

ACCEPTED: January 2016

PUBLISHED ONLINE: February 2016

DOI: 10.5960/dzsm.2016.220

Thiel C, Gabrys L, Vogt L. Registrierung körperlicher Aktivität mit tragbaren Akzelerometern. Dtsch Z Sportmed. 2016; 67: 44-48.

# Registrierung körperlicher Aktivität mit tragbaren Akzelerometern

## *Measuring Physical Activity with Wearable Accelerometers*

1. HOCHSCHULE FÜR GESUNDHEIT BOCHUM, Studienbereich Physiotherapie, Bochum
2. ROBERT KOCH-INSTITUT, Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring, Berlin
3. GOETHE-UNIVERSITÄT FRANKFURT, Abteilung Sportmedizin, Frankfurt am Main

### Zusammenfassung

- › **Aufgrund der gewachsenen Bedeutung** habitueller körperlicher Aktivität kommt der Akzelerometrie in unterschiedlichen präventiven und rehabilitativen Kontexten eine zentrale Rolle zu. Die Aufzeichnung der Beschleunigung von Körpersegmenten wie Hüfte oder Handgelenk gilt als objektives Verfahren zur Erfassung körperlicher Aktivität und sedentären Verhaltens, sowie zur Einschätzung des aktivitätsinduzierten Energieumsatzes im Feld.
- › **Für eine valide Erhebung** werden Trageposition und -protokolle, Geräteeinstellungen, sowie Signalbereinigung und -analyse gemäß populationspezifischer Validierungsstudien mit baugleichen Akzelerometern gewählt. Registrierungen der habituellen körperlichen Aktivität von gesunden Kindern und Erwachsenen erfolgen in der Regel über 7 Tage an je 8-10 Stunden mit höchstmöglicher Auflösung (10-100Hz). Aus den vorprozessierten, meist auf Epochen von 2-60s bezogenen gerätespezifischen counts per minute werden nach Ausschluss von Nichttragezeiten die interessierenden Endpunkte mit Hilfe von Cut-points und Regressionsmodellen berechnet. Dieses Vorgehen basiert auf einfachen Annahmen und Modellen, darunter insbesondere der Repräsentativität der am Körpersegment registrierten Bewegungen, sowie einer invarianten Beziehung zwischen registrierter Beschleunigung und körperlicher Aktivität oder Energieumsatz.
- › **Planung und Vorbereitung**, Datenerhebung, sowie Signalverarbeitung und -interpretation verlangen fundierte Kenntnisse der Voraussetzungen für die Nutzung, methodischen Besonderheiten und Limitationen der Akzelerometrie. Die Beobachtung jüngerer, älterer und chronisch erkrankter Menschen kann aufgrund variierender Kognition, Compliance, Körperzusammensetzung und Bewegungsökonomie spezifische Vorbereitungen, Geräteeinstellungen und Analyseprotokolle erforderlich machen.
- › **In Publikationen** sollten neben Messergebnissen auch Erhebungsmethoden und deren Limitationen sorgfältig und vollständig dargestellt werden.

### Summary

- › **Due to the growing importance** of habitual physical activity, accelerometry is increasingly playing a significant role in various preventive and rehabilitative contexts. The registration of accelerations of body segments like hip or wrist has become established as an objective method to measure physical activity and sedentary behavior and estimate activity-related energy expenditure in the field.
- › **To ensure a valid measurement**, wearing position and protocol, instrument settings, as well as data cleaning and analysis are chosen according to validation studies in the same population using the same accelerometer model. Measurements of habitual physical activity of healthy children and adults are usually performed over 7 days, 8-10 hours each, using the highest resolution possible (10-100Hz). After eliminating nonwear periods, the relevant outcomes are calculated from the preprocessed, device-specific counts per minute, which refer mostly to epochs of 2 to 60 seconds, using cut-points and regression models. This procedure is based on simple assumptions and models, notably the representativeness of movements registered in body segments, as well as the invariant relation between the acceleration registered and the physical activity or energy expenditure.
- › **Scheduling and preparation**, data collection, signal processing and interpretation require sound knowledge of the usage requirements, methodological characteristics, and limitations of accelerometry. Due to varying cognition, compliance, body composition and movement economy, the observation of younger, older or chronically ill persons may require specific preparations, device settings, and analysis protocols.
- › **For publication**, besides results, the method of data collection and its limitations should be presented carefully and thoroughly.

### SCHLÜSSELWÖRTER:

Körperliche Aktivität, objektive Beobachtung, tragbare Sensorik, Methodenstandards

### KEY WORDS:

Physical Activity, Objective Monitoring, Wearable Sensors, Methodological Standard

### Akzelerometrie zur Erfassung körperlicher Aktivität

Die valide Registrierung körperlicher Aktivität, definiert als jede durch die Skelettmuskulatur hervorbrachte Bewegung, die den Energieumsatz über das Ruhepotenzial ansteigen lässt, gewinnt für Ärzte und andere Gesundheitsberufe zunehmend an Bedeu-

tung. Sie ist Voraussetzung für die Identifikation von Verhaltensmustern und deren Determinanten, individuelle Belastungssteuerung, Qualitätssicherung und Evidenzbasierung von Interventionen, sowie die Erforschung von Dosis-Wirkungs-Beziehungen.



QR-Code scannen und Artikel online lesen.

### KORRESPONDENZADRESSE:

Prof. Dr. Christian Thiel  
Hochschule für Gesundheit, Department für Angewandte Gesundheitswissenschaften  
Studienbereich Physiotherapie  
Gesundheitscampus 6-8, 44801 Bochum  
✉: christian.thiel@hs-gesundheit.de

Tabelle 1

Technische Spezifikationen und Charakteristika der drei weltweit am häufigsten verwendeten Akzelerometer (22) zur Registrierung körperlicher Aktivität. Exemplarisch sind Cut-points und Regressionsmodelle zur Einschätzung des Energieumsatzes gesunder Erwachsener, sowie Angaben zu deren Validität aufgeführt. Weitere validierte Cut-points und Regressionsmodelle für andere Populationen sind der nationalen und internationalen Literatur zu entnehmen. cpm=count per minute; DLW=doppelt stabil markiertes Wasser; EE=Energieumsatz; HRaS=Herzfrequenz über der Ruheherzfrequenz; IC=Indirekte Kalorimetrie; MET=Metabolic Equivalent of Task; RMSE=Root mean squared error; TEE=Gesamtenergieumsatz; Geschlecht: männlich = 1, weiblich = 0.

	AKZELEROMETER		KOMBINIERTES VERFAHREN
<b>Hersteller, Modell</b>	ActiGraph GT3X+	Philips Actical	CamNtech Actiheart
<b>Validierte Trageposition</b>	Hüfte	Hüfte	Brust
<b>Akzelerometer</b>	Triaxial	Omnidirektional	Uniaxial
max. sample Rate	100 Hz	32 Hz	32 Hz
max. Aufzeichnungsdauer	40 Tage	194 Tage	21 Tage
registrierte Beschleunigung	0,05-2,5g	0,02-2,0g	0,05-2,5g
ggfs. weitere Sensorik	Helligkeitssensor, Inklinometer		Herzfrequenzmessgerät
<b>Größe &amp; Gewicht</b>	4,6x3,3x1,5cm; 19g	2,9x3,7x1,1cm; 16g	3,2x3,2x0,6cm plus Kabel; 10g
<b>Wasserdichtigkeit</b>	IPX7	IPX7	IPX6
<b>Endpunkte</b>	Energieumsatz Intensität Schritte Körperposition Schlafaktivität	Energieumsatz Intensität Schritte	Energieumsatz Intensität Herzfrequenz und Herzfrequenzvariabilität Schlafaktivität
<b>Validität versus IC oder DLW (EE Erwachsener)</b>	ICC=0,64 bis 0,97 RMSE=0,5 bis 6,2 MET Bias=-5,9 bis +2,1 MET	ICC=0,59 bis 0,99 RMSE=0,5 bis 5,9 MET Bias=-5,7 bis +2,7 MET	ICC=0,62 bis 0,81 RMSE=0,1 bis 1,9 MET Bias=-1,0 bis +0,1 MET
<b>Cut-points (gesunde Erwachsene)</b>	Freedson et al. 1998 (6): moderate Aktivität: 1953cpm intensive Aktivität: 5725cpm	Colley & Tremblay 2011 (4): moderate Aktivität: 1535cpm intensive Aktivität: 3960cpm	Berechnung über den EE
<b>EE-Regressionsgleichungen (gesunde Erwachsene)</b>	Freedson et al. 1998 (6): TEE [MET]=1,439008+(0,000795*cpm)	Klippel & Heil 2003 (9): ≤50cpm: TEE [MET]=1 >50 bis ≤350cpm: TEE [MET]=1,83 >350cpm: TEE [MET]=2,826+(0,0006526*cpm)	Brage et al. 2005 (2): TEE [J/min/kg]=0,11*cpm +2,3*HRaS+1,7*HRaS*Geschlecht +17*Geschlecht-21

Akzelerometrie erfasst direkt und in Echtzeit die Beschleunigung des Körpers oder von Körperteilen als biomechanisches Korrelat körperlicher Aktivität. Sie ist international als ein von subjektiven Klienten- oder Patienteninformationen unabhängiges Verfahren zur Messung körperlicher Aktivität im Tagesverlauf und Einschätzung des Energieumsatzes etabliert. Akzelerometrie weist hinreichend gute psychometrische Eigenschaften auf. Die gepoolte Korrelation mit Doubly Labelled Water (DLW) Erhebungen liegt für uni-respektive triaxiale Akzelerometer bei  $r=0,39$  und  $0,59$  (Aktivitätsinduzierter Energieumsatz, AEE), sowie  $r=0,52$  und  $0,61$  (Gesamtenergieumsatz, TEE) (21). Uni- und triaxiale Akzelerometer unterschätzen den AEE im Mittel um 24 respektive 21%, den TEE um 12 und 7% (21).

Zur akzelerometerbasierten Messung körperlicher Aktivität liegen insbesondere international eine Vielzahl von Befunden und Empfehlungen vor, die der vorliegende Beitrag für aktuelle und künftige Nutzer zusammenfasst.

## Planung und Vorbereitung

Die Mehrzahl der Geräte wird bislang an der Hüfte und nicht an den Extremitäten getragen, da Beschleunigungen nahe des Körperschwerpunktes höher mit der habituellen körperlichen Aktivität korrelieren. Arm- oder Fußpositionierung versprechen eine bessere Compliance und lückenlosere Aufzeichnung, insbesondere bei Nutzung wasserdichter Modelle. Der Einsatz multipler Akzelerometer an unterschiedlichen Positionen führt bislang nur zu einer marginalen Verbesserung der Prädiktion der körperlichen Aktivität und des Energieumsatzes.

Klare Hinweise für die Überlegenheit eines bestimmten Akzelerometermodells liegen bislang nicht vor (10). Interinstrumentenreliabilität und populationspezifische Validität sind

individuell zu prüfen (11). Im Studienverlauf ist der Gerätetyp konstant zu halten und bei pre-post Erhebungen möglichst fallweise der gleiche Akzelerometer zu verwenden (11). Ist Letzteres nicht möglich, sollte zumindest die Vergleichbarkeit der Geräte geprüft und berichtet werden. Die eingeschränkte Langzeit-Reliabilität von Akzelerometern mit Cantilever Beam-Sensoren macht regelmäßige Kalibrierungen erforderlich (13). Bei der Studienplanung sind saisonale Einflüsse auf das Bewegungsverhalten zu berücksichtigen, sowie bei der Durchführung die Tageszeitlänge und Wetterbedingungen zu dokumentieren.

Ein aktuelles Review über bislang weltweit publizierte Akzelerometerstudien mit Stichprobengrößen über 400 Studienteilnehmern zeigt, dass in insgesamt 76 Publikationen 39 mal Actigraph-, 12 mal Actiheart-, und 9 mal Actical-Geräte verwendet wurden (22). Tabelle 1 zeigt – jeweils anhand eines aktuellen Modells – exemplarisch die technischen Spezifikationen und Gütekriterien dieser drei am häufigsten verwendeten Geräte.

Für spezifische Forschungsfragen können Geräte mit spezifischen Eigenschaften besonders geeignet sein. Zur Beobachtung einer Population, deren Aktivitätsverhalten mit alleiniger Akzelerometrie unzureichend abgebildet wird (Beispiel: viel Fahrradfahren, Schwimmen oder Arbeit mit schweren Gegenständen) versprechen kombinierte Verfahren wie Akzelerometrie plus Herzfrequenz-Aufzeichnungen Vorteile. Zur Untersuchung sedentären Verhaltens werden bevorzugt Geräte mit Inklinometer zur Registrierung der Körperposition (Sitzen, Stehen, Liegen) eingesetzt. Weitere Vorüberlegungen für die Methodwahl haben Müller et al. 2010 publiziert (12).

## Datenerhebung

Registrierungen erfolgen mit einer Auflösung von 10-100Hz, gespeichert in Epochenlängen von 10-60s (Erwachsene) ➤

(19, 20) bzw. 2-5s (Kinder) (5). Epochenlängen von 60s führen im Vergleich zu kürzeren Epochen zu einer Unterschätzung des Umfangs intensiver Belastungen. Für zukünftige Reanalysen mit weiterentwickelten Methoden ist die Speicherung der Rohdaten mit höchstmöglicher Auflösung zu favorisieren, insbesondere wenn Studienendpunkte wie die Knochendichte vorwiegend durch intensive Aktivität beeinflusst werden.

Die optimale Tragezeit beträgt 7 aufeinanderfolgende Tage inklusive einem Wochenendtag, aus denen alle validen Tage in die Auswertung einfließen. Für einen validen Tag sollte das Gerät mindestens 10 Std. Aktivitäten aufgezeichnet haben, bei Kindern in Abhängigkeit der Wachzeit – insbesondere am Wochenende – ggfs. nur 8 Stunden. Nichttragezeiten (bei Erwachsenen meist 60, bei Kindern 10-180 aufeinanderfolgende Minuten mit 0 counts, darunter bis zu 2 Minuten mit bis zu 100 counts) sind von der Mindesttragedauer zu subtrahieren. Imputation bei Nichterreichen der Mindesttragedauer ist bislang unüblich, das Nichterreichen von 4 validen Tagen führt in der Regel zum Fallausschluss (5, 8, 17, 19, 20).

Populationsweite Studien zeigen, dass die Ergebnisse von 6 bis 32% der Teilnehmer aufgrund unzureichender Tragezeiten nicht berücksichtigt werden können (14). Eine Steigerung der Compliance, aber auch der Reaktivität versprechen persönliche Einweisung, Bereitstellung von Informationen (auch für Personen im Umfeld), Aktivitätstagebücher, Erinnerungsanrufe oder Kurznachrichten sowie Zusicherung der Ergebnisrückmeldung (20).

### Signalverarbeitung

Piezelektrische oder kapazitative Sensoren registrieren Intensität und Dauer ein- oder mehrdimensionaler Beschleunigungen. Das Rohsignal in Volt wird überwiegend nicht in der SI-Einheit für Beschleunigung [ $m \cdot s^{-2}$ ] oder als Vielfaches der mittleren Erdbeschleunigung ( $1 g = 9,81 m \cdot s^{-2}$ ) ausgegeben, sondern nach Digitalisierung, Filterung, Gleichrichtung und Integration in hersteller- und modellspezifische „activity counts“ (counts per minute, cpm) umgewandelt. Daraus werden Umfänge leichter (LPA), moderater (MPA) und intensiver körperlicher Aktivitäten (VPA) sowie Perioden körperlicher Ruhe mit Hilfe von Cut-points (Trennwerten) abgegrenzt, und der Energieumsatz auf Basis von Regressionsmodellen geschätzt.

International akzeptierte Standards zur Signalverarbeitung fehlen (14, 22). Zum Einsatz kommen Cut-points und Regressionsgleichungen, die durch Kalibrierung spezifisch für Gerätetyp, Trageposition, Alter und Gesundheitszustand der beobachteten Population entwickelt und in herstellerunabhängigen Studien ebenso spezifisch validiert worden sind (17). Wird anstelle der vertikalen Beschleunigung die Größe des dreidimensionalen Beschleunigungsvektors herangezogen (Wurzel der Summe quadrierter Beschleunigungen der drei Achsen), müssen andere Cut-points und Gleichungen verwendet werden (6). Um die akkumulierte Dosis moderater bis intensiver körperlicher Aktivität (MVPA) zu kalkulieren, werden entweder sämtliche Aktivitäten oberhalb definierter Cut-points einbezogen, oder in Anlehnung an Public-Health Empfehlungen ausschließlich zusammenhängende Aktivitätsperioden (bouts) mit einer Mindestdauer von häufig 10 Minuten berücksichtigt, in denen zuweilen bis zu 2 Minuten unter den Cut-points liegen dürfen (8). Die Verwendung unterschiedlicher Cut-points und Regressionsgleichungen kann ebenso wie die variierende Definition von Mindest-Tragezeiten, Nichttragezeiten und zusammenhängenden Aktivitätsperioden zu widersprüchlichen Bewertungen des gleichen Aktivitätsverhaltens führen (8, 14).

Abbildung 1 zeigt exemplarisch das mit einem Actigraph-Beschleunigungssensor registrierte Akzelerogramm eines Erwachsenen. Zur Bestimmung der Intensität körperlicher Aktivität anhand der in vertikaler Achse registrierten cpm wurde das weit verbreitete Cut-point Modell von Freedson et al. (6) verwendet, zur Abgrenzung körperlicher Ruhe ein Cut-point von  $<100$  cpm (8).

### Beobachtung jüngerer, älterer und chronisch erkrankter Menschen

Akzelerometer eignen sich zur Erfassung körperlicher Aktivität diverser Populationen. Der Zusammenhang zwischen der Intensität körperlicher Aktivität und der Beschleunigung einzelner Körpersegmente variiert aber (10) in Abhängigkeit von Alter und Gesundheitszustand, beispielsweise mediiert durch Körperzusammensetzung, Bewegungsökonomie und Gehhilfenutzung.

Nur etwa 50% der beobachteten Kinder halten geplante Tragezeiten vollständig ein (14, 15). Kinder benötigen ebenso wie Senioren mehr Information und Unterstützung als Erwachsene, damit sie die Akzelerometer tatsächlich durchgängig und bestimmungsgemäß tragen.

Mit steigendem Alter und mit zunehmenden gesundheitlichen und funktionellen Einschränkungen nehmen Bewegungsgeschwindigkeit und Umfang intensiver körperlicher Aktivität ab (17). Einige Geräte erlauben entsprechende Adjustierungen der Hochpassfilter (Filterung niederfrequenter Signale) bei der Rohsignalanalyse.

Weitere Hinweise zum populations- und kontextspezifischen Vorgehen bei der Erhebung körperlicher Aktivität mit Hilfe von Akzelerometern und alternativen Verfahren, teils mit populations- und gerätespezifisch validierten Cut-Point Modellen und TEE-Regressionsgleichungen, sind publiziert für Kinder (1, 15, 17), Senioren (17, 18), und Personen mit chronischen Erkrankungen (3, 16, 17).

### Berichten der Messergebnisse

Die methodische Dokumentation inkludiert das Vorgehen bei Studienvorbereitung, Datenerhebung und -auswertung inklusive verwendetem Gerät und Gütekriterien, Filtereinstellungen, Epochenlänge, Trageposition, Gesamttragezeit, Jahreszeit, Überwachung der Mitarbeit, Prüfung der Datenqualität, Cut-point Modelle und Regressionsgleichungen. Die Ergebnisdarstellung beinhaltet den Anteil auswertbarer Datensätze, gerätespezifische cpm, absolute und an der Gesamttragezeit relativierte Zeitanteile in den jeweiligen Intensitätsbereichen, sowie ggfs. MET, AEE oder TEE, und Schrittzahl (11).

### Voraussetzungen für die Nutzung und methodische Besonderheiten

Biomechanische Signale repräsentieren nur eine von mehreren Dimensionen körperlicher Aktivität. Der Rückschluss von den registrierten Beschleunigungen auf das tatsächliche Aktivitätsverhalten basiert auf einfachen Annahmen und Modellen (10). Bei der Messung, Auswertung und Interpretation der Signale sollten nachfolgende Punkte sorgfältig beachtet werden:

- die Repräsentativität der an einem Körperpunkt registrierten Bewegungen für die körperliche Gesamtaktivität variiert in Abhängigkeit der Aktivitätsform (Bsp. Fahrradfahren vs. Laufen) und Messgeräteposition (Bsp. Hüfte vs. Oberarm);

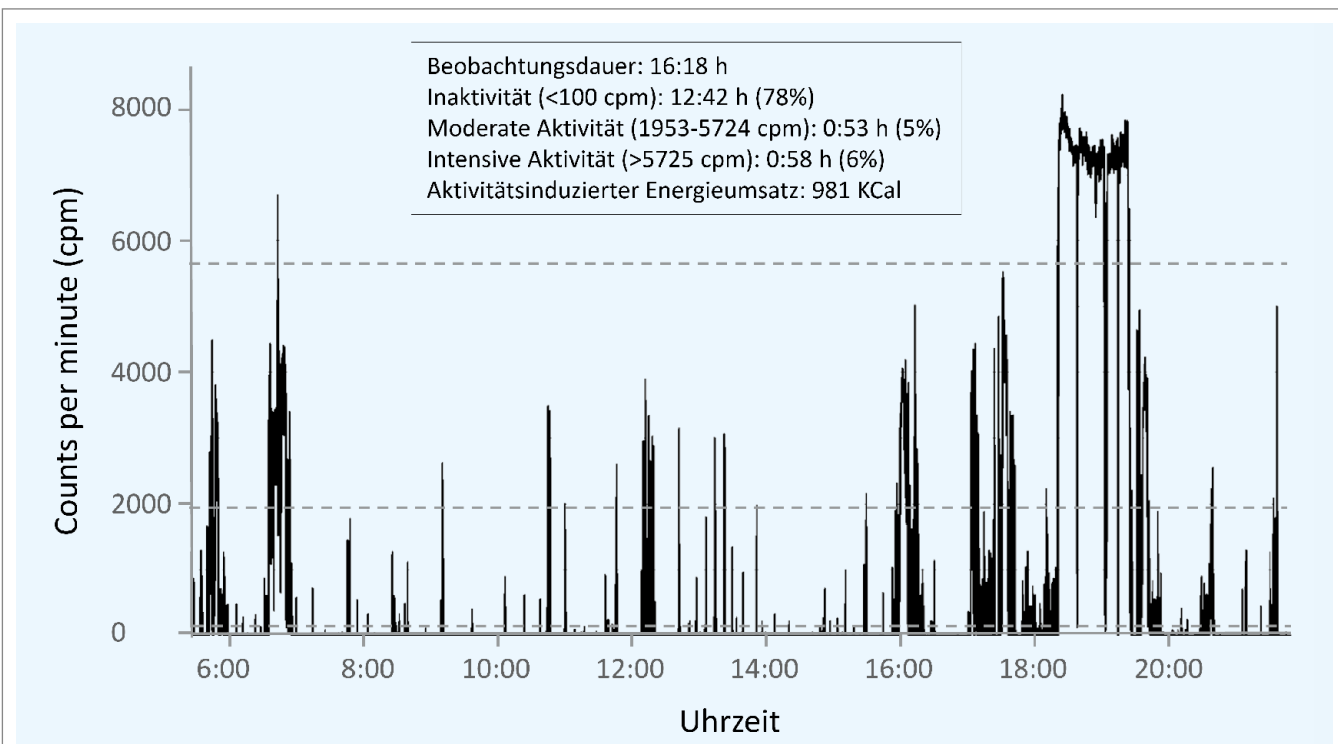


Abbildung 1

Akzelerogramm und Zusammenfassung der körperlichen Aktivität eines 49-jährigen (75kg) in der Wachzeit eines Werktages (Fußweg zur/von der Arbeit, Büro-tätigkeit 7:30–16:00 mit Mittagspause, anschließend Besorgungen, Joggen). Die Datenerhebung erfolgte mit einem Actigraph GT3X (Bandfixierung an rechter Hüfte) bei 10 Sekunden Epochenlänge und Standard-Filtereinstellungen. Die softwareseitige Prüfung der Datenqualität ergab keine Hinweise auf Nichttragezeiten. Cut-points Aktivität gemäß Freedson et al. 1998 (6), sämtliche Aktivitäten oberhalb der Cut-points werden berücksichtigt. Cut-points Inaktivität nach Hagströmer et al. 2007 (8). Einschätzung des Energieumsatzes mit abgewandelter Regressionsgleichung von Freedson et al. 1998 (6) (bei  $\geq 1952$  counts per minute, cpm:  $EE [kcal/min] = cpm \times 0,00094 + \text{Körpergewicht [kg]} \times 0,1346 - 7,37418$ ; bei  $\leq 1951$  cpm:  $EE [kcal/min] = cpm \times 0,0000191 \times \text{Körpergewicht [kg]}$ ).

- die lineare Zuordnung von activity counts zur registrierten Beschleunigung kann intensitätsabhängig zur Unter- oder Überschätzung von Aktivitäten mit hoher Intensität oder langsamer Ausführung führen;
- die Beziehung zwischen Bewegungsaktivität und Energieumsatz variiert beim Tragen zusätzlicher Lasten, Fortbewegung mit Höhenänderung und unterschiedlichen Formen der Inaktivität (Bsp. Stehen vs. Liegen). Statische Kräftigungsübungen werden nicht adäquat erfasst;
- das Messergebnis (cpm, Kennzahlen körperlicher Aktivität, Energieumsatz) hängt von Körpergröße und Körperumfang ab;
- komplexes menschliches Verhalten wird bei der Analyse in vorgegebene Zeitblöcke (Epochen) partitioniert, anstelle die tatsächliche Dauer der jeweiligen Aktivitäten zu berücksichtigen. Kleine Aktivitäten wie Aufstehen können unterhalb der Epochenlänge nicht aufgelöst werden;
- Schlafphasen und Liegen lassen sich nicht hinreichend klar abgrenzen;
- Reaktivität und soziale Erwünschtheit können Aktivitätsverhalten beeinflussen;
- Der Umgang mit großen Datensätzen erfordert standardisierte Verfahren der Fehlerkorrektur.

In Abhängigkeit der Fragestellung und interessierenden Dimension körperlicher Aktivität, Stichprobeneigenschaften inkl. -umfang, Art und Verteilung erwarteter körperlicher Aktivitäten, gewünschter Präzision der Erhebung und erforderlicher Kontextinformation, sowie verfügbarer zeitlicher, personeller und sächlicher Ressourcen, können subjektive Instrumente (Selbstreportfragebögen, strukturierte Interviews, Tagebücher), andere objektive Instrumente (Herzfrequenzmonitore und

Pedometer), oder Referenzmethoden eine sinnvolle Ergänzung zu Akzelerometern, oder sogar eine Alternative darstellen (12). Zunehmend Einsatz finden Kombinationen der Akzelerometrie mit anderen Erhebungsverfahren wie Herzfrequenzmonitoring, GPS, oder Protokollierungen täglicher Routinen incl. Nichttragezeiten und spezifischer Aktivitäten.

### Ausblick

An der (Weiter-)Entwicklung und Validierung zielgruppenspezifischer Cut-point- und Regressionsmodelle (z.B. in Abhängigkeit von Alter oder Gesundheitszustand) wird intensiv geforscht. Die Anzahl solcher Modelle hat aber aufgrund unterschiedlicher Geräte, Populationen, Tragepositionen und methodischer Vorgehensweisen ein schwer überschaubares Maß erreicht (17). Als Lösungsansatz wird die zusammenfassende Klassifizierung von Gruppen und Individuen anhand körperlicher Leistung und Funktion (z.B. Ausdauer-Leistungsfähigkeit, frei gewählte Gehgeschwindigkeit) erprobt (17). Die Ausgabe registrierter Beschleunigung in SI-Einheit anstelle von counts könnte ebenso wie die stärkere Standardisierung populationspezifischer Kalibrierungsprotokolle Gerätevergleiche vereinfachen und Konsensfindungen für Datenerhebung, -bereinigung und -analyse (7, 22) erleichtern.

Die Fusion weiterer Signale von Inklinometern, Helligkeitssensoren und Barometern verspricht die Präzision insbesondere der Erfassung von Inaktivitätszeiten und Körperpositionen (Sitzen, Stehen, Liegen) zu erhöhen. Vielversprechend erscheinen neue Ansätze zur Detektion von Mustern und Aktivitätsklassen anhand hochauflösend registrierter Rohsignale mit lernenden künstlichen neuronalen Netzwerken, unterstützt durch Kameras. ➤

Eine Standardisierung der Trageposition vorausgesetzt, bieten mobile Endgeräte mit Akzelerometern (wockets), Applikationen (Apps) und Aufzeichnung weiterer Informationen (GPS) zusätzliches Potenzial in der großflächigen Anwendung von Aktivitätsregistrierungen und der Klassifikation bestimmter Aktivitäten (Gehen, Radfahren, Auto fahren).

## Fazit

Die Registrierung körperlicher Aktivität mit Hilfe von Akzelerometern ist methodisch anspruchsvoll und erfordert fundierte Kenntnisse. Werden Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Erhebung sorgfältig auf Fragestellung, Population, Setting und Endpunkt abgestimmt, lassen sich mittels Akzelerometrie in unterschiedlichen Kontexten hinreichend valide Informationen über den Gesamtumfang körperlicher Aktivität sowie deren Intensität im Tagesverlauf gewinnen. ■

**Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare und Unterstützung durch Firmen:**  
Keine

## Literatur

- (1) **BENEKE R, LEITHÄUSER R.** Körperliche Aktivität im Kindesalter - Messverfahren. *Dtsch Z Sportmed.* 2008; 59: 215-222.
- (2) **BRAGE S, BRAGE N, FRANKS PW, EKELUND U, WAREHAM NJ.** Reliability and validity of the combined heart rate and movement sensor Actiheart. *Eur J Clin Nutr.* 2005; 59: 561-570. doi:10.1038/sj.ejcn.1602118
- (3) **BRODERICK JM, RYAN J, O'DONNELL DM, HUSSEY J.** A guide to assessing physical activity using accelerometry in cancer patients. *Support Care Cancer.* 2014; 22: 1121-1130. doi:10.1007/s00520-013-2102-2
- (4) **COLLEY RC, TREMBLAY MS.** Moderate and vigorous physical activity intensity cut-points for the Actical accelerometer. *J Sports Sci.* 2011; 29: 783-789. doi:10.1080/02640414.2011.557744
- (5) **EDWARDSON CL, GORELY T.** Epoch length and its effect on physical activity intensity. *Med Sci Sports Exerc.* 2010; 42: 928-934. doi:10.1249/MSS.0b013e3181c301f5
- (6) **FREEDSON PS, MELANSON E, SIRARD J.** Calibration of the Computer Science and Applications, Inc. accelerometer. *Med Sci Sports Exerc.* 1998; 30: 777-781. doi:10.1097/00005768-199805000-00021
- (7) **GABRYS L, THIEL C, TALLNER A, WILMS B, MÜLLER C, KAHLERT D, JEKAUC D, FRICK F, SCHULZ H, SPRENGELER O, HEY S, KOBEL S, VOGT L.** Akzelerometrie zur Erfassung körperlicher Aktivität. *Sportwiss.* 2015; 45: 1-9. doi:10.1007/s12662-014-0349-5
- (8) **HAGSTRÖMER M, OJA P, SJÖSTRÖM M.** Physical activity and inactivity in an adult population assessed by accelerometry. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1502-1508. doi:10.1249/mss.0b013e3180a76de5
- (9) **KLIPPEL N, HEIL D.** Validation of energy expenditure prediction algorithms in adults using the Actical electronic activity monitor. *Med Sci Sports Exerc.* 2003; 35: S284. doi:10.1097/00005768-200305001-01580
- (10) **LYDEN K, KOZEY SL, STAUDENMEYER JW, FREEDSON PS.** A comprehensive evaluation of commonly used accelerometer energy expenditure and MET prediction equations. *Eur J Appl Physiol.* 2011; 111: 187-201. doi:10.1007/s00421-010-1639-8
- (11) **MATTHEWS CE, HAGSTRÖMER M, POBER DM, BOWLES HR.** Best practices for using physical activity monitors in population-based research. *Med Sci Sports Exerc.* 2012; 44: S68-S76. doi:10.1249/MSS.0b013e3182399e5b
- (12) **MÜLLER C, WINTER C, ROSENBAUM D.** Aktuelle objektive Messverfahren zur Erfassung körperlicher Aktivität im Vergleich zu subjektiven Erhebungsmethoden. *Dtsch Z Sportmed.* 2010; 61: 11-18.
- Murphy SL. Review of physical activity measurement using accelerometers in older adults: considerations for research design and conduct. *Prev Med.* 2009; 48: 108-114. doi:10.1016/j.ypmed.2008.12.001
- (13) **PEDIŠIĆ Ž, BAUMAN A.** Accelerometer-based measures in physical activity surveillance: current practices and issues. *Br J Sports Med.* 2015; 49: 219-223. doi:10.1136/bjsports-2013-093407
- (14) **ROWLANDS AV.** Accelerometer assessment of physical activity in children: an update. *Pediatr Exerc Sci.* 2007; 19: 252-266.
- (15) **STRATH SJ, KAMINSKY LA, AINSWORTH BE, EKELUND U, FREEDSON PS, GARY RA, RICHARDSON CR, SMITH DT, SWARTZ AM.** Guide to the assessment of physical activity: Clinical and research applications: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2013; 128: 2259-2279.
- (16) **STRATH SJ, PFEIFFER KA, WHITT-GLOVER MC.** Accelerometer use with children, older adults, and adults with functional limitations. *Med Sci Sports Exerc.* 2012; 44: S77-S85. doi:10.1249/MSS.0b013e3182399eb1
- (17) **TARALDSEN K, CHASTIN SFM, RIPHAGEN II, VEREIJKEN B, HELBOSTAD JL.** Physical activity monitoring by use of accelerometer-based body-worn sensors in older adults: a systematic literature review of current knowledge and applications. *Maturitas.* 2012; 71: 13-19. doi:10.1016/j.maturitas.2011.11.003
- (18) **TROIANO RP, BERRIGAN D, DODD KW, MÄSSE LC, TILERT T, MCDOWELL M.** Physical activity in the United States measured by accelerometer. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40: 181-188. doi:10.1249/mss.0b013e31815a51b3
- (19) **TROST SG, MCIVER KL, PATE RR.** Conducting accelerometer-based activity assessments in field-based research. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37: S531-S543. doi:10.1249/01.mss.0000185657.86065.98
- (20) **VAN REMOORTEL H, GIAVEDONI S, RASTE Y, BURTIN C, LOUVARIS Z, GIMENO-SANTOS E, LANGER D, GLENDENNING A, HOPKINSON NS, VOGIATZIS I, PETERSON BT, WILSON F, MANN B, RABINOVICH R, PUHAN MA, TROOSTERS T; PROACTIVE CONSORTIUM.** Validity of activity monitors in health and chronic disease: a systematic review. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2012; 9: 84. doi: 10.1186/1479-5868-9-84
- (21) **WIJNDAELE K, WESTGATE K, STEPHENS SK, BLAIR SN, BULL FC, CHASTIN SF, DUNSTAN DW, EKELUND U, ESLIGER DW, FREEDSON PS, GRANAT MH, MATTHEWS CE, OWEN N, ROWLANDS AV, SHERAR LB, TREMBLAY MS, TROIANO RP, BRAGE S, HEALY GN.** Utilization and Harmonization of Adult Accelerometry Data: Review and Expert Consensus. *Med Sci Sports Exerc.* 2015; 47: 2129-2139. doi:10.1249/MSS.0000000000000661