

Fahr Simulator in der neurologischen Rehabilitation

M. Keller, U. Klement-Amann, E. Burgard, D. Krämer, J. Kesselring
Rehabilitationsklinik Valens, Schweiz

Zusammenfassung

Die vorliegende Studie beschäftigt sich mit der Frage, inwieweit Patienten und gesunde Probanden von Übungsfahrten in einem Fahr Simulator (Originalfahrzeug Smart mit Projektionswand außerhalb) profitieren können. Die Leistungen im Fahr Simulator wurden mit den Ergebnissen der Schweizerischen Verkehrspsychologischen Normaluntersuchung (SVN '96, Subtest »Tracking«) in Beziehung gesetzt. Insgesamt erhielten 17 Gesunde und 20 neurologische Patienten 6 Übungsfahrten in einem Fahr Simulator. 26 neurologische Patienten wurden ausschließlich mit der SVN '96 untersucht und erhielten keine spezifische, auf das Fahren ausgerichtete Therapie. Beide Gruppen zeigten über die Fahrten im Fahr Simulator hinweg signifikante Verbesserungen im Spurhalten rechts, in der Anzahl der Unfälle und Fehler sowie in der Reaktionszeit bis zum Erreichen des Bremsmaximums. Hinsichtlich des Spurhaltens in der SVN '96 verbesserten sich beide Gruppen der neurologischen Patienten unabhängig davon, ob sie Übungsfahrten im Fahr Simulator erhalten hatten.

Schlüsselwörter: Fahreignung, Fahr Simulator, neurologische Patienten

Driving simulator in neurological rehabilitation

M. Keller, U. Klement-Amann, E. Burgard, D. Krämer, J. Kesselring

Abstract

In the present study the question is addressed how far patients and healthy controls may take advantage of exercise driving in a driving simulator (full size original SMART with projection screen in front of the front window). Results obtained in the driving simulator were correlated to the results in the standard examination of the Swiss Traffic Psychologists. 17 healthy control persons and 20 patients with neurological disorders were trained over 6 driving courses in the simulator. 26 neurological patients were examined exclusively with the traffic psychological examination and had no specific therapy related to driving. In both groups significant improvements were shown in the simulator for keeping track on the right hand side, in the number of accidents and mistakes, as well as in reaction time onto braking maximum. Both groups of neurological patients improved concerning keeping track in the traffic psychological examination independent on whether they had training in the driving simulator or not.

Key words: fitness to drive, driving simulator, neurological disabilities

© Hippocampus Verlag 2004

Einleitung

Individuelle Mobilität bedeutet nicht nur Komfort, sondern auch Unabhängigkeit, und kann gerade bei körperlicher Behinderung wesentliche Vorteile gegenüber den öffentlichen Verkehrsmitteln bedeuten. Patienten mit einer neurologischen Erkrankung oder nach einem Trauma haben persönlich und emotional erlebt, was es bedeutet, einen Teil der Kontrolle über das eigene Leben zeitweise zu verlieren. Fahreignung bedeutete Freude, Selbstständigkeit und Kontrolle über das eigene Leben [16]. Zu einer umfassenden Rehabilitation gehört eine Abklärung der Fahreignung. Nach der neuropsychologischen Diagnostik, in der die Potentiale sowie mögliche Beeinträchtigungen erfasst werden,

werden geeignete neuropsychologische und ergotherapeutische Therapien eingeleitet. Am Ende der Therapiephase erfolgt eine verkehrspsychologische Untersuchung SVN '96 [3] zu verschiedenen kognitiven Funktionen. Für die Fahreignung relevante kognitive Funktionen sind Aufmerksamkeit, Verarbeitungs- und Reaktionsgeschwindigkeit sowie auch die visuelle Auffassungsgeschwindigkeit [5]. In der Klinik Valens besteht neuerdings die Möglichkeit zur Therapie der Fahreignung mit Hilfe eines Fahr Simulators. Die Vorteile des Fahr Simulators gegenüber traditionellen neuropsychologischen Test- und Trainingsverfahren liegen u. a. darin, dass ein komplexes Verhalten in einer kontrollierten Umwelt objektiv beurteilt werden kann, wobei den Patienten dynamische, multisensorische und alltagsnahe

Stimuli geboten werden [12]. Der Fahrsimulator der Klinik Valens besteht aus einer PKW-Attrappe Typ Smart und einem Projektionsmonitor. Anders als bei den bisherigen computerunterstützten Therapieansätzen sitzt der Patient in einem Auto und bedient Steuerrad, Gas- und Bremspedal sowie die anderen Schalter wie in einem Fahrzeug. Es stehen verschiedene Softwareprogramme zur Verfügung, die mittels eines Projektionsmonitors präsentiert werden (Überland, städtische Verhältnisse, Autobahn etc.).

Damit lassen sich beeinträchtigte Funktionen wie Reaktionsgeschwindigkeit, Spurhalten, Voraussicht, Vorsicht, Fehlervermeiden, Impulskontrolle und allgemeine Verlangsamung schulen. Neben den für das Fahren spezifischen Funktionen kann auch das allgemeine Verhalten in Stresssituationen oder das Risikoverhalten beobachtet werden. Störreize wie Kinder, die einem Ball auf die Straße nachlaufen, Rehe, die die Fahrbahn kreuzen, falsch geparkte Autos und aufgehende Autotüren erfordern eine hohe Aufmerksamkeit und die Fähigkeit, situationsgemäß richtig zu reagieren. Kommt es zum Crash, so erhält der Proband die geschriebene Rückmeldung »Unfall« auf schwarzem Bildschirm.

Nach abgeschlossenem Fahrtraining werden die für die Fahreignung wichtigen Parameter mittels der verkehrspsychologischen Untersuchung nochmals diagnostiziert. Sind genügend psychomotorische und kognitive Basisleistungen vorhanden, wird dem Patienten die Gelegenheit geboten, mit dem Klinikfahrlehrer eine oder mehrere Fahrten auf der Straße durchzuführen [8]. Bis heute wurden nur vereinzelt Fahrsimulatoren zum Training eingesetzt. *Mönning et al.* [13] nutzen einen Fahrsimulator zur Wiederherstellung der Fahreignung für Patienten mit Hirnschädigungen, die bei einer praktischen Fahrprobe im öffentlichen Verkehr kein ausreichend sicheres Fahrverhalten gezeigt haben. Die Kombination von Fahrsimulator und Fahrstunden im öffentlichen Verkehr führt zu einer Verbesserung des Fahrverhaltens. Fahrsimulatoren sind eine kostengünstige Therapiehilfe, umweltfreundlich, effizient und gefahrlos. Fahrsimulatoren sind jedoch kein Ersatz für die Fahrt auf der Straße. Sie werden für die Nachschulung von auffälligen Fahrern, bei Fahrschülern sowie bei Schulungen der Armee, der Polizei und der Feuerwehr eingesetzt. Die Fahrzeugbedienung, das Manövrieren oder einzelne für die Fahreignung relevante Funktionen können geübt werden. Die Patienten können z. B. die Blicktechnik wie das vorausschauende Sehen in komplexen Situationen [15], das Verhalten bei »Rechts vor Links«, gegenüber Fußgängern, bei Gegenverkehr, das Fahren von Kurven oder das Anpassen der Geschwindigkeit an verschiedenen Situationen üben. Einzelne gesunde Probanden und wenige Patienten leiden unter der Kinetose. Das Bewegen des Bildes auf der Leinwand und das Stehenbleiben mit dem Auto ist für den Benutzer des Fahrsimulators ungewöhnlich. Nach einigen Übungsfahrten verschwindet bei Patienten mit einem neurologischen Ereignis sehr oft das Gefühl der Kinetose.

In der folgenden Studie interessieren wir uns für die qualitative Veränderung von Leistungsfunktionen, welche für

die Fahreignung von Bedeutung sind. Folgende Fragen stehen im Vordergrund:

1. Welche Leistungsveränderungen zeigen gesunde fahrfähige Personen der Kontrollgruppe nach Mehrfachfahrten mit dem Simulator Smart?
2. Welches Leistungsverhalten zeigen Patienten nach einer neurologischen Schädigung, die einen gültigen Fahrausweis besaßen, nach Mehrfachfahrten mit dem Simulator?
3. Verändern sich die mit Hilfe verkehrspsychologischer Verfahren erhobenen kognitiven Fähigkeiten nach dem Einsatz des Fahrsimulators als Therapiemittel?

Methode

Untersuchungsgruppen

Die Daten wurden in der neuropsychologischen Abteilung der Klinik für Neurologie im Rehabilitationszentrum Valens (Schweiz) erhoben. In die Studie aufgenommen wurden neurologische Patienten und gesunde Probanden im Alter zwischen 17 und 80 Jahren, welche in der eingangs durchgeführten verkehrspsychologischen Untersuchung (SVN '96, s. u.) auffällige Leistungen zeigten und über zur Bedienung des Fahrzeuges ausreichende motorische und visuelle Fähigkeiten verfügten. Ausgeschlossen wurden Patienten mit chronischen neurologischen Erkrankungen (z. B. Multiple Sklerose, Parkinson usw.), Patienten mit HWS-Distorsionstrauma oder mit einem mittelschweren oder schweren Neglect.

An der Studie nahmen 46 neurologische Patienten (Experimentalgruppe n=20, Kontrollgruppe n=26) und 17 gesunde Probanden aus dem Klinikpersonal oder der Umgebung der Klinik teil. Die Patienten befanden sich zur Untersuchung und/oder Therapie in der neuropsychologischen Abteilung der Klinik Valens und gaben die Zustimmung zur Teilnahme an der Studie.

In der Experimentalgruppe befanden sich 7 Patienten mit einer zerebrovaskulären Erkrankung, 5 Patienten mit einer Tumorerkrankung, 6 mit einem Schädelhirntrauma, je ein Patient mit Guillain-Barré-Syndrom und ein Suizidversuch mit Kopfschuss. Im Durchschnitt waren die neurologischen Patienten in der Experimentalgruppe 50 Jahre alt (SD 15.7; Spannweite 19 bis 77), darunter 18 Männer und 2 Frauen. In der Kontrollgruppe lag bei 14 Patienten die Diagnose einer zerebrovaskulären Erkrankung, bei 4 eine Tumorerkrankung, bei 7 Patienten ein Schädelhirntrauma und bei einem Patienten eine Frühsommer-Meningoenzephalitis vor. Der jüngste Patient in der Kontrollgruppe war 23, der älteste 77 Jahre alt. Das Durchschnittsalter lag bei 51 Jahren (SD 14.8). Es waren 18 Männer und 8 Frauen in der Kontrollgruppe der Patienten. Die Gruppe der gesunden Probanden setzte sich aus 6 Frauen und 11 Männern zusammen. Das Durchschnittsalter der gesunden Probanden lag bei 42 Jahren (SD 16.1; Spannweite 23 bis 69). Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich des Alters bzw. der Geschlechtsverteilung.

Design

Bei beiden Patientengruppen wurde zu Beginn der Studie eine Messung mit der SVN '96 (Tracking) durchgeführt. Eine Wiederholungsmessung mit der SVN '96 fand bei beiden Gruppen in einem kontrollierten Zeitabstand statt. Die Experimentalgruppe führte zwischen den beiden Messungen 6 Übungsfahrten im Fahrsimulator durch, die Kontrollgruppe nahm nur an den allgemein angebotenen Therapien teil (neuropsychologische Therapie, Neurotraining, Ergotherapie usw.). Die Gruppe der Gesunden unternahm ebenfalls sechs Fahrten im Fahrsimulator.

Gruppe	Ablauf		
Experimentalgruppe	SVN '96 (Tracking)	6 Trainingsfahrten im Fahrsimulator	SVN '96 (Tracking)
Kontrolle Patienten	SVN '96 (Tracking)		SVN '96 (Tracking)
Kontrolle Gesunde		6 Trainingsfahrten im Fahrsimulator	

Tab. 1: Untersuchungsdesign

Verfahren der Prä-/Postmessung

Aus der Testbatterie SVN '96 der Schweizerischen Verkehrspsychologischen Normaluntersuchung wurde der Subtest »Tracking« durchgeführt (Tracking-Fahrsimulator nach S. Spörli, modifiziert nach U. Gerhard [3]). Dieser hatte sich in vorhergehenden Studien als der aussagekräftigste Subtest erwiesen [8]. Hierbei handelt es sich um einen stark vereinfachten Fahrsimulator, der über Steuerrad und zwei Fußpedale bedient wird. Die computergestützte Aufgabe beinhaltet eine kontinuierliche dynamische Steuerung eines symbolisierten Fahrzeugs auf einer Spur, verbunden mit dem raschen Reagieren auf sporadisch auftauchende Signale. Jeder Proband erhält zunächst im Rahmen eines Probedurchlaufs die Möglichkeit, die Aufgabe vor Beginn der Testdurchführung kennenzulernen. Das Verfahren liefert Parameter, die Aussagen über die Leistungen in der psychomotorischen Koordination (Spurhalten, Verlassen der Straße), im Reagieren auf komplexe Reize (Anzahl richtiger Reaktionen, Reaktionsgeschwindigkeit) sowie in der Fehlerkontrolle (Anzahl falscher Reaktionen) ermöglichen. Insgesamt kann mit Hilfe dieses Verfahrens eine Aussage über die Fähigkeit zur geteilten Aufmerksamkeit getroffen werden.

Fahrtraining

Das Fahrtraining wird in einem Fahrsimulator (Hersteller Dr. Ing. Reiner Foerst GmbH, Gummersbach) durchgeführt. Der Simulator besteht aus einem Fahrcomputer mit entsprechender Software, einer Smart-Fahrzeugattrappe sowie einem Rückprojektionsmonitor (61" Diagonale) mit eingebautem LCD-Projektor (Abb. 1)

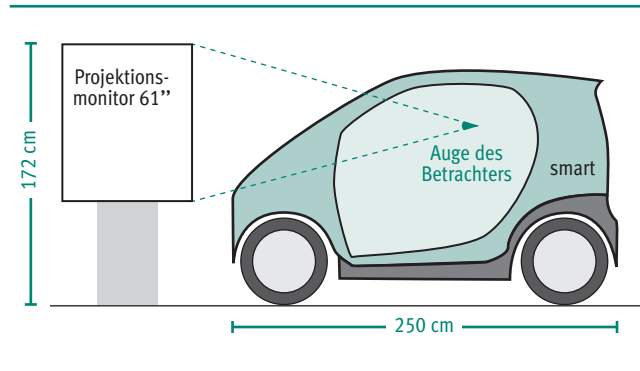


Abb. 1: Smart-Fahrzeugattrappe mit Rückprojektionsmonitor

Im Fahrsimulator wird stets die gleiche Rundkurs-Strecke mit einer Länge von 6,22 km gefahren. Die Versuchspersonen starten auf einer Überland-Strecke in ländlicher Gegend. Nach ca. 1 km führt die Strecke an einem teils auf der Straße geparkten Auto vorbei, bei dem kurzfristig die Fahrertür geöffnet wird. Ein Reh überquert die Fahrbahn. Im weiteren Verlauf wird eine Stadt durchfahren, innerhalb derer weitere Ereignisse eintreten: So öffnet sich erneut die Fahrertüre eines noch nicht vollständig geparkten PKW, und ein Ball, dem in kurzem Abstand ein Kind folgt, rollt von links nach rechts über die Fahrbahn. Nach Passieren der Stadt geht es über Land weiter. Auf der folgenden Strecke blockiert ein auf der Fahrbahn stehender Lastwagen die ungehinderte Weiterfahrt. Insgesamt überqueren weitere 4 Rehe von rechts oder links die Fahrbahn. Während der ganzen Fahrt gilt es, der zum Teil kurvigen Fahrbahnführung zu folgen, eine angemessene Geschwindigkeit einzuhalten, auf die Ereignisse adäquat zu reagieren und sich nicht von äußeren Reizen ablenken zu lassen (z.B. führt die Strecke an einem von Booten befahrenen See vorbei). Die Probanden werden instruiert, sich im Fahrsimulator ebenso zu verhalten, wie sie es in einer realen Fahrsituation täten, d.h. auf Geschwindigkeitsbegrenzungen, Signale, andere Verkehrsteilnehmer usw. zu achten. Sie werden vor Beginn der Fahrt allgemein auf mögliche überraschende Ereignisse hingewiesen.

Das Programm zeichnet während jeder Fahrt alle 280 ms 27 Messgrößen auf, aus denen für jeden Probanden und für jede Fahrt folgende Variablen berechnet werden: Durchschnittsgeschwindigkeit, Richtungsänderungen des Lenkrads, Anzahl der Spurabweichungen nach rechts bzw. links, Reaktionszeit bis zum Erreichen des Bremsmaximums, die sich aus der Reaktionszeit bis zur Wegnahme des Gases sowie aus der Bremszeit zusammensetzt, und die Anzahl der Unfälle und Fahrfehler. Als Fahrfehler wurden z. B. die Gefährdung des Gegenverkehrs, Geschwindigkeitsüberschreitungen, das Verlassen der Fahrbahn sowie Rotlichtverstöße gewertet.

Für die Gruppenvergleiche wurden allgemeine lineare Modelle berechnet und die Tests der Innersubjekteffekte betrachtet. Die Sphärizität wurde mittels Mauchly-Test überprüft. War die Sphärizität nicht gegeben, wurden Korrekturen nach *Greenhouse-Geisser* vorgenommen. Im fol-

genden werden bei fehlender Sphärizität jeweils die korrigierten Signifikanzen und F-Werte angegeben, aber die unkorrigierten Freiheitsgrade der Hypothese und des Fehlers. Des Weiteren wurden t-Tests für unabhängige Stichproben berechnet. Hierfür wurde die Varianzgleichheit mittels Levene-Tests ermittelt.

Für die erste und sechste Fahrt im Fahrsimulator sowie für die Prä- und Postmessung mittels der SVN '96 wurden hinsichtlich einander entsprechender Variablen einfache Pearson-Korrelationen berechnet (Fahrsimulator: Spurhalten rechts, Reaktionszeiten bis zum Erreichen des Bremsmaximums, Anzahl der Unfälle und Fehler; SVN '96: Spurhalten, Reaktionsgeschwindigkeit und Anzahl der Fehler).

Ergebnisse

In den Lernkurven von Patienten und Gesunden hinsichtlich einzelner Parameter über die 6 Fahrten im Fahrsimulator hinweg fanden sich bei beiden Gruppen signifikante Verbesserungen im Spurhalten rechts ($F(5,30)=4,844$; $p=.026$), in der Anzahl der Unfälle und Fehler ($F(5,29)=4,263$; $p=.02$) sowie in der Reaktionszeit bis zum Erreichen des Bremsmaximums ($F(5,29)=40,323$; $p=.000$). Beide Gruppen profitieren vom Training in etwa gleichem Maße (keine signifikanten Unterschiede).

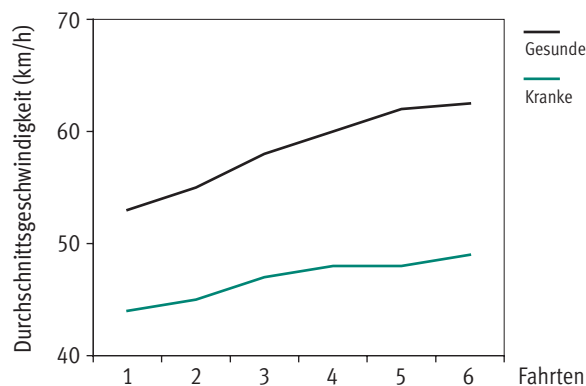


Abb. 2: Durchschnittsgeschwindigkeit

Die untersuchten Patienten zeigen über alle 6 Fahrten hinweg eine signifikant geringere Durchschnittsgeschwindigkeit als die gesunden Vergleichsprobanden ($3,65 < t(35, N=37) < 5,49$; $p \leq .001$) (Abb. 2) und benötigen (außer in der ersten und fünften Fahrt) im Mittel signifikant mehr Richtungsänderungen des Lenkrads zum Halten der Spur ($-2,51 < t(35, N=37) < -.59$; $p \leq .001$).

Hinsichtlich der durchschnittlichen Spurbabweichung nach rechts bzw. links zum Fahrbahnrand unterscheiden sich die Gruppen nicht signifikant voneinander. Betrachtet man jedoch den Verlauf der Spurbabweichung nach rechts über die 6 Fahrten hinweg (Abb. 3), zeigen sich in der ersten ($t(35, N=37)=-,10$; $p=,917$) und in der letzten Fahrt ($t(34, N=36)=-,53$; $p=,599$) in beiden Gruppen ähnliche Leistungen. Die Gruppe der neurologischen Patienten erreicht

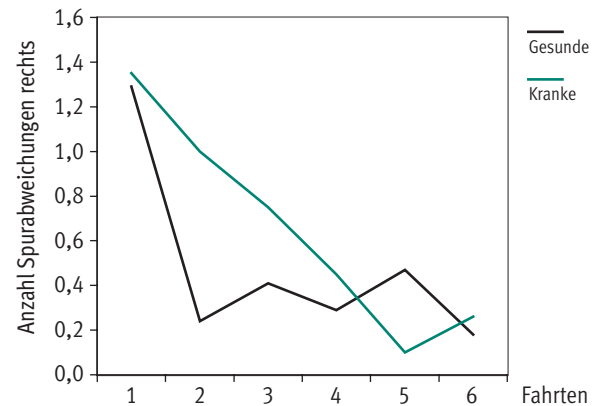


Abb. 3: Spurhalten

jedoch erst ab der 4. Fahrt ein Niveau im Spurhalten rechts ($0 < M < .45$; $.22 < SD < .56$), das die Gruppe der gesunden Probanden bereits im Mittel in der 2. Übungsfahrt zeigt ($M=,24$; $SD=,44$).

Auch hinsichtlich der Anzahl der Unfälle und Fehler zeigen die beiden Gruppen einen unterschiedlichen Verlauf (Abb. 4). Beide Gruppen starten auf einem ähnlichen Niveau (Gesunde $M=3,59$; $SD=2,35$; Patienten $M=3,50$; $SD=3,50$; $t(35, N=37)=,088$; $p=,930$), und in der 6. Fahrt unterscheiden sich die beiden Gruppen ebenfalls nicht signifikant hinsichtlich der Anzahl ihrer Unfälle und Fehler (Gesunde $M=1,41$; $SD=2,29$; Patienten $M=1,16$; $SD=1,34$; $t(34, N=36)=,411$; $p=,684$). Bereits von der ersten zur zweiten Fahrt zeigen die gesunden Probanden eine signifikante Reduktion in der Anzahl der Unfälle und Fehler ($F(2,15)=7,135$; $p=.003$; $M=1,29$; $SD=1,05$). Eine ähnlich gute Leistung zeigen die Patienten erst ab der fünften Fahrt ($M=,68$; $SD=1,06$).

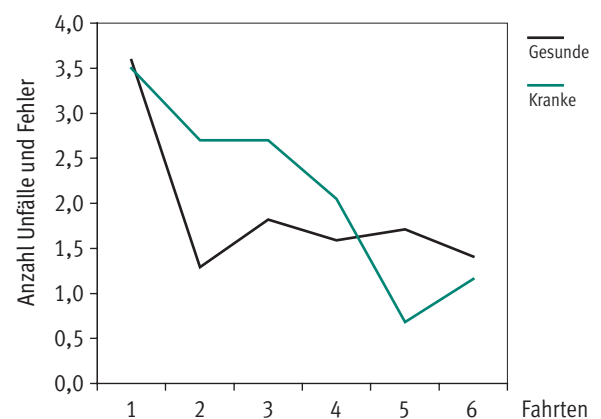


Abb. 4: Fehler und Unfälle

Die Reaktionszeit bis zum Erreichen des Bremsmaximums verringert sich im Verlauf der 6 Fahrten in beiden Gruppen signifikant. Die beiden Gruppen unterscheiden sich jedoch nicht signifikant in den Ausgangswerten in der ersten Fahrt (Gesunde $M=1954,8$; $SD=262$; Patienten $M=1903,2$; $SD=383$; $t(35, N=37)=,44$; $p=,663$) und den Endwerten

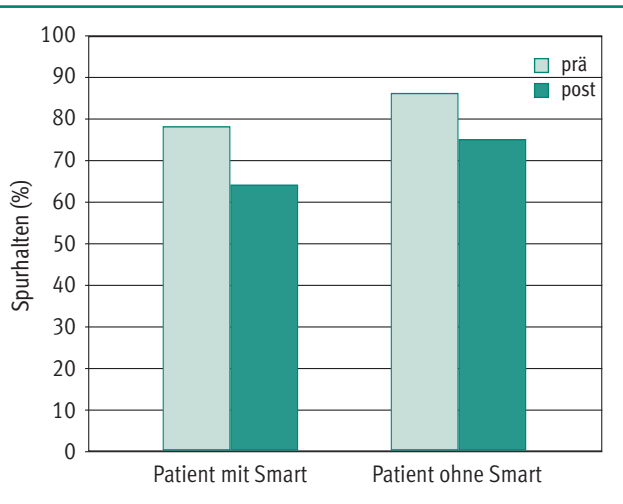


Abb. 5: Tracking Spurhalten

in der 6. Fahrt (Gesunde $M=1401,6$; $SD=308$; Patienten $M=1469,5$; $SD=263$, $t(34, N=36)=-,713$; $p=,481$). In der Trackingaufgabe der SVN '96 verbessern sich beide Gruppen signifikant im Spurhalten ($F(1,42)=42,526$; $p=.000$) (Abb. 5), wogegen sich im Prä-/Postvergleich keine signifikanten Unterschiede für die Anzahl richtiger Reaktionen sowie für die Reaktionsgeschwindigkeit ergeben. Hinsichtlich der Variablen Spurhalten verbessern sich beide Gruppen in etwa gleich ($F(1,42)=,961$; $p=.333$). Für keines der Variablenpaare (Fahrsimulator/SVN '96) ergeben sich zu einem der beiden Zeitpunkte signifikante Korrelationen.

Diskussion

Über die 6 Fahrten im Fahrsimulator Smart zeigen Patienten nach hirnanorganischem Ereignis und Gesunde einen ähnlichen Lernzuwachs in bezug auf die Variable Spurhalten, welche im engen Zusammenhang mit der Fähigkeit zur visuellen Exploration steht [17]. Patienten mit visuellen Gesichtsfeldeinschränkungen i. S. einer Hemianopsie zeigen zu Beginn der Rehabilitation Mühe mit dem Spurhalten. Mit zunehmender Fähigkeit zur Kompensation verbessert sich jedoch die visuelle Exploration etwa in bezug auf die Straßenbegrenzungen. Sowohl die untersuchte Kontrollgruppe der gesunden Probanden wie auch die Gruppe der Patienten nach erfolgter Hirnschädigung verbesserte sich im Spurhalten signifikant, die Patienten benötigen jedoch signifikant mehr Richtungsänderungen des Lenkrads, um die Spur zu halten. Beide Gruppen unterschieden sich in der ersten und sechsten Fahrt nicht signifikant voneinander hinsichtlich des Spurhaltens, gesunde Probanden verbessern jedoch bereits in der zweiten Fahrt ihre Leistungen im Spurhalten signifikant, während neurologische Patienten ein ähnliches Niveau erst ab der 4. Fahrt erreichen. Auch *Mönning et al.* [13] fanden bei neurologischen Patienten nach mehreren Übungsfahrten in einem Fahrsimulator eine signifikante Verbesserung im Spurhalten.

Im Gegensatz zur Spurabweichung nach rechts (zum Fahrbahnrand) zeigen beide Gruppen hinsichtlich der Abweichung nach links (zum Gegenverkehr hin) keine Leistungsverbesserung, und beide Gruppen unterscheiden sich in dieser Variable nicht signifikant.

Die Durchschnittsgeschwindigkeit ist in der Gruppe der Patienten jedoch über alle 6 Fahrten hinweg signifikant geringer. *Coeckelbergh et al.* [2] konnten zeigen, dass Patienten Gesichtsfeldeinschränkungen durch eine Verringerung der Geschwindigkeit sowie durch vermehrte Augenbewegungen erfolgreich kompensieren. Personen reagieren allgemein mit einer Reduktion der Geschwindigkeit, wenn sie während der Fahrt eine zweite Aufgabe bearbeiten sollen [10]. Da neurologische Patienten häufig Beeinträchtigungen in der geteilten Aufmerksamkeit aufweisen, reagieren sie auf die komplexen Anforderungen in einer Fahrsituation auch mit einer Reduktion der Geschwindigkeit. Dies stellt ebenfalls eine effektive Kompensationsstrategie bestehender Beeinträchtigungen in bezug auf Fahrleistungen dar.

Campagne et al. [1] beschreiben in ihrer Untersuchung den Zusammenhang von Schwankungen der Vigilanz und der Fehlerkontrolle beim Fahren. Sie konnten zeigen, dass gesunde Probanden jugendlichen und mittleren Alters in der Lage sind, Schwankungen der Vigilanz zu kompensieren. Bei älteren Probanden (60 bis 70 Jahre alt) zeigt sich jedoch ein signifikanter Zusammenhang zwischen langsamer EEG-Aktivität und der Anzahl der Fahrfehler. Entsprechend müssen im Fahrsimulator Programme eingesetzt werden, bei denen Unfälle und Fehler gefahrlos provoziert werden können. Herkömmliche Diagnostikprogramme in der Neuro- und Verkehrspsychologie messen meist das Verhalten im Bereich der Impulskontrolle, provozieren jedoch nicht die Reaktion auf Fehler in komplexen Situationen.

Beide Gruppen werden während der ersten Fahrt mit überraschenden Ereignissen konfrontiert (Kind überquert Straße, Wildwechsel etc.). Den gesunden Kontrollpersonen gelingt es bereits von der ersten zur zweiten Fahrt, die Anzahl der Unfälle und Fehler im Mittel signifikant zu verringern. Sie haben sich die Ereignisse eingeprägt und antizipieren diese auf den folgenden Fahrten. Neurologischen Patienten gelingt eine solche vorausschauende Gestaltung der Fahrweise erst ab der fünften Fahrt. In der 6. Fahrt erreichen beide Gruppen ein ähnliches Niveau.

Eine signifikante Verbesserung im Spurhalten der Trackingaufgaben konnte bei beiden Patientengruppen beobachtet werden. Es ergaben sich jedoch keine signifikanten Korrelationen für einander entsprechende Variablen der ersten und sechsten Fahrt im Fahrsimulator und Variablen der Prä- und Postmessung der SVN '96. Aufgrund der Beobachtung im Alltag liegt die Vermutung nahe, dass Patienten im Fahrsimulator aufgrund vorhandener Automatismen besser in der Lage sind, Schwächen im Spurhalten zu kompensieren.

Im klinischen Alltag zeigt sich am Ende der neurologischen Rehabilitation, wie groß die Bedeutung der Selbstständigkeit und Mobilität im Alltag für den Patienten ist. *Kotterba et al.* [9] heben insbesondere die Wichtigkeit der Fahreig-

nung für Patienten mit einer chronischen neurologischen Erkrankung hervor. Sie schlussfolgern aus ihren Ergebnissen, dass die Fahrfehler im Fahrsimulator stärker von der Zunahme kognitiver Defizite als von körperlichen Beeinträchtigungen beeinflusst werden, und bewerten den Fahrsimulator als ein hilfreiches Instrument, um die Fahreignung bei widersprüchlichen neuropsychologischen Ergebnissen zu beurteilen. Häufig werden bei Patienten nach einer Hirnschädigung zusätzlich zu kognitiven und physischen Beeinträchtigungen auch Veränderungen in der Persönlichkeit beobachtet [4]. Als wichtig sind daher auch emotionale und motivationale Aspekte beim Autofahren [16] bewertet. Der Fahrsimulator bietet die Möglichkeit, Verhaltensauffälligkeiten zu provozieren und in einem gefahrlosen Rahmen zu beobachten. So missachtete einer unserer Patienten (34-jähriger Lehrer nach Rechtshirnverletzung) über mehrere Übungsfahrten im Fahrsimulator hinweg ausnahmslos die Vorfahrt eines anderen Fahrzeuges und verursachte dadurch jeweils einen Zusammenstoß. Mit diesem sich wiederholenden Fehlverhalten konfrontiert argumentierte der Patient, dass dieses Fahrzeug extra eingebaut sei, um ihn reinzulegen und zu verärgern. Es war ihm aufgrund der Anosognosie nicht möglich, sein eigenes Fehlverhalten zu erkennen und entsprechend zu korrigieren.

Bei der Beurteilung der Fahreignung erachten wir ein differenziertes Vorgehen für sinnvoll, das herkömmliche neuropsychologische und verkehrspsychologische Verfahren beinhaltet, aber auch ein möglichst alltagsnahes Prüfen der notwendigen Fähigkeiten ermöglicht. In der Regel findet zunächst eine Überprüfung der medizinischen Voraussetzungen statt (z. B. Epilepsie, Medikamente, physische und physiologische Einschränkungen usw.). Erst wenn aus medizinischer Sicht keine grundsätzlichen Einwände gegen die Fahreignung bestehen, wird eine neuropsychologische Untersuchung mit Hilfe standardisierter Testverfahren durchgeführt [8]. Diese werden durch die verkehrspsychologische Untersuchung ergänzt. Bevor eine praktische Fahrprobe im realen Straßenverkehr erfolgt, kann eine Fahrt im Fahrsimulator zusätzlich Informationen über das Verhalten und die kognitiven Fähigkeiten in komplexen Reizsituationen liefern. Zwei Drittel der Variablen, die bei einer praktischen Fahrprobe erhoben werden, lassen sich durch Beobachtungen im Fahrsimulator erklären [11]. Dies unterstützt die Validität des Fahrsimulators und hebt seine Vorteile als ökonomische und ungefährliche Methode zur Prüfung der Fahreignung hervor.

Ein gezieltes Training im Fahrsimulator kann zu einer Verbesserung von für das Fahren relevanten Fähigkeiten führen [14].

Die vorliegende Arbeit belegt den Wert des Fahrsimulators in der neurologischen Rehabilitation. Höpflinger [7] betont die Bedeutung der Mobilität im Alter. 1978 waren in der Schweiz 33 % der 65–69-Jährigen im Besitz eines eigenen PKWs, 1999/2000 besaßen bereits 80 % der Personen in dieser Altersgruppe ein Fahrzeug. In der Gruppe der 70–74-Jährigen verfügten 1978 26 % über einen eigenen PKW, 1999/2000 71 %. Während 1978 im Alter von 75–79

Jahren noch 13 % einen PKW besaßen, waren es 1999/2000 immerhin noch 53 % der über 75-Jährigen, die ein eigenes Fahrzeug besaßen. Im Kanton St. Gallen/Schweiz fahren z. Zt. über 22.000 Personen, die älter als 70 Jahre sind. Pro Jahr kommen ca. 2.400 neue Fahrzeuglenker über 70 Jahre hinzu.

Bezüglich der absoluten Unfälle stehen die jüngeren Lenker an der Spitze [6]. Betrachtet man jedoch die Anzahl der verursachten Unfälle der älteren Lenker im Zusammenhang mit den gefahrenen Kilometern, so liegt das Risiko sogar noch über dem der jungen Fahrer. Insbesondere Senioren mit geringer Fahrpraxis sind unfallgefährdeter.

Der Einsatz des Fahrsimulators soll zur Beurteilung der Fahreignung älterer Fahrzeuglenker wissenschaftlich untersucht werden. Fahrproben mit älteren Personen im öffentlichen Verkehr lassen sich aufgrund der großen Anzahl der zu Beurteilenden praktisch nicht durchführen. Aufgrund der Ergebnisse der vorliegenden Studie ist es indiziert, die Eignung von Fahrsimulatoren in der Schulung und Diagnostik für ältere Personen zu prüfen.

Danksagung: Wir bedanken uns für die Unterstützung bei folgenden Institutionen: Fonds für Verkehrssicherheit der Schweiz/Bern, Krupp Presta/Escher, Auto-Schweiz/Bern, LGT-Innovationsstiftung/Liechtenstein, TCS/Genf.

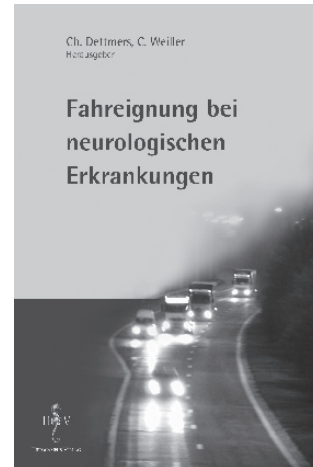
Literatur

1. Campagne A, Pebayle T, Muzet A: Correlation between driving errors and vigilance level: influence of the driver's age. *Physiol Behav* 2004; 80: 515-24
2. Coeckelbergh TR, Brouwer WH, Cornelissen FW, van Wolfelaar P, Krooijman AC: The effect of visual field defects on driving performance: a driving simulator study. *Arch Ophthalmol* 2002; 120 (11): 1509-16
3. Gerhard U, Annen B, Betschart R, Hobi V: Erneuerung, Normierung und Validierung der Schweizerischen Verkehrspsychologischen Normaluntersuchung SVN '96. Impressum Schoch, Ostermundigen 1998
4. Gottschalg D, Lamberti G, Körbelin C: Die Beurteilung von Persönlichkeitsveränderungen nach Hirnschädigung. *Z Neuropsychologie* 2003; 14 (2): 57-66
5. Hannen P, Hartje W, Skreczek W: Beurteilung der Fahreignung nach Hirnschädigung. *Neuropsychologische Diagnostik und Fahrprobe. Nervenarzt* 1998; 69 (10): 864-872
6. Holte H: Schlaglichter aus der Forschung. Auto-mobil und sicher im Seniorenalter. *Z Verkehrssicherheit* 2003; 50: 3
7. Höpflinger F: Gesund altern gelingt in der Schweiz am besten. *Geriatric Praxis* 2003; 10: 6-7
8. Keller M, Hiltbrunner B, Kesselring J: Fitness to drive with neurological disabilities. *Neurorehabil Neural Repair* 2003; 17(3): 168-175
9. Kotterba S, Orth M, Eren E, Fangerau T, Sindern E: Assessment of driving performance in patients with relapsing-remitting multiple sclerosis by a driving simulator. *Eur Neurol* 2003; 50 (3): 160-4
10. Lansdown TC, Brook-Carter N, Kersloot T: Distraction from multiple invehicle secondary tasks: vehicle performance and metal workload implications. *Ergonomics* 2004; 47 (1): 91-104
11. Lee HC, Cameron D, Lee AH: Assessing the driving performance of older adult drivers: on-road versus simulated driving. *Accid Anal Prev* 2003; 35 (5): 797-803
12. Lengenfelder J, Schultheis MT, Al-Shihabi T, Mourant R, DeLuca J: Divided attention and driving: A pilot study using virtual reality technology. *J Head Trauma Rehabil* 2002; 17 (1): 26-37

13. Mönning M, Lahr D, Blattgerste M, Hartje W: Wiederherstellung der Fahreignung nach Hirnschädigung – Fahrstunden und Simulatortraining. *Neurologie und Rehabilitation* 2002; 8 (6): 295-301
14. Roenker DL, Cissell GM, Ball KK, Wadley VG, Edwards JD: Speed-of-processing and driving simulator training result in improved driving performance. *Hum Factors* 2003; 45 (2): 218-33
15. Rügger R: Effizient, aber kein Strassenersatz. L-Drive. Schweizerische Vereinigung der Fahrlehrerverbände SVFV 2003
16. Schulz U, Kerwien H, Gresch H: Motivationale und emotionale Aspekte des Autofahrens. *Z Verkehrssicherheit* 2000; 46: 49-56
17. Wolbers Th, Kronemann A, Küst J, Netz J, Hömberg V: Interaktive Fahrsimulation – ein neuer Weg zur Diagnose und Rehabilitation der Fahrtauglichkeit. *Die Rehabilitation* 2001; 40: 87-91

Korrespondenzadresse:

Dr. Martin Keller FSP
 Leit. Fachpsychologe für Neuropsychologie
 Rehabilitationsklinik Valens
 CH-7317 Valens
 E-Mail: m.keller@klinik-valens.ch



Christian Dettmers, Cornelius Weiller (Hrsg.)

Fahreignung bei neurologischen Erkrankungen

*Hippocampus Verlag, Bad Honnef 2004
 172 Seiten, zahlreiche Abbildungen, Broschur,
 € 34,50, ISBN 3-936817-10-3*

Neurologische Erkrankungen haben häufig eine Beeinträchtigung der Fahreignung durch motorische und neuropsychologische Funktionsdefizite zur Folge. In diesem Fall stoßen zwei gegensätzliche Interessen aufeinander: Dem Recht des Einzelnen zur Teilnahme am Straßenverkehr steht das Recht aller Verkehrsteilnehmer auf ein möglichst hohes Maß an Verkehrssicherheit gegenüber.

In der Neurologie wird die Frage der Fahreignung immer noch häufig umgangen. Im Studium – und damit auch in den Lehrbüchern – ist sie nicht Gegenstand des Kanons. In der Akutphase der Erkrankung wird sie meist nicht thematisiert, und die Patienten werden zu selten darüber aufgeklärt, dass ihre Erkrankung eine Beeinträchtigung der Fahreignung nach sich ziehen könnte.

Die rechtlichen Bestimmungen versuchen, die körperlichen und geistigen Voraussetzungen zur Teilnahme am Straßenverkehr zu formulieren, lassen jedoch viele Fragen offen. Auch die neuropsychologische Diagnostik hat nur begrenzte Aussagekraft. In der Praxis erweist sich die Zusammenarbeit mit einer spezialisierten Fahrschule in vielen Fällen als hilfreich bzw. unabdingbar.

Die Fahreignung ist für viele Menschen die Voraussetzung zur Teilnahme am sozialen und beruflichen Leben. Das vorliegende Buch soll Ärzten und Psychologen in der Akutklinik, in der Rehabilitation und in der Praxis bei der Beurteilung helfen, ob ein Patient die Fahreignung besitzt oder ob seine Gesundheitsstörung diese beeinträchtigt. Auch Juristen, Versicherungsfachleute und Betroffene können von dem Werk profitieren.