

Studie zum „echten aktiven Sitzen beim Arbeiten“ verbunden mit der Fragestellung:

Wie lange muss ein Mitarbeiter auf dem Bürostuhl „MovWing“ bewegt sitzen um mindestens die gleiche Bewegung des Beckens wie bei einem Spaziergang von einem Kilometer Länge zu erreichen?

Um diese Fragestellung zu beantworten wird in dieser Arbeit das Becken als maßgebendes Bewegungselement des menschlichen Körpers zugrunde gelegt. Dies deshalb, da die Bewegung des Beckens sowohl das Rückgrat als auch die Beine stützt und lagert und somit die Verbindungselemente (Gelenke, Bandscheiben...) bei einer Bewegung des Beckens relativ zueinander verschwenkt.

Beim Sitzen ruht nun das Becken mit dem Sitzbein und den Oberschenkeln auf der Stuhl Sitzfläche. Daher übernimmt das Becken die Bewegungen der Stuhlsitzfläche und bewegt sich synchron mit dieser mit.

Es ist nur in einem sehr begrenzten Maß möglich das Becken z.B. durch das Umlagern des Körpergewichts auf einem „starren“ Stuhl entgegen der Stuhlfläche zu bewegen.

Um nun eine wissenschaftlich basierte Basis den Messungen zugrunde zu legen wurde der Artikel „*Ganganalyse beim Gehen und Laufen*“ des Instituts für Biomechanik, ETH Zürich bzw. der Schulthess Klinik Zürich zugrunde gelegt um hierbei zunächst einen Vergleichswert zu erreichen. Dieser Artikel stammt von renommierten Instituten und wurde von uns als fundierter Wissensstand übernommen.

In diesem Fachartikel wurden unter anderem die Bewegungen der unteren Extremitäten beim Gehen bzw. beim Laufen aufgezeigt.

In diesem Artikel wird beschrieben, dass für das Sitzen besonders die Bewegung des Beckens von Bedeutung ist. Da nun das Becken, wie bereits erwähnt, sozusagen mit der Sitzfläche ortsfest „verbunden“ ist, wird die Bewegung des Beckens direkt von der Sitz- Mechanik beeinflusst. Dies geschieht optimaler Weise nicht durch eine Gewichtsverlagerung des Menschen– bei einer Gewichtsverlagerung würde sich auch der Oberkörper und mit ihm der Kopf bewegen – sondern wird durch die durch die

Bauchmuskeln erreicht. Die Bauchmuskeln können durch den oben liegenden Drehpunkt des MovWing das Becken vor und zurück bzw. seitlich Links - rechts verschieben. Des Weiteren können dieses aber auch ein Drehen des Beckens um die Hochachse indizieren. So kann sich das Becken und mit ihm die unteren Extremitäten bewegen ohne dass der Oberkörper und mit ihm der Kopf eine wesentliche Lageänderung erfährt.

So konnte durch direktes Messen der Bewegung der Stuhlsitzfläche mittels eines 9 Achs Sensors der Fa. Witmotion welcher mit der Sitzfläche starr verschraubt wurde die Bewegung der Sitzfläche exakt aufgezeichnet werden.



Bild 1: Anordnung des 9 Achs Sensors am Stuhl

In dieser Studie soll daher mittels Messreihen ermittelt werden, wie lange man auf dem neuartigen MovWing sitzen muss, um eine Bewegung des Beckens analog eines Fußmarsches von einem Kilometer zu erreichen.

Hierzu wurden zum einen die Messergebnisse aus Abbildung 5 des Artikels und zum anderen Normwerte der Zeit/Distanzparameter des Artikels Tabelle 2 zugrunde gelegt welche beide im **Bild 2** ersichtlich sind.

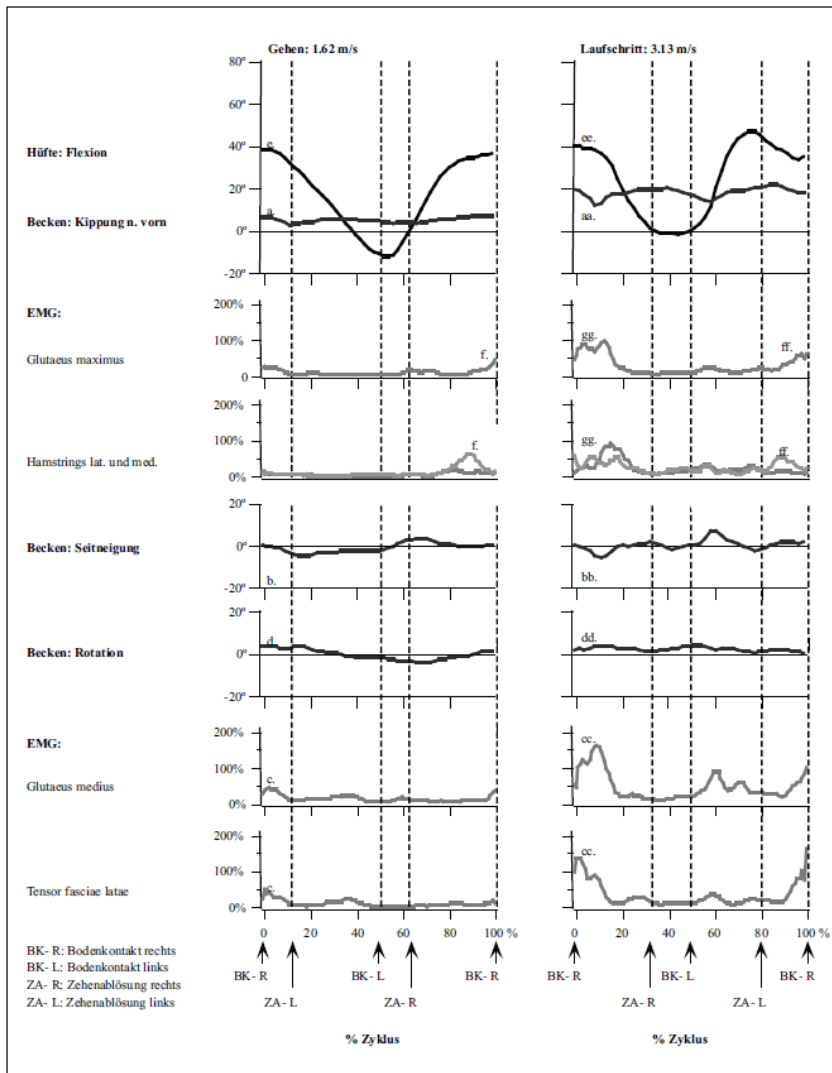


Abbildung 5: Bewegungskurven von Hüfte und Becken einer gesunden Versuchsperson über einen Gangzyklus beim ebenen Gehen und im Laufschrift. Muskelaktivitäten normalisiert zu einem maximalen isometrischen Muskeltest (Markierungen a. bis gg. s. Text).

Freie Gang-Geschwindigkeit: (engl. Gait velocity)	[m/sec]	1.20–1.50
Distanz Gangzyklus (Rechter + Linker Schritt = Doppelschritt): (engl. Stride)	[m]	1.30–1.50
Schrittlänge: (engl. Step)	[m]	0.65–0.75
Schritt-Kadenz: (engl. Cadence)	[1/min]	105–130

Tabelle 2: Normwerte der Zeit-/Distanzparameter

Bild 2: Auszüge der Veröffentlichung „Ganganalyse beim Gehen und Laufen“ des Instituts für Biomechanik, ETH Zürich

In Bild 2 ist für unsere Betrachtung die Kippbewegung des Beckens nach vorne, die seitliche Bewegung des Beckens sowie die Rotation des Beckens von besonderer Bedeutung. Daher wurden diese Details im Bild 2 vergrößert dargestellt und die Maxima herausgestellt.

Die über Elektromyographie (EMG) Messung ermittelten Muskelbewegungen sind für diese Arbeit nicht von Bedeutung.

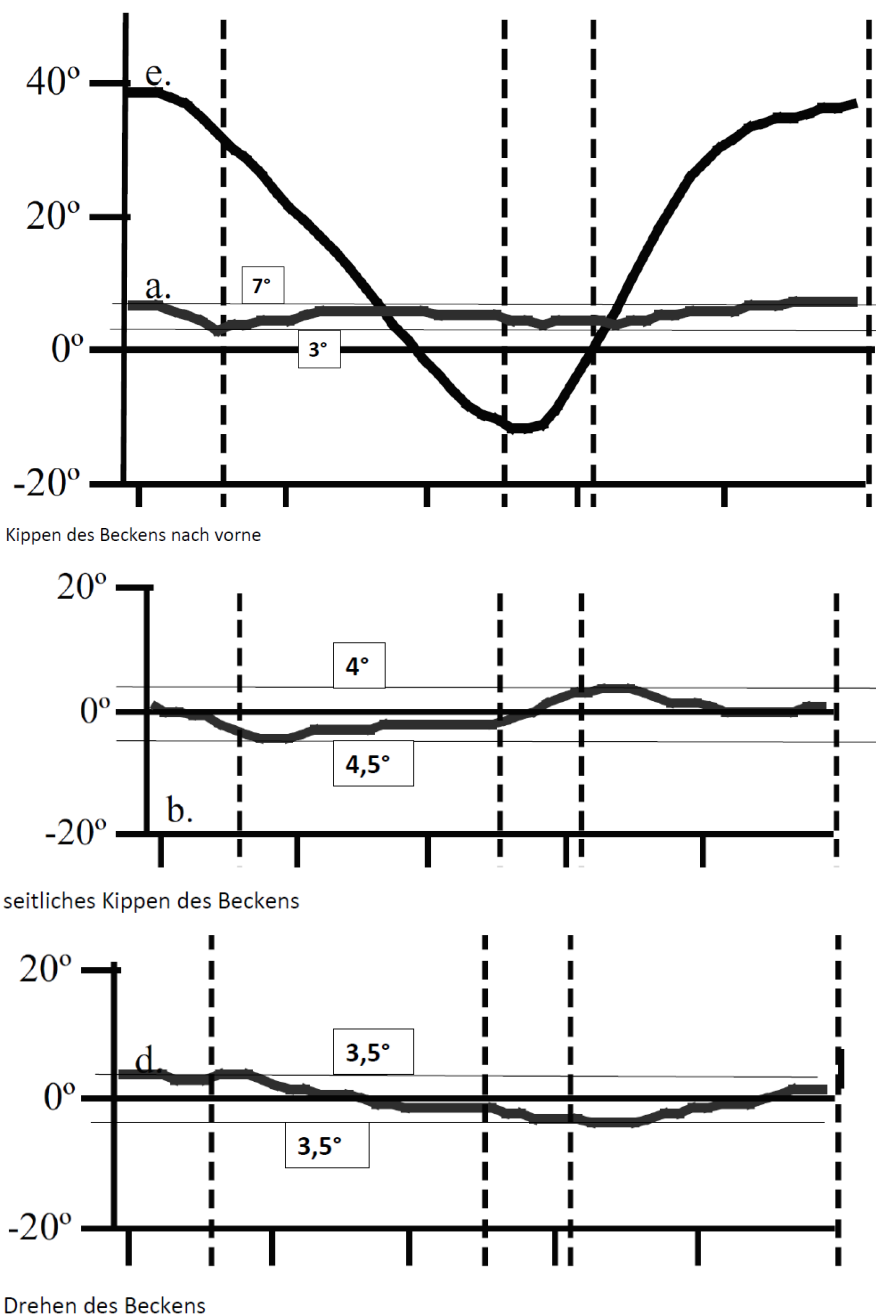


Bild 3: Auszug aus **Bild 1** vergrößert und um die Maxima ergänzt vom Artikel „Ganganalyse beim Gehen und Laufen“

Daraus wurden folgende Ableitungen getroffen:

Die Schrittlänge wurde mit 70cm gemittelt umso eine durchschnittliche Schrittmenge von 1400 Schritten/km zu errechnen.

Wenn man nun diese Schrittlänge mit den drei orthogonalen Winkelbewegungen der Rotationsachsen des Beckens multipliziert, erhält man:

- Kippen des Beckens nach vorne ca. $4^\circ/\text{Schritt} * 1400\text{Schritten}/\text{km} = \underline{5600^\circ/\text{km}}$ bewegt sich das Becken in Summe
- Seitliches Kippen des Beckens ca. $4^\circ/\text{Schritt} * 1400\text{Schritten}/\text{km} = \underline{5600^\circ/\text{km}}$ bewegt sich das Becken in Summe
- Drehen des Beckens ca. $3,5^\circ/\text{Schritt} * 1400\text{Schritten}/\text{km} = \underline{4900^\circ/\text{km}}$ bewegt sich das Becken in Summe

Somit kann man durch direktes Messen der Sitzfläche während vorgegebener Zeitzyklen die Bewegung in den drei rotatorischen Achsen messen und die Gesamt (Winkel) Bewegung in den orthogonalen Achsen errechnen.

Nun kann man im direkten Vergleich ermitteln, wie lange man auf dem MovWing sitzen muss um im äquivalent der Beckenbewegung einen Kilometer Fußmarsch zu erreichen.

Dies ist deshalb von Bedeutung, da sich, wie in der Einleitung erwähnt, durch die Beckenbewegung Knie- und Hüftgelenk als auch die Wirbelsäule relativ zum Becken bewegen. So werden zum einen Hüft- und Kniegelenk als auch die Bandscheiben mit Schmier- und Nährstoffen versorgt. Auch wird durch die Bewegung des Beckens die Muskulatur der Wirbelsäule angeregt.

Diese Muskulatur besteht nun aus der inneren und der oberflächlichen Rückenmuskulatur. Die innere Rückenmuskulatur hat unter anderem die Aufgabe die Rückenwirbel während der Bewegung immer optimal zum Kraftfluss auszurichten. Nur so kann die Wirbelsäule die Kräfte, welche durch die Schwerkraft, durch Beschleunigungskräfte und nicht zuletzt durch die Rumpfmuskulatur entstehen aufnehmen und in das Becken ableiten. Da diese Muskulatur ähnlich dem Herzmuskel durch den Menschen nicht bewusst beeinflussbar ist, wird eben durch die der natürlichen Gehbewegung angenäherten Sitzflächenbewegung des MovWing diese Muskulatur, ohne dabei die Wirbelkörper in unnatürliche Bewegungen zu zwingen, stimuliert und trainiert Da für die Bewegungen der Sitzfläche des MovWing auch Bewegungen der oberflächlichen Rückenmuskulatur benötigt werden, werden auch diese angesteuert und aktiv bewegt. Quelle: ①

Um nun möglichst praxisnah zu ermitteln, welche Bewegungen und welche Bewegungsfrequenzen auf dem MovWing erreicht werden wurde die Bewegung der Stuhlsitzfläche an einem Computerarbeitsplatz in unterschiedlicher Messdauer mit zwei Probanden aufgezeichnet. Hierbei wurden die Probanden zum einen mit einer für den Aspiranten üblichen PC-Arbeit und zum anderen mit einem Computerspiel beschäftigt. Die Messung sollte die Effekte möglichst so zeigen, wie diese tatsächlich bei täglicher Arbeit (oder Spiel) auftreten.

In den Bildern 7-7 zeigen wir nun exemplarisch ein Messergebnis für seitliches- und ein Messergebnis für Vor- Zurückschwenken des Beckens in einem Messzeitraum von 15min. Wobei die Bilder 4 und 5 einen Ausschnitt mit einer Dauer von 10 sec. Zeigen. Durch diese Streckung des Zeitstrahls kann man sehr gut erkennen, dass der Aspirant mit einer Frequenz von etwas mehr als einer Bewegung per sec. sein Becken bewegt.

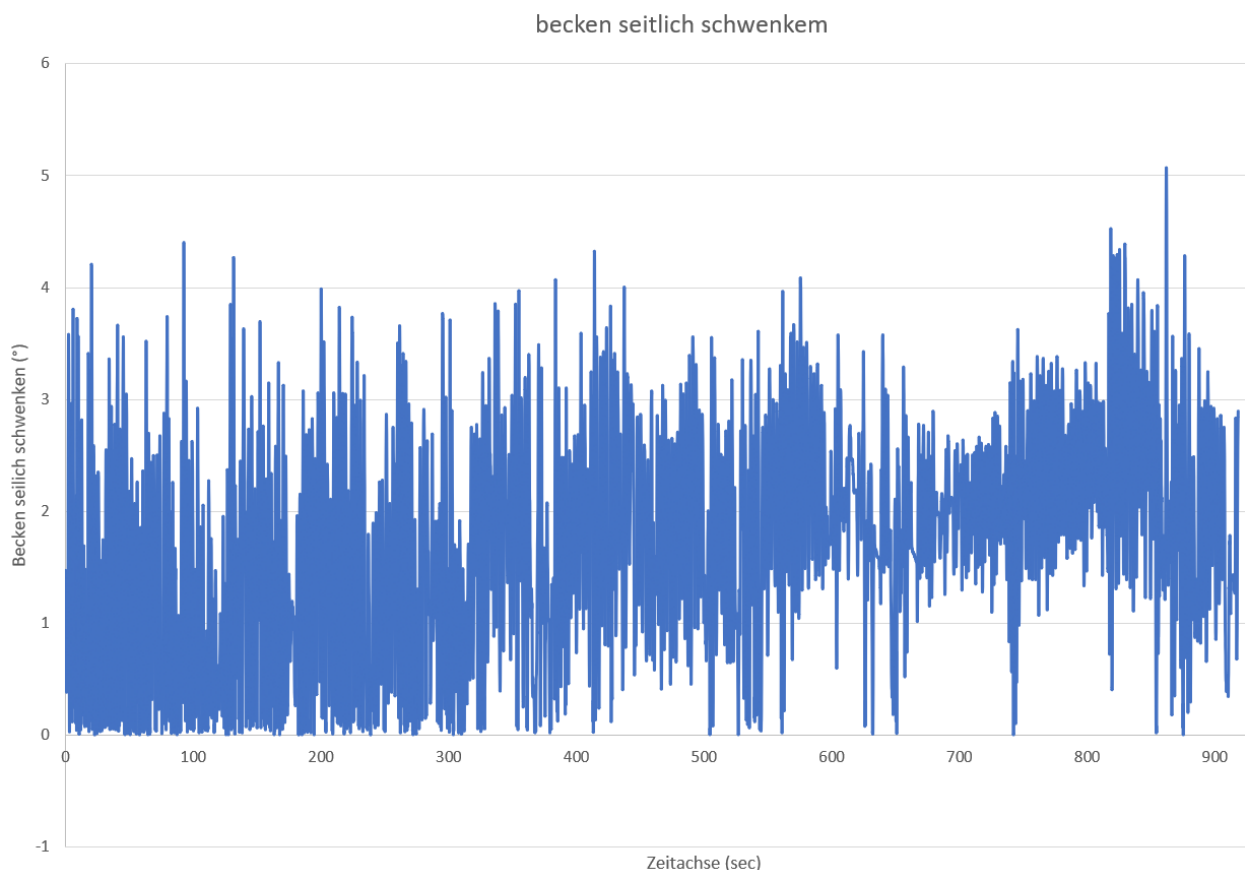


Bild 4: Messwerte „ seitliches Schwenken“ am MovWing gemessen

Ausschnitt und vergrößerte dargestellte Bewegungskurve der gemessenen Daten „ seitliches Schwenken“ während dem sitzenden Arbeitsalltag auf dem „MovWing“.

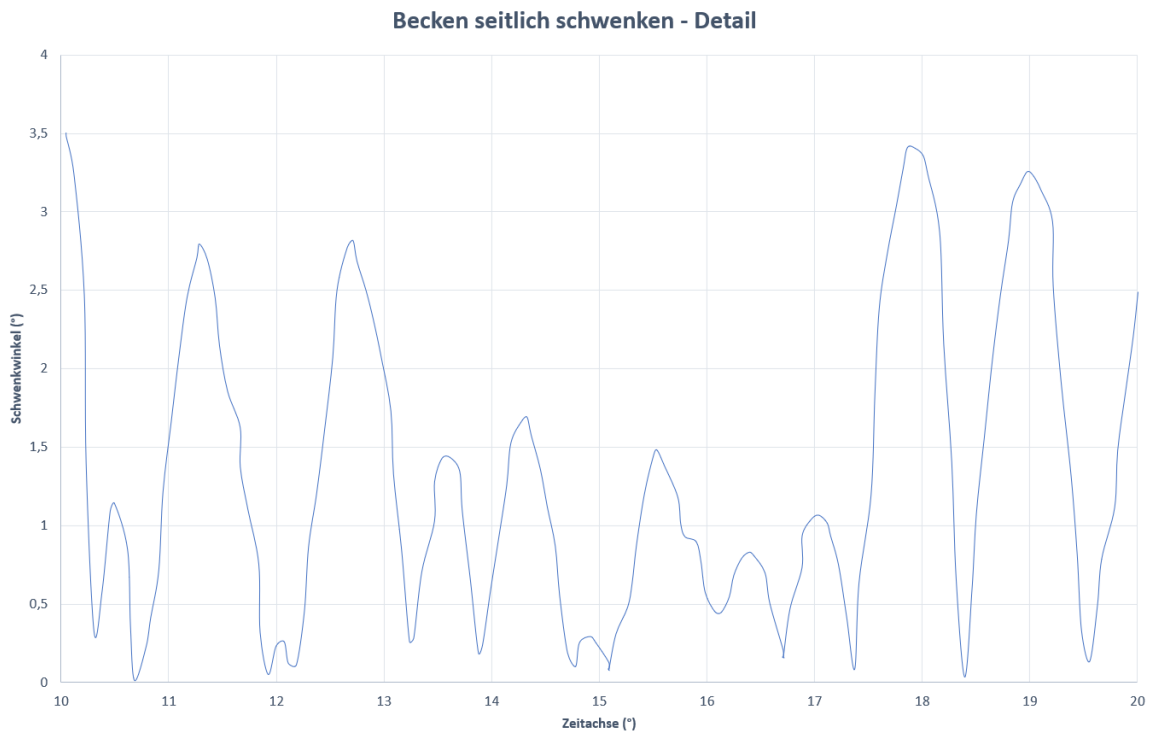


Bild 5: Vergrößerte Messwerte „ seitliches Schwenken“

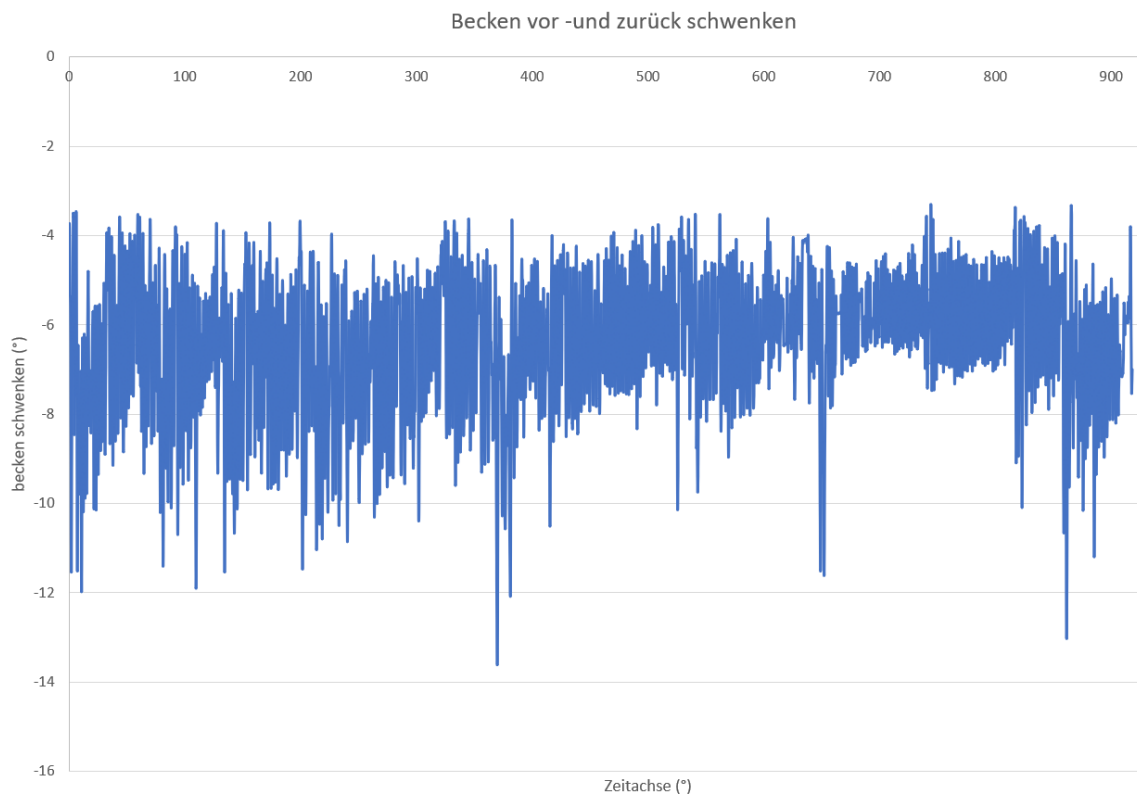


Bild 6: Messwerte „ vor- und zurückschwenken“ am MovWing gemessen

Ausschnitt und vergrößerte dargestellte Bewegungskurve der gemessenen Daten „ vor- und zurückchwenken“ während dem sitzenden Arbeitsalltag auf dem „MovWing“.

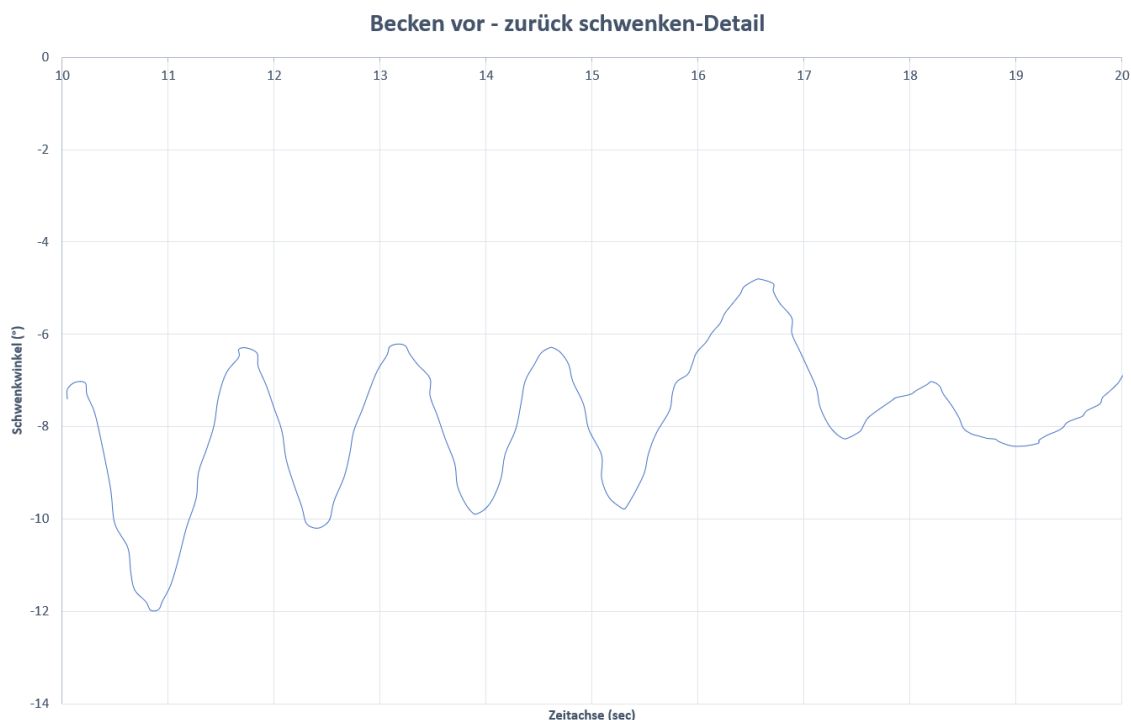


Bild 7: Vergrößerte Messwerte „ vor- und zurückschwenken“

Um nun einen fundierten Vergleichswert der Beckenbewegung beim Gehen versus beim Sitzen auf dem MovWing zu erhalten wurden die Messdaten in Excel aufgezeichnet.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	StartTime: 2021-12-02 08:26:05.292																
2	address	Time(s)	ChipTime	ax(g)	ay(g)	az(g)	wx(deg/s)	wy(deg/s)	wz(deg/s)	AngleX(deg)	AngleY(deg)	AngleZ(deg)	T(°)	hx	hy	hz	
3	0x50	08:26:05.292	2018-01-02 1	0,0605	-0,0049	-0,9961	0,1831	0,061	0	-179,7418	-3,3618	77,2559	20,63	-11	-425	2522	
4	0x50	08:26:05.368	2018-01-02 1	0,0654	-0,0063	-0,9976	0,1221	0,3052	0,1831	-179,7308	-3,3783	77,2504	20,61	-11	-425	2521	
5	0x50	08:26:05.456	2018-01-02 1	0,0679	-0,0083	-0,9961	0,3662	1,0986	0,4883	-179,7089	-3,4387	77,2284	20,57	-11	-426	2520	
6	0x50	08:26:05.479	2018-01-02 1	0,0723	-0,0068	-0,9976	0,7324	2,0142	0,4272	-179,6594	-3,5706	77,2009	20,61	-11	-425	2521	
7	0x50	08:26:05.555	2018-01-02 1	0,0791	-0,0024	-0,999	0,2441	3,1128	0,6104	-179,632	-3,7573	77,168	20,62	-11	-424	2521	
8	0x50	08:26:05.636	2018-01-02 1	0,0874	-0,0068	-0,9966	0,1831	4,6387	0,6104	-179,621	-4,0375	77,124	20,59	-12	-423	2520	
9	0x50	08:26:05.706	2018-01-02 1	0,0942	-0,0078	-0,998	0,4272	6,6528	0,3052	-179,5935	-4,444	77,0966	20,61	-11	-422	2520	
10	0x50	08:26:05.743	2018-01-02 1	0,1001	-0,0093	-0,998	0,6714	8,5449	0,1831	-179,5551	-4,9823	77,0746	20,62	-11	-420	2517	
11	0x50	08:26:05.860	2018-01-02 1	0,1016	-0,0127	-0,9917	1,0986	9,6436	0,061	-179,4891	-5,6195	77,0691	20,59	-10	-416	2519	
12	0x50	08:26:05.893	2018-01-02 1	0,1128	-0,0132	-0,9927	1,2817	9,6436	0,1831	-179,4012	-6,2457	77,0526	20,62	-8	-413	2514	
13	0x50	08:26:05.969	2018-01-02 1	0,1177	-0,0244	-0,9878	2,1973	10,1929	0,2441	-179,2749	-6,9049	77,0306	20,59	-6	-410	2508	
14	0x50	08:26:06.034	2018-01-02 1	0,1123	-0,0391	-0,9805	4,7607	9,2773	0,7324	-178,9838	-7,5146	76,9867	20,63	-4	-407	2506	
15	0x50	08:26:06.082	2018-01-02 1	0,1079	-0,0352	-0,9795	6,7139	6,0425	1,3428	-178,5388	-7,9211	76,8933	20,62	-3	-402	2504	
16	0x50	08:26:06.157	2018-01-02 1	0,1089	-0,0405	-0,9814	8,9111	1,2817	1,77	-177,984	-8,0914	76,7725	20,62	-1	-398	2504	
17	0x50	08:26:06.194	2018-01-02 1	0,0957	-0,0381	-0,9785	8,4839	-4,3945	1,0986	-177,4017	-7,9266	76,6846	20,62	0	-393	2506	
18	0x50	08:26:06.271	2018-01-02 1	0,1167	-0,0264	-0,9927	6,4697	-8,5449	1,5259	-176,9348	-7,4158	76,6187	20,65	-1	-388	2510	
19	0x50	08:26:06.345	2018-01-02 1	0,123	-0,02	-1,0005	1,6479	-11,1694	0,7935	-176,7865	-6,7236	76,5802	20,65	-3	-386	2518	
20	0x50	08:26:06.437	2018-01-02 1	0,1216	-0,0342	-0,9976	-1,77	-9,6436	-0,8545	-176,8689	-6,0919	76,6296	20,6	-7	-385	2529	
21	0x50	08:26:06.457	2018-01-02 1	0,0972	-0,0146	-1,0059	-5,127	-10,1318	-1,2817	-177,149	-5,4767	76,734	20,61	-11	-389	2533	
22	0x50	08:26:06.533	2018-01-02 1	0,1177	-0,0254	-1,002	-7,7515	-7,5684	-1,709	-177,6599	-4,9384	76,8494	20,63	-13	-394	2539	
23	0x50	08:26:06.608	2018-01-02 1	0,1074	-0,0317	-1,001	-8,1787	-3,418	-2,3804	-178,1982	-4,6967	76,9977	20,65	-16	-398	2540	
24	0x50	08:26:06.668	2018-01-02 1	0,1162	-0,0156	-1,0015	-9,8877	0	-1,2817	-178,8245	-4,6307	77,1295	20,62	-15	-404	2538	
25	0x50	08:26:06.720	2018-01-02 1	0,124	-0,0176	-0,999	-10,0708	4,6387	-1,0986	-179,4836	-4,8505	77,1954	20,62	-14	-409	2533	
26	0x50	08:26:06.837	2018-01-02 1	0,1138	-0,0435	-0,9844	-7,4463	7,4463	-1,2817	179,9835	-5,3284	77,2723	20,61	-11	-413	2526	

Bild 8: Rohdaten aus der Messung

Aus diesen Rohdaten wurden die Winkeldifferenzen während der Bewegung errechnet und aufsummiert:

178,6871		0,0769	0,6097	0,0275
178,6102		0,0714	0,5823	0,0219
178,5388		0,0659	0,5658	0,0275
178,4729		0,0659	0,5383	0,0275
178,407		0,0659	0,5219	0,0274
178,3411		0,0605	0,4999	0,0275
178,2806		0,0604	0,4834	0,0275
178,2202		0,0549	0,4614	0,0274
178,1653		0,0604	0,4449	0,0275
178,1049	Franz Ehrenleitner, Messzeit 1/2 Stunde 21.11.01,9:30-10:00	0,0495	0,4285	0,0275
178,0554		0,0549	0,4175	0,0274
178,0005		0,0495	0,3955	0,033
177,951		0,0494	0,379	0,0274
177,9016		0,0494	0,3681	0,0275
		seitliches Kippen	Kippen nach vorne	Drehen des Beckens
	wieviele Stunden muss man sitzen um 1km zu gehen	1,1	0,9	2,5
	ein Kilometer Weg entsprechen ca.1400 Schritte, Schrittweite ca. 0,7m			
	Winkelbewegungen	5600	5600	4900
5		0,055	0,0934	0,011
4	Franz Ehrenleitner, Messzeit 1/4 Stunde 21.11.01,11:15-11:30	0,0549	0,0659	0
9		1876,321	2625,5358	426,421
		seitliches Kippen	Kippen nach vorne	Drehen des Beckens
	wieviele Stunden muss man sitzen um 1km zu gehen	0,7	0,5	2,9
	ein Kilometer Weg entsprechen ca.1400 Schritte, Schrittweite ca. 0,7m			
	Winkelbewegungen	5600	5600	4900
15		0,1758	0,0165	0,011
73	Franz Ehrenleitner, Messzeit 1/2 Stunde 21.11.01,14:15-14:45	2644,2953	3739,225	1473,0165
		seitliches Kippen	Kippen nach vorne	Drehen des Beckens
		wieviele Stunden muss man sitzen um 1km zu gehen	1,1	0,7
	ein Kilometer Weg entsprechen ca.1400 Schritte, Schrittweite ca. 0,7m			
	Winkelbewegungen	5600	5600	4900
65		0,0384	0,3021	0,0329
49	Franz Ehrenleitner, Messzeit eine Stunde 21.11.02,8:30-9:30	5613,7523	7231,0966	1879,9756
		seitliches Kippen	Kippen nach vorne	Drehen des Beckens
		wieviele Stunden muss man sitzen um 1km zu gehen	1,0	0,8
	ein Kilometer Weg entsprechen ca.1400 Schritte, Schrittweite ca. 0,7m			
	Winkelbewegungen	5600	5600	4900
17		0,2774	0,2100	0,2000
19	Ursula Ehrenleitner, Messzeit eine Stunde 21.11.03,12:30-13:30	2381,9522	1153,9822	2270,4643
		seitliches Kippen	Kippen nach vorne	Drehen des Beckens
		wieviele Stunden muss man sitzen um 1km zu gehen	2,4	4,9
	ein Kilometer Weg entsprechen ca.1400 Schritte, Schrittweite ca. 0,7m			
	Winkelbewegungen	5600	5600	4900

Bild 9: Auswertung der Messaufnahmen mittels Beschleunigung/ Winkelsensor der Fa. Witmotion

Wenn man nun die auf einen Kilometer aufsummierten Messwerte der TU Zürich zugrunde legt:

- Kippen des Beckens nach vorne ca. $4^\circ/\text{Schritt} * 1400\text{Schritten}/\text{km} = \underline{5600^\circ/\text{km}}$ bewegt sich das Becken in Summe
- Seitliches Kippen des Beckens ca. $4^\circ/\text{Schritt} * 1400\text{Schritten}/\text{km} = \underline{5600^\circ/\text{km}}$ bewegt sich das Becken in Summe
- Drehen des Beckens ca. $3,5^\circ/\text{Schritt} * 1400\text{Schritten}/\text{km} = \underline{4900^\circ/\text{km}}$ bewegt sich das Becken in Summe

Wenn man nun diesen Wert ins Verhältnis mit der orthogonal aufsummierten Schwenkbewegung der Sitzfläche stellt kann man feststellen, wie lange man auf dem MovWing sitzen muss, um die gleiche Bewegung zu erreichen, welchen der Durchschnitt bei einem Fußmarsch von einem Kilometer erreicht.

So kann man errechnen, dass es ca. 0,3-4,9h (abhängig von der Person und der Tagesverfassung) sitzend am MovWing dauert, um mindestens dieselbe Winkelbewegung des Beckens als bei einem ein Kilometer langen Fußmarsch zu erreicht.