



Brain-Computer-Interface: Die Sprache der Gedanken

Jasmin Bauer

Elektrische Signale des Gehirns geben ALS-Patientinnen und -Patienten die Chance, mit ihrer Umgebung zu kommunizieren

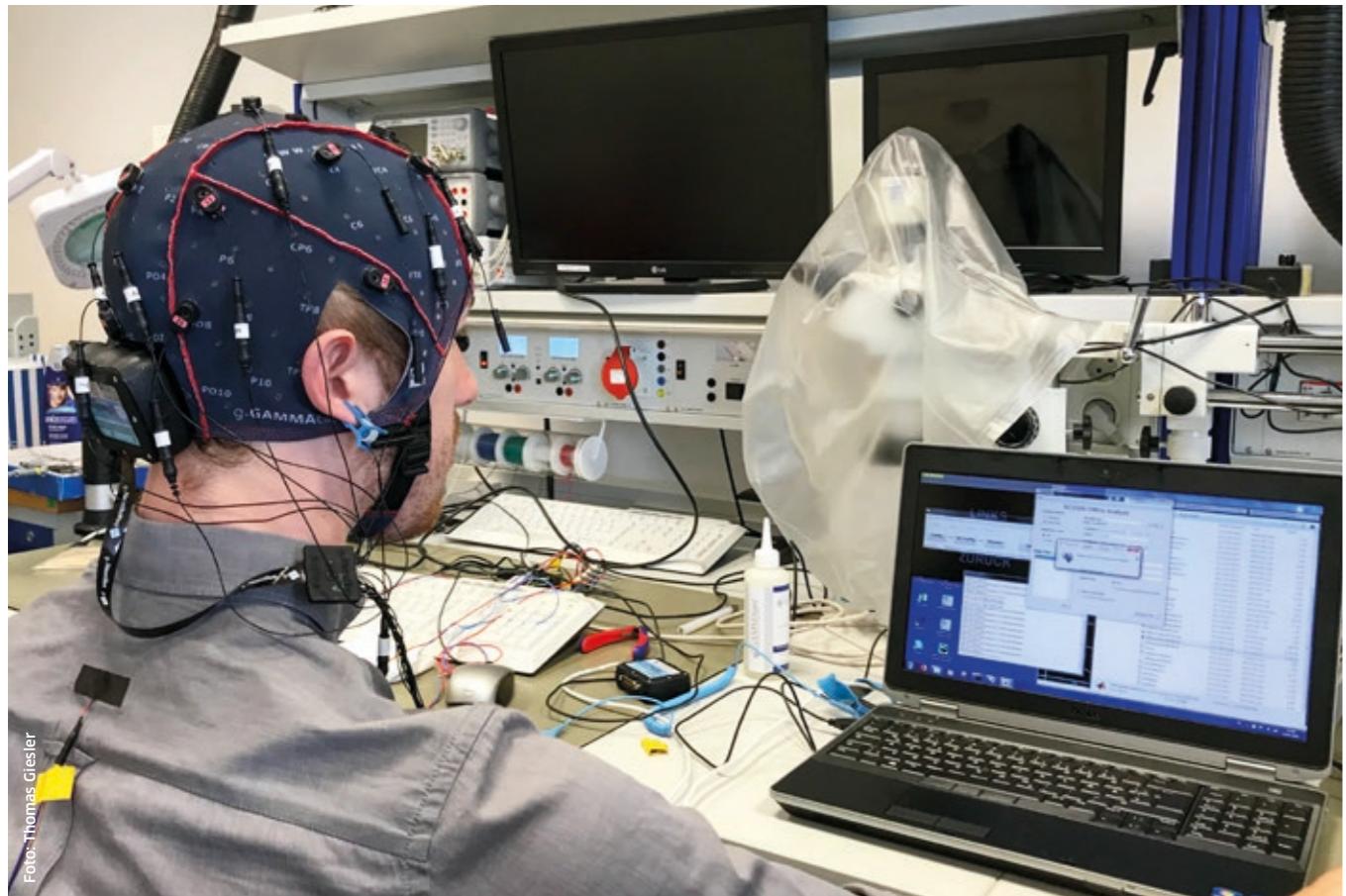
ALS ist eine unheilbare Nervenerkrankung, die zu einer Lähmung des gesamten Körpers führt – einschließlich der Mundmuskulatur. Ein Hilfsmittel zur Verständigung sind Gehirn-Computer-Schnittstellen. Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler von der TH Nürnberg forscht gemeinsam mit der Universität Würzburg an diesen Brain-Computer-Interfaces. Zusammen mit dem ALS-Patienten Wolfgang Tröger testet das Forschungsteam die Kommunikation durch Gehirnströme.

Seit 2010 lebt er mit der Diagnose ALS: Wolfgang Tröger, 1962 geboren, verheiratet, Vater zweier Kinder und Elektroingenieur. Zu Beginn hatte er nur ein paar Schwierigkeiten, seine rechte Hand zu bewegen, inzwischen sitzt er im Rollstuhl, benötigt eine Vollbeatmung und wird künstlich ernährt. Trotzdem versucht Wolfgang Tröger seiner Krankheit immer einen Schritt voraus zu sein. Er arbeitet zusammen mit Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler von der Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik (efi) der TH Nürnberg und Prof. Dr. Andrea Kübler von der Juli-

us-Maximilians-Universität Würzburg daran, seine Kommunikationsfähigkeit zu erhalten.

„Amyotrophe Lateralsklerose, kurz ALS, ist eine heimtückische und unheilbare Erkrankung des Nervensystems. Die motorischen Nervenzellen, die die Muskelbewegungen des Körpers steuern, sterben ab und führen zu einer ganzheitlichen Lähmung – bis hin zur Atemlähmung.“
Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler

Der wohl bekannteste ALS-Patient ist der britische Physiker Stephen Hawking, der über 50 Jahre lang mit der Krankheit lebte. Die durchschnittliche Lebensdauer nach der Diagnose ALS beträgt drei bis fünf Jahre. Es existieren bereits einige Forschungsansätze, um die Krankheit zu therapieren oder sogar zu heilen – von der Stammzelleninjektion bis zur Gentherapie – bisher allerdings nur mit mäßigem Erfolg. Bis jetzt ist noch kein Durchbruch bei der Heilung von ALS sichtbar. Umso wichtiger ist es, den betroffenen Patientinnen und Patienten so lange wie möglich ein



eigenständiges Leben zu ermöglichen. Aufgrund der gestörten Mundmotorik sind die Patientinnen und Patienten auch auf Hilfsmittel bei ihrer Kommunikation angewiesen. Im Projekt „Brain-Computer-Interface für ALS-Patienten und andere Menschen mit schwersten Lähmungen im Locked-In-State“ beteiligt sich Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler von der TH Nürnberg seit Oktober 2017 daran, die Kommunikationsfähigkeit von ALS-Betroffenen zu erhalten. Gemeinsam mit Prof. Dr. Andrea Kübler, die seit über 20 Jahren zu den Gehirn-Computer-Schnittstellen forscht, entwickelt Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler die Kommunikation per Gehirnströme weiter.

„Unser oberstes Ziel ist es, mit Brain-Computer-Interface die Kommunikation und damit die Lebensqualität von Menschen mit schwersten Lähmungen zu erhalten oder sogar zu verbessern. Trotz ihrer Diagnosen können sie ihr Leben genießen.“

Prof. Dr. Andrea Kübler

In den Laboren für Medizintechnik an der TH Nürnberg haben Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler und seine Studierenden Vibrationsmotoren für die taktile Kommunikation eingesetzt.

„Das Besondere an unserem Projekt zu Brain-Computer-Interfaces ist die einmalige Konstellation: Die Universität Würzburg forscht seit Jahrzehnten an dieser Schnittstelle und die TH Nürnberg ist im technischen Bereich sehr versiert. Wolfgang Tröger ist ein ALS-Patient, der eine große Technikaffinität hat, sehr engagiert ist und nur etwa 200 Meter von der TH Nürnberg entfernt wohnt.“

Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler

Der Forschungsschwerpunkt von Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler ist die assistierte Kommunikation für die Verständigung von Menschen mit Behinderung. Durch den Kontakt zu Wolfgang Tröger ist er



Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler und seine Studierenden haben ein entsprechendes Computer-Interface entwickelt sowie Vibrationsmotoren eingesetzt, welche in der Funktionalität den militärischen Taktoren ebenbürtig und dabei weitaus kostengünstiger sind.

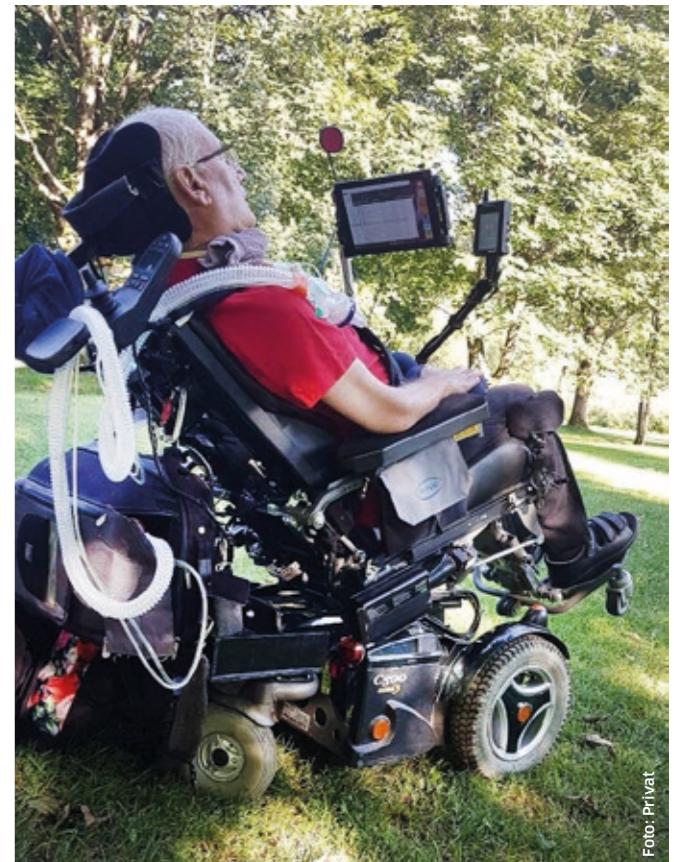
erstmals auf die Erkrankung ALS und die Forschungsarbeit von Prof. Dr. Andrea Kübler aufmerksam geworden. Für ihn stand fest, dass er sich an dem Projekt beteiligen möchte.

ALS-Patientinnen und -Patienten können bei fortschreitender Krankheit noch relativ lange ihre Augenlider und Pupillen bewegen. Das sind die Voraussetzungen, um mit einem Eyetracker einen Computer zu steuern und dadurch mit den Mitmenschen zu kommunizieren. Diese Technik ist allerdings nicht uneingeschränkt einsetzbar: Der Eyetracker funktioniert nicht, wenn das Licht in der Umgebung zu hell oder zu schwankend ist. Zudem können ALS-Patientinnen und -Patienten ihn nur bis zu einem gewissen Stadium ihrer Krankheit nutzen. In sehr weit fortgeschrittenen Stadien von ALS können Betroffene die Fähigkeit verlieren, ihre Augen zu bewegen und somit auch die Fähigkeit, sich mittels Eyetracker zu verständigen. Dieses Stadium wird als „Completely Locked-In State“ bezeichnet, der einzige mögliche Kommunikationsweg ist dann ein Brain-Computer-Interface (BCI): Ein Gedanke löst im Gehirn elektrische Signale der Nervenzellen (Neuronen) aus. An der Kopfhaut angebrachte Elektroden messen die



elektrischen Signale des Gehirns und durch die Elektroenzephalografie, dem EEG, werden sie auf einem Bildschirm sichtbar und innerhalb eines Brain-Computer-Interface-Systems auswertbar. Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler und seine Studierenden von der TH Nürnberg führten zunächst zahlreiche optische sogenannte P300-Sessions durch. Sie haben Probandinnen und Probanden bzw. sich gegenseitig eine Haube mit Elektroden aufgesetzt und ihnen auf einem Computer im hohen Tempo aufblitzende Tabelle-Zeilen und -spalten mit Buchstaben gezeigt. Wurde der Buchstabe, auf den sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer konzentrierten, angezeigt, schlügen die Gehirnströme aus. Nach 300 Millisekunden wurde das auf dem EEG sichtbar. Dadurch konnte das Forschungsteam nachvollziehen, an welchen Buchstaben die Probandinnen und Probanden

Wolfgang Tröger lebt seit 2010 mit der Diagnose ALS und versucht seiner Krankheit immer einen Schritt voraus zu sein.



dachten. Für die Forschungsarbeit hat die Universität Würzburg der TH Nürnberg zwei Sets mit EEG-Verstärker und EEG-Haube im Wert von jeweils 16.000 Euro zur Verfügung gestellt und die Fakultät efi der TH Nürnberg hat ein weiteres EEG mit modernster drahtloser Funktechnologie angeschafft.

„Die TH Nürnberg hat hochmoderne Labore für Medizintechnik. Für unsere Forschung stehen uns Geräte auf dem neuesten Stand der Technik zur Verfügung – unter anderem aus den Bereichen Ultraschall, Beatmung und Anästhesie, EKG/EEG, Audiometrie, Elektrochirurgie, Endoskopie, Spirometrie und sogar ein Versuchs-Kernspintomograph.“

Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler



Für das Forschungsprojekt hat die Fakultät efi der TH Nürnberg ein EEG mit modernster drahtloser Funktechnologie angeschafft.

Im Projekt beschäftigt sich das Forschungsteam mit allen drei Wegen zur BCI-Kommunikation: dem optischen, dem akustischen und dem taktilen. Die BCI-Kommunikation mittels Tastsinn ist das am wenigsten erforschte Gebiet, birgt aber gleichzeitig die meiste Hoffnung für Patientinnen und Patienten im „Completely Locked-In State“-Stadium.

„Wir von der Universität Würzburg bearbeiten die psychologischen Aspekte und stellen das Versuchsdesign und die

Paradigmen. Die TH Nürnberg erstellt die technischen Features vor allem in der Hardware- und Softwareentwicklung. Ich freue mich sehr über die Zusammenarbeit.

Gemeinsam können wir das Brain-Computer-Interface für die alltägliche Anwendung verwirklichen.“

Prof. Dr. Andrea Kübler

An der TH Nürnberg haben Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler und seine Studierende Vibrationsmotoren für die taktile Kommunikation eingesetzt. Um sich verständigen zu können, benötigen die Patientinnen und Patienten sechs bis acht dieser Motoren, die mittels Klebeflaster am Körper befestigt sind und vibrieren. Je nachdem, welcher Vibrationsmotor sich bewegt, schlägt auch die EEG-Kurve wieder aus und zeigt, was die Patientin-

nen und Patienten mitteilen möchten. Das bedeutet, wenn je ein Motor am linken und am rechten Arm eines ALS-Betroffenen befestigt ist und er oder sie nach links möchte, zeigt das EEG eine Reaktion des Gehirns, wenn der linke Vibrationsmotor vibriert. Die Patientinnen und Patienten zeigen, welchen Weg sie gerne gehen möchten. Die ersten sogenannten Taktoren kamen aus dem militärischen Bereich, sie sind teuer und schwer zu beschaffen. Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler und seine Studierenden haben ein entsprechendes Computer-Interface entwickelt sowie Vibrationsmotoren eingesetzt, die in der Funktionalität den militärischen Taktoren ebenbürtig und dabei weitaus kostengünstiger sind: Sie haben Motoren aus Handys eingesetzt, zu einem Stückpreis von 50 Cent. Diese vermeiden zudem die elektromagnetischen Störungen des EEG-Signals, die die militärischen elektromagnetischen Taktoren verursachen und bei der BCI-Auswertung ernsthaft Probleme hervorrufen. Das Ziel ist, dass die Taktoren es den ALS-Patientinnen und -Patienten auch ermöglichen, mit anderen Personen frei zu kommunizieren. So könnte ein Vibrationsmotor für eine Spalte auf einer Buchstabentabelle stehen – ähnlich wie bei den bereits durchgeföhrten optischen P300-Sessions.

„Das Kommunizieren mittels taktiler BCI funktioniert bei weitem noch nicht so gut wie mit optischen BCI – aber wir forschen daran an vorderster Front und entwickeln das System ständig weiter.“

Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler

Für Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler steht im technischen Bereich des Projekts vor allem die System- und Usability-Opti-

mierung im Fokus. Der Einsatz von technischen Hilfsmitteln soll für die Patientinnen und Patienten leicht handhabbar sein und ihnen den bestmöglichen Weg zur Kommunikation bieten. Zudem sieht er eine große Chance für die Studierenden der TH Nürnberg, an einem anwendungsorientierten Forschungsprojekt mitzuarbeiten – in einem interdisziplinären Umfeld, mit einem hochmotivierten Patienten und Prof. Dr. Andrea Kübler, die ihr fundiertes Wissen über Brain-Computer-Interfaces aus über zwei Jahrzehnten einbringt.

Die Spendenaktion „ALS Ice Bucket Challenge“ war 2014 ein Hype, bei dem sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer einen Eimer eiskaltes Wasser über den Kopf geschüttet haben. Die Kampagne hatte das Ziel, auf die Krankheit aufmerksam zu machen und Spendengelder für die Forschung zu sammeln. Die Forschung des Projektteams um Prof. Dr. Andrea Kübler und Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler ist dabei nicht nur für ALS-Patientinnen und -Patienten gedacht. Viele Betroffene von Schlaganfällen, Tumorerkrankungen und Lähmungen, deren Kommunikationsfähigkeiten oft eingeschränkt sind, profitieren von Brain-Computer-Interfaces.

An dem Projekt arbeiten innerhalb der TH Nürnberg mit:

Prof. Dr.-Ing. Thomas Giesler

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik

Informationstechnik

Studierende der Fakultät

Externe Partner:

Prof. Dr. Andrea Kübler

Matthias Eidel

Institut für Psychologie, Universität

Würzburg

Wolfgang Tröger

In seinem Buch „Mein Leben trotz ALS: Geschichten, Tipps und Hilfsmittel-Informationen aus 7 Jahren ALS“ berichtet Wolfgang Tröger über seine Erfahrungen als ALS-Patient. Verlag: tredition GmbH, Hamburg ISBN: 978-3-7439-1534-3



Digitale Übungen gegen das Vergessen

Claudia Pollok

Das Projekt genesis unterstützt in Kooperation mit dem Universitätsklinikum Erlangen eine Therapie für Demenzkranke

Memory, Sudoku oder Drehpuzzle – Spielen macht in jedem Alter Spaß und stärkt die geistigen Fähigkeiten. Nach dem Motto „Fördern durch Spielen“ entstanden im Projekt genesis MAKS-m der TH Nürnberg spielerische Übungen für Geist und Gedächtnis für Menschen mit Demenz.



Das Spielesystem bietet 18 Spiele an, mit denen die Spielerinnen und Spieler verschiedene Fähigkeiten, wie Logik, Allgemeinwissen, Wortfindung, Sprache und soziale Interaktion trainieren.

Foto: Screenshot aus dem genesis-senior Paket Nbg

Demenz ist nicht heilbar – umso wichtiger sind präventive Maßnahmen. Im Projekt genesis entwickelten Prof. Dr. Helmut Herold von der Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik (efi) und sein Team in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Erlangen ein digitales Training für Menschen mit Demenz. Prof. Dr. Elmar Gräbel, Leiter des Zentrums für Medizinische Versorgungsforschung der Psychiatrischen Universitätsklinik Erlangen, setzt die Übungen in seiner MAKS-Therapie ein. MAKS ist eine motorische, alltagspraktische und kognitive Aktivierungstherapie für Menschen mit Gedächtnisstörung. Die ersten Studienergebnisse sind sehr vielversprechend.

„Für den Studienzeitraum von zwölf Monaten zeigte sich, dass die kognitiven und alltagspraktischen Fähigkeiten unter dem Einfluss der MAKS-Therapie auf gleichem Niveau blieben, während sie bei den Kontrollpersonen abnahmen, wie dies für den fortschreitenden Verlauf von degenerativen Demenzen im unbehandelten Zustand zu erwarten ist.“

Prof. Dr. Elmar Gräbel,
Leiter des Zentrums für Medizinische Versorgungsforschung der Psychiatrischen Universitätsklinik Erlangen

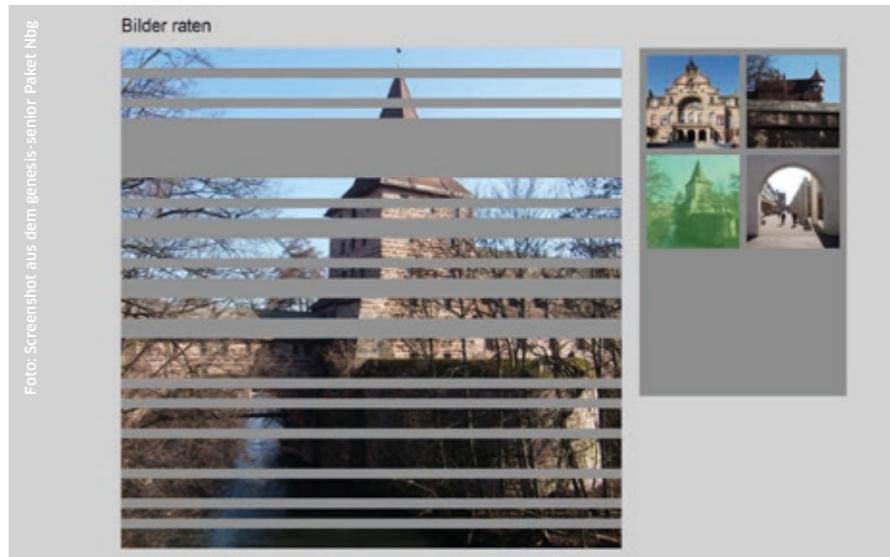


Foto: Screenshot aus dem genesis-senior Paket Nbg

In der Auswertung konnten die Ergebnisse von 61 Heimbewohnerinnen und -bewohner miteinbezogen werden (31 in den MAKS-Gruppen und 30 in den Kontrollgruppen). Als eine evaluierte, nicht-medikamentöse Gruppentherapie wird genesis MAKS-m als Teil der MAKS-Therapie deutschlandweit in Einrichtungen, wie Tagesstätten oder Heimen für Demenzkranke, eingeführt. Betreuungsgruppen und Pflegeeinrichtungen können das MAKS-Manual online bestellen und Schulungen als MAKS-Therapeutinnen und Therapeuten besuchen.

Psychosoziale Maßnahmen sind bei der Behandlung von Demenz von großer Bedeutung. Medikamente zur Behandlung von Verhaltensauffälligkeiten wie Antipsychotika, sollten nach der Leitlinie „Demenzen“ der Deutschen Gesellschaft für Neurologie (DGN) und der Deutschen Gesellschaft für Psychiatrie und Psychotherapie, Psychosomatik und Nervenheilkunde (DGPPN) erst eingesetzt werden, wenn andere Maßnahmen zur körperlichen und geistigen Aktivierung keine Wirkung mehr zeigen. Die Realität sieht aber oft anders aus.

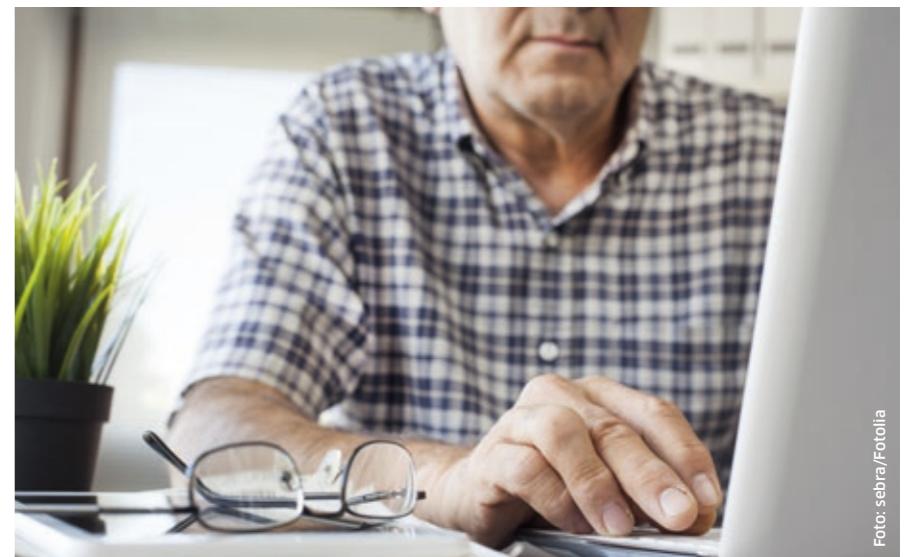


Foto: sebra/Fotolia

„34 Prozent der Demenzkranke in Deutschland bekommen Antipsychotika, in Pflegeheimen sind es sogar über 50 Prozent. Es darf nicht darum gehen, Demenzkranke möglichst stark ruhigzustellen. Eher müssen sich Behandelnde und Angehörige fragen: Wo röhrt das Verhalten her und wie können wir die Umgebung oder die Situation so gestalten, dass sie für den Erkrankten angenehmer, weniger störend und angstmachend wird?“

Prof. Dr. Elmar Gräbel,
Leiter des Zentrums für Medizinische Versorgungsforschung der Psychiatrischen Universitätsklinik Erlangen

Mithilfe des Mediator-Tools bauen Angehörige oder Pflegepersonal eigene Bilder, Texte und Töne ein, die bei den Demenzkranken Erinnerungen erzeugen.



Im Laufe der Jahre hat das Team das Projekt genesis stetig weiterentwickelt und für verschiedene Zielgruppen, wie Seniorinnen und Senioren oder Grundschülerinnen und Grundschüler geöffnet.

Prof. Dr. Helmut Herold und Prof. Dr. Elmar Gräbel setzen im gemeinsamen Projekt genesis MAKS-m deshalb auf eine Alternative zur medikamentösen Behandlung. Das MAKS-Therapieprogramm eignet sich für die leichte und mittelschwere Demenz. MAKS steht für: M – motorisch, A – alltagspraktisch, K – kognitiv und S – sozial. Das Programm ist multimodal: Kein Baustein ist allein so effektiv wie die Kombination aller vier.

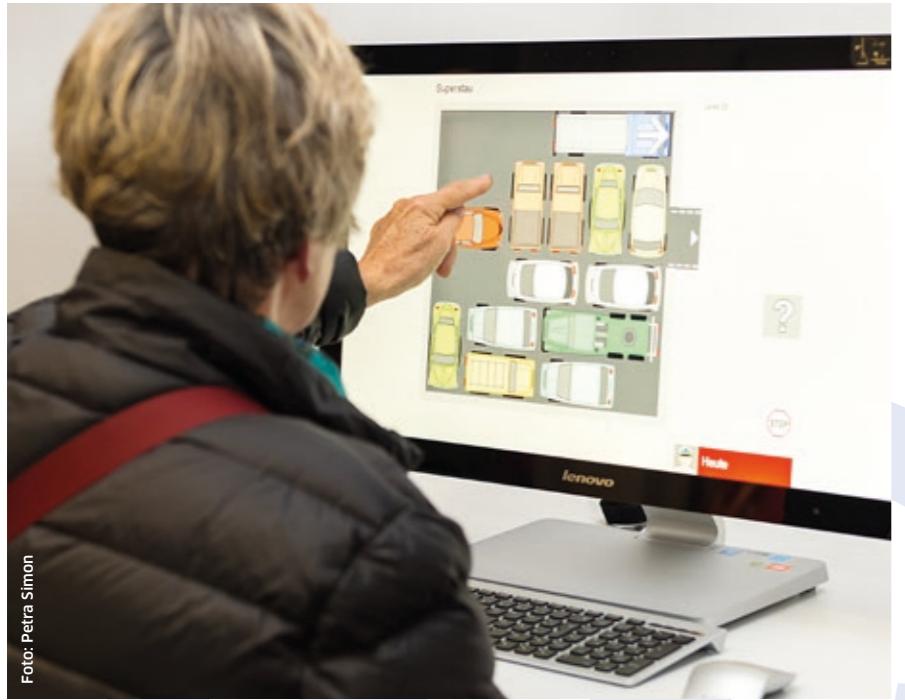


Foto: Petra Simon

Im Projekt genesis entwickelten Prof. Dr. Helmut Herold und sein Team in Zusammenarbeit mit dem Universitätsklinikum Erlangen ein digitales Training für Menschen mit Demenz.

„Das Besondere an dem Spielesystem genesis MAKs-m ist, dass die Nutzerinnen und Nutzer sie mitgestalten können. Mithilfe des Mediator-Tools bauen Angehörige oder Pflegepersonal eigene Bilder, Text und Töne ein, die bei den Demenzerkrankten Erinnerungen erzeugen.“

Prof. Dr. Helmut Herold

Das Spielesystem genesis MAKs-m bietet 18 Spiele wie Memory oder „Bilder raten“, die speziell auf die Anforderungen von Demenzerkrankten zugeschnitten sind. Die Spiele lassen sich allein oder in der Gruppe spielen. Idealerweise leitet eine Moderatorin oder ein Moderator eine Gruppe von Demenzerkrankten vor einem Bildschirm oder einem Touchscreen an und bietet Hilfestellung. Dabei trainieren die Spielerinnen und Spieler verschiedene Fähigkeiten, wie Logik, Allgemeinwissen, Wortfindung, Sprache und soziale Interaktion.

„Das Projekt genesis war von Anfang an interdisziplinär.

Es vereint das Know-how der Bereiche Ingenieurwesen, Design und Sozialwissenschaften. In den vergangen zehn Jahren haben rund 30 Studierende an dem Projekt mitgewirkt.“

Dipl.-Ing. Wolfgang Bergmann

Das erste – damals noch analoge – Spiel für Kinder mit Behinderung entstand vor 15 Jahren im Rahmen des Centrums für Interdisziplinäre Gesundheitsförderung e. V. (CIG) der TH Nürnberg. Die hölzerne Konstruktion ist heute im genesis-Labor ausgestellt. Prof. Dr. Helmut Herold legte den Grundstein für die Digitalisierung.

Heute steht genesis für „Generator und Simulator für Spiele und Übungen“ und ist als kostenloser erweiterbarer Software-Baukasten konzipiert. Im Laufe der Jahre hat das Team das Projekt stetig weiterentwickelt und für verschiedene Zielgruppen, wie Seniorinnen und Senioren oder Grundschülerinnen und Grundschüler geöffnet.

„Bei der Gestaltung der Spiele für Demenzkranke habe ich viel aus der jahrelangen Arbeit für Kinder mit Behinderung gelernt. Die Bildsprache ist ein Balanceakt zwischen Naturalismus und Symbolhaftigkeit.“

Prof. Ethelbert Hörmann,
Corporate Design von genesis, ehemaliger Professor der TH Nürnberg

Die Erfolgsgeschichte von genesis geht weiter: Nach der Digitalisierung folgt die Automatisierung. Michael Jank, ein Promovend von Prof. Dr. Elmar Gräbel, arbeitet in Zusammenarbeit mit dem genesis-Team daran, den Schwierigkeitsgrad der Spiele automatisch an die Fähigkeiten der Spielerinnen und Spieler anzupassen.

An dem Projekt arbeiten innerhalb der

TH Nürnberg mit:

Prof. Dr. Helmut Herold
Dipl.-Ing. Wolfgang Bergmann
Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik
Informationstechnik (efi)
Prof. Ethelbert Hörmann
Corporate Design von GENESIS, ehemaliger Professor der TH Nürnberg

Externe Partner:

Prof. Dr. Elmar Gräbel
Leiter des Zentrums für Medizinische Versorgungsforschung der Psychiatrischen Universitätsklinik Erlangen
Michael Jank
Promovend von Prof. Dr. Elmar Gräbel