

Genauigkeit der manuellen Winkelmessung am Ellenbogengelenk

Reichert, B.¹; Seifried, Ch.²; Obenland, E.²; Ruess, F.²; Puscher, M.²; Ungericht, Ch.²; Dippon, J.³

Die Genauigkeit der manuellen Messung einer Gelenkstellung mit dem Standardwinkelmesser (Goniometer) wurde in einer praxisorientierten experimentellen Studie am Beispiel des Ellenbogengelenkes überprüft. Dabei wurde die Methode mit zwei weiteren Messmethoden verglichen: Messung mit der MediMouse®, Schätzung nach Inspektion.

1. Zusammenfassung

1.1 Einführung

An dieser Studie nahmen insgesamt 133 Schüler, Lehrer und praktisch arbeitende Therapeuten teil, die durch freiwillige Teilnahme ausgewählt wurden.

Ziele: Es sollte anhand einer vordefinierten Gelenkstellung zunächst die Genauigkeit der Messung mit dem Goniometer im Vergleich zu einem objektivierbaren Verfahren mit der MediMouse® festgestellt werden. Im Weiteren sollte festgestellt werden, ob die Studienteilnehmer in der Lage waren, den vorgegeben Winkelwert mit Schätzung und Messung mit einem Goniometer nachzuvollziehen. Dabei sollten die Faktoren Ausbildungsdauer, Erfahrung mit Messungen, Alter und Berufserfahrung berücksichtigt werden, die mit einem Fragebogen erhoben wurden.

1.2 Ergebnisse

Die Messung mit dem Goniometer ermittelt im Vergleich zur anatomischen Situation des Ellenbogengelenkes einen um 5° zu kleinen Winkel. Da die Anforderung an unsere Studienteilnehmer die Überprüfung des Winkels mit der gängigen Lehrmethode war, wurden alle gemessenen Referenzwinkel der MediMouse® um 5° nach unten korrigiert. Dieser Wert wird nachfolgend als „wahrer Winkel“ bezeichnet.

Der Großteil aller Studienteilnehmer hat den Winkel zu klein gemessen und geschätzt. Im Mittel ist der manuell gemessene Winkel um

9° (Standardabweichung SA=5.1°) kleiner als der wahre Winkel. Diese Differenz ist signifikant ($p < 0.001$). Abweichungen zwischen den Werten der Schätzung und dem wahren Winkelwert wurden erneut ebenfalls ausgewertet. Im Mittel ist der geschätzte Winkel um 6.5° (SA=10.1°) kleiner als der wahre Winkel. Damit liegen die geschätzten Winkel im Mittel zwar näher am wahren Wert als die gemessenen, streuen aber stärker. Sowohl die gemessenen und als auch die geschätzten Werte weichen bei rund 50% aller Versuchsteilnehmer von dem in der Physiotherapie etablierten Toleranzwert von 5° ab. Ein Unterschied in der Messgenauigkeit von Lehrern und Schülern ist nicht festzustellen ($p = 0.35$).

1.3 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen, dass Unterricht und Ausbildungsdauer keinen Einfluss auf die Mess- und Schätzgenauigkeit haben. Lediglich die extrem ungenauen Messungen lassen über die Ausbildung hinweg nach. Die Erfahrung im Umgang mit der Winkelmessung (Anzahl der Messungen) trägt jedoch zur Genauigkeit der Messungen und Schätzungen bei.

1.4 Schlüsselwörter

Winkelmessung, Goniometer, MediMouse®, Ellenbogengelenk

2. Einleitung

Die manuelle Messung mit dem Goniometer ist eine allgemein akzeptierte Methode zur Erfassung von Gelenkpositionen. Sie wird von Ärzten und Therapeuten gleichermaßen benutzt und als objektiv eingestuft. Die genaue Dokumentation von Gelenkstellungen hat einen Einfluss auf die Auswahl einer Therapie und gibt Auskunft über die Effektivität einer eingeschlagenen Behandlungsart. Daher nimmt die Vermittlung dieser Methode auch einen nicht unerheblichen Anteil in der Ausbildung von Masseuren und Physiotherapeuten

¹ Bernhard Reichert (M, PT, MT) Leiter der AG Wissenschaftliches Arbeiten an der VPT Massage-/Physiotherapeuten-Schule e.V. Fellbach

² Schüler der Klasse Physio 02 der VPT Massage-/Physiotherapeuten-Schule e.V. Fellbach

³ Priv.-Doz. Dr. rer. nat. Jürgen Dippon, Institut für Stochastik und Anwendungen, Universität Stuttgart

ein. Dabei wird im Unterricht auf das Erfassen des Messprinzips, der Kenntnis der Anlagepunkte sowie dem Ablesen der Winkelskala Wert gelegt. Üblicherweise werden gemessene Werte nach einer Auf- bzw. Abrundung auf 5° genau dokumentiert.

Die Vorteile der Methode sind klar ersichtlich: das Gerät ist leicht, gut transportabel, einfach zu bedienen und kostengünstig. Die Nachteile liegen in der Ungenauigkeit der Ergebnisse, wenn die anatomischen Orientierungen zur Anlage des Gerätes als Basis für eine exakte Messung fehlen. Vorgegebene Anlagepunkte sind an betroffenen Extremitätengelenken der Patienten häufig nicht zu erkennen, und die Erfahrung zeigt, dass ein geringes Abweichen von den Anlagepunkten zu deutlich veränderten Ergebnissen einer Messung führt. Die Methode scheint also eine hohe Inter- und Intratesterungengenauigkeit zu haben. Daher scheinen nach eigenen Beobachtungen, Therapeuten nach der Ausbildung zunehmend auf die Methode zu verzichten.

Die durchgeführte Studie soll zum einen die Genauigkeit der Lehrmethoden ermitteln als auch den Effekt von Unterricht überprüfen. Hierzu wurde die Anlage des Goniometers nach der gängigen Lehrmethode mit Messverfahren der MediMouse® verglichen.

Die Ergebnisse stellen nur einen Schritt in einer Entwicklung zu grundsätzlichen Überlegungen dar. Gibt es didaktische Methoden, um die Ermittlung von Gelenkpositionen mit dem Standardgoniometer zu optimieren? Lässt sich in der Beurteilung von Gelenkpositionen womöglich auf die manuelle Winkelmessung verzichten?

3. Personen, Material und Methoden

3.1 Studienteilnehmer

Für die Studie wurden 133 Studienteilnehmer

durch Erklärung der freiwilligen Teilnahme ausgewählt. Zwei Teilnehmer nahmen nach ursprünglicher Zusage und nach Austeilen eines Fragebogens nicht mehr teil, so dass 131 Studienteilnehmer alle Anteile der Studie durchliefen. Die Studienteilnehmer rekrutierten sich aus Schülern und Lehrern der VPT Akademie - staatl. anerk. Massage-/Physiotherapeuten-Schule e.V. Fellbach sowie aus Kursteilnehmern eines beruflichen Fortbildungslehrganges (Manuelle Therapie). Die genaue Verteilung zeigt Tab. 1:

Tab. 1: Verteilung der Studienteilnehmer nach Status

Status.....	Anzahl
Schüler im 1. Semester.....	15
Schüler im 2. Semester.....	31
Schüler im 3. Semester.....	15
Schüler im 4. Semester.....	28
Schüler im 6. Semester.....	18
Kursteilnehmer	15
Lehrer	9
Total	131

Es wurde darauf geachtet, möglichst die gleiche Anzahl Studienteilnehmer aus den uns zur Verfügung stehenden Gruppen (Klassen, Lehrer, Kursteilnehmer) zu rekrutieren. Die unterschiedlichen Gruppen erhielten eine kurze rudimentäre mündliche Vorstellung der Studie und erhielten die Möglichkeit der freiwilligen Teilnahme durch Handmeldung. Bei der Auswahl der angesprochenen Gruppen war es unerheblich, ob die Schüler bereits Unterricht in der Gelenkmessung mit dem Goniometer oder sonstige Erfahrungen mit der Methode hatten.

3.2 Versuchsaufbau

Die MediMouse® ist ein neues handliches Messgerät zur computerunterstützten Darstellung und strahlenfreien Untersuchung der Form und Beweglichkeit der Wirbelsäule und Körpergelenke. In unserem Versuchsaufbau wurde eine von ihr erfasste Linie (hier: Margo posterior ulnae) im Raum per Funk dem Rechner übermittelt. Dort wird diese Linie auf dem

Monitor dargestellt und softwaretechnisch zur Horizontalen in Bezug gesetzt. Die Software errechnet den Winkel zwischen der Linie und der Horizontalen. Die Genauigkeit der Messung beträgt 1 Grad.

Die Genauigkeit dieser Messmethode basiert darauf, dass der Humerus des Probanden exakt in der Horizontalen eingestellt ist und die MediMouse® eine gerade Linie abfährt. Daher wurde die Margo posterior der Ulna ausgewählt. Es wurde darauf geachtet, dass keine Weichteile, deren Kontur die gerade Linie verändert hätte, abgetastet wurden. Die Lagerung des Probanden sollte stets und ohne großen Aufwand reproduzierbar sein und konstante Ausgangsbedingungen für eine große Anzahl von Messungen sein.

In der Überprüfung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der MediMouse® sowie in der späteren Phase der Datenerhebung mit den Studienteilnehmern wurde exakt das gleiche Verfahren benutzt.

Einstellen des Ellenbogengelenkes

Ein Proband sitzt seitlich an einer Behandlungsbank. Der rechte Arm wird mit ca. 90° Flexion im Schultergelenk auf der Bank abgelegt. Das zu messende Ellenbogengelenk wird mit Hilfe eines Styroporkeils in einen bestimmten Winkel gebracht und mit Tapematerial fixiert. Durch die Fixierung des zu messenden Unterarmes konnten Ungenauigkeiten der Ergebnisse durch das aktive Einnehmen der Gelenkposition ausgeschlossen und eine gute Reproduzierbarkeit der Gelenkposition garantiert werden.

Nun werden zwei markante Punkte auf Humerus palpirt und zeichnerisch markiert:

Mit Hilfe des Lasers, in den eine Wasserwaage integriert ist, werden die beiden Punkte am Humerus in die Horizontale gebracht. Hierzu wurde ein Sandsack unter den Ellenbogen gelegt oder die Höhenverstellbarkeit der Bank genutzt. Die Höhe der Behandlungsbank betrug hier ca. 105 cm. Der Abstand zwischen dem Laser und dem Arm betrug etwa 135 cm.

Eine Strecke von ca. 10 cm auf der posterioren Ulnakante wird zeichnerisch markiert, so dass die MediMouse® immer die gleiche Strecke abtasten kann (s. Abb.3).

3.3 Ziele und Zielkriterien

Folgende Haupt- und Nebenfragestellungen wurden entwickelt:

1. **Hauptfragestellung:** Wie genau können die Studienteilnehmer schätzen bzw. messen? Hieraus wurden folgende Teilfragen entwickelt:
 - a. Besteht eine Abweichung zwischen den Werten der manuellen Winkelmessung und dem wahren Winkelwert?
 - b. Besteht eine Abweichung zwischen den Werten der Schätzung und dem wahren Winkelwert?
2. Gibt es Unterschiede zwischen Schülern, Lehrern und praktisch tätigen Physiotherapeuten (Kursteilnehmer)? Hierzu wurde die Genauigkeit der Schätzungen bzw. Messungen in Abhängigkeit vom Status (s. Tab. 1) ermittelt.
3. Hat Unterricht in Winkelmessung und Ausbildungsdauer bei Schülern einen Einfluss auf die Genauigkeit von Schätzung bzw. Messung? Hierzu wurde die Genauigkeit zu den verschiedenen Semestern betrachtet und die Unterschiede zum wahren Winkelwert ermittelt.
4. Gibt es einen Unterschied in der Genauigkeit der Schätzungen bzw. Messungen zwischen männlichen und weiblichen Studienteilnehmer?
5. Nimmt die Genauigkeit von Schätzung bzw. Messung mit der Erfahrung zu?
6. Ist die Lehrmethode der manuellen Winkelmessung in der Lage, den tatsächlichen Winkelwert zu messen? Hierzu wurde die Differenz der Lehrmethode der manuellen Winkelmessung von dem tatsächlichen Winkelmaß (MediMouse®) geometrisch ermittelt.

3.3.1 Methoden zur Verbesserung der Ergebnisqualität

Als erster Schritt in der Vorbereitung der Tests stand die Validierung der Winkelberechnung mit der MediMouse®. Die Genauigkeit und exakte Reproduzierbarkeit des Handlings sowie die Intertestergenauigkeit mussten ermittelt und ggf. trainiert werden.

Die Testung der Genauigkeit der MediMouse® und die Intertestergenauigkeit wurden mit 5 Testern mit je 20 Wiederholungen an einem voreingestellten Ellenbogengelenk ermittelt. Bei allen Testern lag der Winkel zw. 149° und 151°. Danach wurde die Methode als geeignet eingestuft.

3.3.2 Methodik

Übersicht:

- Bearbeitung eines Fragebogens
- Einweisung in die Methode
- Durchführung der Schätzung
- Durchführung der Messung mit dem Goniometer

Fragebogen

Die Studienteilnehmer wurden gebeten, Angaben zu folgenden Punkten zu machen: Alter, Geschlecht, Status (Schüler, Lehrer, Kursteilnehmer), Ausbildungsstand / Schüler, Anzahl der Messungen am Ellenbogengelenk, Beurteilung der eigenen Fähigkeit, einen Winkelgrad auf 5° genau einzuschätzen.

Einweisung

Jeder Studienteilnehmer, unabhängig vom Status, Alter oder Erfahrung erhielt dieselbe Einweisung in Umfang, Ablauf und Formulierung. Dies garantierte den gleichen Kenntnisstand über den Versuchsaufbau und Methode vor Beginn des Tests bei jedem Studienteilnehmer.

Messung

Der Studienteilnehmer betritt den Messraum mit dem Probanden und Protokollanten und gibt den Fragebogen mit ID-Nummer ab. Diese Nummer wird auf dem Messprotokoll notiert, dem die Winkelschätzung sowie –messung der Studienteilnehmer hinzugefügt werden.



Abb. 1: Jeder Studienteilnehmer erhielt dieselbe Einweisung

Der Studienteilnehmer schätzt zunächst den Winkel des eingestellten Ellenbogens und gibt das Ergebnis verbal an. Der Studienteilnehmer misst den Winkel mit dem Standardgoniometer und gibt das Ergebnis verbal an. Schätzung und Messung werden von einem Protokollanten notiert. Ebenso wird beobachtet und protokolliert, ob und wo der Studienteilnehmer vor der Anlage des Standardgoniometers die anatomischen Orientierungspunkte palpieren hat. Es wurde ein handelsüblicher Standardgoniometer für die Einweisung und den Test benutzt, an dem auch die Schüler ihren Unterricht erhielten. Die Reihenfolge von Schätzung und anschließender Messung war vorgegeben, da ein Schätzen nach vorhergehender Messung nicht möglich ist.



Abb. 2: Messvorgang durch einen Studienteilnehmer

Um die Genauigkeit der Einstellung des Ellenbogengelenkes zu gewährleisten, wurde vor jedem Studienteilnehmer einmal und nach jedem Studienteilnehmer zweimal der Winkel mit der MediMouse® nachgemessen und die Lage des Oberarmes mit der Wasserwaage erneut kontrolliert.

Nach jeder Gruppe (ca. 15 Studienteilnehmer) wurde die Ellenbogeneinstellung des Probanden aufgelöst und dem Probanden eine kurze Pause ermöglicht. Nach jeder Pause wurde die neue Gelenkposition durch dreimaliges Messen ermittelt.

3.4 Statistische Methoden

Falls die Daten normalverteilt erschienen, wurden parametrische Testverfahren (t-Test, F-Test, Bartlett-Test) verwendet. War dies nicht der Fall, wurden nichtparametrische Methoden eingesetzt (Wilcoxon-Test, Kruskal-Wallis-Test). Abweichungen von der Nullhypothese wurden als signifikant angesehen, falls der p-Wert kleiner als 0.05 war. Zur statistischen Auswertung wurde das Statistikpaket R [32] eingesetzt.

3.5 Ergebnisse

Zunächst fiel uns bei der Durchführung der Messungen auf, dass kaum ein Studienteilnehmer vor Anlage des Goniometers eine Palpation der maßgeblichen anatomischen Orientierungspunkte vornahm.



Abb. 3: Testaufbau mit MediMouse®

Einige Studienteilnehmer ($n = 20$) gaben anstatt des wahren Winkels von ca. 150° den komplementären Winkel von ca. 30° an. Da diese Abweichung vermutlich auf Unkenntnis der Neutral-Null-Methode und Handhabung des Goniometers und nicht auf fehlerhafte Messtechnik zurückzuführen ist, wurden diese Werte durch den komplementären Winkel ersetzt.

Anhand eines Fotos des Versuchsaufbaus wurde im optischen Vergleich ein Unterschied zwischen der Lehrmethode der manuellen Winkelmessung mit der anatomisch korrekten Abtastung durch die MediMouse® festgestellt. Beide Methoden wurden daher graphisch aufgearbeitet und die Winkeldifferenz gemessen (s. Abb. 4).

Unserer Auffassung nach ermittelt die Lehrmethode im Vergleich zur anatomischen Situation einen zu kleinen Winkel. Bei unserem Probanden betrug die Differenz 5° . Damit wurde bereits die Frage 6 unserer Zielsetzungen beantwortet.

Da die Anforderung an unsere Studienteilnehmer die Überprüfung des Winkels mit der gängigen Lehrmethode war, wurden alle gemessenen Referenzwinkel der MediMouse® um 5° nach unten korrigiert. Dieser Wert wird nachfolgend als „wahrer Winkel“ bezeichnet.

Ergebnisse zur Hauptfragestellung (Frage 1a): **Wie genau können die Studienteilnehmer messen?** Besteht eine Abweichung zwischen den Werten der manuellen Winkelmessung und dem wahren Winkelwert?



Abb. 4: Vergleich beider Methoden

Besteht eine Abweichung zwischen den Werten der manuellen Winkelmessung und dem wahren Winkelwert?

Die Auswertung erfolgte mit dem t-Test für eine Stichprobe. Im Mittel ist der manuell gemessene Winkel um 9° (Standardabweichung $SA=5.1^\circ$) kleiner als der wahre Winkel. Diese Differenz weicht signifikant ($p < 0.001$) von Null ab. Ein 95%-Konfidenzintervall zur Differenz ist $[-9.9, -8.14]$. Die Standardabweichung der Differenzen zwischen manueller Messung und wahren Wert beträgt 5.1° (s. Abb. 5).

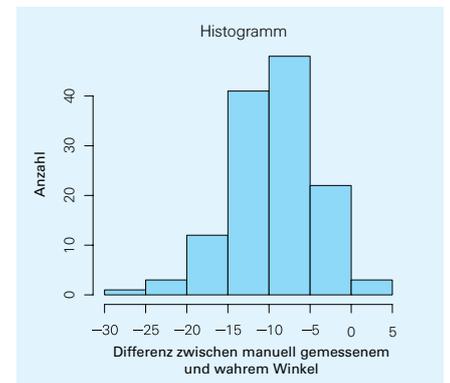


Abb. 5: Genauigkeit der Messungen

Das Histogramm zeigt, dass der Großteil aller Studienteilnehmer einen (teilweise viel) zu kleinen Wert ermittelt hat. Selten wurde der wahre bzw. ein größerer Winkel gemessen.

Frage 1b: **Wie genau können die Studienteilnehmer schätzen?**

Abweichungen zwischen den Werten der Schätzung und dem wahren Winkelwert wurden erneut mit einem t-Test untersucht. Im Mittel ist der geschätzte Winkel um 6.5° (SA = 10.1°) kleiner als der wahre Winkel. Ein 95%-Konfidenzintervall zur Differenz ist $[-8.25, -4.75]$. Damit liegen die geschätzten Winkel zwar näher am wahren Wert als die gemessenen ($p=0.01$), besitzen dagegen aber eine größere Streuung als die gemessenen (F-Test, $p < 0.0001$).

Frage 2: **Wie genau messen Schüler, Lehrer bzw. praktisch tätige Physiotherapeuten (Kursteilnehmer)?**

Hierzu wurde die Genauigkeit der Messungen in Abhängigkeit vom Status ermittelt.

- bei Schülern beträgt die mittlere Abweichung -8.8° (SA = 5.3°)
- bei Lehrern beträgt die mittlere Abweichung -7.7° (SA = 3.1°)
- bei Kursteilnehmern beträgt die mittlere Abweichung -11.5° (SA = 3.6°)

Der Vergleich der theoretischen Mittelwerte der drei Gruppen liefert nach dem Kruskal-Wallis-Test einen p-Wert von 0.049, der Vergleich der Varianzen mit dem Bartlett-Test einen p-Wert von 0.054. Wird mittels paarweiser Vergleiche nach denjenigen Gruppenpaaren gesucht, die sich in ihren theoretischen Mittelwerten unterscheiden, so können bei Lehrern und Schülern keine signifikant unterschiedliche Mittelwerte gefunden werden, bei den beiden anderen Paaren zeigen sich jedoch bei Verwendung des paarweisen t-Test mit Holm-Adjustierung knappe Signifikanzen. Hinsichtlich der Varianzen können keine paarweisen Unterschiede gezeigt werden. Zur Interpretation dieser Ergebnisse beachte man, dass die Anzahl der teilnehmenden Lehrer relativ klein ist ($n=9$).

Die Graphik der *Abb. 6* verdeutlicht, dass die empirische Streuung der von den Lehrern gemessene Winkel am geringsten und bei der Schülergruppe am größten ist. Diese Unter-

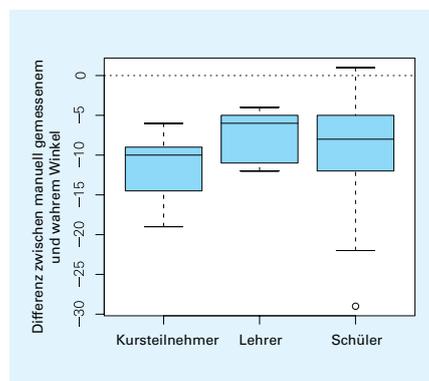


Abb. 6: Vergleich der Genauigkeit der manuellen Messung zwischen den einzelnen Gruppen der Studienteilnehmer

schiede sind jedoch nicht signifikant. Erfahrene Therapeuten (Kursteilnehmer) zeigen eine signifikant größere mittlere Abweichung vom zu messenden Wert als die beiden anderen Gruppen.

Wie genau schätzen Schüler, Lehrer bzw. praktisch tätige Physiotherapeuten (Kursteilnehmer)?

Hierzu wurde die Genauigkeit der Schätzungen in Abhängigkeit vom Status ermittelt.

- bei Schülern beträgt die mittlere Abweichung -6.5° (SA = 10.0°)
- bei Lehrern beträgt die mittlere Abweichung -13° (SA = 13.3°)
- bei Kursteilnehmern beträgt die mittlere Abweichung -2.5° (SA = 6.2°)

Erstaunlicherweise sind es jetzt die erfahrenen Therapeuten (Kursteilnehmer), die recht genau an den wahren Winkel herankommen. Lehrer scheinen deutlich besser zu messen, als zu schätzen. Messungen und Schätzungen differieren bei Schülern lediglich um durchschnittlich ca. 2° , wobei die Streuung auch hier sehr groß ist (*Abb. 7*). Diese Unterschiede sind jedoch nicht signifikant (paarweise Rangsummentests nach Wilcoxon mit Adjustierung nach Holm für multiples Testen).

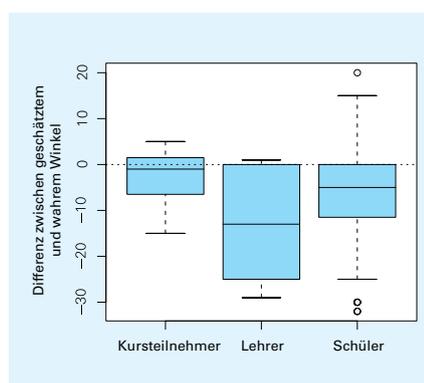


Abb. 7: Vergleich der Genauigkeit der manuellen Messung zwischen den einzelnen Gruppen der Studienteilnehmer

Frage 3: **Hat Unterricht in Winkelmessung und Ausbildungsdauer bei Schülern einen Einfluss auf die Genauigkeit von Schätzung bzw. Messung?**

Zunächst wurde die Genauigkeit der Messung zu den verschiedenen Semestern betrachtet und die Unterschiede zum wahren Winkelwert ermittelt (*Tab. 2, Abb. 8*).

Tab. 2: Messgenauigkeit in Abhängigkeit zur Ausbildungsdauer

Semester	Mittlere Abweichung
1. Semester	-10.3°
2. Semester	-8.3°
3. Semester	-6.3°
4. Semester	-10.1°
6. Semester	-8.4°

meter immer dann eine hohe Reliabilität, wenn nur ein Tester die Messungen vornimmt.

Neueste Messverfahren werden in Studien immer mit dem Standardgoniometer verglichen und gewinnen regelmäßig diesen Vergleich [infotronic.nl]. Jede Alternative und Variante allerdings ist auf eine geringere Anzahl von Möglichkeiten in der Anwendung reduziert und meist erheblich teurer in der Anschaffung. Für den täglichen Gebrauch, sicherlich in der Ausbildung, scheint der Standardgoniometer unverzichtbar.

Uns hat es interessiert, welche Faktoren einen Einfluss auf die Genauigkeit der Messtechnik bei Schülern der Physiotherapie haben. Die Ergebnisse lassen erkennen, dass es offensichtlich nicht ausreicht, gut zu unterrichten oder lang genug Schüler zu sein. Erst die praktischen Wiederholungen der Messungen lassen einen positiven Effekt erkennen.

Schätzungen scheinen nahezu so gut zu sein wie die Messungen mit dem Standardgoniometer. Dies bestärkt alle Therapeuten, die nach ihrem Examen den Gebrauch des Standardgoniometers auf ein Minimum reduziert haben. In der Literatur wurde die Zuverlässigkeit der Abschätzung von Winkelmaßen bereits mehrfach untersucht (Holm 2000, Kimberley 2001, Williams 1990) und ihr eine hohe Zuverlässigkeit bescheinigt.

Unsere Ergebnisse lassen natürlich keine Verallgemeinerung hinsichtlich der Wertigkeit von Winkelmessungen zu. Dies liegt daran, dass wir lediglich ein Gelenk an nur einem Probanden im Winkelgrad messen bzw. schätzen ließen. Allerdings wurde das Ellenbogengelenk gewählt, um eine genaue Reproduzierbarkeit der wahren Winkelwerte und eine Validierung der MediMouse® als objektive Messmethode zu gewährleisten. Bei anderen Gelenken mit einem größeren Weichteilmantel wäre diese Methode vermutlich weniger zuverlässig.

Weiterhin muss man kritisch festhalten, dass eine freiwillige Meldung zur Teilnahme an der Studie keine für das Gesamtkollektiv repräsentative Stichprobe darstellt. Man kann nur mutmaßen, dass wir in der Gruppe der Testpersonen die eher etwas sicheren und motivierteren Schüler hatten.

Abschließend sollten die Ergebnisse die Wertigkeit der Messmethode und der Schätzung anders beleuchten. Der Standardgoniometer ist sicher zur Dokumentation größerer Unterschiede von Winkelmaßen, z.B. vor und nach einer Serie von physiotherapeutischen Behandlungen, gut geeignet. Kleinere Unterschiede misst er nicht genau (Boone 1978, Bovens 1990).

In der Ausbildung wird das Schätzen von Winkeln nicht erlernt. Es gilt daher weiter zu untersuchen, welche Auswirkung ein methodisches Unterrichten im Winkelschätzen auf die Schätzgenauigkeit hat. Weiterhin sollte es ermutigen, das Trainieren der Messgenauigkeit mit einer hohen Anzahl von Wiederholungen zu verbinden.

Literatur

Die komplette Literaturliste ist bei der Kontaktadresse erhältlich.

1. Boone, D.: Reliability of goniometric measurements. *Phys Ther.*, Nov; **58** (11) (1978) 1355-1390.
2. Bovens, A.: Variability and reliability of joint measurements. *Am J Sports Med.*, Jan-Feb; **18** (1) (1990) 58-63.
3. Brosseau, L., Tousignant, M., Budd, J., Chartier, N., Duciaume, L., Plamondon, S., O'Sullivan, J.P., O'Donoghue, S., and Balmer S.: Intratester and intertester reliability and criterion validity of the parallelogram and universal goniometers for active knee flexion in healthy subjects. *Physiother. Res Int.*, **2** (3) (1997) 150-166.
4. Gajdosik, R. L. and Bohannon, R. W.: Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity. *Phys Ther.*, **67** (12) (1987) 1867-1872.
5. Grohmann, J. E.: Comparison of two methods of goniometry. *Phys Ther.*, **63** (6) (1983) 922-925.
6. Holm, I.: Reliability of goniometric measurements and visual estimates of hip ROM in patients with osteoarthritis. *Physiother Res Int.*, **5** (4) (2000) 241-248.
7. infotronic.nl. Infotronic GONIO Sensors. 2005.
8. Karagiannopoulos, C.: Reliability of 2 functional goniometric methods for measuring forearm pronation and supination active range of motion. *J Orthop Sports Phys Ther.*, Sep; **33** (9) (2003) 523-531.
9. Kimberley, H.: Reliability of five methods for assessing shoulder range of motion. *Australian Journal of Physiotherapy*, **47** (2001) 289-294.
10. Riddle, D.: Goniometric reliability in a clinical setting. Shoulder measurements. *Phys Ther.*, May; **67** (5) (1987) 668-673.
11. Roberson, L. and Giurintano, D. J.: Objective measures of joint stiffness. *J Hand Ther.*, **8**(2) (1995) 163-166.
12. Williams, J.: Comparison of visual estimation and goniometry in determination of a shoulder joint angle. *Physiotherapy*, **76** (1990) 655-657.
13. Produktbeschreibung der MediMouse® der Fa. iddiag AG, Chriesbaumstrasse 6, CH-8604 Volketswil; <http://www.iddiag.ch>
14. The R Foundation for Statistical Computing; Statistikpaket R; <http://www.r-project.org>
15. Rob de Bie, Jan Kool: „Wissenschaftliches Arbeiten“ in Beruf, Recht, wissenschaftliches Arbeiten; Thieme-Verlag

Unsere Studie ist nachzulesen unter <http://ag-wiss.vpt-akademie.de/>.

Anschrift der Verfasser

Bernhard Reichert
VPT Akademie – staatl. anerk. Massage-/
Physiotherapeuten-Schule e.V.
Staufertstraße 13
70736 Fellbach-Schmidlen
reichert@vpt-akademie.de