

# Tremor bei Parkinsonpatienten: 24-h-Monitoring mit kalibrierter Accelerometrie

F. Foerster<sup>1</sup>, T. Thielgen<sup>1</sup>, G. Fuchs<sup>2</sup>, A. Hornig<sup>2</sup>, J. Fahrenberg<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Psychologisches Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i.Br.,  
<sup>2</sup>Parkinson-Klinik Wolfach

## Zusammenfassung

Tremoraktivität läßt sich durch kalibrierte Accelerometrie erfassen. Gleichzeitig können die Accelerosensoren zur Beurteilung von Körperlage und Bewegung genutzt werden. In einer früheren Studie wurden nur schwache Zusammenhänge zwischen Meßwerten im Labor und im ambulanten Monitoring gefunden. In der vorliegenden Untersuchung sollten daher Laborphasen und Monitoringsegmente genauer verglichen, die Vorhersagbarkeit des Monitorings aus den Laborphasen sowie Veränderungen im stationären Behandlungsverlauf beschrieben werden.

Die 30 medikamentös behandelten Parkinson-Patienten (13 Frauen, 17 Männer; durchschnittliches Alter 64,8 Jahre) konnten in der ersten Woche, 21 Patienten von ihnen auch am Ende des Klinikaufenthalts (nach durchschnittlich 18 Tagen) ein zweites Mal registriert werden. Die 24-Stunden-Registrierungen begannen mit Ruhe- und Halte-Tremor-Tests im Labor. Mit dem portablen Datenrecorder Vitaport-2 wurden AC- und DC-Signale der Accelerometer am Sternum (3 Achsen), den Handrücken und dem frontalen Aspekt des rechten Oberschenkels aufgenommen und mit einer kombinierten Zeit-Frequenz-Analyse zu drei Tremor-Kennwerten verarbeitet (Häufigkeit %, Amplitude g, Frequenz Hz).

Die Ergebnisse zeigen ein hohes Maß an Innerhalb- und Zwischen-Patienten-Variabilität der Tremor-Variablen, sowohl im Labor als auch während des Monitorings. Die Tremoraktivität war im Labor höher als im Feld, sowohl die Labor-Feld-Vorhersage der Tremorvariablen als auch die Abnahme der Tremoraktivität von der ersten zur zweiten Registrierung waren moderat.

**Schlüsselwörter:** Accelerosensoren, Ambulantes Monitoring, Parkinson, Tremor

## Tremor assessment of patients with PD: 24-h-monitoring by calibrated accelerometry

F. Foerster, T. Thielgen, G. Fuchs, A. Hornig, J. Fahrenberg

### Abstract

Calibrated accelerometry can be used to assess tremor activity and, furthermore, to detect posture and basic motion patterns. In a previous study only moderate relationships between tremor activity during laboratory tests and during particular conditions of daily life were noted. The present study was designed to further examine the differences and relationships between laboratory and monitoring segments, the prediction of monitoring data based on laboratory assessment, and changes during the treatment.

Recordings were obtained from 30 PD patients who were on medication (13 female, 17 male; mean age 64.8 years) during the first week, and in 21 cases also at the end of the rehabilitation program (average interval 18 days). 24-h recordings included laboratory tests of Rest and Postural Tremor Tests. AC- and DC-signals from accelerometers placed on the sternum (3 axes), both hands, and right thigh were recorded using the Vitaport-2 System. Joint Time-Frequency Method was employed for parametrisation (Occurrence %, Amplitude g, Frequency Hz). Findings indicated a high degree of within-subject and between-subject variability of tremor parameters (laboratory and monitoring). Tremor activity during laboratory tests was higher than during monitoring. Regression showed a moderate laboratory-field predictability of tremor data. A moderate decrease in average tremor activity from first to second recording was evident.

**Key words:** accelerometry, ambulatory monitoring, Parkinson, tremor

Neurol Rehabil 2002; 8 (3):

## Einleitung

Monitoring-Systeme ermöglichen die Langzeituntersuchung des Tremors bei Patienten mit M. Parkinson. Diese Methodik kann u. a. zur Objektivierung des Tremors im Verlauf einer Behandlung und zur Untersuchung der auslösenden und verstärkenden bzw. der abschwächenden Einflüsse auf diese Symptomatik unter Alltagsbedingungen dienen. Die hier verwendete Accelerometrie weist im Vergleich zur Langzeitregistrierung des EMG praktische Vorzüge auf. Außerdem ermöglicht sie nicht allein die Messung der Häufigkeit (Prozent der Zeit) und der Frequenz (Hz), sondern auch Aussagen über die Amplitude des Tremors (g bzw. cm). Die Datenaufnahme mit dem Vitaport-2 (Becker Meditec, Karlsruhe) und die kombinierte Frequenz- und Amplituden-Auswertung mittels Short Time Fourier Transform wurden in früheren Arbeiten beschrieben [2, 4]. Diese Methodik wurde jetzt durch die automatische Detektion der Körperposition und bestimmter Bewegungsmuster mittels kalibrierter 4-Kanal-Accelerometrie ergänzt, um eine basale Verhaltensanalyse zu ermöglichen [1]. Diesem Zweck diente auch die fortlaufende Messung der Herzfrequenz als Indikator körperlicher bzw. emotional-mentaler Belastung [3].

## Stichprobe und Datenaufnahme

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Stichprobe. An der Untersuchung nahmen 30 Patienten mit M. Parkinson teil. Aus klinischer Sicht wiesen alle Patienten einen mehr oder minder deutlich ausgeprägten Tremor auf. Von 21 Patienten konnte nach durchschnittlich 18 Tagen eine zweite 24-Stunden-Untersuchung während des stationären Behandlungsverfahrens durchgeführt werden. Bei 20 Patienten wurde ein deutlicher Ruhe- oder Haltetremor festgestellt, d. h. in mindestens einer der vier Standardbedingungen (s. u.) eine Häufigkeit >65% und eine Amplitude >0,07 g (entspricht etwa 1,5 mm Weg am Handrücken). 14 dieser Patienten konnten zweimal registriert werden.

## Sensor-Plazierungen

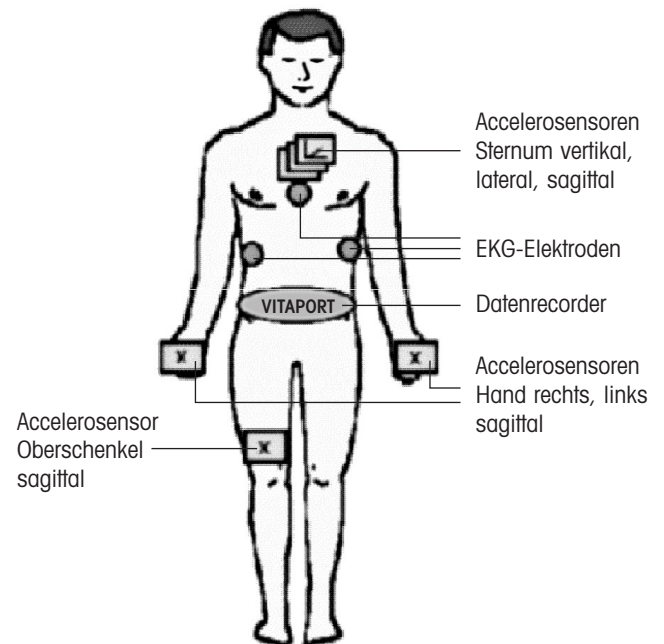


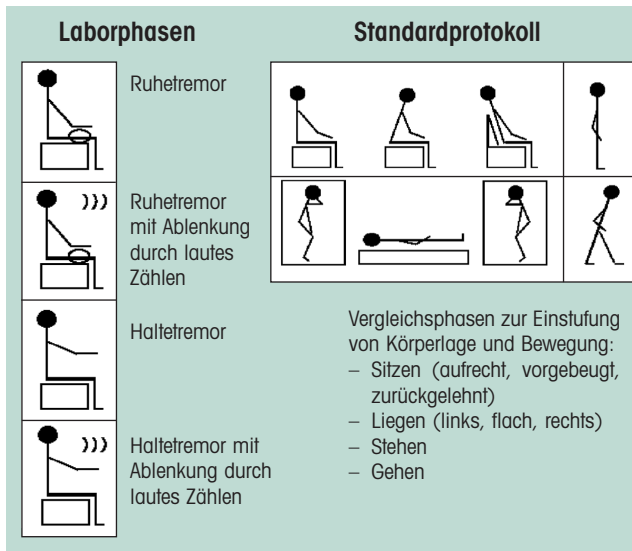
Abb. 1: Plazierung der Elektroden und Sensoren

In Abbildung 1 ist die Plazierung des Datenrecorders, der EKG-Elektroden zur Messung der Herzfrequenz und des minimalen Accelerosensoren-Satzes zur Bestimmung der Körperlage inklusive Rotationen während des Schlafs angedeutet.

Die Untersuchung umfaßte (1) eine kurze Anamnese, (2) vier standardisierte Meßbedingungen im Labor mit jeweils 120 Sekunden: Ruhe- und Haltetremor ohne und mit Ablenkung durch lautes Zählen (dabei Einstufung des Tremors aufgrund der Beobachtung), (3) ein Standardprotokoll zur Kalibrierung der Lage- und Bewegungsmessung sowie (4) das 24-Stunden-Monitoring unter den Alltagsbedingungen der Klinik (Abb. 2).

Stichproben-Beschreibung			
<b>n = 30</b>			
zu Beginn des Klinikaufenthaltes, davon	Intervall 1. bis 2. Messung (Tage):	m = 18,0	s = 2,8
	Geschlecht:	m = 13,0	w = 17,0
	Alter (Jahre):	m = 64,8	s = 8,9
<b>n = 21</b>	Erkrankungsdauer (Jahre):	m = 6,0	s = 3,8
mit 2. Messung am Ende des Klinikaufenthaltes, davon	Krankheitsschwere (Hoehn/Jahr):	m = 2,3	s = 0,7
	UPDRS, gesamt:	m = 42,9	s = 18,1
	UPDRS, Verhalten:	m = 1,8	s = 1,8
	UPDRS, Alltag:	m = 12,8	s = 4,6
<b>n = 14</b>	UPDRS, Motorik:	m = 26,3	s = 13,4
mit ausgeprägtem Tremor in den Laborphasen	UPDRS, Komplikationen:	m = 1,8	s = 4,5
	Tremor-Dominanz:	re = 17,0	li = 13,0

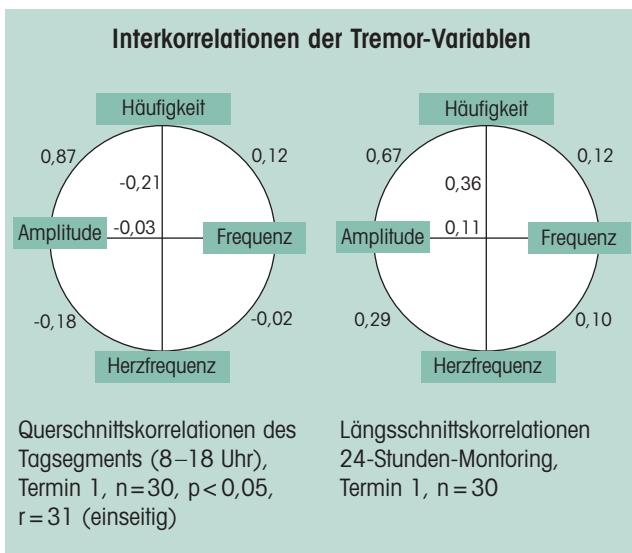
Tab. 1: Stichproben-Beschreibung



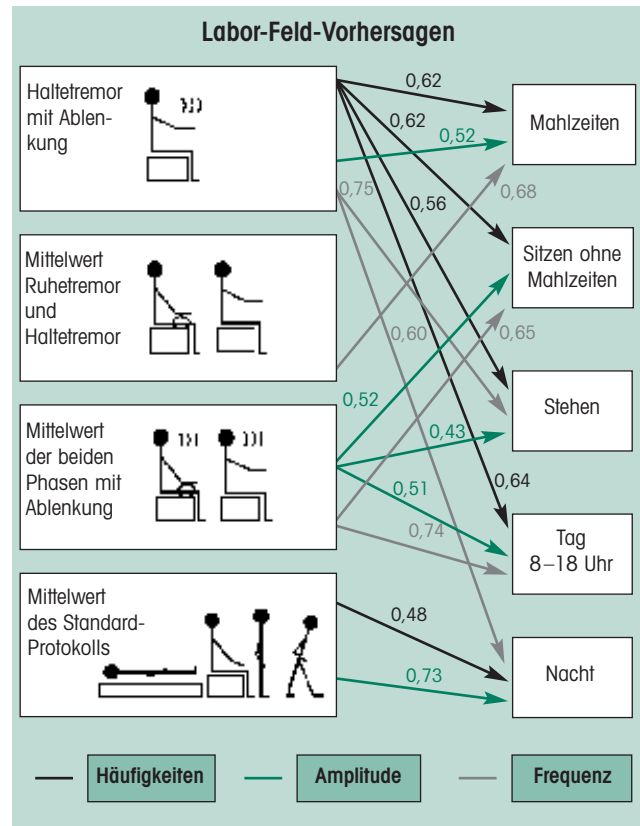
**Abb. 2:** Der Laborteil der Registrierung umfaßt links die Messung des Tremors unter standardisierten Bedingungen als Ruhe- und Haltetremor ohne/mit Ablenkung durch lautes Zählen (und Einstufung des Tremors aufgrund der Beobachtung) und rechts ein Standardprotokoll zur Kalibrierung der Lage- und Bewegungsmessung

**Ergebnisse**

Die in einer früheren Studie [4] gefundenen eher schwachen und inkonsistenten Zusammenhänge zwischen den drei Tremorvariablen untereinander sowie zwischen den vier Labortests und Abschnitten des ambulanten Monitorings konnten nun genauer untersucht werden. Beide Aspekte sind im Hinblick auf eine adäquate und zugleich ökonomische Beurteilung der Tremorsymptomatik relevant. Abbildung 3 enthält die Korrelationen zwischen den drei Tremorvariablen untereinander und zur Herzfrequenz. Dabei sind insbesondere die Koeffizienten zwischen Häufigkeit und Amplitude zu beachten. Im Querschnitt unter Verwen-



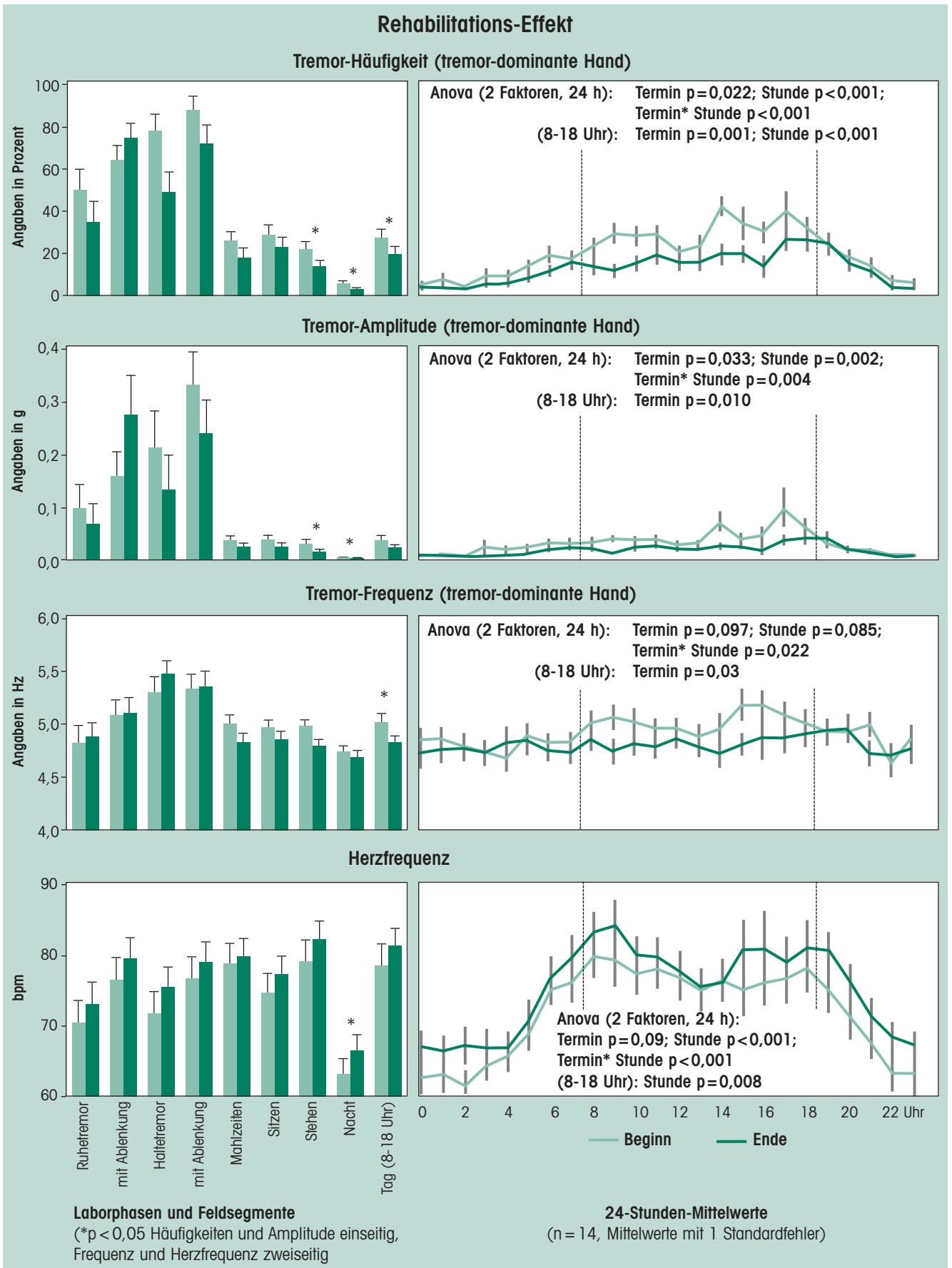
**Abb. 3:** Zusammenhänge zwischen Tremorvariablen und Herzfrequenz



**Abb. 4:** Labor-Feld-Vorhersagen (beste Prädiktoren)

von individuellen Langzeitmittelwerten der Patienten korrelierten diese beiden Variablen vergleichsweise hoch (0,87). Bei einer Beurteilung, die eher die Tremorstärke, also die Amplitude, berücksichtigt, wird demnach auch weitgehend die Tremorhäufigkeit eingeschätzt (76% gemeinsame Varianz). Wenn jedoch die Ähnlichkeit der Verläufe über den gesamten Tag hinweg betrachtet wird (Längsschnitt), verhält es sich anders: Mit einer mittleren Korrelation (0,67) variiert die Tremoramplitude deutlich unterschiedlich zur Tremorhäufigkeit, obschon in allen Minuten, in denen kein Tremor festzustellen ist (Häufigkeit=0) auch die Amplitude=0 ist, d. h. obschon per definitionem eine Korrelation zwischen den beiden Variablen besteht. Interessant – möglicherweise im Hinblick auf äußere, u. U. auch psychologische Einflüsse auf den Tremor – ist die substantielle Korrelation der Verläufe von Tremorhäufigkeit und Herzfrequenz (0,36).

Die Labor-Feld-Vorhersage konnte in dieser Studie dadurch genauer untersucht werden, daß beim ambulanten Monitoring durch die Bestimmung der Körperlage entsprechende Segmente gebildet werden konnten. Insbesondere die schwarzen Pfeile in Abbildung 4, also die Korrelationen der Tremorhäufigkeit zwischen den Laborphasen und den Monitoringsegmenten, markieren nur moderate Vorhersageleistungen (um 0,60). Interessant ist überdies, daß bei der Häufigkeit alle Tagsegmente am besten von der Laborphase des Haltetremors unter Ablenkung vorhergesagt wurde.



Veränderungen zwischen Anfang und Ende des stationären Behandlungsverfahrens ergaben sich hinsichtlich der Tremor-Häufigkeit, statistisch signifikant jedoch nur bei multivariater Auswertung (MANOVA) der statistisch abhängigen Meßwiederholungen (Faktor »Termin«), vorzugsweise während des Tags (8-18 Uhr), und univariat eher bei Feldsegmenten als bei Laborphasen (Abb. 5). Bei den 14 Patienten mit deutlichem Ruhe- oder Haltetremor in der Erstuntersuchung (s. Tab. 1) war die Verringerung von Tremor-Häufigkeit und Amplitude relativ stärker ausgeprägt. Es gab jedoch einige Patienten, bei denen eine Verschlechterung sowohl bei den Laborphasen als auch während des Monitorings zu erkennen war. Entgegen der Erwartung sank die Tremor-Frequenz während des Tags signifikant ab, wenn auch im Betrag eher gering ( $<0,6$  Hz). Die Herzfrequenz stieg während des Klinikaufenthalts leicht an. Dies zeigte sich auch bei der Teilstichprobe aller Patienten mit Untersuchung zu Beginn und Ende des stationären Behandlungsverfahrens ( $n=21$ ).

## Diskussion

Die accelerometrische Untersuchung ergab von der Messung zu Beginn und zum Ende des stationären Behandlungsverfahrens eine Abnahme des Tremors der dominanten und der nicht-dominanten Hand. Dies gilt für den Mittelwert über alle Patienten. Die einzelnen Verläufe lassen jedoch große Unterschiede erkennen. So gibt es Patienten mit einer sehr deutlichen Abnahme der Tremoraktivität und andere Patienten, welche sowohl in den standardisierten Bedingungen als auch während des Monitorings eine stärkere Symptomatik haben.

Auch hinsichtlich der Vorhersagbarkeit des im ambulanten Monitoring gemessenen Tremors aus den standardisierten Tremortests gibt es große Unterschiede. Die generelle Vorhersagbarkeit ist jedoch durch die Bildung genauer abgegrenzter Monitoringsegmente im Vergleich zu einer früheren Untersuchung angestiegen. Das ambulante Monitoring steht somit nicht isoliert von der Gesamtuntersuchung dar. Vielmehr deuten die unterschiedlichen Verläufe der verschiedenen Tremorvariablen auf eine eigenständige Funktion der Tremoramplitude hin.

Die Accelerometrie des Tremors kann als ausgereifte Methodik gelten. Die Anwendung im ambulanten Monitoring eröffnet, insbesondere wenn diese Methodik mit einer erweiterten kinematischen Analyse verbunden ist, neue Untersuchungsmöglichkeiten für die klinische Forschung.

### Korrespondenzadresse:

Psychologisches Institut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg  
 Forschungsgruppe Psychophysiologie  
 Dipl. Math. F. Foerster  
 Belfortstr. 20 d  
 79085 Freiburg i. Breisgau  
 e-mail:  
 foerster@psychologie.uni-freiburg.de/einrichtungen/Psychophysiologie-

## Literatur

1. Fahrenberg J, Foerster F: Kalibrierte Accelerometrie von Körperlage, Bewegung und Tremor im 24-Stunden-Monitoring. *Neurol Rehabil* 2000; 6 (1): 16-18
2. Foerster F, Smeja M: Joint amplitude and frequency analysis of tremor activity. *EMG, Clinical Neurophysiology* 1999; 39: 11-19
3. Foerster F, Thielgen T, Fuchs G, Hornig A, Fahrenberg J: 24-stündige Tremor-Untersuchungen an Parkinson-Patienten. *Forschungsberichte des psychologischen Instituts der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg i. Br.*, 2001
4. Smeja M, Foerster F, Fuchs G, Emmans D, Hornig A, Fahrenberg J: 24 hr assessment of tremor activity and posture in Parkinson's disease by multi-channel accelerometry. *Journal of Psychophysiology* 1999; 13: 245-256