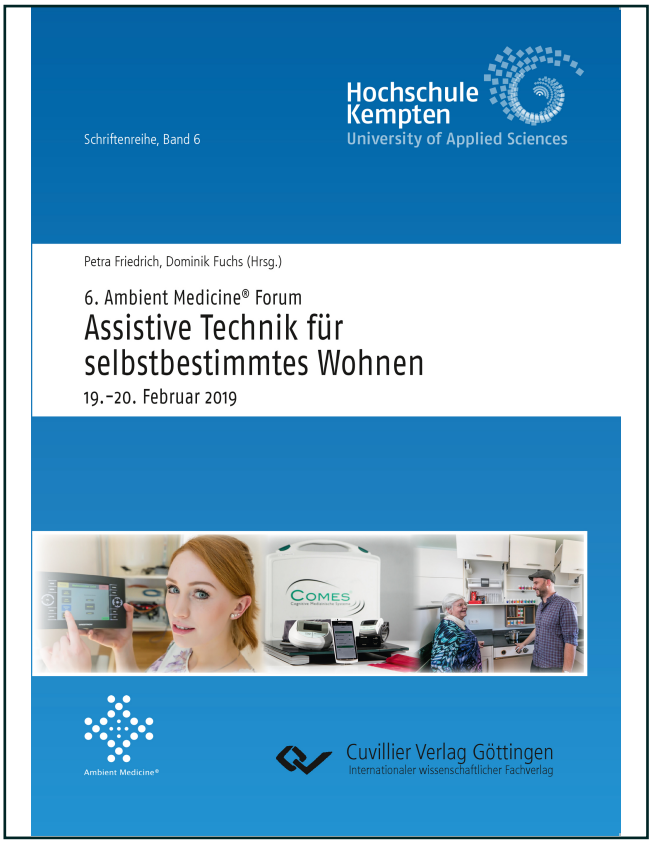
Petra Friedrich (Herausgeber)
Dominik Fuchs (Herausgeber)

# 6. Ambient Medicine® Forum „Assistive Technik für selbstbestimmtes Wohnen“

19.-20. Februar 2019, Tagungsband




https://cuvillier.de/de/shop/publications/7973

Copyright:
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: https://cuvillier.de

# Medizin 4.0 – Gesund durch Elektronik

Bernhard Wolf [a, b] & Christian Scholze [a, c]

[a] Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Elektronik und Lab on Chip-Systeme, München
[b] Technische Universität München, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
[c] Technische Universität München, Lehrstuhl für Produktentwicklung und Leichtbau

## 1. Zusammenfassung

Nicht nur in der technischen Welt („Industrie 4.0"), sondern auch in der Medizin zeichnet sich ein Paradigmenwechsel ab: Wir stehen heute an der Schwelle zur „Medizin 4.0". Nach langen Jahren des Primates der Molekularbiologie erkennt man, dass mikroelektronische Systeme dank der zunehmenden Miniaturisierung in die Dimensionen zellulärer Systeme vordringen und zu therapeutischen Zwecken eingesetzt werden können. Aber auch klassische Telekommunikationssysteme können sensorisch so erweitert werden, dass diese zu intelligenten medizinischen Messgeräten werden, mit denen Patienten sich selbst diagnostisch und therapeutisch begleiten können. Der Beitrag skizziert einige Systeme, die schon technische Einsatzreife erlangt haben, und zeigt Entwicklungstendenzen auf, die zu einer modernen elektronisch gestützten Medizin führen werden.

## 2. Einführung

Die digitale Vernetzung hat ein neues Zeitalter eingeläutet, man könnte es das „4.0-Zeitalter" nennen. Zuerst war „Industrie 4.0" als Kennzeichen einer neuen industriellen Revolution in aller Munde – damit ist die Vernetzung von Menschen, Maschinen und Produkten mit Hilfe von Internettechnologien gemeint. Inzwischen hat der Geist der Revolution fast alle Bereiche unseres Lebens erfasst: Arbeit 4.0, Familie 4.0, Karriere 4.0, Hochschule 4.0 – diese Reihe lässt sich beliebig fortsetzen. Auch in der Medizin stehen in den nächsten Jahren fundamentale Veränderungen bevor: Die digitale Vernetzung von Patienten, Ärzten, Kliniken, Reha-Einrichtungen, Apotheken und Krankenkassen wird eine schnellere, unkompliziertere und kostengünstigere Abwicklung von Behandlungen ermöglichen. Gleichzeitig werden digitale Techniken völlig neue Möglichkeiten in der Prävention, der Diagnose und der Therapie von Krankheiten mit sich bringen, die aus unserer heutigen Sicht geradezu futuristisch anmuten. Wir stehen am Beginn der „Medizin 4.0".

## 3. Telemedizin auf dem Vormarsch

Das neue medizinische Zeitalter, das uns erwartet wird viele gewohnte Abläufe in unserem Gesundheitswesen verändern. Beispielsweise werden telemedizinische Anwendungen ein neues Arzt-Patienten-

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

**Abbildung 1: All-in-One-Medizingerät mit integrierter Sensormanschette (rechts).**

verhältnis mit sich bringen: Der Patient wird nicht mehr nur der Empfänger von medizinischen Leistungen sein, er wird künftig aktiv an Diagnose und Therapie mitwirken. Ohnehin wird es für Patienten immer üblicher werden, selbständig Vitaldaten zu erfassen – Smartwatches sind hier erste Vorboten, auch wenn sie nicht zertifiziert und damit als Medizingeräte nicht geeignet sind. Jedenfalls steht es außer Frage, dass die Telemedizin immer mehr Raum in unserer medizinischen Versorgung einnehmen wird: Vor allem in ländlichen Gebieten wird sich auf andere Art nur schwer eine flächendeckende Versorgung aufrechterhalten lassen. Auch die Einsparung von Kosten spielt keine unwesentliche Rolle.

**Abbildung 2: All-in-One-Medizingerät. Links: Zum Ermitteln verschiedener Vitaldaten wird der Finger in die Messmanschette im unteren Bereich des Geräts eingelegt und der Start-Button gedrückt. Rechts: Nach kurzer Zeit erscheinen die Daten auf dem Display und werden auf Wunsch per Mobilfunk an die Telemedizin-Plattform COMES® übermittelt.**

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Neben diesen Aspekten sollte aber der Mehrwert für den Patienten immer im Vordergrund stehen, digitale Techniken sollten vor allem zu einer Verbesserung der Lebensqualität führen. Das telemedizinische All-in-One-Medizingerät, das wir in den vergangenen Jahren am Heinz Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik der Technischen Universität München entwickelt haben, hat genau das zum Ziel (Abb. 1). In ersten Studien, in denen es getestet wurde, berichteten Herz-Kreislauf-Patienten, dass sie sich unabhängiger und mobiler, aber gleichzeitig besser betreut und damit sicherer fühlten. Dieses Gerät zeichnet sich durch eine sensorische Manschette aus, in die der Patient nur seinen Finger einlegen muss (Abb. 2). Daraufhin misst das All-in-One-Gerät automatisch Blutdruck, Puls, Körpertemperatur, Sauerstoffsättigung im Blut und Hydratisierung. Über einen Sensor an der Seite des Geräts kann mit Hilfe eines Bluttropfens der Blutzuckerwert bestimmt werden. Das Gerät ist klein, stabil und mobil, der Patient kann es überallhin mitnehmen.

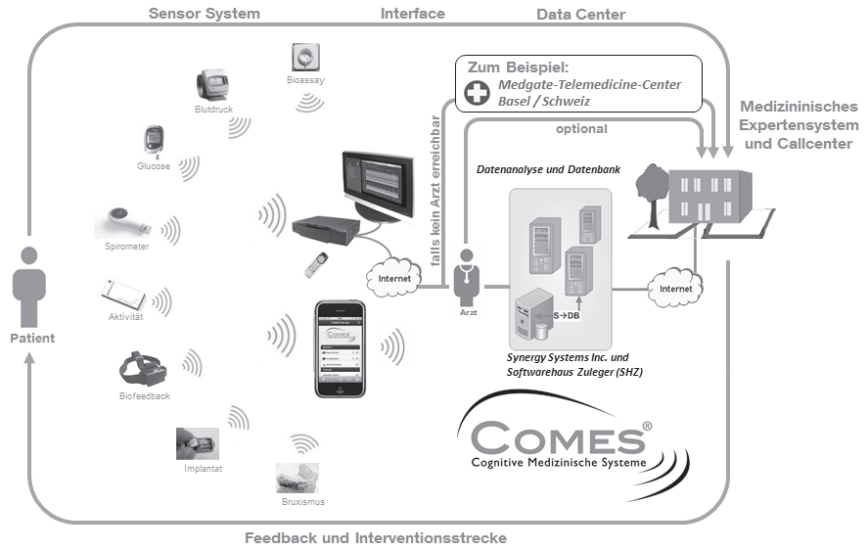



**Abbildung 3: Das Gesamtkonzept von COMES®: Cognitive Medizinische Systeme als intelligentes Assistenzsystem begleiten den Nutzer in allen Lebenslagen und zu jedem Ort (Comes = lateinisch für „der Begleiter", „der Gefährte").**

Die mehrfach am Tag gemessenen Vitalwerte werden mit Hilfe des integrierten Smartphones an ein intelligentes Assistenzsystem gesendet, das an ein medizinisches Expertenzentrum angegliedert ist. Arzt und Patient haben jederzeit Zugriff auf die Daten und kennen damit den aktuellen gesundheitlichen Zustand. Bewegen sich die Werte in einen kritischen Bereich, so wird umgehend der behandelnde Arzt alarmiert und kann eingreifen – ist er nicht verfügbar, können auch Ärzte im Expertenzentrum mit dem Patienten Kontakt aufnehmen oder einen Notruf absetzen. Die von uns entwickelte Telemedizin-Plattform COMES® (Abb. 3) ist ein solches intelligentes System, sie befindet sich im Probebetrieb und wurde jüngst

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

von verschiedenen Reha-Kliniken getestet. Derzeit wird an einer neuen Version des All-in-One-Geräts gearbeitet – es soll deutlich kleiner und noch eleganter werden. Es wird dann problemlos in die Jackentasche passen und kann deswegen überall eingesetzt werden, im Café, beim Spaziergang, im Urlaub oder zu Hause. Der Patient bleibt dadurch mobil, er wird durch seine Krankheit weniger eingeschränkt – ein klares Plus an Lebensqualität.

Aber nicht nur für Herz-Kreislauf-Patienten können Elektronik und Digitalisierung entscheidende Verbesserungen bringen – das gilt auch für viele andere Krankheiten. So können Telemedizin-Systeme wie COMES® in Kombination mit speziellen Spirometern auch die Genesung von Asthma-Patienten begleiten oder adipöse Menschen zur Gewichtsabnahme motivieren – auch in diesem Bereich haben wir COMES® bereits getestet.

## 4. SensoBite – Die Intelligente Zahnschiene

Für Bruxismus-Patienten haben wir die intelligente Zahnschiene „SensoBite“ entwickelt, die den Grund für das krankhafte Zähneknirschen ermitteln kann (Abb. 4). In der Schiene sitzt ein kleiner Sensor, der die Knirschaktivitäten registriert und per Funk an eine Empfangseinheit in der Hosentasche oder neben dem Bett sendet. Diese Daten können ebenfalls durch eine Telemedizin-Plattform wie COMES® automatisch ausgewertet werden. In Versuchen zeigte sich, dass viele Patienten nur mit den Zähnen knirschen, wenn sie Stress im Job oder der Familie haben. Durch Feedback-Systeme, etwa mit vibrierenden Einheiten unter dem Kopfkissen, kann den Bruxismus-Patienten das schädliche Zähneknirschen sogar abgewöhnt werden.

**Abbildung 4: Links: Intelligente Zahnschiene mit Batterie (1), Sensorik (2) und Antenne (3). Rechts: Empfänger für den Erhalt der Daten und das Aussenden von Biofeedback (Vibration bzw. Geräusche).**

## 5. Intelligente Assistenzsysteme – Der treppensteigende Rollstuhl

Auch in der Pflege werden elektronische Entwicklungen schon bald neue Möglichkeiten eröffnen. Serviceroboter sind in Asien bereits weit verbreitet – es ist nur eine Frage der Zeit, wann sie auch bei uns Pflegekräfte in der Betreuung älterer Menschen entlasten. Doch es ist schon heute möglich, viele Tätigkeiten in Assistenz und Pflege durch digitale Techniken und Systeme zu unterstützen. Denkbar ist auch, dass ältere

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

Menschen künftig verstärkt intelligente Assistenzsysteme nutzen, um autonom und mobil zu bleiben und deswegen pflegerische Hilfe erst sehr spät zu benötigen. Das an der Technischen Universität München in Kooperation mit der Hochschule Kempten entwickelte Mobilitätssystem „AssistMobil" ist ein Beispiel für ein solches intelligentes Assistenzsystem. Es bewegt sich auf kurzen und mittleren Strecken autonom fort und kann dabei sogar Hindernisse wie Treppen überwinden, gleichermaßen verfügt es aber auch über Schnittstellen, die eine einfache Integration in ein serienmäßiges Auto ermöglichen. Kernstück ist ein Sitz, der sowohl im PKW als Fahrersitz wie auch außerhalb des Autos auf einem fahrbaren Untersatz als Rollstuhlsitz Verwendung findet.

Auf kurzen und mittleren Strecken befindet sich der Universalsitz auf einem Segway-ähnlichen Fahrwerk und bildet gemeinsam mit ihm einen bionischen Rollstuhl. Dabei wird der Rollstuhl auf nur einer Achse, also einem Radpaar, balanciert. Jedes Rad wird durch einen separaten Elektromotor dynamisch gesteuert; die Motoren halten den Schwerpunkt genau über der Radachse. Dadurch ist der Rollstuhl extrem wendig und leicht zu steuern. Erkennen die Ultraschallsensoren des Fahrwerks eine Treppe, so wechselt der Rollstuhl in den Treppen-Modus: Zwei Hilfsräder fahren aus dem Fahrwerk heraus und das Fahrzeug fährt rückwärts an die Treppe heran, bis die beiden Haupträder die erste Stufe berühren. Anschließend treten zwei ausklappbare Beine in Aktion, die sich ähnlich den menschlichen Beinen aus Ober- und Unterschenkel zusammensetzen. Mit ihren Elektromotoren schieben die Beine den Rollstuhl auf die nächsthöhere Stufe, bevor sie sich nacheinander ebenfalls auf der nächsten Stufe neu positionieren. So erklimmt der Rollstuhl Stufe für Stufe, bis die gesamte Treppe bewältigt ist (Abb. 5).

**Abbildung 5: AssistMobil beim Treppensteigen: Die beiden Beine (gelb) schieben den Rollstuhl von Stufe zu Stufe (Foto: Uli Benz/TUM). Der QR-Code führt zu einem Video-Clip, in dem das Rollstuhl-Modell beim Treppensteigen zu sehen ist.**

Will der Nutzer in seinen PKW umsteigen, so fährt er mit dem Rollstuhl an die Fahrertür heran. Das leicht modifizierte Sitztransfersystem der Firma Autoadapt nimmt den Sitz vom Fahrwerk des Rollstuhls ab und schwenkt ihn als Fahrersitz ins Auto. Das Rollstuhlfahrwerk fährt anschließend automatisch zum Heck und verlädt sich selbständig im Kofferraum. Am Ziel angekommen lädt es sich automatisch wieder aus und fährt zur Fahrertür, damit der Fahrer samt Sitz wieder heraus geschwenkt werden kann (Abb. 6). Damit kann der Nutzer alle Wege des Alltags, vom Aufstehen am Morgen bis zum Zubettgehen am Abend, auf dem gleichen Sitz bewerkstelligen, ohne fremde Hilfe zu benötigen. Will er zwischendurch aufstehen und

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

einige Tätigkeiten auf eigenen Beinen durchführen, so fährt der Rollstuhl automatisch an einen vorgegebenen Platz in den Parkmodus, beispielweise an seine Ladestation. Der Nutzer ist somit maximal flexibel, das elektronisch gesteuerte AssistMobil bietet ihm ganztags unabhängige Mobilität.

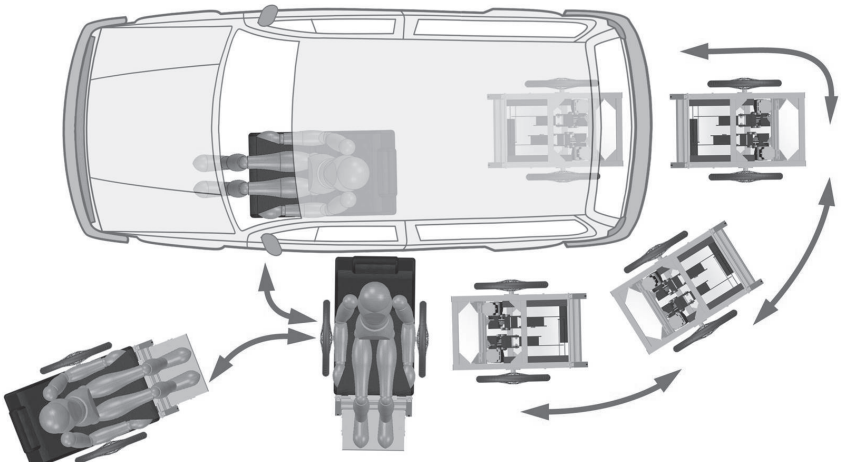


**Abbildung 6: Integration des AssistMobil in einen handelsüblichen PKW.**

## 6. Ausblick

Den in diesem Beitrag gezeigten beispielhaften Forschungsergebnissen, die wir in den vergangenen Jahren in verschiedenen Kooperationsprojekten erzielt haben, geht es wie vielen anderen medizinischen Innovationen: Bevor sie marktreif und zugelassen sind, bevor Ärzte sie verschreiben und Patienten sie nutzen dürfen, geht viel wertvolle Zeit verloren. Politische und wirtschaftliche Interessen, Ansprüche unterschiedlichster Verbände, Berufsgruppen und Lobbyisten hemmen viel zu oft die Einführung neuer medizinischer Technologien. Es könnten aber das gesamte Gesundheitswesen und vor allem die Patienten entscheidend davon profitieren, wenn wir auf dem Weg zur Medizin 4.0 etwas beschleunigen würden. Deswegen werden wir die genannten und einige weitere Forschungsprojekte in unserem Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Elektronik und Lab on Chip-Systeme weiterführen – mit dem Ziel, daraus serienreife Produkte entstehen zu lassen. Die Unterstützung geeigneter Partner ist uns dabei sehr willkommen.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

## Literatur

J. Gausemeier, B. Wolf, J. Clauss, P. Friedrich, K. Herzog, A.-C. Lehner, M. Placzek, T. Schierbaum, T. Spittler & T. Westermann, „Telemedizinische Assistenzsysteme – Technik, Markt, Geschäftsmodelle," Heinz Nixdorf Institut Paderborn und Heinz Nixdorf-Lehrstuhl für Medizinische Elektronik (Hg.), W.V. Westfalia Druck GmbH, 2014.

M. Häcker, P. Friedrich & B. Wolf „New mobility concepts for disabled and elderly people". IEEE Third International Conference on Consumer Electronics – ICCE Berlin, 39–41, ISBN: 978-1-4799-1412-8/13, 2013.

K. Vahle-Hinz, J. Clauss, W.-D. Seeher, B. Wolf, A. Rybczynski & M. O. Ahlers, „Development of a wireless measuring system for bruxism integrated into occlusal splint". Journal of Craniomandibular Function vol. 1, No. 2, pp. 125, 2009.

K. Vahle-Hinz, J. Clauss, B. Wolf, & M. O. Ahlers, „Vergleich eines drahtlosen Bruxismussensors zur Integration in eine Okklusionsschiene mit EMG-Messungen". 41. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (DGFDT), Bad Homburg, 28.–29.11.2008.

B. Wolf, C. Scholze, H. Grothe, & M. Brischwein, „‚Medizin 4.0' – Die Bedeutung von Elektronik, Informationstechnik und Mikrosystemen in der modernen Medizin". In: Gausemeier J (ed), Vorausschau und Technologieplanung, 11. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung, 29. – 30.09.2015, Berlin, 379–401, 2015.

B. Wolf, H. Grothe, K. Herzog, F. Demmel, J. Wiest, W. Wirths, J. Clauss, M. Brischwein, C. Dormeyer, M. Gül, K.-U. Hinderer & P. Friedrich, „Von der TUM in den Markt: Mikroelektronik für Diagnose und Therapie," F. Duesberg (ed), „e-Health 2015 Informations- und Kommunikationstechnologien im Gesundheitswesen," Solingen/Mittweida, medical future verlag, 120–127, ISBN: 978-3-9814005-9-5, 2014.

B. Wolf, T. Spittler, J. Clauss, A. Scholz, P. Friedrich, & K. Herzog,. „Telemedizin – rundum gut betreut". Bulletin, 4, 33–37, 2014.

B. Wolf, T. Spittler, K. Herzog, J. Clauss, P. Friedrich & A. Scholz,"COMES® – Cognitive Medizinische Systeme für Diagnose und Therapie," F. Duesberg (ed), „e-Health 2014 Informations- und Kommunikationstechnologien im Gesundheitswesen," Solingen/Mittweida, medical future verlag, 254–262, ISBN:978-3-9814005-5-7, 2013.

B. Wolf, J. Clauss & A. Scholz, „Kieferorthopädische Aufbiss-Schiene zur Aufbissdruckmessung mittels Sensor und drahtloser Übertragung der Daten an einen Empfänger," DE 10 2004 043665, Patent; Offenlegung, 2006.

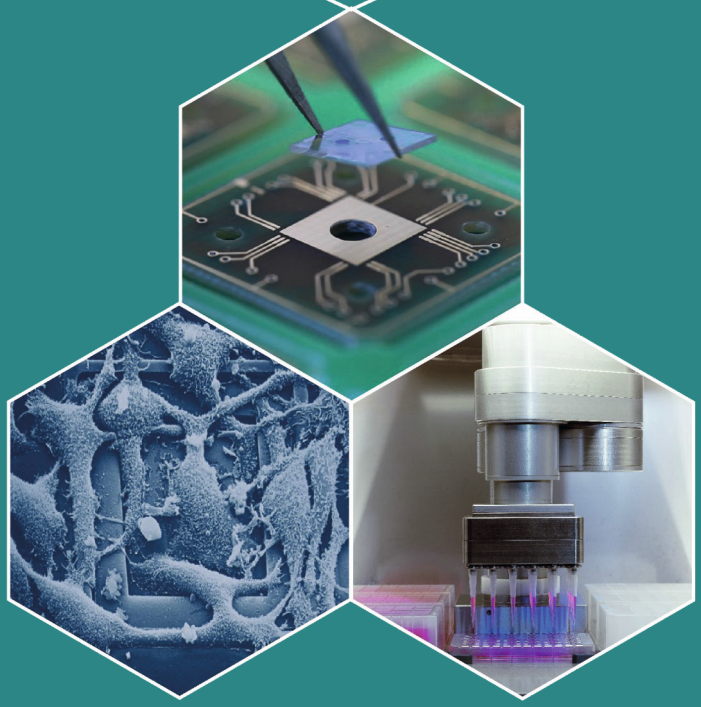
B. Wolf, „Einrichtung zur Früherkennung von kritischen Gesundheitszuständen, insbesondere bei Risikopatienten," DE 100 06 598, Patent; Offenlegung, 2001.

Weitere Literaturhinweise und Abbildungen auf www.stw-med-chip.de.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

# Steinbeis-Transferzentrum Medizinische Elektronik und Lab on Chip-Systeme

## Aus der Forschung in die Praxis



**www.stw-med-chip.de**

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

# Studie zur kombinierten Wirkung von Licht, Geruch und (Ultra-)Schall

Tobias Werner, Karin Trommelschläger & Sarah Hohpe
FH Vorarlberg, FZ Nutzerzentrierte Technologien

## Zusammenfassung

Demente Personen sind häufig in ihrer Tagesstruktur, auf Grund der Krankheit beeinträchtigt. Um sie im Alltag zu unterstützen, wurde dazu der Einsatz von aktivierenden und beruhigenden Kombinationen von Licht, Geruch und Schall (mit und ohne Überlagerung von Ultraschall) erforscht. Die Wirkung dieser Kombination wurde zunächst während zwei Tagungen untersucht. Dazu wurde eine Ein-Personen-Kabine mit biodynamischem Licht, Duftspendern und Lautsprechern zur Kreation der Atmosphären und einem Tablet zur Bewertung – auf einer neunstufigen Skala zwischen „Aktivierend" und „Beruhigend" – ausgestattet. Die über 1600 Bewertungen lassen die Klassifizierung von zwei signifikant aktivierenden und vier signifikant beruhigenden Szenarien zu. Neben dem zu erwartenden signifikanten Einfluss des kalt- oder warmweißen Lichts spielen die gleichzeitig abgegebenen Gerüche und produzierten Klänge eine große Rolle bei der Bewertung der Szenarien.

## 1. Einleitung

### 1.1. Grundlagen

Im Rahmen des Projektes „GREAT – Persuasive Ambiences[1]„ sollen über Lichtstimmungen, Gerüche und Klänge Stimmungen erzeugt werden, die dementen Personen zu einem geordneten Tagesablauf verhelfen , sowie in Situationen der Apathie oder Agitation entsprechend für Aktivierung oder Beruhigung sorgen (vgl. Brasure et al. 2016). Dazu wurden in ebendiesem Projekt die folgenden drei Module entwickelt:

- eine biodynamische Leuchte, die sowohl kaltweißes als auch warmweißes Licht erzeugt (vgl. Joarder et al. 2009).
- ein Duftmodul, das entweder eine beruhigende oder eine aktivierende Duftmischung versprüht (vgl. Forrester et al. 2014).
- ein adaptierter Lautsprecher, der unterschiedliche Klänge – optional auch inklusive überlagertem Ultraschall – abspielen kann (vgl. Fischer-Börold 2006).

Die Module sind untereinander vernetzt und können über einen Mikrocontroller kabellos angesteuert werden.

[1] Siehe http://great.labs.fhv.at/

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

## 1.2. Testsetting

**Abbildung 5: Aufbau der Testkabine**

Die Datensätze wurden im Rahmen von zwei Veranstaltungen an der FH Vorarlberg erstellt – der „Langen Nacht der Forschung“ am 13. April 2018 und dem „uDay XVI“ am 21. Juni 2018.

Installiert wurden die drei Module in einer Kabine. Abbildung 1 zeigt den Aufbau der ersten Tests. Die Stehleuchte (schwarze, durchgehende Ellipse) erzeugt die entsprechende Lichtstimmung. Die Lautsprecher sind im mittleren Deckenteil versteckt (schwarze, gestrichelte Ellipse). Das Duftmodul (weiße Ellipse) ist am mittleren Rückteil befestigt. Die Testperson sitzt auf einer gepolsterten Bank und kann am Tablet (weiße, gestrichelte Ellipse) die vorherrschende Stimmung bewerten.

An diesen Tagen wurden insgesamt 48 unterschiedliche Kombinationen 1680 Mal bewertet. Nach einer Bewertung wurde eine neue Stimmung erzeugt. So konnten die Testpersonen mehrere Kombinationen austesten. Da manchmal längere Pausen nach einer Bewertung auftraten und der Geruch nicht mehr nachgewiesen werden konnte, wurden jene Bewertungen, bei denen seit der Abgabe des Geruchs mehr als 60 Sekunden vergangen waren, von der Auswertung ausgeschlossen. Übrig bleiben dadurch 1589 Bewertungen.

Die Szenarien ergaben sich durch die folgenden Einflüsse – in geschwungenen Klammern jeweils der Index für die Kodierung im Kapitel 2 (Licht_Geruch_Schall, kurz L_G_S):

**Lichtstimmungen:** *kaltweiß* {1_G_S} und *warmweiß* {2_G_S}

**Geruchsmischungen:** „*Gute Laune*“ {L_1_S} und „*Harmony*“ {L_2_S} der Firma PRIMAVERA als aktivierender beziehungsweise beruhigender Duft

**Klänge:** Insgesamt wurden 12 unterschiedliche Klangkombinationen untersucht. Beschreibung und Kodierung laut Tabelle 1.

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.