Nierenersatztherapie führt zu einer deutlichen Veränderung des Aktivitätsprofils mit Veränderung der Schlafstruktur. Dies betrifft vor allem den Dialyse-Durchführungstag.

Die Studie endete auf Grund der unvorhergesehenen technischen Probleme am Tag der Einreichfrist dieses Artikels, weshalb leider keine abschließende Auswertung gegeben werden kann. Erste Sichtprüfungen lassen jedoch folgende Erkenntnisse zu.

Anhand von Aktivitätssensordaten können Dialyse- und Nichtdialysetage sehr gut voneinander unterschieden werden (siehe Abbildung 1). Dies ist nicht nur auf die behandlungsbedingte zwangsweise Ruhe zurück zu führen (eine Dialysebehandlung dauert 4-6 Stunden), sondern auch auf die Erschöpfung des Patienten nach der Dialyse.

An den Tagen zwischen den Behandlungen zeigen die Patienten normales Aktivitätsverhalten, welches je nach allgemeinem Gesundheitszustand variiert. Abbildungen 2 und 3 zeigen im Vergleich die Aktivitätsniveaus von zwei Patienten mit unterschiedlichem allgemeinen Gesundheitszustand. Patient 2 ist erst seit 6 Monaten dialysepflichtig, ist ganztags berufstätig und erfreut sich guter Gesundheit (Abb. 2). Patient 6 (Abb. 3) ist bereits über 3 Jahre dialysepflichtig und arbeitet verkürzt. Wie auf den Abbildungen zu erkennen ist, zeigt Patient 2 recht gleichmäßige Schlaf- und Wachzyklen. Patient 6 hingegen zeigt an Dialysetagen (Mo, Mi, Fr.) starken Schlafbedarf auch tagsüber und benötigt selbst an Tagen ohne Dialyse regelmäßige Ruhephasen mit Schlaf.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die erhobenen Daten darauf hindeuten, dass eine intermittierende Nierenersatztherapie zu einer deutlichen Veränderung des Aktivitätsprofils führt und deutliche Auswirkungen auf das Schlafverhalten der Patienten hat.



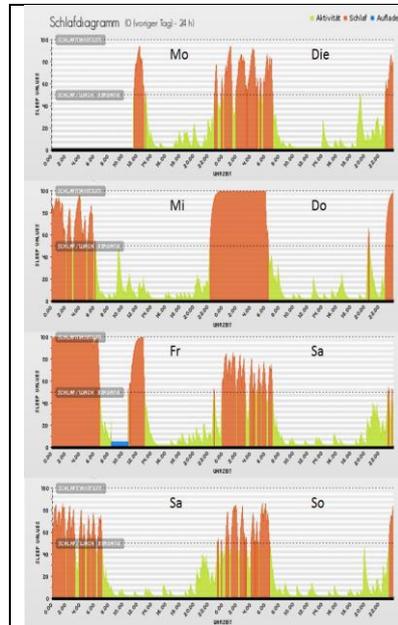


Abbildung 2. Beispielhaftes Inaktivitätsdiagramm Patient 2, Dialysetage Mo, Mi, Fr (hohe Ausschläge = sehr inaktiv, orange = Schlaf erkannt)

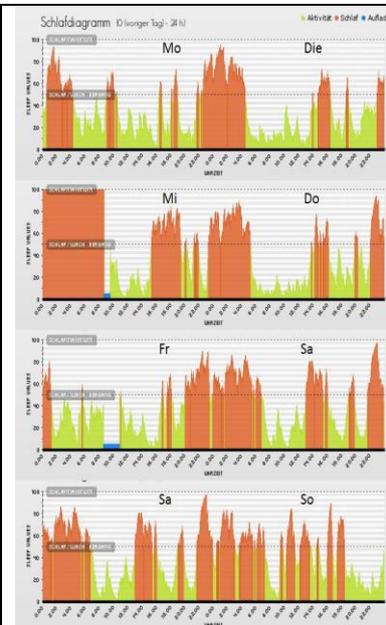


Abbildung 3. Beispielhaftes Inaktivitätsdiagramm Patient 6, Dialysetage Mo, Mi, Fr (hohe Ausschläge = sehr inaktiv, orange = Schlaf erkannt)

4.3 Auswertung Patientenmotivation

Hypothese: Durch das Tragen eines Aktivitätssensors sind Patienten motiviert, sich mehr zu bewegen.

Motivation zur Teilnahme an der Studie: Alle Patienten haben freiwillig an der Studie teilgenommen, weil sie entweder Erkenntnisse für sich selbst erhofften, dazu beitragen wollten, dass mehr Erkenntnisse zum Zusammenhang von Dialyse und Aktivität gewonnen werden, oder weil sie dem Arzt bei seiner Arbeit helfen wollten. Durch die Teilnahme an der Studie alleine sahen sich die Patienten also nicht motiviert, aktiver zu sein.

Das Tragen eines Aktivitätssensors wurde von den Studienteilnehmern unterschiedlich motivierend erlebt. Alle Patienten fanden es interessant, auf

den Geräten mit Display zu sehen, wie viele Schritte sie tatsächlich am Tag absolvieren. 1 Patient berichtete, dass er Extra-Wege gegangen ist, um seine Tages-Schrittzahl zu erhöhen. Ein weiterer Patient berichtete, dass es ihn motivierte, die Benachrichtigung über 10000 absolvierte Schritte recht früh am Tag zu erhalten. Die verbleibenden 3 Studienteilnehmer empfanden die Information über ihre Schrittzahl interessant, sahen sich aber nicht motiviert, mehr oder weniger aktiv zu sein.

5. Zusammenfassung

Die hier beschriebene Studie umfasste einen Zeitraum von 2 Wochen. In Folge technischer Probleme mit zwei eingesetzten Sensoren kam es zu Datenverlusten, die die Aussagekraft der durchgeführten Studie beeinträchtigen. Dennoch können interessante Aussagen zu den eingangs aufgestellten Hypothesen gemacht werden.

Aus therapeutischer Sicht interessant ist die Erkenntnis, dass Veränderungen im Aktivitäts- und Schlafverhalten von Dialysepatienten deutlich mit Aktivitätssensorik erkannt werden können. Es liegt der Schluss nahe, dass auch im längeren Therapieverlauf Veränderungen des Tagesaktivitäts- und Schlafprofils erkannt werden können, aus welchen auf einen sich verschlechternden Gesamtgesundheitszustand des Patienten geschlossen werden kann. Aus therapeutischer Sicht stellt die Erfassung der Tagesaktivität und des Schlafs von Dialysepatienten eine interessante Ergänzung der medizinischen Betreuung von Patienten dar.

Unterstützend hierzu wurde festgestellt, dass auch aus Patientensicht eine Erfassung der körperlichen Aktivität eine interessante Ergänzung der Therapie darstellen kann. Hierzu ist es aber erforderlich, dass die Patienten selbst einen einfachen Zugang zu ihren Daten haben.

Technologisch ist zu sagen, dass die verwendeten Systeme noch nicht ausreichend gut für den Einsatz im medizinischen Alltag sind. Technische Zuverlässigkeit, einfacher Datenzugang und angenehme Verwendung für die Patienten sind essentielle Anforderungen an derartige Geräte, die von keinem System in der Gesamtheit erfüllt wurden.

Eine weitere Auswertung der Daten wird zeigen, inwieweit die Erkennung intra- und interindividueller Unterschiede in der Tages- und Nachtaktivität von Dialysepatienten therapieunterstützend wirksam werden können.

6. Referenzen

- [Aminian et al., 1999] Aminian K., Rezakhanlou K., Leyvraz P.-F., De Andres E., Robert P., Fritsch C. (1999). Temporal feature estimation during walking using miniature accelerometers: an analysis of gait improvement after hip arthroplasty. In *Medical & biological engineering & computing*, Vol. 37, Issue 6, pp. 686-691.
- [Avesani et al., 2011] Avesani, C.M., Trolonge, S., Deléaval, P., Baria, F., Mafra, D., Faxén-Irving, G., Chauveau, P., Teta, D., Ayako Kamimura, M., Cuppari, L., Chan, M., Heimbürger, O. and Fouque, D., (2011). Physical activity and energy expenditure in haemodialysis patients: an international survey. *Nephrol Dial Transplant*, (2011) 0: 1-5.
- [Bao et al., 2004] Bao L. und Intille S.S., (2004). Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data. *PERVASIVE 2004*, pp 1-17.
- [Bieber et al., 2009] Bieber, G., Voskamp, J. and Urban, B. (2009). Activity recognition for everyday life on mobile phones. *Lecture Notes in Computer Science*. 2.5.1.1
- [Bieber et al., 2013] Bieber, G., Haescher, M., and Vahl, M. (2013). Sensor requirements for activity recognition on smart watches. *The 6th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (ACM)*.
- [Cole et al., 1992] Cole, R.J., Kripke, D.F., Gruen, W., Mullaney, D.J. and Gillin, J.C., (1992). Automatic Sleep/Wake Identification From Wrist Activity. *Sleep*, 15.5 (1992): 461-469.
- [Grosse-Puppenthal et al., 2012] Grosse-Puppenthal, T., Berlin, E., und Borazio M., (2012). Enhancing Accelerometer-Based Activity Recognition with Capacitive Proximity Sensing. *Ambient Intelligence 2012*, pp. 17-32.
- [Heiwe & Jacobson 2011] Heiwe S, Jacobson SH. Exercise training for adults with chronic kidney disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2011, Issue 10. Art. No.: CD003236. DOI: 10.1002/14651858.CD003236.pub2.
- [Kripke et al., 1978] Kripke DF, Mullaney DJ, Messin S, Wyborney VG (1978): Wrist Actigraphic Measures Of Sleep And Rhythms. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*; 44: 674-6
- [Majchrzak et al., 2005] Majchrzak, K.M., Pupim, L.B., Chen, K., Martin, C.J., Gaffney, S., Greene, J.H. and Alp Ikizler, T., (2005). Physical activity patterns in chronic hemodialysis patients: Comparison of dialysis and nondialysis days. *Journal of Renal Nutrition*, Vol. 15, Issue 2, pp. 217-224.
- [Mullaney et al., 1980] Mullaney DJ, Kripke DF, Messin S (1980): Wrist Actigraphic Estimation Of Sleep Time. *Sleep*; 3: 83-92
- [Niazmand et al. 2011] Niazmand, K., Tonn, K., Kalaras, A., Kammermeier, S., Boetzel, K., Mehrkens, J.H., Lueth, T.C., (2011). A measurement device for motion analysis of patients with Parkinson's disease using sensor based smart clothes. *IEEE 5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare*. Pp. 9-16.

- [Nunan et al 2013] Nunan D., Mahtani KR, Roberts N, Heneghan C.: Physical activity for the prevention and treatment of major chronic disease: an overview of systematic reviews.. *Syst Rev.* 2013 Jul 10;2:56. doi: 10.1186/2046-4053-2-56.
- [Sadeh et al., 1994] Sadeh, A., Sharkey, K. M., and Carskadon, M. A. (1994). Activitybased sleep-wake identification: An empirical test of methodological issues. Technical report, American Sleep Disorders Association and Sleep Research Society.
- [Srinivasan et al., 2010] Srinivasan, R., Chen, C., Cook, D.J., (2010). Activity Recognition using Actigraph Sensor. Proceedings of the 4th International Workshop on Knowledge Discovery from Sensor Data.
- [Stack and Murthy, 2008] Stack, A.G. and Murthy, B., (2008). Exercise and Limitations in Physical Activity Levels among New Dialysis Patients in the United States: An Epidemiologic Study. *Annals of Epidemiology* 2008, Vol.18, pp. 880-888.
- [Stikic et al., 2008] Stikic, M., Huynh, T., Van Laerhoven, K., Schiele, B., (2008). ADL recognition based on the combination of RFID and accelerometer sensing. Proceedings of the 2nd International ICST Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, pp. 258-263.
- [Sung et al., 2004] Sung, M., DeVaul, R., Jimenez, S., Gips, J., Pentland, A.S., (2004). Shiver Motion and Core Body Temperature Classification for Wearable Soldier Health Monitoring Systems. *IEEE 8th International Symposium on Wearable Computers*. Vol. 1, pp. 192-193.
- [Wall et al., 1981] Wall, J.C., Ashburn A., Klenerman L. (1981). Gait analysis in the assessment of functional performance before and after total hip replacement. *Journal of biomedical engineering*, Vol. 3, Issue 2, pp 121-127.
- [Walker et al., 1995] Walker, S., Fine, A., Kryger, M.H., (1995). Sleep complaints are common in a dialysis unit. *American Journal of Kidney Diseases* 26.5 (1995): 751-756.
- [Webster et al., 1982] Webster JB, Kripke DF, Messin S, Mullaney DJ, Wyborney G (1982): An Activity Based Sleep Monitoring System For Ambulatory Use. *Sleep*; 5: 389-99
- [Cheema et al 2007] Bobby Cheema, Haifa Abas, Benjamin Smith, Anthony O'Sullivan, Maria Chan, Aditi Patwardhan, John Kelly, Adrian Gillin, Glen Pang, Brad Lloyd, and Maria Fiatarone Singh: Progressive Exercise for Anabolism in Kidney Disease (PEAK): A Randomized, Controlled Trial of Resistance Training during Hemodialysis. *JASN* May 2007 18: 1594-1601; published ahead of print April 4, 2007, doi:10.1681/ASN.2006121329.