

**EVALUATION DER AUSWEICHBEWEGUNGEN BEI DER
DURCHFÜHRUNG VON BEWEGUNGSKONTROLLTESTS DES
NACKENS MIT EINER KINECT V2**

EIN ENTWICKLUNGSPROJEKT

ALESSANDRA FURRER

Studentin FH – Studiengang Physiotherapie

MELANIE THELER

Studentin FH – Studiengang Physiotherapie

Unter Betreuung von : ROGER HILFIKER

BACHELORTHESIS

Eingereicht in Leukerbad (VS-CH) den 07. Juni 2019

Zur Erlangung des Grades eines

Bachelor of Sciences HES-SO in Physiotherapy

Zusammenfassung

Einleitung:

Nackenschmerzen sind ein häufig auftretendes Krankheitsbild in unserer Gesellschaft. Sie sind oft mit einer Beeinträchtigung der Bewegungskontrolle bei aktiven Bewegungen verbunden. Aus diesem Grund stellt die Beurteilung der Bewegungskontrolle in der Physiotherapie eine grundlegende Rolle bei der Beurteilung von Nackenschmerzen dar. Die Beurteilung der Bewegungskontrolltests erfolgt in der Physiotherapie hauptsächlich durch visuelle Observation. Kinect stellt ein gutes Gerät zur Prüfung des Nackens dar. Das Ziel unseres Entwicklungsprojektes war es, herauszufinden, ob die "Kinect version two" (Kinect v2) die verschiedenen Ausweichbewegungen bei der Durchführung von drei Bewegungskontrolltests des Nackens erkennt.

Methode:

Das Entwicklungsprojekt wurde in sechs Schritten durchgeführt. 1. Literatursuche, 2. Diskussion mit Experten, 3. Bestimmung der Kriterien, 4. Selbstversuch Kinect, 5. Datenanalyse, 6. Videoaufnahme.

Resultate:

Wir bewerteten zu drei Bewegungskontrolltests die jeweiligen Ausweichbewegungen in drei verschiedenen Bewegungsausmassen. Bei der ersten Bewegung (ohne Ausweichbewegung) ergab die Analyse, dass acht von 14 Messungen das gleiche Resultat bei der Kinectdaten- und Videoanalyse aufwiesen. Bei der dritten Bewegung (mit Ausweichbewegung) wiesen sieben von 14 Messungen das gleiche Resultat bei der Kinectdaten- und Videoanalyse auf.

Diskussion/Schlussfolgerung:

Unser Entwicklungsprojekt zeigt auf, dass die Kinect die verschiedenen Ausweichbewegungen bei der Durchführung der Bewegungskontrolltests des Nackens teilweise erkennt. Die Kinect benötigt weitere Entwicklungen (zum Beispiel Kinect v4), damit sie zur Beurteilung von Bewegungskontrolltests in der Physiotherapie eingesetzt werden kann. Die Erfahrungen in unserem Entwicklungsprojekt legen dar, dass Kinect grosses Potenzial aufweist, in die Physiotherapie aufgenommen zu werden.

Schlüsselwörter:

Kinect v2 - Ausweichbewegung - Bewegungskontrolltest - Brekel pro Body v2 - Nackenschmerzen

Résumé

Introduction :

Les douleurs au niveau de la région cervicale sont fréquentes dans notre société. Elles sont souvent associées à une diminution du contrôle moteur lors des mouvements actifs. Pour cette raison, l'évaluation du contrôle moteur joue un rôle fondamental dans le bilan des cervicalgies. Cette évaluation se déroule sous forme d'observation visuelle. Kinect est un bon outil d'évaluation de la nuque. Le but de notre projet de développement est de découvrir, si le Kinect v2 détecte les différents mouvements de compensation lors des tests de contrôle moteur cervicale.

Méthode :

Notre projet de développement a été organisé en six étapes. 1. Recherche littérature, 2. Discussion avec des experts, 3. Détermination des critères, 4. Expérience personnelle de Kinect, 5. Analyse des données, 6. Réalisation des vidéos.

Résultat :

Nous évaluons trois tests de contrôle moteurs dans trois amplitudes de mouvements différentes. Lors du premier mouvement (sans mouvements de compensation), l'analyse amène à ce que huit mesures sur 14 ont montré les résultats similaires lors de l'analyse des données de Kinect et de l'analyse vidéo. Lors du troisième mouvement (avec mouvement de compensation), il apparut que sept des 14 ont montré les mêmes résultats lors de l'analyse des données de Kinect et de l'analyse vidéo.

Discussion/Conclusion :

Notre projet de développement montre que le Kinect reconnaît en partie les différents mouvements de compensation lors des tests du contrôle moteurs de la région cervicale. Kinect a besoin d'un développement supplémentaire (par exemple Kinect v4) pour être utilisé pour évaluer les tests de contrôle moteur en physiothérapie. Les expériences dans notre projet de développement ont montré que l'appareil Kinect possède un grand potentiel d'utilisation en physiothérapie.

Mots clés :

Kinect v2 - mouvement de compensation - test de contrôle moteur - Brekel pro Body v2
- Douleurs de la région cervicale

Abstract

Introduction:

Neck pain is a common disease in our society. They can lead to an impairment of movement control. For this reason, the assessment of movement control for physiotherapy plays a basic role in patients with neck pain. The evaluation of movement control tests in physiotherapy takes place mainly by visual observation.

Kinect is a good device for the evaluation of the neck. The aim of our development project is to find out whether the Kinect v2 detects the different compensatory movements when performing motion control tests of the neck.

Method:

We have carried out our development project in six steps. 1. literature search, 2. discussion with experts, 3. determination of criteria, 4. self-test Kinect, 5. data analysis, 6. video recording.

Results:

In three movement control test we have evaluated the compensatory movement in three different motion dimensions. For the first movement (without compensatory movement), the analysis showed that eight out of 14 measurements had the same result for the data analysis of Kinect as well as the video analysis. For the third movement (with compensatory movement), the analysis showed that seven out of 14 measurements had the same result for the data analysis of Kinect as well for the video analysis.

Discussion/Conclusion:

Our development project has shown that the Kinect partially detects the different compensatory movements when performing the neck motion control tests. The Kinect needs additional development (for example Kinect v4) to be used to evaluate movement control tests in physiotherapy. The experience gained in our development project reveals that Kinect has great potential for admission in physiotherapy.

Keywords:

Kinect v2 – compensatory movement - movement control test – Brekel pro Body v2 – neck pain

Abkürzungsverzeichnis

ASTE:	Ausgangsstellung
AWB:	Ausweichbewegung
BWS:	Brustwirbelsäule
C:	Cervical
CSV:	Comma-separated values
EOR:	End of Range
ESTE:	Endstellung
HWS	Halswirbelsäule
ICC:	Intraclass correlation coefficient
IR:	Infrarot
Kinect v2:	Kinect version two
M.:	Musculus
m:	Meter
Px:	Pixel
RGB:	Rot Grün Blau
ROM:	Range of motion
SD:	Standard Deviation
SDC:	Smallest detectable change
SDK:	Software Development Kit
SEM:	Standard error of measurement
SIPS:	Spina iliaca posterior superior
Th:	Thorakal

Eigenständigkeitserklärung

Die Verantwortung für den Inhalt, die Argumentationen und die Schlussfolgerung dieser Arbeit liegt ausschliesslich bei den Autoren und in keinem Fall bei der Fachhochschule für Gesundheit Wallis, der Jury oder dem Betreuer der Bachelorarbeit.

Wir bezeugen, die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen benutzt zu haben.

Leukerbad, den 7. Juni 2019

Alessandra Furrer

Melanie Theler

Danksagungen

Wir bedanken uns recht herzlich bei unserem Betreuer Hilfiger Roger, der uns während unserer Arbeit jederzeit für Fragen zur Verfügung stand und uns tatkräftig unterstützte.

Ausserdem gilt unser Dank auch unserer Expertin, die zu unseren Fragen immer eine Lösung fand.

Ein grosses Dankeschön richten wir an unsere Lektoren¹, die uns bei den Korrekturen und der Redigierung der Arbeit behilflich waren.

¹In dieser Arbeit wird aus Gründen der besseren Lesbarkeit das generische Maskulinum verwendet. Weibliche und anderweitige Geschlechteridentitäten werden dabei ausdrücklich mitgemeint, soweit es für die Aussage erforderlich ist.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Nackenschmerzen	1
1.1.1. Prävalenz	1
1.1.2. Ursachen	1
1.1.3. Klassifikation	2
1.1.4. Behandlung von Nackenschmerzen	2
1.2. Sensomotorisches System	3
1.2.1. Propriozeption	3
1.2.2. Bewegungskontrolle	4
1.3. Messmethoden	4
1.3.1. Microsoft Kinect	4
1.3.2. Videoberechnung Kinovea	6
1.4. Persönliche Erfahrungen	6
1.5. Problematik	7
1.6. Bezug zur Literatur	7
1.7. Ziel unserer Arbeit	8
1.8. Forschungsfrage	8
1.9. Hypothesen	8
2. Methode	8
2.1. Literatursuche	9
2.2. Diskussion mit Experten	10
2.3. Aufstellung der Kriterien	11
2.3.1. Auswahl Bewegungskontrolltest	11
2.3.2. Beschreibung der Bewegungskontrolltests	11
2.3.3. Bestimmung der positiven Resultate einer Ausweichbewegung	12
2.4. Selbstversuch Kinect v2 und Datenanalyse	12
2.4.1. Software Development Kit	12
2.4.2. Brekel pro Body v2	13

2.4.3.	Definition der Variable	13
2.4.4.	Vergleich Kinect v2 mit Kinovea	14
2.4.5.	Durchführung der Bewegungskontrolltests	16
3.	Resultat	18
3.1.	Literatursuche	18
3.2.	Diskussion mit Experten.....	19
3.3.	Aufstellung der Kriterien	20
3.3.1.	Auswahl Bewegungskontrolltests.....	20
3.3.2.	Beschreibung der Bewegungskontrolltests	20
3.3.3.	Bestimmung der positiven Resultate einer Ausweichbewegung	21
3.4.	Selbstversuch Kinect v2 und Datenanalyse	22
3.4.1.	Software Development Kid	22
3.4.2.	Brekel pro Body v2.....	22
3.4.3.	Definition der Variabel	23
3.4.4.	Vergleich Kinect v2 mit Kinovea	24
3.4.5.	Durchführung von Bewegungskontrolltests	25
4.	Diskussion	29
4.1.	Zusammenfassung der Resultate	29
4.1.1.	Vergleich Kinect v2 mit Kinovea	29
4.1.2.	Durchführung Bewegungskontrolltests.....	29
4.2.	Limiten des Entwicklungsprojektes	30
4.3.	Stärken unseres Entwicklungsprojektes	33
4.4.	Anwendbarkeit unserer Resultate in der Praxis	34
4.5.	Wissenschaftliche Weiterverwendung	35
5.	Schlussfolgerung	35
6.	Bibliographie	36
7.	Abbildungsverzeichnis.....	42
8.	Tabellenverzeichnis	42

9. Anhang	I
9.1. Auswahl Bewegungskontrolltests	I
9.2. Bestimmung der Variable	II
9.3. Vergleich Kinect v2 mit Kinovea	III
9.4. Bewegungskontrolltests	VI
9.4.1. Schritt A	VI
9.4.2. Schritt B	XII
9.4.3. Hierarchisches Diagramm	XXXVI
9.5. Abbildungsverzeichnis Anhang	XXXIX
9.6. Tabellenverzeichnis Anhang	XLI

1. Einleitung

Nackenschmerzen sind ein häufig auftretendes Krankheitsbild in unserer Gesellschaft (Côté, Cassidy, & Carroll, 2003). Diese Beschwerden gehören zu den drei häufigsten Ursachen von chronischen Schmerzen, wie aus der Studie “pain proposal patient survey” hervorgeht (Baker et al., 2010). Es gibt verschiedene Ursachen von Nackenschmerzen. Einige Nackenschmerzen weisen jedoch keine erkennbaren Ursachen auf. Diese werden als unspezifische Nackenschmerzen bezeichnet (Scherer, Plat, & Wollny, 2009). Patienten mit Nackenschmerzen können eine Veränderung der Muskelfunktion aufweisen, was die Bewegungskontrolle beeinträchtigen kann (D. L. Falla, Jull, & Hodges, 2004; Jull, Kristjansson, & Dall’Alba, 2004; Kristjansson & Treleaven, 2009). Die Beurteilung der Bewegungskontrolle stellt eine grundlegende Rolle in der Physiotherapie dar (Sahrmann, 2010). Die Bewegungskontrolltests werden von Physiotherapeuten hauptsächlich durch visuelle Observation beurteilt (Luomajoki, Kool, De Bruin, & Airaksinen, 2007). Die Intertester-Reliabilität zur Untersuchung der Bewegungskontrolltests zeigt hauptsächlich ein ausreichendes bis sehr gutes Ergebnis auf (Allofs, van Baal, Schwarz, Ehrenbrusthoff, & Hering, 2018).

Für das Entwicklungsprojekt benötigen wir ein technologisches Gerät, die sogenannte Kinect v2, die gemäss Literatur zur Messung der Bewegungen des Körpers verwendet wird (Darby, Sánchez, Butler, & Loram, 2016; Nael et al., 2014; Song et al., 2016). Sie stellt ein zuverlässiges Gerät zur Prüfung von Kopf- und Nackenhaltungen dar (Allahyari, Sahraneshin Samani, & Khalkhali, 2017).

1.1. Nackenschmerzen

1.1.1. Prävalenz

48.5% der Bevölkerung leiden mindestens einmal in ihrem Leben an Nackenschmerzen (Fejer, Kyvik, & Hartvigsen, 2006). Jährlich erkranken zwischen 30-50% der Bevölkerung an Nackenschmerzen (Hogg-Johnson et al., 2008). Allgemeine Nackenschmerzen gehören zu den dritthäufigsten Beschwerden der chronischen Schmerzen, wie aus der “pain proposal patient survey” hervorgeht (Baker et al., 2010).

1.1.2. Ursachen

Viele Patienten mit Nackenschmerzen weisen keine erkennbare Ursache für ihre Symptome auf. Diese Schmerzen werden als unspezifische Nackenschmerzen bezeichnet (Scherer et al., 2009). 50-85% der Patienten entwickeln wiederkehrende

Nackenschmerzen (Carroll et al., 2008). Im Gegensatz zu Patienten ohne Nackenschmerzen weisen solche mit Nackenschmerzen eine höhere Aktivität der oberflächlichen Nackenflexoren und eine tiefere Aktivität der tiefen Nackenflexoren auf (D. L. Falla et al., 2004; Jull et al., 2004). Zu den tiefen Nackenflexoren gehören folgende Muskeln: Musculus (M.) longus capitis, M. longus colli, M. rectus capitis anterior, M. rectus capitis lateralis, M. scaleni (Schünke, Schulte, Schumacher, Voll, & Wesker, 2009). Die Veränderung der Muskelfunktion kann die Halswirbelstrukturen überlasten und die Bewegungskontrolle des Nackens beeinträchtigen (Kristjansson & Treleaven, 2009). Die Risikofaktoren, die zu Nackenschmerzen beitragen sind vielfältig. Zu diesen können z. B. das Geschlecht, wobei Frauen häufiger betroffen sind als Männer (Croft et al., 2001), hohe Ansprüche im Beruf (van den Heuvel, van der Beek, Blatter, Hoogendoorn, & Bongers, 2005), geringe soziale oder berufliche Unterstützung (Ariëns et al., 2001; Feveile, Jensen, & Burr, 2002), ehemalige Raucher (Feveile et al., 2002) und die Vorgeschichte von Rücken- oder Nackenschmerzen (Croft et al., 2001) zählen.

1.1.3. Klassifikation

Die Unterteilung der Nackenschmerzen könnte von der Klassifikation der Rückenschmerzen adaptiert werden (Luomajoki & Ernst, 2017). Man unterscheidet dabei zwischen spezifischen, unspezifischen, mechanischen und nicht mechanischen Schmerzen.

1. *Spezifische Schmerzen*: Zu diesen gehören Frakturen, Tumore, Anomalien, ligamentäre Instabilitäten, Nervenwurzelaffektionen und Myelopathien.
2. *Unspezifische Schmerzen*: Dazu gehören Bewegungsdysfunktionen wie z. B. Steifigkeit, segmentale und myofasziale Befunde.
 - *Mechanische Schmerzen*: Zu diesen Schmerzen gehören Bewegungskontroll-dysfunktionen wie z. B. Haltungsabhängigkeit, Stabilität der Muskulatur und Koordination.
 - *Nicht mechanische Schmerzen*: Unter diese Kategorie gehören alle zentral maladaptiven Schmerzen wie Yellow Flags, psychosoziale Faktoren, "Fear Avoidance" und Katastrophisierung (O'Sullivan, 2005).

1.1.4. Behandlung von Nackenschmerzen

Zu den Therapien für allgemeine Nackenschmerzen können z. B. Nackenmobilisationen, Dehnungsübungen, Patientenschulungen, Koordinations- und Ausdauerübungen zählen. Die Physiotherapie-Richtlinien besagen, dass die Kombination der zervikalen

Manipulation mit Mobilisationsübungen effektiver sind als die separate Manipulation und Mobilisation (Childs et al., 2008). Die sensomotorische Kontrolle nimmt in der Nackenschmerzforschung immer mehr an Bedeutung zu (Strimpakos, 2011). Rehabilitationsprogramme, die die sensomotorische Kontrolle trainieren, führen zu einer Linderung der Nackenschmerzen bei Patienten mit eingeschränkter sensomotorischer Kontrolle (De Pauw et al., 2017). Um eine Dysfunktion der Bewegungskontrolle zu behandeln, können die Testbewegungen als Übungen dienen (Luomajoki & Hilfiker, 2018).

1.2. Sensomotorisches System

Wie aus der Theorie der “Foundation of Sports Medicine Education and Research workshop 1997” hervorgeht, beschreibt das sensomotorische System die sensorischen, motorischen und zentralen Integrations- und Verarbeitungskomponenten, die zur funktionellen Gelenkstabilität dienen. (Riemann & Lephart, 2002). Die Hauptaufgabe der Sensomotorik besteht darin, die Stabilität und die Kontrolle der Bewegungen zu gewährleisten (Artz, Adams, & Dolan, 2015). Damit die sensomotorische Kontrolle korrekt funktioniert, müssen die afferenten Informationen aus dem vestibulären, visuellen und propriozeptiven System zusammenspielen (Treleaven, 2008).

1.2.1. Propriozeption

Die Propriozeption beschreibt die Interaktion zwischen afferenten und efferenten Rezeptoren. Sie kontrolliert die Position und die Bewegung des Körpers im Raum (Newcomer, Laskowski, Yu, Larson, & An, 2000). Die sensorischen Informationen werden von den Mechanorezeptoren (spezialisierte Nervenenden) mit mechanischen Reizen weiter an das zentrale Nervensystem geleitet. Die Mechanorezeptoren, die zur Propriozeption beitragen, heißen Propriozeptoren. Diese befinden sich hauptsächlich in Muskeln, Sehnen, Gelenken und Faszien. Die wichtigste Quelle der Propriozeption sind die Muskelspindeln, die zu einer Untergruppe der Mechanorezeptoren zählen (Röijezon, Clark, & Treleaven, 2015). In der Halswirbelsäule (HWS) findet man eine hohe Anzahl an Muskelspindeln (Liu, Thornell, & Pedrosa-Domellöf, 2003). Diese befinden sich vorwiegend in den suboccipitalen Muskeln (Boyd-Clark, Briggs, & Galea, 2002) und sind für die Kontrolle der Kopf- und Augenbewegung verantwortlich (Liu et al., 2003).

1.2.2. Bewegungskontrolle

Die Bewegungskontrolle gehört zu den sensomotorischen Fähigkeiten (Sahrman, 2010). Die Aufgabe der Bewegungskontrolle besteht darin, die aktive Bewegung zu kontrollieren (Luomajoki et al., 2007). Aus diesem Grund spricht man von einer guten Bewegungskontrolle, wenn eine aktive Bewegung so ausgeführt wird, dass die Gelenke gleichmässig ausgerichtet sind und die dazu entsprechende Muskelreaktion stattfindet (Elsig et al., 2014). Eine verminderte Bewegungskontrolle könnte ein beitragender Faktor für wiederkehrende Nackenschmerzen sein (D. Falla, Jull, Edwards, Koh, & Rainoldi, 2004). Patienten mit schlechterer Bewegungskontrolle zeigen meistens keine Einschränkung der aktiven Bewegung auf. Diese Problematik kann auch schmerzfrei auftreten. Eine Folge der eingeschränkten Bewegungskontrolle könnten Beschwerden während statischen Positionen sein (Luomajoki & Hilfiker, 2018).

1.3. Messmethoden

1.3.1. Microsoft Kinect

Die Kinect ist ein kostengünstiges und tragbares Videospielgerät, das vom Hersteller Xbox und Microsoft im Jahre 2010 auf den Markt gebracht wurde (Lachat, Macher, Mittet, Landes, & Grussenmeyer, 2015). Die Kinect v2, die am 15. Juli 2014 auf den Markt kam (Maiberg, 2014), besteht aus zwei Kameras und einem Mikrofon. Die Kameras werden unterteilt in eine Rot-Grün-Blaue (RGB) und ein Infrarote (IR). Die RGB-Kamera ermöglicht Farbbilder bis zu einer Auflösung von 1920 x 1080 Pixel (px) (Tabelle 1). Die IR-Kamera nimmt Tiefenbilder wahr, die dann bis zu 512 x 424 px dargestellt werden können. Die Kombination der Kameras und des Mikrofons ermöglicht die 3D-Bewegungserfassung sowie die Gesichts- und Spracherkennung. Die Kinect v2 erkennt Objekte in einem Bereich von 0.5 Meter (m) bis 4.5 m Entfernung (Zhang, 2012). Die Produktion der Kinect wurde 2017 von Xbox und Microsoft eingestellt. Der Grund war, dass die Hersteller die Aufmerksamkeit der Kunden auf andere Produktionen verschieben wollten (Bauer, 2017). Es existieren mittlerweile verschiedene Produkte, die der Kinect ähnlich sind, wie z. B. Orbbec, Stereolabs Zed und VicoVR (pterneas, 2017). Über diese Produkte findet man jedoch kaum Studien, die die Messung des Nackens oder anderer Gelenke belegen konnten. Voraussichtlich wird ab 30. August 2019 in den USA und in China die neue Version der Kinect lieferbar sein. Diese wurde von Microsoft in Zusammenarbeit mit der Partnerfirma Azure entwickelt. Die Kinect von Azure wurde

unter anderem für das Gesundheitswesen und die Biowissenschaften hergestellt (Microsoft, 2019a).

Tabelle 1: Vergleich Kinect v1, v2 und v4 Azure

	Kinect for Windows v1:	Kinect for Windows v2	Azure Kinect DK v4
Farbkamera	640x480 px @30 fps	1920x1080 px @30 fps	3840x2160 px @30 fps
Maximaler Tiefenabstand	4.5 m	4.5 m	2.21 m
Mindesttiefenabstand	40 cm	50 cm	25 cm
Tiefenkamera	320x240 px	512x424 px	<ul style="list-style-type: none"> • 640x576 px, • 515x515 px, • 1024x1024 px
Horizontales Sichtfeld	57°	70°	-
Vertikales Sichtfeld	43°	60°	-
Definierte Skelettverbindungen	20	26	-
Vollständige Skelettverfolgung	2	6	-

Px= Pixel; fps= frames per second; m= Meter; cm= Zentimeter (Microsoft, 2019b ; Skarredghost, 2016)

Software Development Kit für Kinect

Windows entwickelte 2011 eine Betaversion der Kinect für den Gebrauch mit Windows für nicht kommerzielle Anwendungen (Zhang, 2012). Diese Software ermöglicht die Ansteuerung und Verwendung der Kinect mit einem herkömmlichen Computer. Das Software Development Kit (SDK) für Kinect verarbeitet Daten des Kinect Sensors. Es kann Informationen wie Skelett-Tracking für zwei Personen bereitstellen. Die Daten, die vom SDK gewonnen werden, können für weitere Analysen verwendet werden (Allahyari et al., 2017).

Brekel pro Body v2

Das Brekel pro Body v2 Programm wird für die Windowsanwendung verwendet. Das Programm basiert auf dem Kinect SDK-Tracking. Brekel erfasst Bewegungen, die vom Kinect-Sensor aufgenommen werden. Dieses Programm weist folgende für uns wichtige Vorteile auf: Brekel pro Body v2 unterstützt das "comma seperated values" (CSV)

Format; die automatische Ausrichtung mit dem Boden; das Echtzeit-Feedback und eine verbesserte v2-Tiefenangaben. Durch die verbesserte v2-Tiefenangaben werden Rotationen besser wahrgenommen (kinju, 2018).

In der Dokumentation des Programmes Brekel pro Body v2 wird empfohlen, die Kinect für die Messungen auf Brust- und Kopfhöhe einzustellen. Alle gemessenen Gelenke sollten gut im Blickfeld der Kinect ersichtlich sein. Dies kann die Anzahl der Messfehler verringern. Alle Drehungen, die mit dem Brekel pro Body v2 Programm gemessen werden, erfolgen in Euler-Winkel und Graden. Diese befinden sich alle im lokalen Raum sowie relativ zum übergeordneten Gelenk (kinju, 2018). Die Abbildung 1 zeigt die verschiedenen Achsen, die von Kinect v2 wahrgenommen werden (Jamhoury, 2018).

Bei Brekel pro Body v2 existieren drei verschiedene Achsen: die x-Achse beschreibt die Bewegungen in der Sagittalebene, die y-Achse beschreibt die Bewegungen in der Transversalebene und die z-Achse beschreibt die Bewegungen in der Frontalebene (Jamhoury, 2018).



Abbildung 1: Kinect v2 mit Achsenbeschriftung

x,y,z; Quelle: Furrer & Theler

1.3.2. Videoberechnung Kinovea

Kinovea ist ein Programm, das zur Videoberechnung und -bearbeitung verwendet wird. Verschiedene Werkzeuge ermöglichen das Bearbeiten der Videos im Programm Kinovea. Zur Bearbeitung besteht die Möglichkeit Videos zu erfassen, zu verlangsamen, zu studieren, zu vergleichen, zu kommentieren und die Leistungen technisch zu messen (Chamant, 2019). Kinovea wird als eine genaue Methode angesehen, die leicht anzuwenden ist und eine gute Durchführbarkeit bei der Messung des Nackens aufweist (Elwardany, El-Sayed, & Ali, 2015).

1.4. Persönliche Erfahrungen

In unseren ersten Erfahrungen als Physiotherapeuten konnten wir viele Patienten behandeln, die an Nackenschmerzen litten. Viele dieser Patienten therapierten wir über längere Zeit, da sie chronische Nackenschmerzen entwickelten. Ausserdem machten wir die Erfahrung, dass das Bewegungsausmass und die verschiedenen Bewegungskontrolltests des Nackens in der Physiotherapie hauptsächlich durch visuelle Observation beurteilt werden.

Während unseren Praktika konnten wir positive Erfahrungen mit verschiedenen technologischen Geräten sammeln. In unseren Praktika sahen wir, dass einige Messungen

oder Behandlungen mit unterschiedlichen Geräten durchgeführt werden, wie etwa mit einem Laufband mit Bildern (C-Mill), SensoPro, WiiSport. Dadurch wurden wir auf die digitale Weiterentwicklung in unserem Beruf aufmerksam (Paillex, 2017). Unser Interesse war dadurch gross ein Entwicklungsprojekt durchzuführen, bei dem wir mit einem technischen Gerät arbeiten konnten. Dies wollten wir in Kombination mit dem Thema Nacken durchführen.

1.5. Problematik

Patienten mit Nackenschmerzen weisen häufig eine Veränderung der Bewegungskontrolle auf (Stanton, Leake, Chalmers, & Moseley, 2016). Die Bewegungskontrolle leistet einen wichtigen Beitrag zur Entstehung von wiederkehrenden Nackenschmerzen (D. Falla et al., 2004). Aus diesem Grund stellt die Beurteilung der Bewegungskontrolle bei Nackenschmerzen eine wichtige Rolle dar (Sahrmann, 2010). Die Untersuchung der Bewegungskontrolltests, die in der Physiotherapie häufig durch visuelle Observation beurteilt werden (Luomajoki et al., 2007), zeigen eine moderate bis sehr gute Intratester-Reliabilität auf. Die Intertester-Reliabilität weist ein ausreichendes bis sehr gutes Resultat bei Untersuchungen bei Bewegungskontrolltests des Nackens auf (Allofs et al., 2018). Es existiert jedoch kein Goldstandard zur Beurteilung von Bewegungskontrolltests (Patroncini, Hannig, Meichtry, & Luomajoki, 2014).

1.6. Bezug zur Literatur

Die Bewegungskontrolltests “extension of the cervico-thoracic junction”, “protraction/retraction of the head” und “cervical rotation test in quadruped” gehören zu den Tests, die in der Klinik laut Elsig (2014) am geeignetsten sind. Einige Studien analysierten die Messungen verschiedener Gelenke mit der Kinect (Darby et al., 2016; Mentiplay et al., 2013; Song et al., 2016). Die Studie von Allahyari (2017) besagt, dass sich der Kopf des Teilnehmers im Sichtfeld des Sensors befinden muss, um die Messgenauigkeit zu gewährleisten. Es gibt unterschiedliche Meinungen zur Entfernung des Kinect-Sensors. Die Studie von Allahyari (2017) besagt, dass man den Sensor zwischen 0.5 m und 6 m Entfernung von der Versuchsperson platzieren sollte. Eine andere Studie beschrieb, dass die Versuchsperson mit einer Entfernung von 1-2 m von der Kinect stehen sollte. Die Studie von X. Ma und Kollegen (2015) zeigten auf, dass der Kinect-Sensor eine Messung sechs Mal schneller vollziehen kann als eine Messung mit dem Goniometer. Die Kinect v2 benötigt eine Aufwärmzeit von ungefähr 40 Minuten. Wird diese thermische Eigenschaft der Kinect nicht berücksichtigt, kann es zu Veränderungen der

Tiefenangaben führen (Lachat et al., 2015). Der Vergleich der Kinect mit einem Elektrogoniometer für die Berechnung der Halswinkel zeigte ein moderates bis ausgezeichnetes Resultat (Allahyari et al., 2017). Laut Studie von Allahyari (2017) wurden die Lateralflexion und die Flexion von Kinect gut wahrgenommen. Die HWS-Extension wurde mit einer geringeren Genauigkeit wahrgenommen. Bei der HWS-Rotation zeigte die Studie von Allahyari (2017) auf, dass die Kinect bei 0 Grad den Referenzpunkt verliert und die HWS-Rotation somit kein gutes Resultat zur Messung mit der Kinect aufwies. In der Literatur existieren keine Studien, die die Durchführbarkeit der Bewegungskontrolltests mit der Kinect evaluieren.

1.7. Ziel unserer Arbeit

Da die Bewegungskontrolltests hauptsächlich durch Observation beurteilt werden (Luomajoki et al., 2007), war das Ziel unserer Arbeit, eine Messmethode zur Beurteilung der Ausweichbewegungen (AWB) bei der Durchführung von Bewegungskontrolltests zu evaluieren. Wir wollten mit unserem Entwicklungsprojekt ein Messgerät evaluieren, das in Zukunft die Beurteilung der Bewegungskontrolltests des Nackens verbessern und somit die Intertester-Reliabilität wie auch die Intratester-Reliabilität für Untersuchungen der Bewegungskontrolltests des Nackens in der Physiotherapie verbessern kann.

1.8. Forschungsfrage

Erkennt die Kinect v2 die verschiedenen AWB bei der Durchführung von drei unterschiedlichen Bewegungskontrolltests des Nackens?

1.9. Hypothesen

Unsere Hypothesen stellten sich wie folgt zusammen:

- a) Die Microsoft Kinect v2 erkennt die verschiedenen AWB der Bewegungskontrolltests des Nackens im Vergleich zu Kinovea sicher.
- b) Die Microsoft Kinect v2 erkennt die unterschiedlichen AWB bei der Durchführung der Bewegungskontrolltests.

2. Methode

Unsere Bachelorarbeit verwirklichten wir anhand eines Entwicklungsprojektes. Da wir die einzelnen Arbeitsschritte nicht planen konnten, war dies eine realistische Arbeitsweise. Um unser Entwicklungsprojekt durchzuführen, arbeiteten wir nach der Scrum-Methode. Scrum stellt eine Arbeitsweise dar, bei der es klar definierte Rollen gibt. Sie lässt Produkte erstellen, bei denen nicht alle Arbeitsschritte im Voraus geplant werden

können. Das Prozessmodell besteht aus Rollen und Meetings und steckt den Rahmen ab, in welchem alle Aktivitäten der Produktentwicklung ablaufen. Als erstes entsteht eine Produktidee. Diese wird dann solange bearbeitet, bis es zur Entstehung einer Produktvision kommt. Danach werden die Produktfunktionalitäten erarbeitet. Sobald alle Experten und Entwickler wissen, wie das gewünschte Produkt aussehen soll, beginnt man mit der Arbeit. Bei Scrum wird in klar abgegrenzten Zeitabschnitten gearbeitet. Nach jedem Zeitabschnitt finden Sprints statt. Am Ende des Sprints muss ein Produkt entstanden sein. Jeder Sprint beginnt mit einer taktischen Planung. In der ersten Phase bespricht man das Ziel des Sprints. Im zweiten Sprint wird diskutiert, wie die Umsetzung des ersten Sprints stattfinden soll. Hier kreiert man eine Liste von Aufgaben. Danach entsteht die Entwicklung des Produktes. Anschliessend finden im zeitlichen Abstand verschiedene Meetings statt. In diesen werden folgende Aspekte besprochen:

- Was wurde seit der letzten Besprechung erreicht?
- Was sind die Ziele bis zur nächsten Sitzung?
- Welche Hindernisse existierten?
- Welche Mittel besitzen wir, um speditiver zu arbeiten? (Gloger, 2016)

Um unser Entwicklungsprojekt zu verwirklichen, führten wir sechs Schritte durch.



Abbildung 2: Sechs Schritte der Methode, Furrer & Theler 2019

2.1. Literatursuche

Um uns ein Grundwissen für unsere Bachelorarbeit anzueignen, benötigten wir Informationen zu verschiedenen Themen. In den Praktika konnten wir Erfahrung bei Patienten mit Nackenschmerzen sammeln. Bis zur Themenwahl war Kinect für uns nicht bekannt. In diesem Gebiet waren wir in praktischer wie auch theoretischer Hinsicht unerfahren.

Literatursuche Kinect

Die Literatursuche führten wir auf Pubmed und Google Scholar durch. Wir suchten nach verschiedenen relevanten Stichwörtern, die für unser Entwicklungsprojekt von Bedeutung waren. Nachfolgend einige Stichwörter-Beispiele: “Microsoft Kinect”; “Microsoft Kinect v2”; “Kinect Xbox”; “Neck”; “Head”; “Shoulder”. Um relevante Informationen zur Durchführung der Messung zu erhalten, schlossen wir nur Studien mit ein, die folgende Kriterien beinhalteten: Kinect-Messung des Nackens, des Kopfes und der Schulter. Im Internet recherchierten wir nach Foren und relevanten Informationsseiten zum Thema Kinect und den dazu verwendeten Softwares von SDK und Brekel. Um Informationen über die verschiedenen Einstellungen des Programmes Brekel pro Body v2 zu erhalten, informierten wir uns beim zugehörigen Dokument (kinju, 2018).

Literatursuche Nacken und Bewegungskontrolle

Wir führten während unserer Bachelorarbeit eine Literatursuche in Pubmed und Google Scholar durch. Hier einige Stichwörter-Beispiele: “Movement Control”; “Neck”; “Test”; “Neck pain”; “Sensomotory system”; “Proprioception”; “Neck stabilizers”. Um allgemeine Informationen über den Nacken zu erhalten, suchten wir die für uns wichtigen Studien heraus.

2.2. Diskussion mit Experten

Ein wichtiger Punkt zur Realisierung unseres Entwicklungsprojektes war die Zusammenarbeit mit verschiedenen Experten. Wir suchten nach Experten, die im Bereich des Nackens und der Bewegungskontrolle Kenntnisse aufwiesen und die über gute Informatikkenntnisse verfügten. Wir fragten eine Physiotherapeutin als Expertin an. Sie verfasste mehrere Studien zum Thema Nacken und Bewegungskontrolle und wies kompetente Erfahrungen in diesem Bereich auf. Für die Unklarheiten im Informatikbereich suchten wir den Kontakt mit einem Informatiker der HES-SO Wallis, der Erfahrungen mit der Kinect aufwies. Zusätzlich schrieben wir verschiedene Informatiker an, um herauszufinden, ob sie Kenntnisse mit dem Gerät Kinect und dem Programm Brekel pro Body v2 aufweisen.

2.3. Aufstellung der Kriterien

2.3.1. Auswahl Bewegungskontrolltest

Die Auswahl der Bewegungskontrolltests diene als Basis unseres Entwicklungsprojektes. In Tabelle 2 sind die Ein- und Ausschlusskriterien zur Auswahl der Bewegungskontrolltests aufgelistet.

Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien zur Auswahl der Bewegungskontrolltests

Einschlusskriterium	Ausschlusskriterium
Es ist ein Bewegungskontrolltest des Nackens.	Es ist kein Bewegungskontrolltest des Nackens.
Die Bewegung ist mit der Kinect erkennbar.	Die Bewegung ist mit der Kinect nicht gut erkennbar.
Die Hauptbewegung des Bewegungskontrolltests findet im Nacken statt.	Die Hauptbewegung des Bewegungskontrolltests findet nicht im Nacken statt.
Die ASTE ist im Stehen oder Sitzen.	Die ASTE ist nicht im Stehen oder Sitzen.
Die AWB findet in den oberen Extremitäten statt.	Die AWB findet in den unteren Extremitäten statt.
Die AWB wurde durch die Studien definiert.	Die AWB wurde nicht durch Studien definiert.
Der Bewegungskontrolltest enthält nur eine Bewegung.	Der Bewegungskontrolltest enthält mehr als eine Bewegung.
Keine Objektberührung (z. B. Wand, Tisch)	Objektberührung (z. B. Wand, Tisch)
Es werden keine zusätzlichen Hilfsmittel verwendet.	Es werden zusätzliche Hilfsmittel verwendet.

ASTE= Ausgangsstellung; AWB= Ausweichbewegung

2.3.2. Beschreibung der Bewegungskontrolltests

Um die Definition zur Durchführung der Tests zu generalisieren, schrieben wir zu jedem ausgewählten Test eine kurze Instruktion. Durch den Vergleich von Elsig und Kollegen (2014), Patroncini und Kollegen (2014) und Sahrman und Kollegen (2010) bestimmten wir die jeweiligen AWB zu den Bewegungskontrolltests.

2.3.3. Bestimmung der positiven Resultate einer Ausweichbewegung

Da in keiner Studie definiert wurde, ab wann bei der Durchführung von Bewegungskontrolltests des Nackens eine Bewegung als AWB gilt, bestimmten wir eine Alternative. Die Regelung stellten wir wie folgt auf: Das Resultat war positiv und galt als AWB, wenn der errechnete Kinect-Wert der Bewegung höher als der “smallest detectable change” (SDC) war. Somit galt der von Kinect errechnete Wert der Bewegung als AWB. Um den SDC zu definieren, arbeiteten wir mit folgender Berechnung (Terwee, Roorda, Knol, De Boer, & De Vet, 2009):

$$\underline{SDC = SEM \times 2.77}$$

Falls der “standard error of measurement” (SEM) nicht angegeben wurde, errechneten wir diesen mit der “standard deviation” (SD) und dem “intraclass correlation coefficient” (ICC) (Bragança et al., 2018).

$$\underline{SEM = SD \times \sqrt{(1 - ICC)}}$$

2.4. Selbstversuch Kinect v2 und Datenanalyse

Alle unsere Messungen wurden mit einer Kinect for Windows v2 durchgeführt. Diese ist zu einem Preis von ungefähr 150-200 Euro im Internet erhältlich (danweayer124, 2019). Alle Messungen wurden mit der gleichen Versuchsperson durchgeführt.

2.4.1. Software Development Kit

Das SDK ist ein Programm, das häufig bei der Durchführung von Kinect-Messungen benutzt wird. Zur Realisierung unseres Erstversuchs entschieden wir uns deshalb für dieses Programm. In dieser Software findet man verschiedene Anwendungsprogramme, die wir in einem ersten Selbstversuch prüften. Hauptsächlich arbeiteten wir mit den Samples “HDFace”, “body basic D2D” und “Kinect Studio – 3D”.

2.4.2. Brekel pro Body v2



*Abbildung 3: ASTE
der Messungen;
Quelle: Furrer &
Theler*

Durch verschiedene Internetrecherchen sind wir auf das Programm Brekel pro Body v2 aufmerksam geworden, dass wir für den weiteren Verlauf unseres Entwicklungsprojektes benutzten. Während allen Messungen der Bewegungskontrolltests des Nackens wählten wir die Einstellung „Upperbody sitting“, um überflüssige Daten der unteren Extremitäten auszuschalten. Für jede Messung stellten wir die Skelettanimation von Brekel pro Body v2 mit Boxen ein, damit wir visuell beobachten konnten, ob die Versuchsperson vom Programm richtig wahrgenommen wurde. Dies sollte eine Hilfe zur späteren Auswertung der Daten darstellen. Die Ausgangsstellung (ASTE) richteten wir für jede Messung identisch aus. Die Kinect befestigten wir auf einem Stativ. Dieses wurde so eingestellt, dass die Kinect zwischen Kopf- und Brusthöhe ausgerichtet war. Den Kinect-Sensor stellten wir somit

auf eine Höhe von 1.20 m ein. Dieser Wert wurde vom Mittelpunkt der RGB-Kamera gemessen. Das Stativ stand 2.10 m von der Hintergrundwand entfernt. Mit diesem Abstand erkannte das Programm Brekel pro Body v2 die Versuchsperson vollständig. Die Aufwärmzeit der Kinect v2 betrug laut Anwendungshinweis 40 Minuten (Lachat et al., 2015). Die Messungen führten wir im Sitzen durch. Dabei sass die Versuchsperson auf einem Schemel vor einer weissen Wand, damit keine Irritationen des Programmes auftraten. Die Haare der Versuchsperson wurden mit Hilfe eines Haarbandes am Hinterkopf zusammengehalten, damit die Schulter und das Gesicht komplett ersichtlich waren. Ausserdem trug die Versuchsperson bei jeder Messung ein schwarzes, ärmelloses Top (Abbildung 3).

2.4.3. Definition der Variable

Da in der Dokumentation des Programmes Brekel pro Body v2 die Variablen nur teilweise beschrieben wurden (kinju, 2018), führten wir verschiedene Messungen durch, um diese zu bestätigen. Wir suchten folgende Variablen: Skelettpunkte der Brekel-Animation, verschiedene Achsen und die Definition, wann ein Resultat in den positiven und wann in den negativen Bereich fällt. In der Brekel pro Body v2 Dokumentation (kinju, 2018) fanden wir nur die Skelettpunkte ohne dazugehörige Legende. Dadurch entschieden wir uns, die Skelettpunkte der Brekel-Animation in verschiedenen Schritten

zu bestätigen. Dies stellte eine Hilfe bei der späteren Datenanalyse dar, um zu wissen, in welcher Achse die Bewegung stattfand. Als erstes erstellten wir Behauptungen, indem wir bestimmten, welcher Skelettpunkt zu den von Brekel genannten Gelenken passen könnte. Zusätzlich erstellten wir eine Behauptung, welche Bewegung zu welcher Achse gehört und wann ein Wert in den positiven und wann in den negativen Bereich fällt. Die erste Messung diente zur Evaluation der verschiedenen Behauptungen. Später verglichen wir unsere Behauptungen und die Resultate miteinander. Falls diese nicht übereinstimmten, passten wir unsere Behauptungen an. Diesen Zyklus wiederholten wir so lange, bis sich die Resultate mit unseren Behauptungen deckten.

2.4.4. Vergleich Kinect v2 mit Kinovea

Da wir die Kinect vor unserer Bachelorarbeit nicht kannten und es wenige Studien über das Programm Brekel pro Body v2 gibt, entschieden wir uns, zu evaluieren, ob die Messungen mit Kinect über das Programm Brekel pro Body v2 stimmten. Dies analysierten wir, indem wir einen Vergleich zwischen den Kinect-Messungen und dem Videoanalyseprogramm Kinovea zogen. Um den genauen Zeitpunkt der Bewegung bei der Durchführung der Messungen zu bestimmen, arbeiteten wir mit einem Timer auf dem Handy. Diese Applikation war gratis und hiess “Timer VGTIF”. Bei einem Intervall von einer Sekunde erklang ein Hinweiston. Bei jedem zweiten Hinweiston veränderte die Versuchsperson den Bewegungszustand (Abbildung 4).



Abbildung 4: Zeitintervalle der verschiedenen Bewegungen; Quelle: Furrer & Theler

Die Videos, die wir für die Kinovea- wie auch für die Datenanalyse von Kinect zur Videoanalyse benutzten, filmten wir mit einem Handy.

Kinovea: Die Videoanalyse mit Kinovea benötigte Fix- und Drehpunkte auf dem Körper. Die Kinovea-Punkte wurden in keiner Studie genau definiert. Daher definierten wir diese Punkte selbst und besprachen dies mit unserer Expertin. Die Dreh- und Fixpunkte

definierten wir so, dass sie eindeutig wieder zu finden waren. Deswegen legten wir diese auf prominenten knöchernen Strukturen des Körpers fest. Als Marker entschieden wir uns für ein Material, das am Körper haftete und für die Videoanalyse sichtbar war. Wir verwendeten Haftpflaster und runde, farbige Punkte als Marker. Falls die Punkte auf dem Video nicht ersichtlich waren, suchten wir nach einem neuen Fix- oder Drehpunkt. Ausserdem platzierten wir bei Bedarf die Kamera neu.

Das entstandene Video wurde anschliessend in das Programm Kinovea (Abbildung 5) importiert. Im ersten Schritt wurde das Video zur gewünschten Länge zugeschnitten. Zur Definierung der Punkte von Kinovea, bestimmten wir pro Bewegung der Rotationsachse jeweils einen Fix- und einen Drehpunkt. In der Videoanalyse von Kinovea wurde der Drehpunkt verfolgt. Nachfolgend wurde durch den Dreh- und Fixpunkt ein Winkel in der Masseinheit Grad eingezeichnet. Bei den Bewegungen der Translationsachse legten wir nur den Fixpunkt fest. Die Kinovea mass hierbei die Verschiebung des Fixpunktes in Zentimeter im Raum.

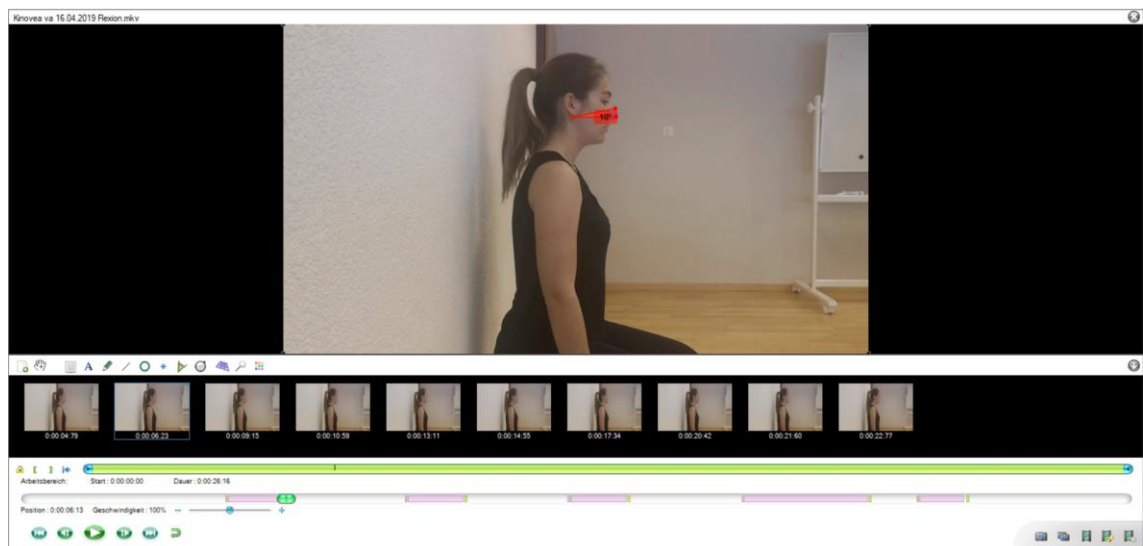


Abbildung 5: Videoberechnung mit Kinovea; Quelle: Furrer & Theler

Kinect: Die Messungen durch das Programm Brekel pro Body v2 wurden gespeichert und in der Datenanalyse weiterverarbeitet.

Datenanalyse zum Vergleich Kinect v2 und Kinovea

Kinovea: Die erhaltenen Werte der verschiedenen Kinovea-Berechnungen erfassten wir in der Excel-Arbeitsmappe 1.

Kinect: Nach jeder Aufnahme wurden die Kinect-Messungen von Brekel pro Body v2 im CSV-Format gespeichert. Da die Daten im Excel unübersichtlich waren, wählten wir in der Rubrik "Daten" die Funktion "aus Text/CSV" aus. Mit dieser wurde die verwendete Excel-Datei importiert. Die Darstellung der Daten war nun übersichtlicher. Die

Datenanalyse wurde mit Excel Office 365 und Windows 10 Home durchgeführt. Die Excel-Datei, welche aus dem CSV-Dokument erzeugt wurde, ist wie folgt aufgeteilt: Die Zeilen bezeichnen den Zeitraum und die Spalten geben die verschiedenen Variablen der Daten an.

Die ausgeführten Bewegungen waren jeweils einer bestimmten Achse und Variablen zugewiesen. Da der genaue Zeitpunkt der Bewegung bekannt war, konnten wir in der Excel-Datei die Achsenwerte der dazugehörenden Bewegung genauer zuordnen.

Die Daten im CSV-Format repräsentierten wir graphisch in einem Excel-Diagramm. Dies ermöglichte uns eine bessere Evaluation der Bewegungen. Anschliessend rechneten wir das Ausmass der AWB anhand der graphisch dargestellten Tabellen aus. Das Ausmass berechneten wir, indem wir das Ergebnis der ASTE mit der Endstellung (ESTE) subtrahierten. Die Bewegungen in der Rotationsachse ergaben ein Resultat in der Einheit Grad (Brekel, 2019b) und die Bewegungen in der Translationsachse ergaben ein Resultat in der Einheit Meter (Jamhoury, 2018). Die erhaltenen Werte erfassten wir, wie die Resultate der Kinovea-Berechnung, in der Excel-Arbeitsmappe 1.

Im nächsten Schritt verglichen wir die Resultate der Messdaten von Kinect v2 und der Software Kinovea in der Excel-Arbeitsmappe 1, indem wir die Differenz zu jeder Bewegung dieser beiden Resultate ermittelten. Da wir jede Bewegung fünf Mal ausführten, berechneten wir pro Bewegung je den Mittelwert, die “standard deviation” (SD) sowie den kleinsten und grössten Wert.

2.4.5. Durchführung der Bewegungskontrolltests

Im letzten Schritt unserer praktischen Arbeit wurde die Messung der Bewegungskontrolltests umgesetzt. Um die Messungen zu verbessern, wurden verschiedene Änderungen an den Grundeinstellungen von Brekel pro Body v2 vorgenommen.

Für jeden ausgewählten Bewegungskontrolltest wurden zwei Messungen zu jeder dazugehörigen AWB ausgeführt. Das Zeitintervall basierte auf dem gleichen Prinzip wie im Vergleich Kinect und Kinovea (Abbildung 4). Im Schritt A analysierten wir, wie die verschiedenen Hauptbewegungen der drei ausgewählten Bewegungskontrolltests wahrgenommen wurden. Dafür führte die Versuchsperson den Bewegungskontrolltest ohne AWB durch. Im Schritt B führte die Versuchsperson den Bewegungskontrolltest mit jeder definierten AWB in drei verschiedenen Amplituden durch. Zu den drei unterschiedlichen Amplituden zählen:

1. Die Versuchsperson führt den Bewegungskontrolltest ohne AWB durch.

2. Die Versuchsperson führt den Bewegungskontrolltests durch und stellt sich die AWB vor.
3. Die Versuchsperson führt den Bewegungskontrolltest mit einer AWB in mittlerer Amplitude durch

Diese drei verschiedenen Amplituden benötigen wir, um zu vergleichen, ob ein Unterschied beim Resultat in diesen drei verschiedenen Amplituden ersichtlich war.

Datenanalyse zur Durchführung von Bewegungskontrolltests

Die ersten Schritte der Datenanalyse basierten auf dem gleichen Vorgehen wie bei der Datenanalyse zum Vergleich Kinect v2 und Kinovea. Dazu zählten das Importieren und Analysieren der CSV-Daten im Excel und das Darstellen der Resultate in einem Excel-Diagramm. In der Datenanalyse überprüften wir den Schritt A, bei dem wir die verschiedenen Hauptbewegungen der Bewegungskontrolltests ohne AWB durchführten, nicht vollständig. Die Hauptbewegung wurde im Excel-Diagramm in blau und eine zusätzliche Bewegung in violett dargestellt. Im Schritt B wurde die AWB grün, die 0-Grenze rot und die Hauptbewegung des Bewegungskontrolltests ebenfalls blau im Excel-Diagramm dargestellt. In den Schritten A und B wurde zusätzlich ein Screenshot der Videoaufnahme der jeweiligen Bewegung in EOR in das Excel-Diagramm eingefügt.

Die Resultate der Berechnung der AWB jedes Bewegungskontrolltests im Schritt B, die sich aus der Differenz der ESTE und ASTE zusammensetzt, wurde in die Excel-Arbeitsmappe 2 eingetragen. Mit dem errechneten SDC wurde im nächsten Schritt evaluiert, ob das Resultat des errechneten Kinect-Wertes der AWB grösser oder kleiner war als der dazugehörige SDC. Später erfolgte die Beurteilung der Videos. Anhand dieser wurde bewertet, ob für uns visuell eine AWB bei der Durchführung des Bewegungskontrolltests ersichtlich war oder nicht. Die Bewertung der Videos wurde ebenfalls in der Excel-Arbeitsmappe 2 festgehalten.

Datenanalyse Hierarchisches Diagramm

Anschliessend erstellten wir ein hierarchisches Diagramm, welches die unterschiedlichen Resultate unterteilen liess. Dieses filterte die Messungen aus, die für unser Resultat nicht von Bedeutung waren. Somit erhielten wir die Anzahl Messungen, die uns zur Beantwortung unserer Hypothese diente. In diesem Diagramm war ersichtlich, wie viele Messungen durchgeführt wurden. Ausserdem vermerkten wir hier, ob der SDC vorhanden war oder nicht. Dies unterteilten wir dann so, dass ersichtlich wurde, ob der SDC grösser oder kleiner war als das errechnete Resultat der Kinect-Messungen. Als letzten Schritt trugen wir die Resultate der Videoanalyse ein. Hier wurde angegeben, bei

wie vielen Bewegungen wir durch die visuellen Videoanalysen eine/keine AWB feststellen konnten.

3. Resultat

3.1. Literatursuche

Kinect

Damit wir die Messungen mit Kinect v2 durchführen konnten, entnahmen wir Informationen von verschiedenen Studien. Insgesamt fanden wir 12 Studien, zwei Webseiten und eine Dokumentation, die für unser Entwicklungsprojekt im Bezug zur Kinect von Bedeutung waren.

Zehn Studien benutzten das Programm SDK zur Messung mit Kinect. Von diesen zehn Studien arbeiteten drei nur mit dem SDK, drei mit einem zusätzlichen C#-Programm, drei zusätzlich mit Matlab und eine zusätzlich mit der Markus Bader Software. In den Studien wurden die Messungen mit verschiedenen Kinect-Versionen durchgeführt. Die Messungen wurden in zwei Studien mit einer "Kinect for Windows" durchgeführt. In sechs führte man die Messungen mit einer Microsoft Kinect durch. In den restlichen Studien war unklar, mit welcher Kinect-Version gearbeitet wurde. In den Studien wurde die Entfernung der Kinect zur Versuchsperson unterschiedlich definiert. Die Distanz variierte von 1 m bis zu 3 m. In acht Studien führte man die Messungen an gesunden Probanden durch. In neun Studien variierte die Anzahl der Probanden von sieben bis 28. Lediglich bei einer Studie wurden die Messungen mit 420 Probanden durchgeführt. Die ASTE der Versuchsperson war bei sechs Studien sitzend, bei einer stehend.

Insgesamt benutzten wir vier Studien, die den Nacken mit Kinect analysierten. Durch die Literatursuche fanden wir heraus, dass Kinect allgemein ein gutes Messinstrument zur Beurteilung des Nackens darstellte (Allahyari et al., 2017). Die Studien (Ademoyegun, Egwu, & Mbada, 2018; Allahyari et al., 2017; Song et al., 2016) besagen, dass Kinect zur Beurteilung der HWS-Flexion gut eingesetzt werden kann. Die Test-Retest-Reliabilität für Kinect zeigte bei der HWS-Flexion einen ICC von 0.80 und einen SD von 0.75 auf (Allahyari et al., 2017). Die Studie von Ademoyegun (2018) zeigte eine Test-Retest-Reliabilität von 0.989 Grad. Die Lateralflexion der HWS wurde laut Allahyari (2017) und Song (2016) mit Kinect gut beurteilt. Die Lateralflexion der HWS zeigte laut Allahyari (2017) eine Test-Retest-Reliabilität von einem ICC von 0.86 und einen SD von 0.44. In der Studie von Song (2016) wurde die HWS-Extension gut wahrgenommen. Im Gegensatz dazu besagte Allahyari (2017), dass die HWS-Extension nur in kleiner

Amplitude gut erkannt wurde. In derselben Studie zeigte die Test-Retest-Reliabilität der HWS-Extension mit einer Kinect einen ICC von 0.76 und einen SD von 0.66 auf. Die Rotationsbewegungen der HWS wurden allgemein von der Kinect nicht gut wahrgenommen (Ademoyegun et al., 2018; Allahyari et al., 2017). Laut Allahyari (2017) zeigte die Messung der HWS-Rotation mit Kinect einen ICC von 0.75 und einen SD von 1.26 auf. Die Studie von Ademoyegun (2018) zeigte im Vergleich eine Test-Retest-Reliabilität von 0.961 bei der Messung der HWS-Rotation durch Kinect.

Nackenschmerzen und Bewegungskontrolltests

Mithilfe der Literatursuche eigneten wir uns ein Basiswissen über die Bewegungskontrolltests des Nackens an. Einzelne Tests waren uns bereits von unserem Physiotherapiestudium bekannt. Um eine Auswahl der Bewegungskontrolltests des Nackens zu erhalten, arbeiteten wir hauptsächlich mit zwei Studien und einem Buch (Elsig et al., 2014; Patroncini et al., 2014; Sahrmann, 2010). Die AWB des jeweiligen Bewegungskontrolltests konnten wir ebenfalls mit diesen drei Studien definieren. Insgesamt lernten wir 19 Bewegungskontrolltests kennen. Zur Definition des sensomotorischen Systems standen uns 15 Studien zur Verfügung. Um uns über das Thema Nacken ein Grundwissen anzueignen, arbeiteten wir mit 21 Studien.

3.2. Diskussion mit Experten

Durch die unklare Definition der Begriffe Propriozeption, sensomotorisches System und Bewegungskontrolle konnten wir anhand einer Diskussion mit unserer Expertin und durch Studien eine passende Lösung finden. Sensomotorik galt für uns als Oberbegriff. Diese wurde unterteilt in Propriozeption und Bewegungskontrolle.

Um die Kinovea-Marker zu definieren, existierten wenige Studien. Die gefundenen Studien enthielten Ressourcen, die uns nicht zur Verfügung standen (El-Wardany & El-Sayed, 2016). Daher besprachen wir die von uns definierten Fix- und Drehpunkte zur Messung mit Kinovea mit unserer Expertin.

Die geplante Zusammenarbeit mit einem Informatiker wurde während unserer Arbeit unterbrochen. Der vorgesehene Experte musste die Zusammenarbeit mit uns aufgrund Zeitmangels und fehlenden Kinect- und Brekel pro Body v2-Kenntnissen abbrechen. Auch die von uns angeschriebenen Informatiker gaben uns eine Absage, da niemand Kenntnisse mit der Kinect aufwies. Dadurch führten wir das Entwicklungsprojekt ohne Informatikexperten durch.

3.3. Aufstellung der Kriterien

3.3.1. Auswahl Bewegungskontrolltests

Anhand der Ein- und Ausschlusskriterien integrierten wir drei von 19 Bewegungskontrolltests (Elsig et al., 2014; Patroncini et al., 2014; Sahrman, 2010).

- *Rotation (cervical)*: Die Einschlusskriterien wurden erfüllt und der Test wies keine Ausschlusskriterien auf.
- *Lateralflexion (cervical)* Die Einschlusskriterien wurden erfüllt und der Test wies keine Ausschlusskriterien auf.
- *Flexion full range (cervical)*: Die Einschlusskriterien wurden erfüllt und der Test wies kein Ausschlusskriterium auf.
- *Nod movement on the wall*: Bei diesem Test führt die Testperson Nickbewegungen an der Wand durch. Da hier die Versuchsperson die Wand berührt, findet eine Objektberührung statt. Die Objektberührung gehört zu den Ausschlusskriterien. Aus diesem Grund bezogen wir diesen Test nicht in unsere Arbeit ein.

Die weitere Beschreibung der Interpretation zur Auswahl der Bewegungskontrolle befindet sich im Anhang (9.1 Auswahl Bewegungskontrolltests).

3.3.2. Beschreibung der Bewegungskontrolltests

Anhand der Ein- und Ausschlusskriterien trafen wir eine Auswahl von drei Bewegungskontrolltests zur Realisierung unseres Entwicklungsprojektes. Die “Rotation (cervical)”, “Flexion full range (cervical)” und “Lateralflexion (cervical)” sind die Tests, die uns für die Messungen und die anschliessende Datenanalyse dienten (Tabelle 3) (Patroncini et al., 2014).

Tabelle 3: Beschreibung der drei ausgewählten Bewegungskontrolltests mit Instruktion und möglichen AWB

Test	Instruktion	Ausweichbewegung
Rotation (cervical)	Bewegen Sie ihren Kopf nach rechts. Kommen Sie langsam wieder zur Startposition zurück. Die gleiche Bewegung führen Sie nach links aus.	- Ventrale Kopf-Translation - HWS-Flexion - HWS-Extension - HWS-Lateralflexion

Flexion full range (cervical)	Bringen Sie das Kinn auf die Brust.	- Schulterelevation - Schulterprotraktion - BWS-Flexion - Ventrale Kopf-Translation
Lateralflexion (cervical)	Bringen Sie Ihr rechtes Ohr auf die rechte Schulter. Die gleiche Bewegung führen Sie nach links aus.	- Schulterelevation - HWS-Rotation - HWS-Flexion - HWS-Extension

HWS= Halswirbelsäule; BWS= Brustwirbelsäule

3.3.3. Bestimmung der positiven Resultate einer Ausweichbewegung

Mit unserem Betreuer konnten wir eine Alternative zur Bestimmung eines positiven Resultates finden. Wir entschieden uns das Resultat der Kinect-Berechnung als AWB zu bewerten, wenn der Wert der Kinect-Berechnung höher als der dazugehörige SDC-Wert war. Den SDC der Brustwirbelsäule (BWS)-Extension und -Flexion generalisierten wir mit dem SDC-Wert des Kyphosiswinkels. Für die Bewegungen in der Translationsachse wie Kopftranslation, Schulterelevation und Schulterprotraktion fanden wir in Studien keinen SEM in der Einheit Meter.

Tabelle 4: Berechnung des SDC anhand des SEM, ICC und SD

<u>Bewegung</u>	<u>ICC</u>	<u>SD</u>	<u>SEM</u>	<u>SDC</u>
HWS-Flexion	0.2	6.76	6.05	16.77
HWS-Extension	0.09	2.94	2.81	7.77
HWS-Rotation links	0.01	3.09	3.08	8.53
HWS-Rotation rechts	-0.01	3.04	3.06	8.48
HWS-Lateralflexion rechts	-0.09	4.59	4.79	13.27
HWS-Lateralflexion links	-0.01	4.72	4.75	13.15
Kopf-Translation nach ventral	Nicht vorhanden			
Thorakaler-Kyphosis Winkel	0.96	2.4	0.48	1.33
Schulterelevation	Nicht vorhanden			
Schulterprotraktion	Nicht vorhanden			

HWS= Halswirbelsäule; ICC= intraclass correlation coefficient; SD= standard deviation; SEM= Standard error of measurement; SDC= smallest detectable difference (Ademoyegun et al., 2018; Quek, Brauer, Treleaven, & Clark, 2017)

3.4. Selbstversuch Kinect v2 und Datenanalyse

3.4.1. Software Development Kit

Mit dem Programm SDK lernten wir den Umgang mit der Kinect v2 kennen. Durch das Austesten der verschiedenen “Samples” erhielten wir folgende Erkenntnisse:

- Das “HD face basic” nahm die Lateralflexion, Rotation, Flexion und Extension der HWS gut wahr. Bei den EOR-Bewegungen wurden die letzten Grade der Bewegung vom Programm nicht richtig wahrgenommen. Obwohl sich die Versuchsperson im EOR befand, bewegte sich die “HD face-Animation” im SDK nicht weiter. Die Bewegung wurde gestoppt. Beim Zurückkehren in die ASTE, startete die Bewegung mit einer Verzögerung. Unsere Vermutung für das frühzeitige Stoppen der Bewegung basiert darauf, dass die Kinect die Bewegungen nur so lang wahrnimmt, wie das vollständige Gesichtsfeld im Sensor erkennbar ist.
- Das “Body basic D2D” nahm die Bewegungen der oberen Extremitäten gut wahr. Jedoch erkannte es Bewegungen der Schulter wie Schulter elevation und Schulterdepression nur sehr schwach.
- Im “Kinect Studio” arbeiteten wir mit der 3D-Ansicht. Hier traten die gleichen Probleme wie bei “Body Basic D2D” auf. Im Kinect Studio konnte man zusätzlich die Körperanimation des Strichmännchens in 3D darstellen. Diese Funktion verbesserte die visuelle Vorstellung der Bewegung.

Visuell war sichtbar, dass die Rotations-, Extensions- und Flexionsbewegung des Kopfes im EOR im Vergleich zur Versuchsperson nicht identisch wahrgenommen wurde. Die Bewegung wurde im Programm SDK frühzeitig gestoppt. Aufgrund dieser Resultate kamen wir zum Schluss, die Software SDK nicht für den weiteren Verlauf unserer Bachelorarbeit zu verwenden. Durch verschiedene Internetrecherchen wurden wir auf die Software Brekel pro Body v2 aufmerksam.

3.4.2. Brekel pro Body v2

Im ersten Schritt lernten wir die Testversion von Brekel pro Body v2 kennen. Hier stellten wir visuell fest, dass die Schulter- und EOR-Bewegungen des Nackens im Vergleich zum Programm SDK besser wahrgenommen wurden. Die Bewegungen wie Nacken-Extension, -Flexion, -Rotation- Lateralflexion wurden visuell im Programm Brekel pro Body v2 im Vergleich zum SDK weniger häufig gestoppt. Zusätzlich versprach die Beschreibung des Programmes eine bessere Wiedergabe der Rotation durch eine verbesserte v2-Tiefenangabe. Die Aufnahmen von Brekel konnten in ein CSV-Format

gespeichert werden (Brekel, 2019a). Diese Funktion ermöglichte uns die Auswertung der Daten im Excel. Aus diesen Gründen entschieden wir uns zum Kauf der Vollversion, um Zugriff auf alle Funktionen zu erhalten. Bei Unklarheiten zur Achsenbeschriftung, zu den Achsenbewegungen und zur Definition der Werte des Programmes Brekel pro Body v2 recherchierten wir in einem Internetforum von Brekel pro Body v2. Zusätzlich stellten wir in diesem Forum verschiedene Fragen zu unterschiedlichen Programmierungen von Brekel pro Body v2 (Brekel, 2019b).

3.4.3. Definition der Variabel

Die Abbildung 6 zeigt unsere erstellte Legende zu den Skelettpunkten von Brekel pro Body v2.

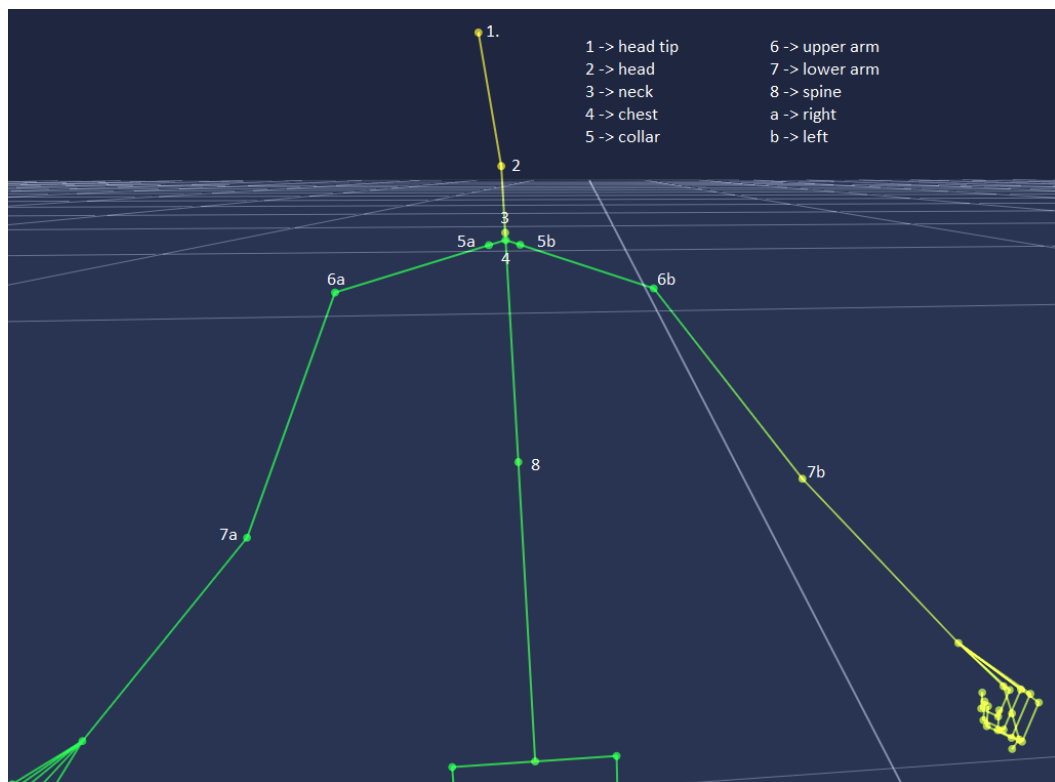


Abbildung 6: Beschriftung der Brekel-Skelettpunkte; Quelle: Furrer & Theler

In der Tabelle 5 wird beschrieben, welche Bewegung in der Translations- “t” und welche in der Rotationsachse “r” stattfand. Zusätzlich ist dargestellt, in welchen Achsen (x,y,z) bewegt wurde. In der Tabelle 5 ist ebenfalls ersichtlich, wann ein Wert in den positiven “+” und negativen “-” Bereich fiel. Unsere Behauptungen wurden durch die verschiedenen Messungen bestätigt. Bei den Translationsbewegungen “t” wie Kopftranslation, Schulterelavation und Schulterprotraktion waren die Resultate nicht eindeutig. Bei diesen drei Bewegungen konnten wir nicht bestimmen, wann ein Wert in den positiven und negativen Bereich fiel.

Tabelle 5: Beschreibung der Achse und des Endwertes der verschiedenen AWB

<u>Bewegung</u>	<u>Achse</u>	<u>Endwert</u>
HWS-Flexion	Head rx	+
HWS-Extension	Head rx	-
HWS-Rotation rechts	Head ry	-
HWS-Rotation links	Head ry	+
HWS-Lateralflexion rechts	Head rz	+
HWS-Lateralflexion links	Head rz	-
Kopf-Translation nach ventral	Head tz	Nicht eindeutig
Schulterelevation	Collar ty	Nicht eindeutig
Schulterprotraktion	Collar tz	Nicht eindeutig
BWS-Extension	Waist rx	-
BWS-Flexion	Waist rx	+

Rx= Rotation in der x-Achse, ry= Rotation in der y-Achse, rz= Rotation in der z-Achse, tx= Translation in der x-Achse, ty= Translation in der y-Achse, tz= Translation in der z-Achse, “+”= Wert fällt in den positiven Bereich, “-”= Wert fällt in den negativen Bereich, BWS= Brustwirbelsäule; HWS= Halswirbelsäule

3.4.4. Vergleich Kinect v2 mit Kinovea

In Tabelle A2 (im Anhang) sind die endgültig von uns definierten Marker zur Durchführung der Kinovea-Messung ersichtlich. Zusätzlich sind die jeweiligen Kamerapositionen aufgeführt.

Datenanalyse zum Vergleich Kinect und Kinovea

Die Tabelle 6 beschreibt den Mittelwert, den SD sowie den kleinsten und den grössten Wert von fünf Messungen einer bestimmten Bewegung im Vergleich Kinect und Kinovea. Diese Werte wurden bei einer Rotationsbewegung in Grad und bei einer Translationsbewegung in Zentimeter angegeben.

Die Tabelle 6 sagt aus, dass die Flexion der HWS und die Schulterelevation einen höheren SD aufwiesen. Die Differenz des kleinsten und grössten Wertes von den Bewegungen HWS Flexion und Schulterelevation im Vergleich zu den anderen Bewegungen war grösser. Bei der Rotation der HWS nach rechts und der Translation des Kopfes nach ventral war der SD im Vergleich zu den anderen Bewegungen kleiner. Im Anhang befindet sich die Tabelle A3 und A4 mit den verschiedenen Ergebnissen der Messungen

zum Vergleich Kinect und Kinovea. Der Unterschied der jeweiligen Bewegung ergab sich aus der Differenz des Resultates von Kinect und derjenigen von Brekel pro Body v2.

Tabelle 6: Berechnung zum Vergleich Kinect v2 mit Kinovea

Bewegung	Mittelwert	SD	Kleinster Wert	Grösster Wert
HWS-Extension	2.02	1.84	0.5	5
HWS-Flexion	4.24	2.39	1.6	7.7
HWS-Lateralflexion rechts	0.86	0.99	0	2.5
HWS-Rotation rechts	2.62	0.48	2	3.2
BWS-Flexion	1.1	0.74	0	2
BWS-Extension	0.7	0.57	0	1.5
Kopf-Translation nach ventral	1.8	0.5	1.16	2.51
Schulterelevation	7.4	2.58	4.2	10.96
Schulterprotraktion	1.56	1.42	0.04	3.52

HWS= Halswirbelsäule; BWS= Brustwirbelsäule; SD=standard deviation

3.4.5. Durchführung von Bewegungskontrolltests

Um die Messungen mit Kinect der Bewegungskontrolltests durchzuführen, wurden verschiedene Grundeinstellungen verändert. Durch den Erstversuch von Kinect passten wir diese so an, damit sie für unser Entwicklungsprojekt von Vorteil waren (kinju, 2018). *Align with floor*: Diese Einstellungen ermöglichte uns, die Kinect in der neutralen Position einzustellen.; *Frustrum*: Diese Einstellung diente dazu, mit der visuellen Darstellung zu prüfen, ob sich die Versuchsperson im Blickfeld der Kamera befand.; *Camera follow*: Diese Einstellung ermöglichte die visuelle Verfolgung der Skelettanimation.; *Smoothing*: Ein tiefer Smoothing-Wert verringerte das Rauschen, das während den Aufnahmen vorkommen konnte. Es erhöhte jedoch die Verzögerung der Aufnahmen und entfernte einige Details. Daher setzten wir diesen Wert auf 2. Bei der automatischen Einstellung von Brekel pro Body v2 war der Wert bei 3.; *Responsiveness*: Diese Einstellung reduzierte die Verzögerung. Das Rauschen wurde jedoch verstärkt. Daher setzten wir diesen Wert auf 1.; *Roll smoothing strength*: Diesen Wert setzten wir von 3 auf 1.5. Diese Funktion entfernte das Rauschen und einige Daten.; *Automatic Exposure*: Diese Einstellung entfernten wir, da dies für das Bodytracking nicht nötig war.; *Finger pose tracking*: Diese Einstellung war für unsere Messungen nicht relevant. Daher wurde diese Einstellung entfernt.

Datenanalyse zur Durchführung von Bewegungskontrolltests

Nachfolgend zwei Beispiele der Datenanalyse von Kinect in einem Excel-Diagramm mit den "Screenshots" der dazugehörigen Videoaufnahmen.

a) Lateralflexion links HWS mit AWB Extension HWS 1

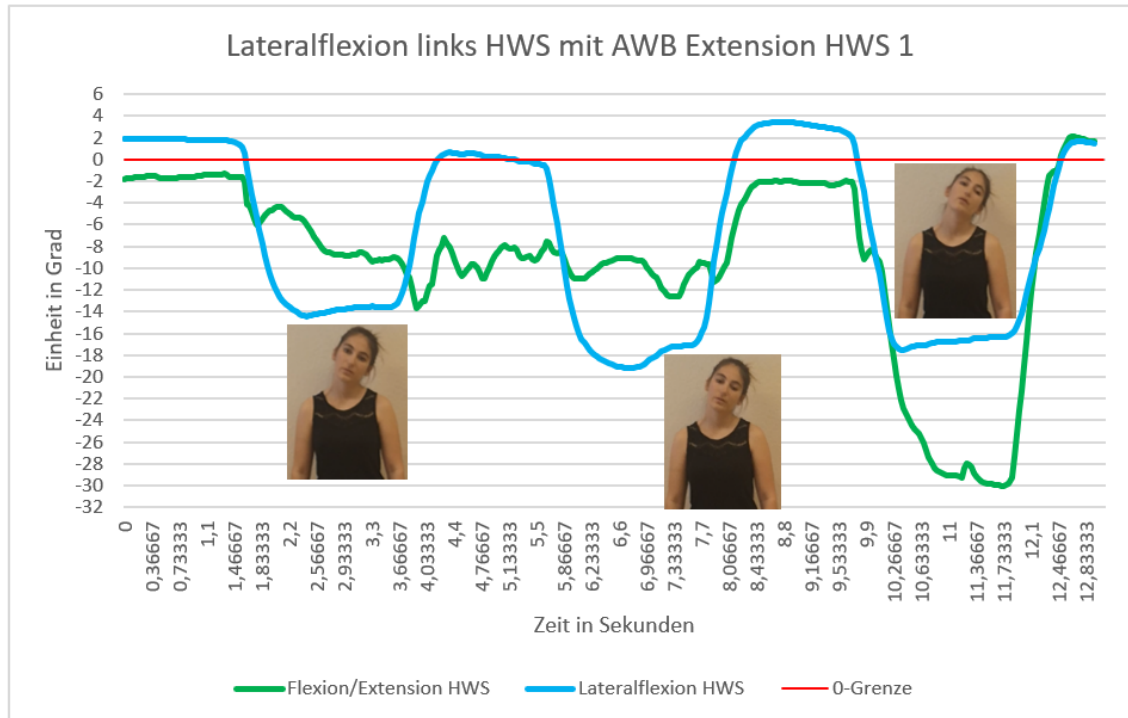


Abbildung 7: Lateralflexion links HWS mit AWB Extension HWS 1; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Lateralflexion nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen.

Ausweichbewegung:

Der SDC der AWB in Extension war vorhanden.

1. Bewegung: Bei der ersten Bewegung war der berechnete Kinect-Wert der Bewegung in Extension kleiner als der SDC-Wert der Extension; deswegen fand keine AWB in Extension statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Extension fest.

Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

2. Bewegung: Bei der zweiten Bewegung war der berechnete Kinect-Wert der Bewegung in Extension kleiner als der SDC-Wert der Extension; deswegen fand keine AWB in Extension statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Extension fest.

Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

3. Bewegung: Bei der dritten Bewegung war der berechnete Kinect-Wert der Bewegung in Extension grösser als der SDC-Wert in Extension; deswegen fand eine AWB in Extension statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Extension fest.

Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

b) Rotation links HWS mit AWB Extension HWS 1

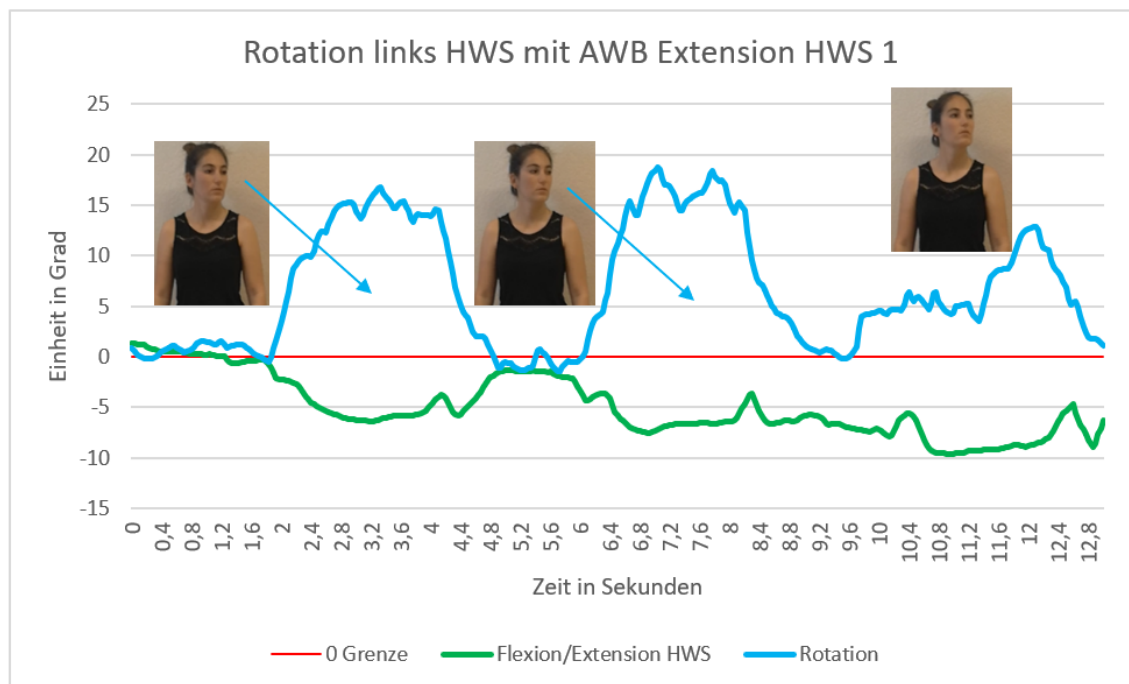


Abbildung 8: Rotation HWS links mit AWB Extension HWS 1

Hauptbewegung: Die Rotation nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen.

Ausweichbewegung: Der SDC der AWB in Extension war vorhanden.

1. Bewegung: Bei der ersten Bewegung war der berechnete Kinect-Wert der Bewegung in Extension kleiner als der SDC-Wert der Extension; deswegen fand keine AWB in Extension statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Extension fest.

Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

2. Bewegung: Bei der zweiten Bewegung war der berechnete Kinect-Wert der Bewegung in Extension kleiner als der SDC-Wert der Extension; deswegen fand keine AWB in Extension statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Extension fest.

Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

3. Bewegung: Bei der dritten Bewegung war der berechnete Kinect-Wert der Bewegung kleiner als der SDC-Wert der Extension; deswegen fand keine AWB in Extension statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Extension fest.

Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte.

Im Anhang befinden sich die restlichen Resultate der Diagramme zu Schritt A und B der Bewegungskontrolltests (9.4 Bewegungskontrolltests).

Datenanalyse Hierarchische Diagramme

Wir erstellten zu jeder Bewegungsamplitude ein hierarchisches Diagramm. Wir führten 26 Messungen in jeweils drei verschiedenen Bewegungsamplituden durch. Bei 12 Messungen war kein SDC vorhanden. Deswegen wurden nur 14 Messungen bewertet.

1. Bewegung: Bei der ersten Bewegung hat die Versuchsperson bewusst keine AWB ausgeführt. Von 14 Messungen war der Wert der Kinect-Auswertungen der AWB bei 12 Messungen kleiner als der dazugehörige SDC. Bei der Videoanalyse wurde visuell von diesen 12 Messungen bei acht Messungen ebenfalls keine AWB festgestellt. Somit wiesen acht von 14 Messungen das gleiche Resultat auf, weil weder bei der Videoanalyse noch bei der Datenanalyse von Kinect eine AWB stattgefunden hat.

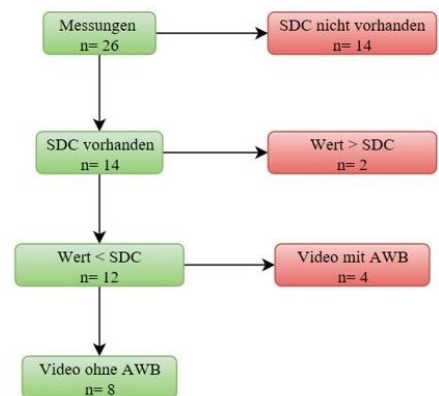


Abbildung 9: Hierarchie der 1. Bewegung (ohne AWB)

2. Bewegung: Während der zweiten Bewegung hat sich die Versuchsperson die AWB vorgestellt, um eine minimale AWB auszuführen. Von 14 Messungen waren bei drei Messungen der Wert der Kinect-Auswertung der AWB höher als der dazugehörige SDC. Bei der Videoanalyse wurde visuell von diesen drei Messungen bei einer Messung ebenfalls eine AWB festgestellt. Somit wies eine von 14 Messungen das gleiche Resultat bei der Datenanalyse von Kinect wie auch bei der Videoanalyse auf.

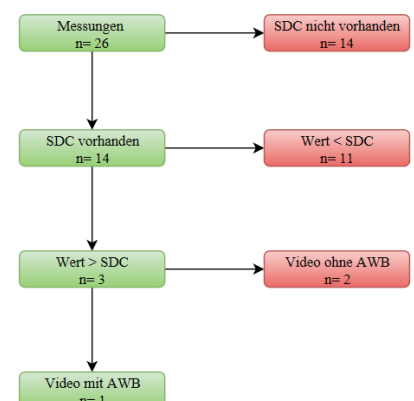
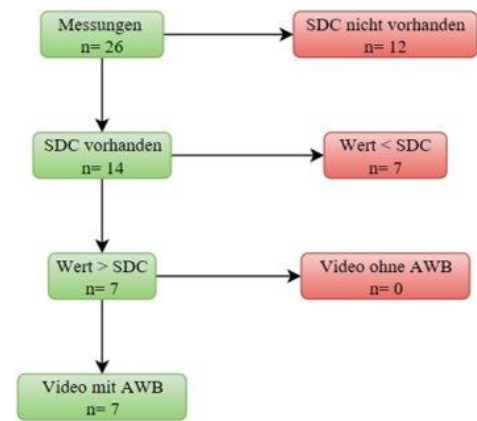


Abbildung 10: Hierarchie der 2. Bewegung (AWB vorstellen)

3. Bewegung: Von 14 Messungen waren bei sieben Messungen der Wert der Kinect-Auswertung der AWB höher als der dazugehörige SDC. Bei den verbliebenen sieben Messungen stellten wir in der Videoanalyse zu jeder dieser sieben Messungen visuelle eine AWB fest. Sieben von 14 Messungen zeigten bei der Kinectdaten- wie auch bei der Videoanalyse eine AWB auf.



Die einzelnen Auswertungen für die Kinectdaten- und Videoanalysen, die zur Erstellung des hierarchischen Diagramms dienten, befinden sich im Anhang (9.4.3 Hierarchisches Diagramm).

Abbildung 11: Hierarchie der 3. Bewegung (mit AWB)

4. Diskussion

Dieses Entwicklungsprojekt verwirklichten wir anhand einer Literatursuche zur Untersuchung der Nackenbewegungen mit der Kinect v2 und verschiedenen Selbstversuchen mit drei Bewegungskontrolltests für den Nacken.

4.1. Zusammenfassung der Resultate

4.1.1. Vergleich Kinect v2 mit Kinovea

Unsere erste Hypothese kann durch unser Entwicklungsprojekt nicht bestätigt werden, da nur die Kopftranslation und HWS-Rotation laut unseren Resultaten am sichersten wahrgenommen wurde. Im Allgemeinen kann das Resultat weder als positiv noch negativ bewertet werden. Es existiert kein Vergleichswert, der die Differenz der Resultate von Kinect und Kinovea als zu gross oder zu klein bewerten lies. Das Resultat zum Vergleich Kinect und Kinovea ist zu wenig aussagekräftig, da wir nur fünf Werte pro Bewegung zum Vergleich hatten. Dies waren zu wenige, um einen aussagekräftigen Bland-Altman-Plot darzustellen. Mit den fünf Werten der Differenz einer Bewegung berechneten wir den Mittelwert, den SD sowie den kleinsten und grössten Wert.

4.1.2. Durchführung Bewegungskontrolltests

Unsere zweite Hypothese bestätigte sich ebenfalls nicht vollständig, da die AWB nur bei der Hälfte der Messungen von Kinect wahrgenommen wurde. Bei der ersten Bewegung führte die Versuchsperson keine AWB bei der Durchführung von den drei Bewegungskontrolltests durch. Das Resultat zeigt auf, dass bei acht der 14 gültigen

Messungen weder bei der Datenanalyse von Kinect noch bei der Videoanalyse eine AWB wahrgenommen wurde. In der Videoanalyse (Tabelle A5) wurde bei fünf von 14 Messungen bei der ersten Bewegung eine sichtbare AWB festgestellt. Dadurch, dass die Versuchsperson die Aufgabenstellung falsch ausgeführt hat, hat dies ein Einfluss auf das Resultat der ersten Bewegung.

Bei der zweiten Bewegung war das Ziel, eine minimale AWB durchzuführen. Eine von 14 Messungen zeigten auf, dass die Berechnung der Kinectdaten- wie auch die Videoanalyse eine AWB feststellte. Die Videoanalyse der zweiten Bewegung ergab, dass bei elf Messungen visuelle keine AWB ersichtlich war. Bei der Kinectdatenanalyse waren elf berechnete Werte kleiner als der dazugehörige SDC-Wert. Der Grund ist, dass die Aufgabenstellung von den Autoren falsch interpretiert wurde. Zusätzlich könnten die SDC-Werte für minimale Bewegungen zu hoch sein.

Bei der dritten Bewegung führte die Versuchsperson bei der Durchführung der drei Bewegungskontrolltest die jeweilige AWB durch. Bei allen gültigen Messungen wurde bei der Videoanalyse eine sichtbare AWB festgestellt. Bei sieben von 14 Messungen erkannte die Kinect eine AWB. Bei den restlichen sieben Messungen könnte der Grund ein erhöhter SDC-Wert sein, der den tiefen Kinect-Wert nicht als AWB erkennen liess. Zur Verwirklichung unseres Entwicklungsprojektes wurden drei von 19 Bewegungskontrolltests ausgewertet. Darunter wurde keine der drei Test verwendet, die laut Elsig (2014) für die Praxis als am geeignetsten bezeichnet wurden. Aufgrund der Ein- und Ausschlusskriterien wurden diese aussortiert.

Im Vergleich zur Tabelle 5 zeigte sich, dass während der Kinectdatenanalyse die HWS-Flexion als AWB bei der Durchführung von Bewegungskontrolltests in den positiven wie auch in den negativen Bereich fiel. Deswegen entstand die Vermutung, dass die Kinect Mühe hat, die Flexion in einer kleinen Amplitude zur erkennen. Ausserdem wurde in der Datenanalyse von Kinect ersichtlich, dass die Kopftranslation und Schultererelevation als AWB bei der Durchführung von Bewegungskontrolltest im Vergleich zur Tabelle 5 von der Kinect eindeutiger gemessen wurden. (Tabelle A1)

4.2. Limiten des Entwicklungsprojektes

Durch die unterschiedlichen Definitionen zum Thema sensomotorisches System, Propriozeption und Bewegungskontrolle einigten wir uns auf die von unserer Expertin empfohlene Definition. Um diese Definition eindeutig zu belegen, hätten wir eine Zweitmeinung einholen sollen. Unser Entwicklungsprojekt erarbeiteten wir nicht vollständig nach der Definition der Scrum-Methode. Wir führten verschiedene Meetings

durch. Der Ablauf der Meetings wurde nicht immer nach den Zielen der Sprints, wie Gloger (2018) definierte, abgehalten. Wäre die Anwendung des Ablaufes der Ziele in den Treffen besser berücksichtigt worden, wären die Meetings effizienter ausgefallen und die Ziele klarer aufgelistet worden.

Der Produktionsstopp der Kinect v2 (Bauer, 2017) erschwerte uns die Suche nach dem Sensor inklusive des Zubehöres. In der Literatur wird hauptsächlich die Kinect v2 zur Beurteilung des Nackens benutzt (Allahyari et al., 2017; Song et al., 2016). Aus diesem Grund entschieden wir uns dennoch unserer Thesis mit einer Kinect v2 zu prüfen. Ein Vergleich mit einem Kinect ähnlichem Gerät wie z. B. Orbbec, Stereolabs Zed und VicoVR (pterneas, 2017) würde das Resultat beim Vergleich Kinect und Kinovea spezifischer auswerten.

Das Austesten von zwei Programmen (SDK, Brekel) am Anfang unseres Entwicklungsprojektes nahm viel Zeit in Anspruch. Bei einer schnelleren Ermittlung eines geeigneten Programmes, wären mehr Messungen möglich gewesen und das Resultat wäre aussagekräftiger ausgefallen. Mit einem Informatikexperten hätte man die passenden Einstellungen schneller gefunden. Durch die damit eingesparte Zeit hätte man die Anzahl der Messungen erhöhen können. Damit wäre das Resultat bedeutungsvoller geworden.

Zur Software Brekel pro Body v2, die uns zur Realisierung unseres Entwicklungsprojektes diente, fanden wir nur wenige wissenschaftliche Studien und Informationen. Die Dokumentation des Herstellers über das Programm Brekel pro Body v2 (kinju, 2018) beinhaltete nicht alle für uns relevanten Informationen zur Realisierung unseres Entwicklungsprojektes. Diese fehlenden Informationen testeten und ergänzten wir eigenständig ohne wissenschaftliche Evidenz, was eine Beeinflussung des Resultates zur Folge haben kann.

Da wir die Fix- und Drehpunkte zur Messung mit Kinovea ohne wissenschaftliche Evidenz bestimmten, konnte es zu Messfehlern mit der Videoanalyse Kinovea kommen. Im Vergleich Kinect und Kinovea führten wir zu wenige Messungen durch, damit man das Resultat als aussagekräftig bewerten könnte. Mit mehr Messungen wäre ein Vergleich in einem Bland-Altman-plot möglich gewesen. Ausserdem führten wir den Vergleich nur mit einer Versuchsperson durch und die Auswertung wurde nur von ein bis zwei Physiotherapie-Studenten vollzogen.

Die Messungen der Bewegungskontrolltests wurden nur an einer Versuchsperson ohne Untersuchung von Nackenbeschwerden durchgeführt.

In der Literatur existiert bis dato keine Definition, ab welchem Zeitpunkt eine Bewegung als AWB bei der Durchführung von Bewegungskontrolltests des Nackens stattfindet. Wäre die Definition der AWB in der Literatur vorhanden, könnte das Resultat unserer Arbeit spezifischer und realitätsnäher angesehen werden. Das Resultat der Bewegungen Flexion und Lateralflexion der HWS sollte wegen des hohen SDC-Wertes mit Vorsicht interpretiert werden. Der fehlende SDC-Wert bei den Bewegungen der Translationsachse brachte einen Verlust von 12 Messungen pro Bewegung.

Die Berechnung der Kinect-Werte, welche sich aus der Differenz von der ASTE und der ESTE zusammenstellte, muss mit Vorsicht betrachtet werden. Es war im Excel-Diagramm nicht immer klar ersichtlich wann eine Bewegung startete und endete. Dies kann das Resultat beeinflussen.

Die Bewegungsvorstellung kann als eine Vorbereitung der Bewegung dienen (Jeannerod, 1994). Bei der zweiten Bewegung stellte sich die Versuchsperson die AWB nur vor. Unser Ziel war es, eine minimale AWB darzustellen. In der späteren Analyse entdeckten wir, dass die Versuchsperson diese Anleitung nicht immer umsetzen konnte. Zusätzlich war die Annahme, dass eine minimale Bewegung bei der Bewegungsvorstellung zustande kommt, von uns falsch reflektiert. Laut der Studie von Dettmers & Nedelko (2011) findet bei der Bewegungsvorstellung keine Bewegung statt. Daher war die Aufgabenstellung für unser Entwicklungsprojekt nicht vorteilhaft. Wäre man also bei der Bewegungsvorstellung von keiner AWB (Abbildung A43) ausgegangen, hätten neun von 14 Messungen aufgezeigt, dass die Berechnungen der Kinect-Daten wie auch die Videoanalyse keine AWB feststellten (Tabelle A5). Zudem kommt hinzu, dass der SDC-Wert für eine minimale AWB zu hoch sein könnte.

Bei der Hierarchie der dritten Bewegung, bei welcher die Versuchsperson eine AWB durchführt, fallen sieben Messungen weg. Der Grund ist, dass die von Kinect gemessenen Bewegungen kleiner als der dazugehörige SDC bewertet wurden. Von diesen sieben Messungen waren vier Messungen mit der AWB Flexion der HWS, zwei mit der AWB Lateralflexion der HWS und eine mit der AWB Extension der HWS. Der SDC ist bei der HWS-Flexion bei 16.77 und der HWS-Lateralflexion bei 13.27 Grad. Diese SDC-Werte sind deutlich höher als bei den anderen AWB. Bei der Videoanalyse war bei diesen sechs Messungen der HWS-Flexion und HWS-Lateralflexion während der dritten Bewegung eine kleine bis mittlere AWB sichtbar. Aufgrund des hohen und für uns teils unrealistischen SDC-Wertes könnte dies einen negativen Einfluss auf das Resultat der dritten Bewegung haben. Deswegen liegt das Problem eher nicht bei der Kinect, sondern

am erhöhten SDC. Während der Datenanalyse von Kinect im Excel bemerkten wir verschiedene Bewegungen in für uns nicht relevanten Achsen. Diese Informationen wurden nicht in unsere Datenanalyse integriert. Bei einer Analyse dieser Informationen hätte man noch zusätzliche Informationen zu den Werten entdecken können.

Dieses Entwicklungsprojekt zeigt kein Resultat für die Reliabilität auf, da wir bei der Endmessung nur zwei Resultate zu jedem Test bewertet haben. Bei der Analyse der Videoanalyse traten unterschiedliche Meinungen bei den Auswertern auf. Beide Auswerter nahmen die AWB visuell unterschiedlich wahr. Bei der Beurteilung der Videos durch mehrere Physiotherapeuten könnte das Resultat aussagekräftiger bewertet werden. Die Handykamera wurde während allen Messungen frontal von der Versuchsperson platziert. Dies erschwerte die Videoanalyse einiger AWB bei der Durchführung der Bewegungskontrolltests. Wäre bei der HWS-Flexion, HWS-Extension und Schulterprotraktion die Kameraposition lateral der Versuchsperson gewesen, hätte man die AWB visuell deutlicher bestimmen können. Das Resultat zur Durchführung der drei ausgewählten Bewegungskontrolltests kann nicht auf die restlichen 19 Bewegungskontrolltests übertragen werden. Mit unserem Entwicklungsprojekt konnten wir wenige Vergleiche mit anderen Studien ziehen, da bis dato keine wissenschaftliche Studie existiert, die die Bewegungskontrolltests des Nackens mit einer Kinect v2 analysierte.

4.3. Stärken unseres Entwicklungsprojektes

Unsere Methode, die wir nach der Scrum-Methode durchführten, ermöglichte uns die schrittweise Erarbeitung unseres Entwicklungsprojektes. Durch dieses Vorgehen konnten wir die Arbeitsschritte fortlaufend anpassen und somit das Bestmögliche aus den Selbstversuchen herausholen. Mit dem Kauf von Brekel pro Body v2, das während der Rotation eine bessere v2-Tiefenangabe verspricht (Brekel, 2019a), fanden wir ein Programm, das zu unserem Entwicklungsprojekt passte. Eine grosse Stärke unserer Arbeit war, dass wir durch verschiedene Selbstversuche die für uns unklaren Werte eigenständig analysieren und anschliessend bestätigen konnten. Die Unklarheiten von Brekel pro Body v2 konnten wir durch ein Internetforum grösstenteils bereinigen. Dies kompensierte unser nicht vorhandenes Informatikwissen (kinju, 2018). Durch die Bestimmung der AWB durch den SDC fanden wir eine gute Alternative, um zum Ziel unserer Arbeit zu gelangen. Die Hauptbewegung des Bewegungskontrolltests führte die Versuchsperson nur so weit aus, dass nur die definierte AWB auftrat. So wurde verhindert, dass keine zusätzlichen Kompensationen auftraten. Unser Entwicklungs-

projekt zeigte gleiche Erkenntnisse auf wie die Studie von Allahyari (2017) und Song (2016). Durch unsere Selbstversuche fanden wir heraus, dass die Lateralflexion des Nackens von Kinect v2 gut wahrgenommen wurde. Unser Entwicklungsprojekt stellt einen Erstversuch mit einer Kinect v2 für ein Messgerät zur Beurteilung der AWB bei der Durchführung von Bewegungskontrolltests dar. Dieser Zusammenhang wurde in der Literatur, laut unserem Wissensstand, bis dato nicht behandelt.

Durch unser Entwicklungsprojekt konnten wir aufzeigen, dass Kinect die verschiedenen Bewegungen bei der Durchführung von Bewegungskontrolltests erkannte, jedoch mit einigen Ungenauigkeiten. Unsere Arbeit kann als Grundlage für die weitere Erarbeitung zur Messung der Bewegungskontrolltests mit Kinect angesehen werden.

4.4. Anwendbarkeit unserer Resultate in der Praxis

Durch unsere Erfahrungen während des Entwicklungsprojektes können wir sagen, dass Kinect eine Zukunft in der Physiotherapie hat. Mit den aufgelisteten Limiten ist die Kinect jedoch für die Beurteilung der Bewegungskontrolltests noch zu wenig entwickelt. Ab August 2019 wird ein von Kinect abstammendes Produkt von Microsoft in Zusammenarbeit mit Azure auf dem Markt erhältlich sein. Die Hersteller versprechen sich bei diesem Produkt eine Anwendung im Gesundheitswesen wie auch in den Biowissenschaften. Azure bietet die Möglichkeit, die Physiotherapie zu erweitern und hilft dem Patienten zu einer rascheren Heilung mit Echtzeitfeedback auf der Basis des Bodytrackings. Jedoch ist noch nicht klar, wann die Funktion des Bodytrackings auf dem Markt verfügbar ist (Microsoft, 2019a).

Durch eine neue Kinect könnte das Gerät in der Physiotherapie zur Beurteilung der Bewegungskontrolltests angewendet werden. Hier zeigt unser Entwicklungsprojekt einen guten Ansatz. Dies würde die Voraussetzungen für die Beurteilung der Bewegungskontrolltests generalisieren, und somit könnte die Intertester-Reliabilität wie auch die Intratester-Reliabilität verbessert und die Messungen in der Physiotherapie einheitlich durchgeführt werden. Die fortschreitende Digitalisierung gibt im Alltag den Takt an. Die Physiotherapie, die eher manuell dominant ist, kann sich für Technologien entscheiden und sich dabei in der digitalen Welt weiterentwickeln. Ein Beispiel in der Digitalisierung in der Physiotherapie sind die elektronischen Patientendossiers. (Paillex, 2017) Messungen der Bewegungen mit der Kinect könnten in der Physiotherapie einen weiteren Schritt in die Digitalisierung sein.

4.5. Wissenschaftliche Weiterverwendung

Die nächsten möglichen Schritte für dieses Entwicklungsprojekt könnten wie folgt aussehen: Die Reliabilität der verschiedenen Messungen bei der Durchführung von Bewegungskontrolltests testen; Die Beurteilung der AWB in den Videoaufnahmen durch verschiedene Physiotherapeuten und das Austesten der Messungen mit Kinect an verschiedenen Patienten, die Probleme bei der Bewegungskontrolle des Nackens aufweisen.

5. Schlussfolgerung

Wir erstellten ein Entwicklungsprojekt, mit dem Ziel herauszufinden, ob Kinect die verschiedenen AWB bei der Durchführung von Bewegungskontrolltests des Nackens erkennt. Dieses Ziel erreichten wir nur teilweise.

Einige Resultate unseres Entwicklungsprojektes müssen mit Vorsicht interpretiert werden. Es wurden nur wenige Messungen analysiert, diese wurden nur an einer Versuchsperson durchgeführt. Ebenfalls kam es zu unterschiedlichen Meinungen in der visuellen Videoanalyse. Zusätzlich konnten wir die AWB nur anhand des SDC definieren. Dies kann einen Einfluss auf das Resultat haben.

Durch die Erfahrungen unseres Entwicklungsprojektes kamen wir zur Erkenntnis, dass Kinect das Potenzial hat, in die Physiotherapie aufgenommen zu werden. Jedoch kann Kinect v2 mit den momentanen Grundvoraussetzungen nicht zur Beurteilung der Bewegungskontrolltests des Nackens angewendet werden. Unser Entwicklungsprojekt kann als gute Grundbasis für eine nächste Bachelorarbeit angesehen werden.

Das Entwicklungsprojekt ermöglichte uns, unser Grundwissen in Bezug zum Nacken und Bewegungskontrolle des Nackens zu erweitern. Zudem konnten wir Kinect v2 durch unsere Bachelorarbeit kennenlernen und austesten. Somit konnten wir Erfahrungen in der zukünftigen Digitalisierung in der Physiotherapie gewinnen. Ab Ende August 2019 wird eine neue Version der Kinect, die Kinect v4 (Azure), auf dem Markt verfügbar sein. Bei dieser Version verspricht der Hersteller eine Anwendung in der Physiotherapie (Microsoft, 2019a). Zur Weiterentwicklung unserer Bachelorarbeit könnte die Kinect v4 ein vielversprechendes Gerät sein.

6. Bibliographie

- Ademoyegun, A. B., Egwu, M. O., & Mbada, C. E. (2018). Concurrent validity and reliability of the Microsoft kinectTM device in cervical spine range of motion assessment. *Archives of Physiotherapy & Global Researches*, 22(4).
- Allahyari, T., Sahraneshin Samani, A., & Khalkhali, H.-R. (2017). Validity of the Microsoft Kinect for measurement of neck angle: comparison with electrogoniometry. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 23(4), 524-532.
- Allofs, J., van Baal, K., Schwarz, F., Ehrenbrusthoff, K., & Hering, T. (2018). Intra- und Intertester-Reliabilität klinischer Tests zur Untersuchung der Bewegungskontrolle bei Patienten mit Nackenschmerzen: Systematischer Review. *physioscience*, 14(01), 22-33. <https://doi.org/10.1055/s-0044-100533>
- Ariëns, G. A., Bongers, P. M., Hoogendoorn, W. E., Houtman, I. L., van der Wal, G., & van Mechelen, W. (2001). High quantitative job demands and low coworker support as risk factors for neck pain: results of a prospective cohort study. *Spine*, 26(17), 1896-1901.
- Artz, N. J., Adams, M. A., & Dolan, P. (2015). Sensorimotor function of the cervical spine in healthy volunteers. *Clinical Biomechanics*, 30(3), 260-268. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2015.01.005>
- Baker, M., Collet, B., Fischer, A., Hermann, V., Huygen, F., & Trueman, P. (2010). Improving the current and future management of chronic pain. *A European Consensus Report*.
- Bauer, M. (2017, 26 octobre). Kinect am Ende: Microsoft stampft die Produktion ein. Repéré à <https://www.computerbild.de/artikel/cbs-News-Xbox-One-Kinect-Microsoft-5690861.html>
- Boyd-Clark, L. C., Briggs, C. A., & Galea, M. P. (2002). Muscle Spindle Distribution, Morphology, and Density in Longus Colli and Multifidus Muscles of the Cervical Spine: *Spine*, 27(7), 694-701. <https://doi.org/10.1097/00007632-200204010-00005>
- Bragança, S., Arezes, P., Carvalho, M., Ashdown, S. P., Castellucci, I., & Leão, C. (2018). A comparison of manual anthropometric measurements with Kinect-based scanned measurements in terms of precision and reliability. *Work*, 59(3), 325-339. <https://doi.org/10.3233/WOR-182684>

- Brekel. (2019a, 15 février). Brekel Pro Body v2. [wordpress]. Repéré à <https://brekel.com/brekel-pro-body-v2/>
- Brekel. (2019b, mars). Brekel Kinect.
- Carroll, L. J., Hogg-Johnson, S., van der Velde, G., Haldeman, S., Holm, L. W., Carragee, E. J., ... Cassidy, J. D. (2008). Course and Prognostic Factors for Neck Pain in the General Population: Results of the Bone and Joint Decade 2000 –2010 Task Force on Neck Pain and Its Associated Disorders. *European Spine Journal*, 17(S1), 75-82. <https://doi.org/10.1007/s00586-008-0627-8>
- Chamant, J. (2019). Kinovea. Repéré à <https://www.kinovea.org/>
- Childs, J. D., Cleland, J. A., Elliott, J. M., Teyhen, D. S., Wainner, R. S., Whitman, J. M., ... Torburn, L. (2008). Neck Pain: Clinical Practice Guidelines Linked to the International Classification of Functioning, Disability, and Health From the Orthopaedic Section of the American Physical Therapy Association. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 38(9), A1-A34. <https://doi.org/10.2519/jospt.2008.0303>
- Côté, P., Cassidy, J. D., & Carroll, L. (2003). The epidemiology of neck pain: what we have learned from our population-based studies. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 47(4), 284.
- Croft, P. R., Lewis, M., Papageorgiou, A. C., Thomas, E., Jayson, M. I., Macfarlane, G. J., & Silman, A. J. (2001). Risk factors for neck pain: a longitudinal study in the general population. *Pain*, 93(3), 317-325.
- danweayer124. (2019, 25 mai). Kinect for Windows v2 WIN EN/ZH/FR/JA/ES - like new model #1656. Repéré à [www](http://www.ebay.com).
- Darby, J., Sánchez, M. B., Butler, P. B., & Loram, I. D. (2016). An evaluation of 3D head pose estimation using the Microsoft Kinect v2. *Gait & Posture*, 48, 83-88. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.04.030>
- De Pauw, J., Mercelis, R., Hallemans, A., Michiels, S., Truijen, S., Cras, P., & De Hertogh, W. (2017). Cervical sensorimotor control in idiopathic cervical dystonia: A cross-sectional study. *Brain and Behavior*, 7(9), e00735. <https://doi.org/10.1002/brb3.735>
- Dettmers, C., & Nedelko, V. (2011). Mentales Training: Lernen durch Bewegungsvorstellung und -imitation. *neuoreha*, 3(01), 24-31. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1273064>

- Elsig, S., Luomajoki, H., Sattelmayer, M., Taeymans, J., Tal-Akabi, A., & Hilfiker, R. (2014). Sensorimotor tests, such as movement control and laterality judgment accuracy, in persons with recurrent neck pain and controls. A case-control study. *Manual Therapy*, 19(6), 555-561. <https://doi.org/10.1016/j.math.2014.05.014>
- El-Wardany, S. H., & El-Sayed, W. H. (2016). Interrater and Intrarater Reliability of Kinovea Computer Program in Measuring Cervical Range of Motion in Frontal Plane, 8.
- Elwardany, S. H., El-Sayed, W. H., & Ali, M. F. (2015). Reliability of kinovea computer program in measuring cervical range of motion in sagittal plane. *Open Access Library Journal*, 2(09), 1.
- Falla, D., Jull, G., Edwards, S., Koh, K., & Rainoldi, A. (2004). Neuromuscular efficiency of the sternocleidomastoid and anterior scalene muscles in patients with chronic neck pain. *Disability and rehabilitation*, 26(12), 712-717.
- Falla, D. L., Jull, G. A., & Hodges, P. W. (2004). Patients With Neck Pain Demonstrate Reduced Electromyographic Activity of the Deep Cervical Flexor Muscles During Performance of the Craniocervical Flexion Test: *Spine*, 29(19), 2108-2114. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000141170.89317.0e>
- Fejer, R., Kyvik, K. O., & Hartvigsen, J. (2006). The prevalence of neck pain in the world population: a systematic critical review of the literature. *European Spine Journal*, 15(6), 834-848. <https://doi.org/10.1007/s00586-004-0864-4>
- Feveile, H., Jensen, C., & Burr, H. (2002). Risk factors for neck-shoulder and wrist-hand symptoms in a 5-year follow-up study of 3,990 employees in Denmark. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 75(4), 243-251. <https://doi.org/10.1007/s00420-001-0298-9>
- Gloger, B. (2016). *Scrum: Produkte zuverlässig und schnell entwickeln* (5.). Germany : Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.
- Hogg-Johnson, S., Holm, L. W., Cassidy, J. D., Guzman, J., Cote, P., Haldeman, S., ... Peloso, P. (2008). The Burden and Determinants of Neck Pain in the General Population. *Eur Spine J*, 13.
- Jamhoury, L. (2018, 23 juillet). Understanding Kinect V2 Joints and Coordinate System.
- Jeannerod, M. (1994). The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain sciences*, 17(2), 187-202.

- Jull, G., Kristjansson, E., & Dall'Alba, P. (2004). Impairment in the cervical flexors: a comparison of whiplash and insidious onset neck pain patients. *Manual Therapy*, 9(2), 89-94. [https://doi.org/10.1016/S1356-689X\(03\)00086-9](https://doi.org/10.1016/S1356-689X(03)00086-9)
- kinju. (2018, 19 juillet). BREKEL KINECT PRO BODY V2.
- Kristjansson, E., & Treleaven, J. (2009). Sensorimotor Function and Dizziness in Neck Pain: Implications for Assessment and Management. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 39(5), 364-377. <https://doi.org/10.2519/jospt.2009.2834>
- Lachat, E., Macher, H., Mittet, M., Landes, T., & Grussenmeyer, P. (2015). First experiences with Kinect v2 sensor for close range 3D modelling. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(5), 93.
- Liu, J.-X., Thornell, L.-E., & Pedrosa-Domellöf, F. (2003). Muscle Spindles in the Deep Muscles of the Human Neck: A Morphological and Immunocytochemical Study. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, 51(2), 175-186. <https://doi.org/10.1177/002215540305100206>
- Luomajoki, H., & Ernst, M. (2017). Nackenschmerzen: Befund, Unterteilung und Therapie. *Physioactive*, 2017(1), 7-14.
- Luomajoki, H., & Hilfiker, R. (2018). Bewegungskontrolldysfunktion der HWS. *manuelletherapie*, 22(05), 241-247.
- Luomajoki, H., Kool, J., De Bruin, E. D., & Airaksinen, O. (2007). Reliability of movement control tests in the lumbar spine. *BMC musculoskeletal disorders*, 8(1), 90.
- Maiberg, E. (2014, 6 juillet). Microsoft Store Lists Kinect for Windows v2 for \$200, July 15 Release Date. Repéré à <https://www.gamespot.com/articles/microsoft-store-lists-kinect-for-windows-v2-for-20/1100-6420935/>
- Mentiplay, B. F., Clark, R. A., Mullins, A., Bryant, A. L., Bartold, S., & Paterson, K. (2013). Reliability and validity of the Microsoft Kinect for evaluating static foot posture. *Journal of Foot and Ankle Research*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/1757-1146-6-14>
- Microsoft. (2019a). Azure Kinect DK. Repéré à <https://azure.microsoft.com/de-de/services/kinect-dk/>
- Microsoft. (2019b). *Azure Kinect DK*.
- Nael, H., Emmanouil, L., Daut, M., M, S. E., Timo, S., Leif, C., ... Musa, C. (2014). Range of motion assessment of the shoulder and elbow joints using a motion

- sensing input device: A pilot study. *Technology and Health Care*, (2), 289–295.
<https://doi.org/10.3233/THC-140831>
- Newcomer, K., Laskowski, E. R., Yu, B., Larson, D. R., & An, K.-N. (2000). Repositioning Error in Low Back Pain: Comparing Trunk Repositioning Error in Subjects With Chronic Low Back Pain and Control Subjects. *Spine*, 25(2), 245.
<https://doi.org/10.1097/00007632-200001150-00017>
- O’Sullivan, P. (2005). Diagnosis and classification of chronic low back pain disorders: Maladaptive movement and motor control impairments as underlying mechanism. *Manual Therapy*, 10(4), 242-255. <https://doi.org/10.1016/j.math.2005.07.001>
- Paillex, R. (2017). PhysiotherapeutInnen in der digitalen Welt. *Physioactive*, 2017(5), 49-51.
- Patroncini, M., Hannig, S., Meichtry, A., & Luomajoki, H. (2014). Reliability of movement control tests on the cervical spine. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2474-15-402>
- pterneas, V. (2017, 25 octobre). Kinect is dead! Now what? Repéré à <https://pterneas.com/2017/10/25/kinect-dead/>
- Quek, J., Brauer, S. G., Treleaven, J., & Clark, R. A. (2017). The concurrent validity and intrarater reliability of the Microsoft Kinect to measure thoracic kyphosis. *International Journal of Rehabilitation Research*, 40(3), 279-284.
- Riemann, B. L., & Lephart, S. M. (2002). The Sensorimotor System, Part I: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability, 9.
- Röijezon, U., Clark, N. C., & Treleaven, J. (2015). Proprioception in musculoskeletal rehabilitation. Part 1: Basic science and principles of assessment and clinical interventions. *Manual Therapy*, 20(3), 368-377.
<https://doi.org/10.1016/j.math.2015.01.008>
- Sahrmann, S. (2010). *Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines-e-book*. (S.l.) : Elsevier Health Sciences.
- Scherer, M., Plat, E., & Wollny, A. (2009). DEGAM-Leitlinie Nr. 13–Diagnostik und Therapie von Nackenschmerzen. *ZFA*, 12, 498-507.
- Schünke, M., Schulte, E., Schumacher, U., Voll, M., & Wesker, K. (2009). *Prometheus Kopf, Hals und Neuroanatomie* (3^e éd.). (S.l.) : thieme.
- Skarredghost. (2016, 2 décembre). The difference between Kinect v2 and v1. Repéré à <https://skarredghost.com/2016/12/02/the-difference-between-kinect-v2-and-v1/>

- Song, Y. S., Yang, K. Y., Youn, K., Yoon, C., Yeom, J., Hwang, H., ... Kim, K. (2016). Validation of Attitude and Heading Reference System and Microsoft Kinect for Continuous Measurement of Cervical Range of Motion Compared to the Optical Motion Capture System. *Annals of Rehabilitation Medicine*, 40(4), 568. <https://doi.org/10.5535/arm.2016.40.4.568>
- Stanton, T. R., Leake, H. B., Chalmers, K. J., & Moseley, G. L. (2016). Evidence of Impaired Proprioception in Chronic, Idiopathic Neck Pain: Systematic Review and Meta-Analysis. *Physical Therapy*, 96(6), 876-887. <https://doi.org/10.2522/ptj.20150241>
- Strimpakos, N. (2011). The assessment of the cervical spine. Part 1: Range of motion and proprioception. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 15(1), 114-124. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2009.06.003>
- Terwee, C. B., Roorda, L. D., Knol, D. L., De Boer, M. R., & De Vet, H. C. (2009). Linking measurement error to minimal important change of patient-reported outcomes. *Journal of clinical epidemiology*, 62(10), 1062-1067.
- Treleaven, J. (2008). Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control. *Manual Therapy*, 13(1), 2-11. <https://doi.org/10.1016/j.math.2007.06.003>
- van den Heuvel, S. G., van der Beek, A. J., Blatter, B. M., Hoogendoorn, W. E., & Bongers, P. M. (2005). Psychosocial work characteristics in relation to neck and upper limb symptoms. *Pain*, 114(1-2), 47-53.
- X. Ma, G. Xu, M. Li, J. Xie, L. Chen, & W. Pei. (2015). Measuring cervical vertebra movements using kinect sensor. Dans *2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (pp. 2771-2774). <https://doi.org/10.1109/EMBC.2015.7318966>
- Zhang, Z. (2012). Microsoft Kinect Sensor and Its Effect. *IEEE MultiMedia*, 19(2), 4-10. <https://doi.org/10.1109/MMUL.2012.24>

7. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kinect v2 mit Achsenbeschriftung x,y,z; Quelle: Furrer & Theler	6
Abbildung 2: Sechs Schritte der Methode, Furrer & Theler 2019	9
Abbildung 3: ASTE der Messungen; Quelle: Furrer & Theler.....	13
Abbildung 4: Zeitintervalle der verschiedenen Bewegungen; Quelle: Furrer & Theler.	14
Abbildung 5: Videoberechnung mit Kinovea; Quelle: Furrer & Theler.....	15
Abbildung 6: Beschriftung der Brekel-Skelettpunkte; Quelle: Furrer & Theler	23
Abbildung 7: Lateralflexion links HWS mit AWB Extension HWS 1; Quelle: Furrer & Theler	26
Abbildung 8: Rotation HWS links mit AWB Extension HWS 1.....	27
Abbildung 9: Hierarchie der 1. Bewegung (ohne AWB).....	28
Abbildung 10: Hierarchie der 2. Bewegung (AWB vorstellen).....	28
Abbildung 11: Hierarchie der 3. Bewegung (mit AWB)	29

8. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich Kinect v1, v2 und v4 Azure	5
Tabelle 2: Ein- und Ausschlusskriterien zur Auswahl der Bewegungskontrolltests	11
Tabelle 3: Beschreibung der drei ausgewählten Bewegungskontrolltests mit Instruktion und möglichen AWB.....	20
Tabelle 4: Berechnung des SDC anhand des SEM, ICC und SD	21
Tabelle 5: Beschreibung der Achse und des Endwertes der verschiedenen AWB	24
Tabelle 6: Berechnung zum Vergleich Kinect v2 mit Kinovea	25

9. Anhang

9.1. Auswahl Bewegungskontrolltests

Extension cervico-thoracic junction: Dieser Test wies folgendes Ausschlusskriterium auf: Die Bewegung ist mit der Kinect nicht gut erkennbar. Durch visuelle Beobachtung stellten wir fest, dass Kinect die Extension des Nackens zu wenig gut wahrnahm.; *Upper cervical spine:* Bei diesem Bewegungskontrolltest führt man eine Lateralflexion der HWS in Kombination mit einer Rotation der HWS durch. Dadurch wies dieser Test folgendes Ausschlusskriterium auf: Der Bewegungskontrolltest enthält mehr als eine Bewegung.; *Extension full range (cervical):* Dieser Test wies folgendes Ausschlusskriterium auf: Die Bewegung ist mit der Kinect nicht gut erkennbar. Die Literatur sagte, dass die Extension in EOR nicht gut wahrgenommen wird (Allahyari et al., 2017).; *Flexion full range (cervical):* Die Einschlusskriterien wurden erfüllt und es wurde kein Ausschlusskriterium gefunden.; *Upperbody forward:* Bei diesem Bewegungskontrolltest führt die Testperson sitzend eine Hüftflexion durch. Dieser Test wies dadurch folgendes Ausschlusskriterium auf: Die Bewegung findet in den unteren Extremitäten statt.; *Upperbody backward:* Bei diesem Bewegungskontrolltest führt die Testperson sitzend eine Hüftextension durch. Dadurch wies dieser Test folgendes Ausschlusskriterium auf: Die Bewegung findet in den unteren Extremitäten statt.; *Forward bending in Standing:* Bei diesem Bewegungskontrolltest beugt sich die Versuchsperson mit dem Körper nach vorne, indem sie eine Hüftflexion durchführt. Dieser Test wies folgendes Ausschlusskriterium auf: Die Bewegung findet in den unteren Extremitäten statt.; *Bilateral shoulder elevation:* Bei diesem Bewegungskontrolltest führt die Versuchsperson eine bilaterale Schultererelevation durch. Dieser Test wies dadurch folgende Ausschlusskriterien auf: Die Hauptbewegung des Bewegungskontrolltests findet nicht im Nacken statt. Zusätzlich enthält der Bewegungskontrolltest mehr als eine Bewegung.; *Unilateral arm flexion:* Bei diesem Bewegungskontrolltest führt die Testperson eine unilaterale Schulterflexion im ROM durch. Dieser Test wies folgendes Ausschlusskriterium auf: Die Hauptbewegung des Bewegungskontrolltests findet nicht im Nacken statt.; *Neck flexion in supine position:* Dieser Bewegungskontrolltest wird in Rückenlage durchgeführt. Dieser Test wies dadurch folgendes Ausschlusskriterium auf: Die ASTE ist nicht im Stehen oder Sitzen.; *Arm flexion 90° with weight:* In diesem Bewegungskontrolltest führt man eine Armflexion von 90° mit einem Gewicht durch. Dieser Test wies folgende Ausschlusskriterien auf: Die Verwendung von zusätzlichen Hilfsmitteln und die Hauptbewegung findet nicht im Nacken statt.;

Protraction/Retraction (cervical): Dieser Test wies folgendes Ausschlusskriterium auf: Die Bewegung ist nicht gut erkennbar mit Kinect. Durch visuelle Selbstversuche konnten wir die Erkenntnis machen, dass die Protraktion und Retraktion des Nackens nicht gut von der Kinect v2 wahrgenommen wird.; *Quadruped rocking back*: Dieser Bewegungskontrolltest wird im Vierfüßlerstand durchgeführt. Daher wies dieser Test folgende Ausschlusskriterien auf: Die ASTE ist nicht im Stehen oder Sitzen und die Bewegung findet nicht im Nacken statt.; *Active cervical extension in quadruped*: Dieser Bewegungskontrolltest wird im Vierfüßlerstand durchgeführt. Daher weist dieser Test folgendes Ausschlusskriterium auf: Die ASTE ist nicht im Stehen oder Sitzen.; *Active cervical extension in prone*: Bei diesem Bewegungskontrolltest wird eine aktive zervikale Extension in Bauchlage durchgeführt. Daher wies dieser Test folgendes Ausschlusskriterium auf: Die ASTE ist nicht im Stehen oder Sitzen. (Elsig et al., 2014; Patroncini et al., 2014; Sahrman, 2010)

9.2. Bestimmung der Variable

Tabelle A 1: Bestimmung Variable nach der der Datenanalyse

<u>Bewegung</u>	<u>Achse</u>	<u>Endwert</u> <u>Hauptbewegung</u>	<u>Endwert AWB</u>
HWS-Flexion	Head rx	+	Nicht eindeutig
HWS-Extension	Head rx	-	-
HWS-Rotation rechts	Head ry	-	/
HWS-Rotation links	Head ry	+	+
HWS-Lateralflexion rechts	Head rz	+	/
HWS-Lateralflexion links	Head rz	-	-
Kopf-Translation nach ventral	Head tz	Nicht eindeutig	-
Schulterelevation	Collar ty	Nicht eindeutig	+
Schulterprotraktion	Collar tz	Nicht eindeutig	Nicht eindeutig
BWS-Extension	Waist rx	-	/
BWS-Flexion	Waist rx	+	+

AWB= Ausweichbewegung; BWS= Brustwirbelsäule; rx= Rotation in der x-Achse, ry= Rotation in der y-Achse, rz= Rotation in der z-Achse, tx= Translation in der x-Achse, ty= Translation in der y-Achse, tz= Translation in der z-Achse, “+”= Wert fällt in den positiven Bereich, “-”= Wert fällt in den negativen Bereich; “/”= kein Wert vorhanden; Die blaue Markierung zeigt die Bewegungen, die nach der Datenanalyse von Kinect nicht gleich eindeutig wahrgenommen wurden.

9.3. Vergleich Kinect v2 mit Kinovea

Tabelle A 2: Definition der Fix- und Drehpunkte Kinovea, Kameraposition

<u>Bewegung</u>	<u>Fix-Punkt</u>	<u>Dreh-Punkt</u>	<u>Kameraposition</u>
HWS-Flexion	Processus transversus C1	Nasenspitze	Lateral
HWS-Extension	Processus transversus C1	Nasenspitze	Lateral
HWS-Lateralflexion	Incisura jugularis	Nasenspitze	Frontal
HWS-Rotation	Incisura jugularis	Nasenspitze	Frontal
Kopf – Translation nach ventral	Incisura jugularis	Protuberantia mentalis	Lateral
BWS-Flexion	SIPS	Processus spinosus Th1	Lateral
BWS-Extension	SIPS	Processus spinosus Th1	Lateral
Schulterelevation	Articularis Sterno Costoclaviculare	Acromionspitze ventral	Frontal
Schulterprotraktion	SIPS	Acromionspitze ventral	Lateral

SIPS: Spina iliaca posterior superior; C1: cervical 1; Th1: Thorakal 1; HWS= Halswirbelsäule; BWS= Brustwirbelsäule

Datenanalyse Vergleich Kinect v2 mit Kinovea

Tabelle A 3: Resultate der Bewegungen der Rotationsachse im Vergleich Kinect und Kinovea

Bewegung	HWS-Extension	HWS-Flexion	HWS-Lateralflexion rechts	HWS-Rotation rechts	BWS-Flexion	BWS-Extension
Kinovea 1 in °	13	9	3	6	6	12
Kinect 1 in °	12,5	16,7	2	3,1	6	11
Unterschied 1 in °	0,5	7,7	1	2,9	0	1
Kinovea 2 in °	13	9	4	6	8	9
Kinect 2 in °	8	4,1	4	3,3	7	9
Unterschied 2 in °	5	4,9	0	2,7	1	0
Kinovea 3 in °	13	8	4	9	9	11
Kinect 3 in °	12	6,4	3,5	7	7	9,5
Unterschied 3 in °	1	1,6	0,5	2	2	1,5
Kinovea 4 in °	12	10	7	8	8	14
Kinect 4 in °	9,4	5,4	7,3	4,8	7	13,5
Unterschied 4 in °	2,6	4,6	0,3	3,2	1	0,5
Kinovea 5 in °	15	9	4	9	7	11
Kinect 5 in °	14	6,6	6,5	6,7	5,5	10,5
Unterschied 5 in °	1	2,4	2,5	2,3	1,5	0,5

HWS= Halswirbelsäule; BWS= Brustwirbelsäule; °= Grad

Tabelle A 4: Resultate der Bewegungen der Translationsachse im Vergleich Kinect und Kinovea

Bewegung	HWS- Translation nach ventral	Schulterelevat ion	Schulterprotr aktion
Kinovea 1 in °	2,55	2,12	4.84
Kinect 1 in °	0,04	6,32	7,25
Unterschied 1 in °	2,51	4,20	2.41
Kinovea 2 in °	1,58	2,27	4.79
Kinect 2 in °	0,43	9,14	1,27
Unterschied 2 in °	1,16	6,87	3.52
Kinovea 3 in °	2,24	2,21	5.49
Kinect 3 in °	0,52	13,17	5,01
Unterschied 3 in °	1,72	10,96	0.48
Kinovea 4 in °	2,1	2,85	3,34
Kinect 4 in °	0,10	9,04	3,38
Unterschied 4 in °	2,00	6,19	0,04
Kinovea 5 in °	1,81	2,52	4.15
Kinect 5 in °	0,20	11,31	2,77
Unterschied 5 in °	1,61	8,79	1.37

HWS= Halswirbelsäule; °= Grad

9.4. Bewegungskontrolltests

9.4.1. Schritt A

Lateralflexion HWS links ohne AWB 1

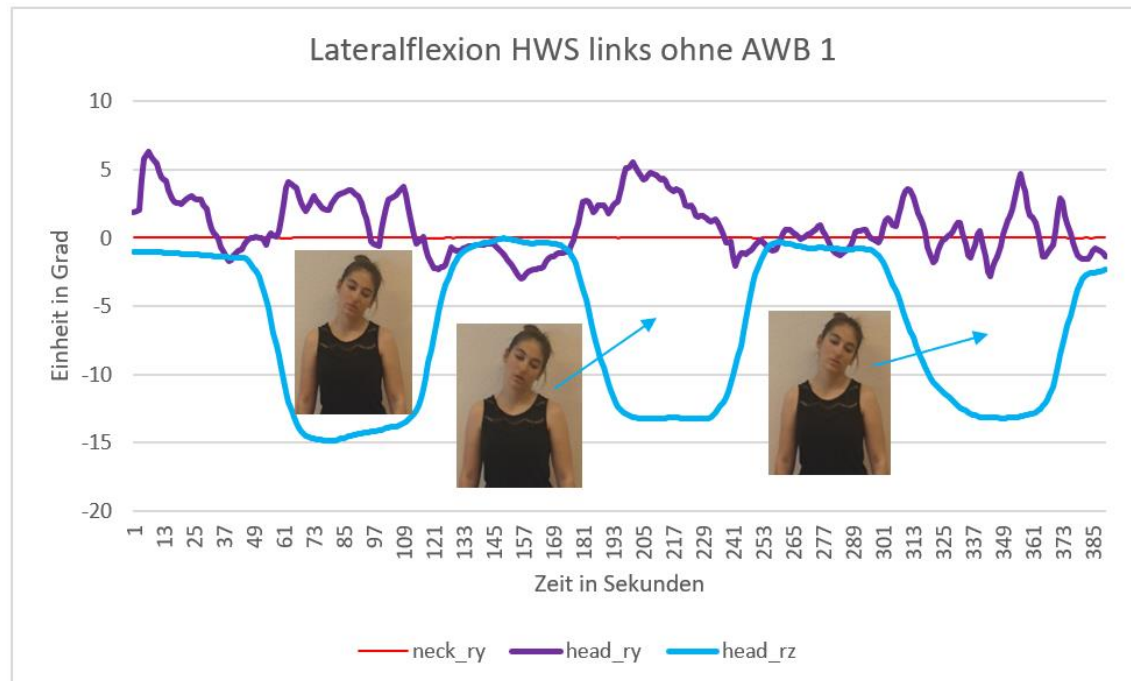


Abbildung A 1: Lateralflexion HWS links ohne AWB 1

Hauptbewegung: Die Lateralflexion nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. Das Diagramm zeigt auf, dass in den nicht untersuchten Achsen zum Teil eine Bewegung sichtbar war. Diese analysierten wir in unserer Arbeit nicht, da dies nicht das Ziel unseres Entwicklungsprojektes darstellte.

Lateralflexion HWS links ohne AWB 2

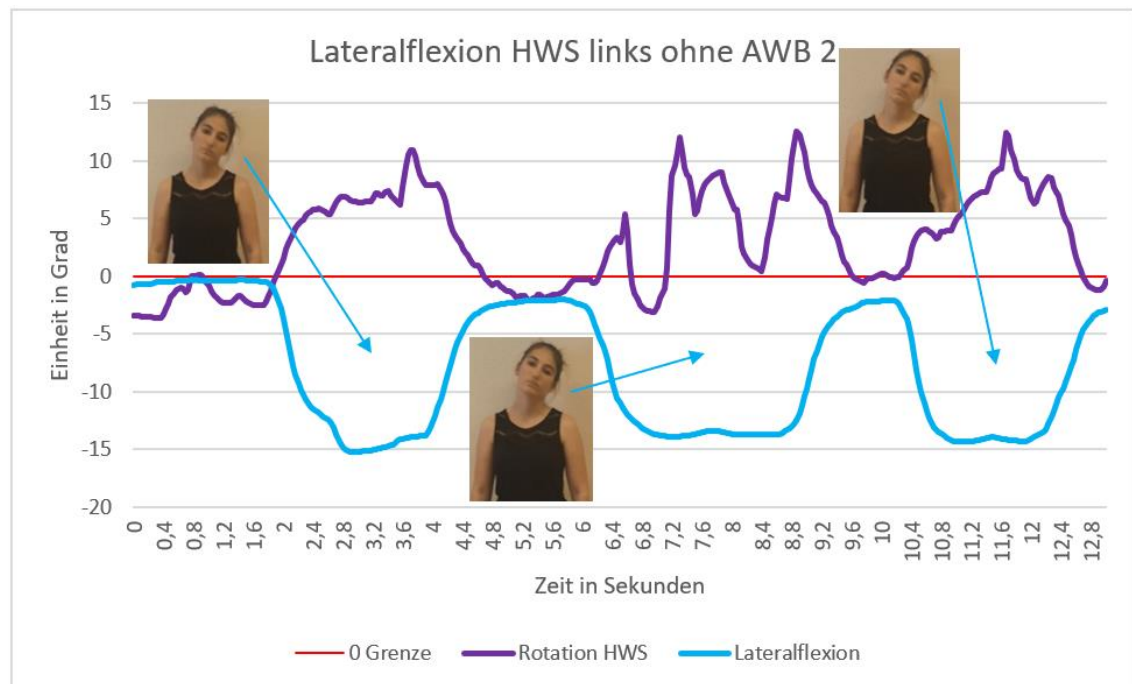


Abbildung A 2: Lateralflexion HWS links ohne AWB 2

Hauptbewegung: Die Lateralflexion nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. Das Diagramm zeigt auf, dass in den nicht untersuchten Achsen zum Teil eine Bewegung sichtbar war. Diese analysierten wir in unserer Arbeit nicht, da dies nicht das Ziel unseres Entwicklungsprojektes darstellte.

Flexion HWS ohne AWB 1

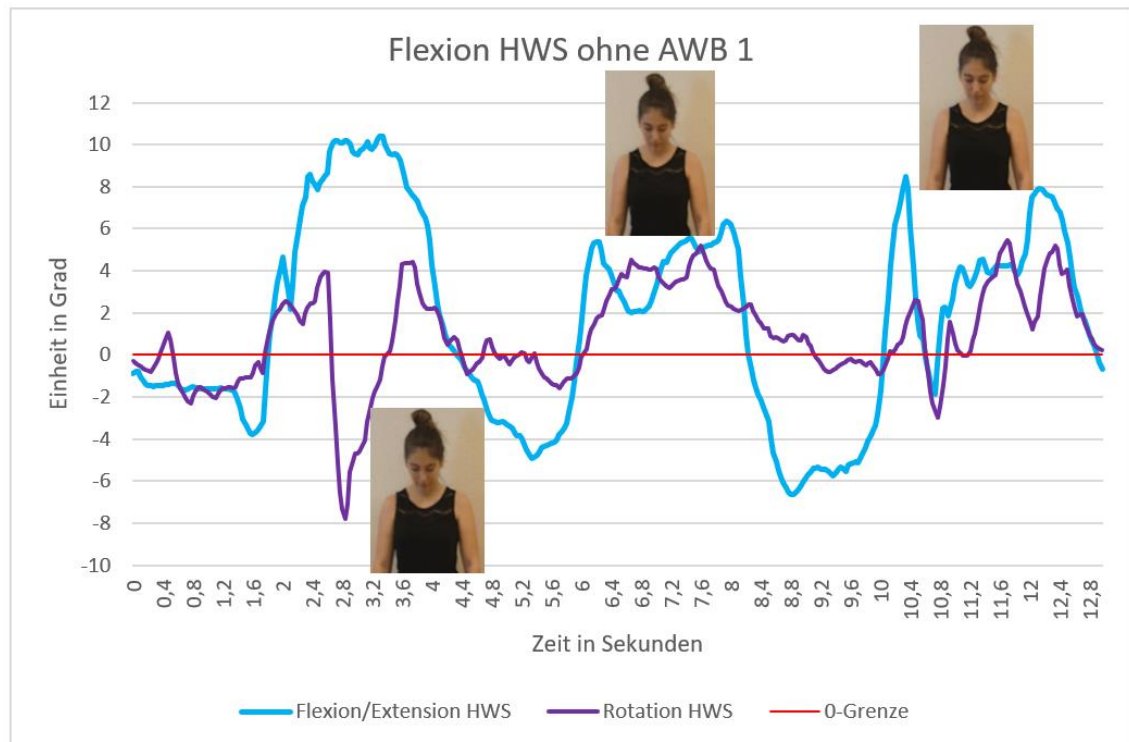


Abbildung A 3: Flexion HWS ohne AWB 1

Hauptbewegung: Die Flexion wurde in der ersten und zweiten Bewegung gut wahrgenommen. Bei der dritten Bewegung zeigte die Flexion einige Schwankungen auf. Das Diagramm zeigt auf, dass in den nicht untersuchten Achsen zum Teil eine Bewegung sichtbar war. Diese analysierten wir in unserer Arbeit nicht, da dies nicht das Ziel unseres Entwicklungsprojektes darstellte.

Flexion HWS ohne AWB 2

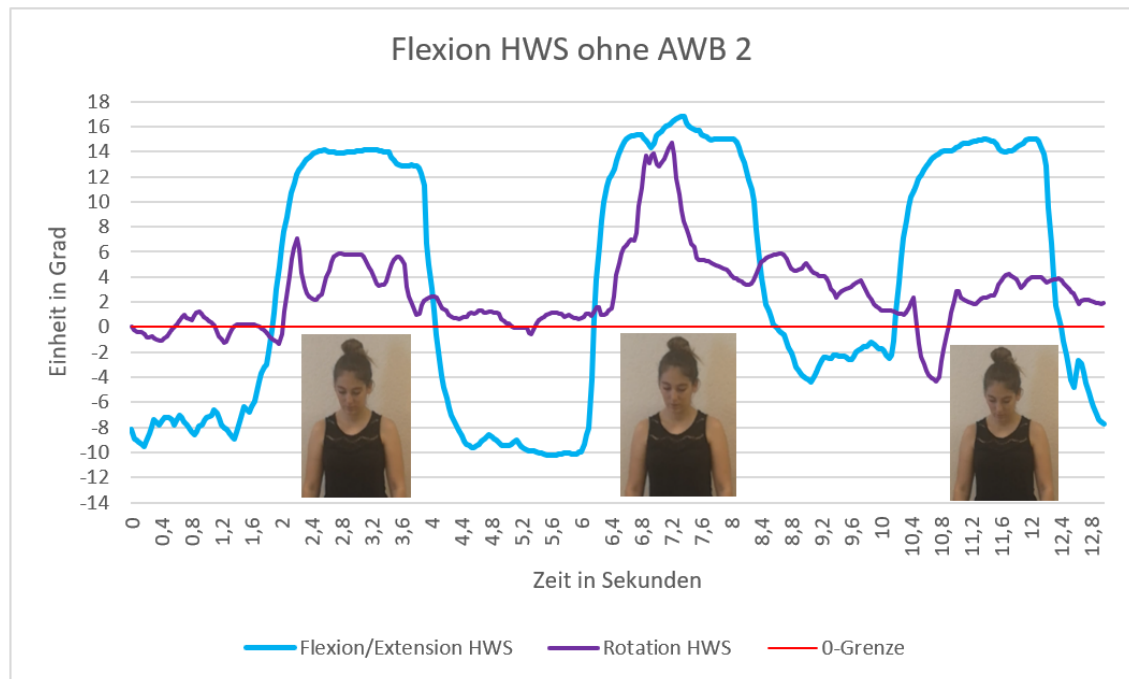


Abbildung A 4: Flexion HWS ohne AWB 2

Hauptbewegung: Die Flexion wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. Das Diagramm zeigt auf, dass in den nicht untersuchten Achsen zum Teil eine Bewegung sichtbar war. Diese analysierten wir in unserer Arbeit nicht, da dies nicht das Ziel unseres Entwicklungsprojektes darstellte.

Rotation links HWS ohne AWB 1

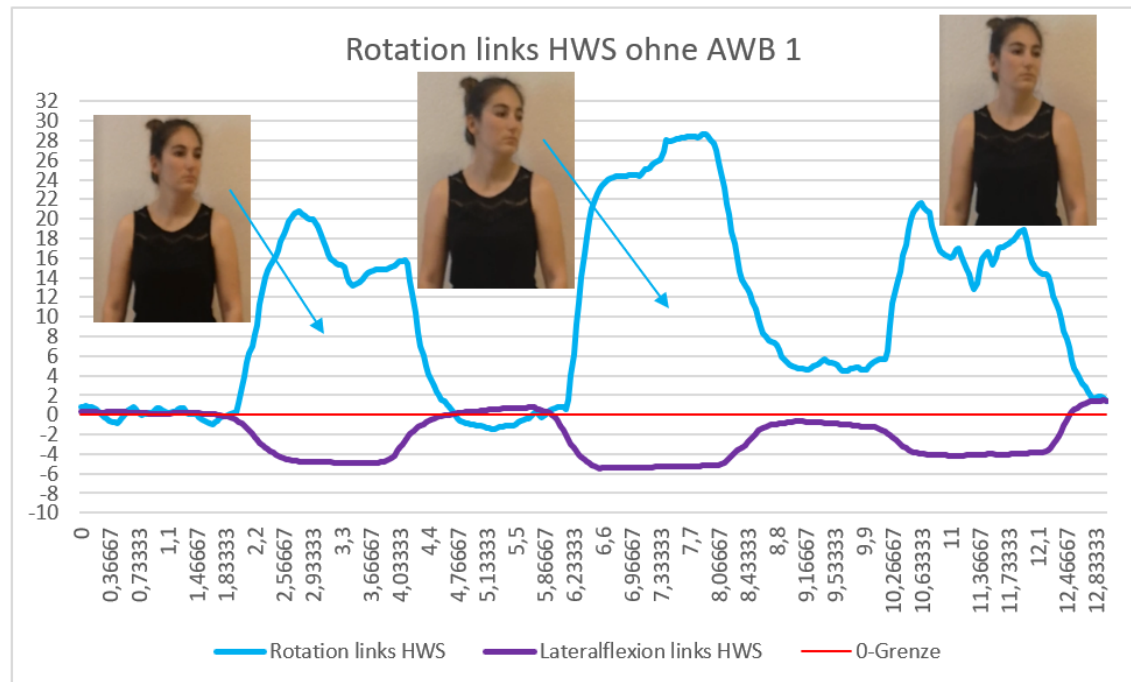


Abbildung A 5: Rotation links HWS ohne AWB 1

Hauptbewegung: Die Rotation nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. Das Diagramm zeigt auf, dass in den nicht untersuchten Achsen zum Teil eine Bewegung sichtbar war. Diese analysierten wir in unserer Arbeit nicht, da dies nicht das Ziel unseres Entwicklungsprojektes darstellte.

Rotation links HWS ohne AWB 2

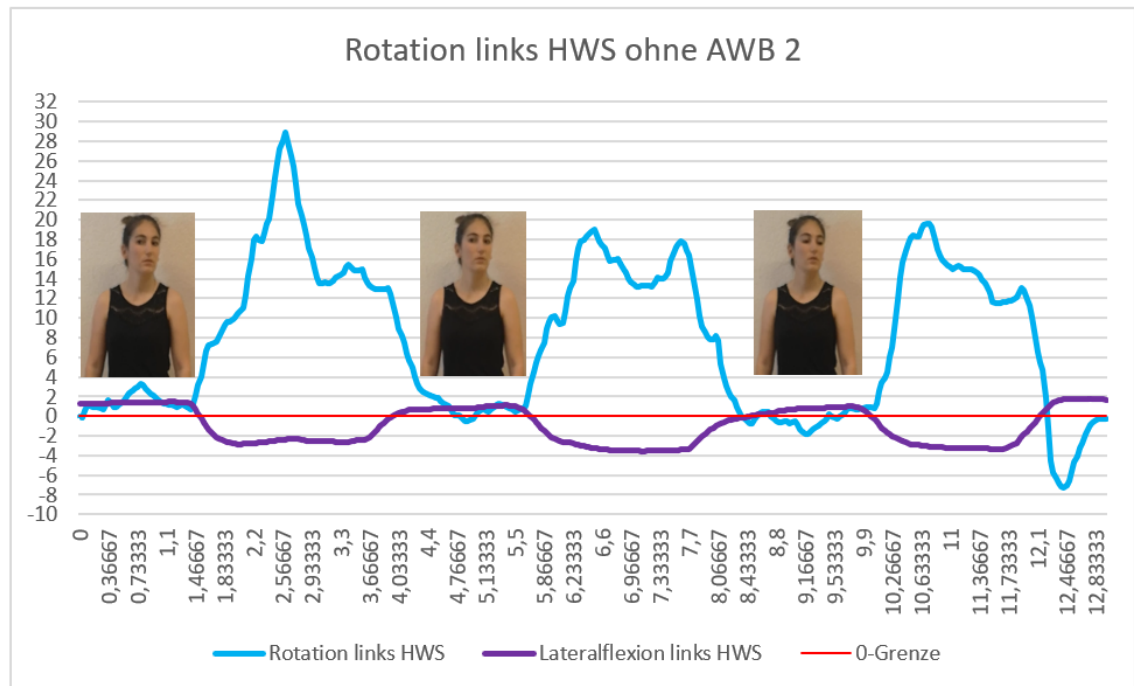


Abbildung A 6: Rotation links HWS ohne AWB 2

Hauptbewegung: Die Rotation nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. Das Diagramm zeigt auf, dass in den nicht untersuchten Achsen zum Teil eine Bewegung sichtbar war. Diese analysierten wir in unserer Arbeit nicht, da dies nicht das Ziel unseres Entwicklungsprojektes darstellte.

9.4.2. Schritt B

Die Bewegungskontrolltest mit einer AWB in der Translationsachse, stellten wir in 2 verschiedenen Tabellen (Rotations- und Translationsachse) dar.

Lateralflexion links HWS mit AWB Extension HWS 2

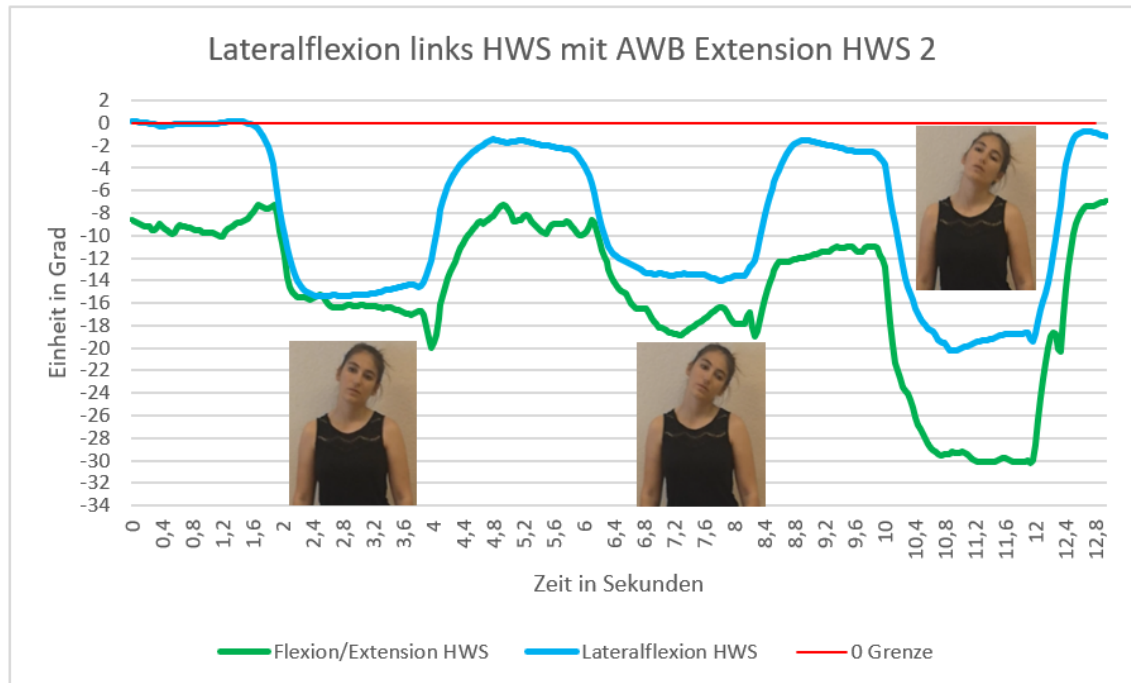


Abbildung A 7: Lateralflexion links HWS mit AWB Extension HWS 2; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Lateralflexion nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Extension war vorhanden.

1. Bewegung: Bei der ersten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in Extension grösser als der SDC-Wert der Extension; deswegen fand eine AWB in Extension statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Extension fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte. **2. Bewegung:** Bei der zweiten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Extension grösser als der SDC-Wert der Extension; deswegen fand eine AWB in Extension statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Extension fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte. **3. Bewegung:** Bei der dritten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Extension grösser als der SDC-Wert der Extension; deswegen fand eine AWB in Extension statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Extension fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

Lateralflexion links HWS mit AWB Flexion HWS 1

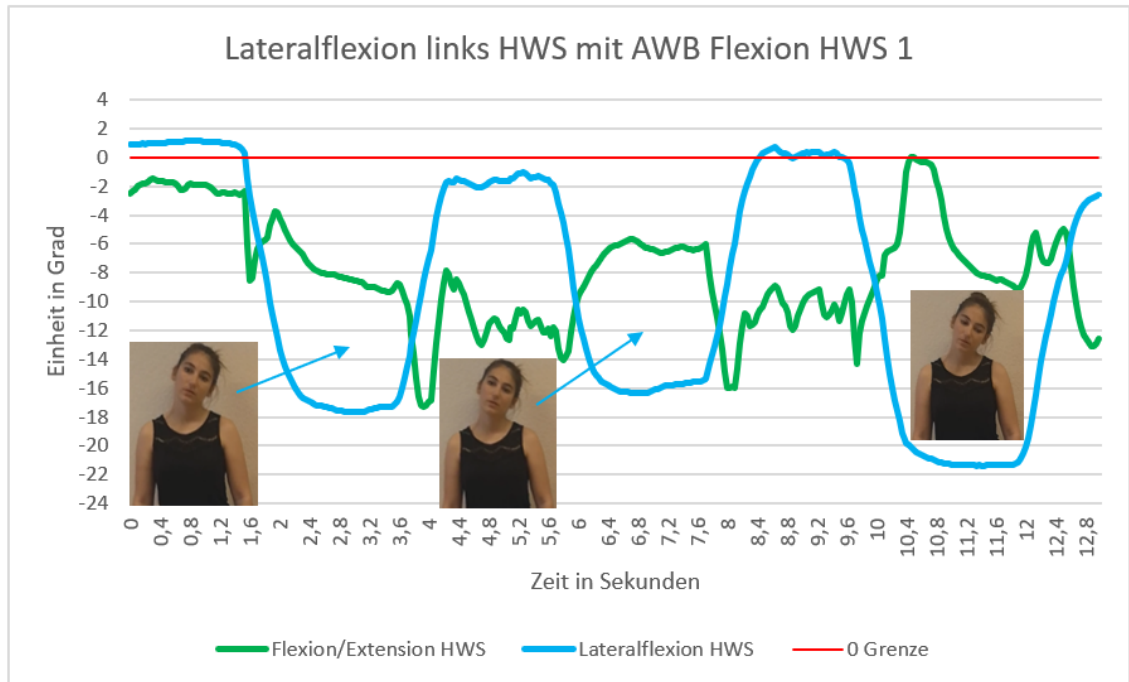


Abbildung A 8: Lateralflexion links HWS mit AWB Flexion HWS 1; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Lateralflexion nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Flexion war vorhanden. 1. **Bewegung:** Bei der ersten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in Flexion kleiner als der SDC-Wert der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte. 2. **Bewegung:** Bei der zweiten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Flexion kleiner als der SDC-Wert der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte. 3. **Bewegung:** Bei der dritten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Flexion kleiner als der SDC-Wert der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte.

Lateralflexion links HWS mit AWB Flexion HWS 2

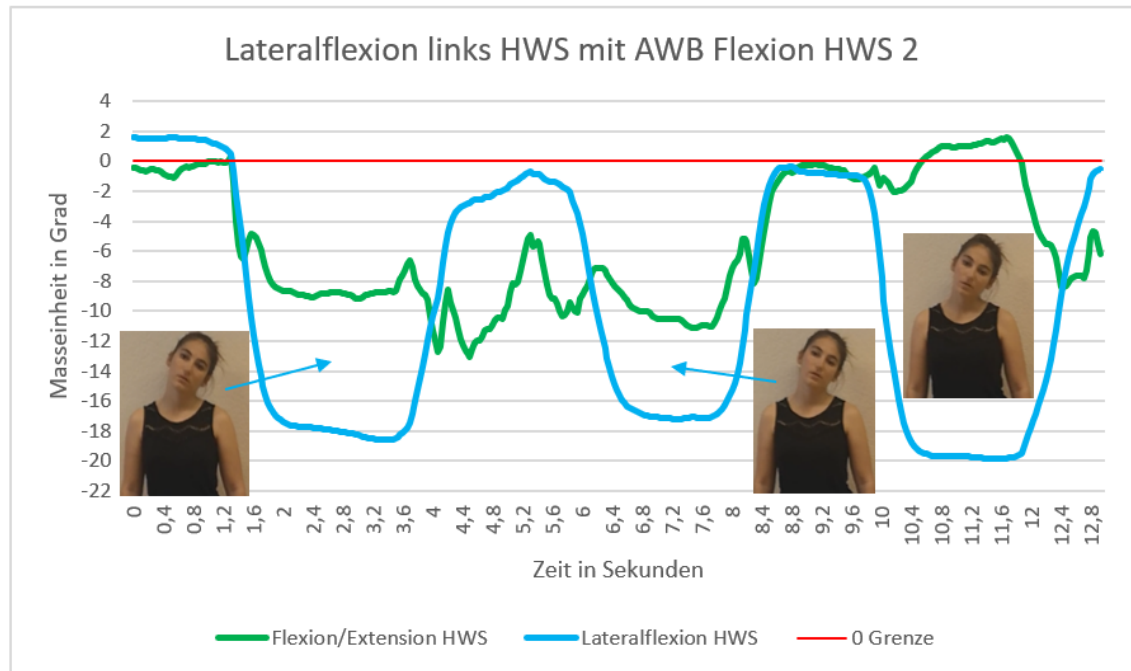


Abbildung A 9: Lateralflexion links HWS mit AWB Flexion HWS 2; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Lateralflexion nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Flexion war vorhanden. 1. **Bewegung:** Bei der ersten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in Flexion kleiner als der SDC-Wert der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte. 2. **Bewegung:** Bei der zweiten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Flexion kleiner als der SDC-Wert der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte. 3. **Bewegung:** Bei der dritten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Flexion kleiner als der SDC-Wert der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte.

Lateralflexion links HWS mit AWB Schultererelevation contro lateral 1

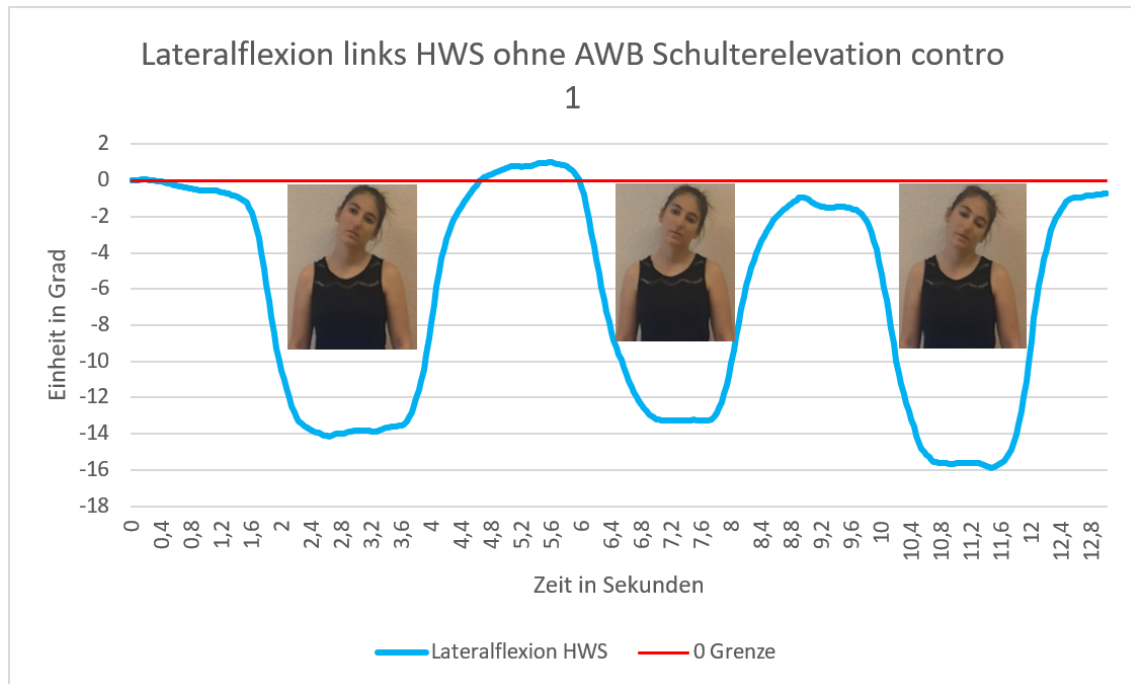


Abbildung A 10: Lateralflexion links HWS ohne AWB Schultererelevation contro 1; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Lateralflexion nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Schultererelevation contro lateral war nicht vorhanden. Deshalb konnten wir dieses Resultat nicht bewerten. In der Videoanalyse wurde nur bei der letzten Bewegung eine AWB festgestellt. Beim hierarchischen Diagramm fiel diese Messung direkt aus der Beurteilung heraus, da der SDC-Wert der Schultererelevation nicht vorhanden war.

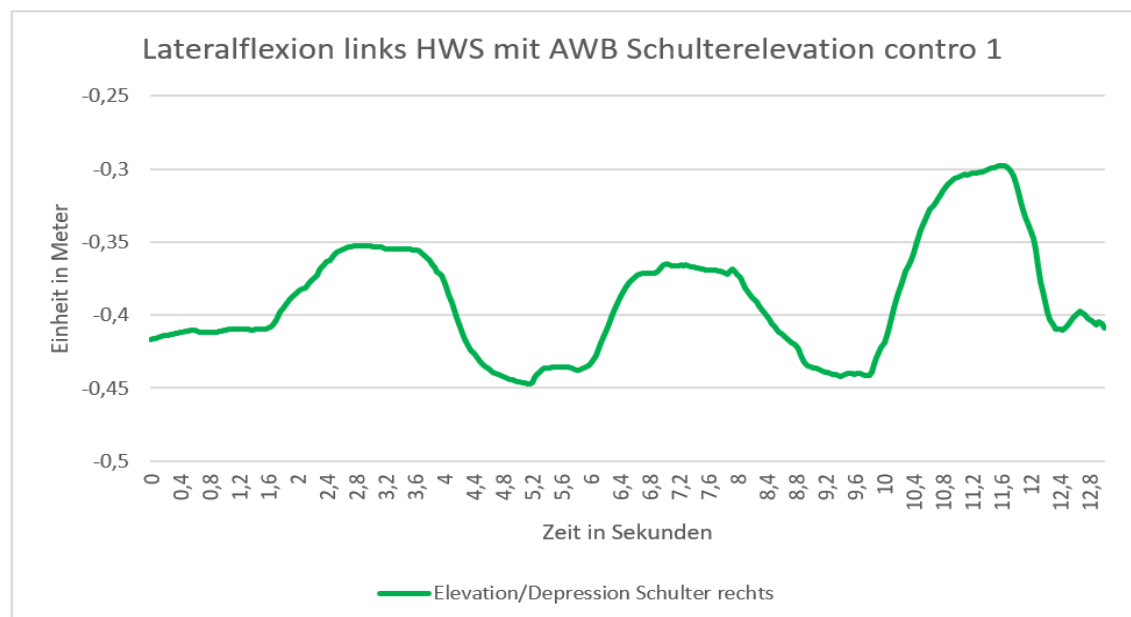


Abbildung A 11: Lateralflexion links HWS mit AWB Schultererelevation contro 1; Quelle: Furrer & Theler

Lateralflexion links HWS mit AWB Schultererelevation contro lateral 2

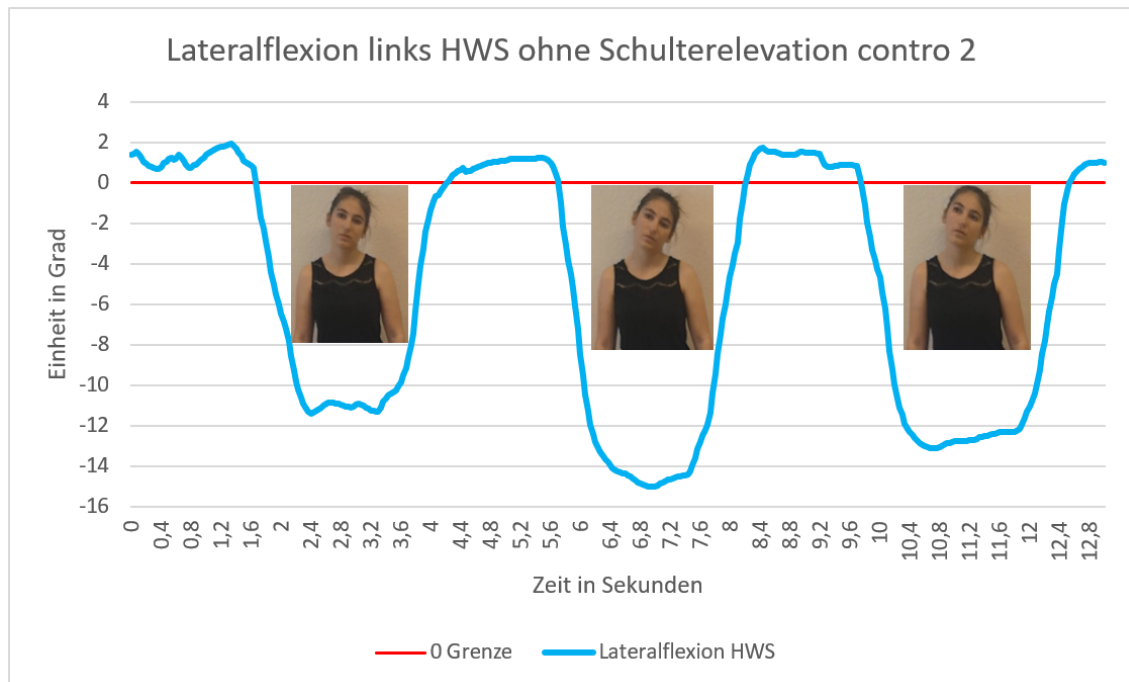


Abbildung A 12: Lateralflexion links HWS ohne AWB Schultererelevation contro 2; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Lateralflexion nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Schultererelevation controlateral war nicht vorhanden. Deshalb konnten wir dieses Resultat nicht bewerten. In der Videoanalyse wurde nur bei der letzten Bewegung eine AWB festgestellt. Beim hierarchischen Diagramm fiel diese Messung direkt aus der Beurteilung heraus, da der SDC-Wert der Schultererelevation nicht vorhanden war.

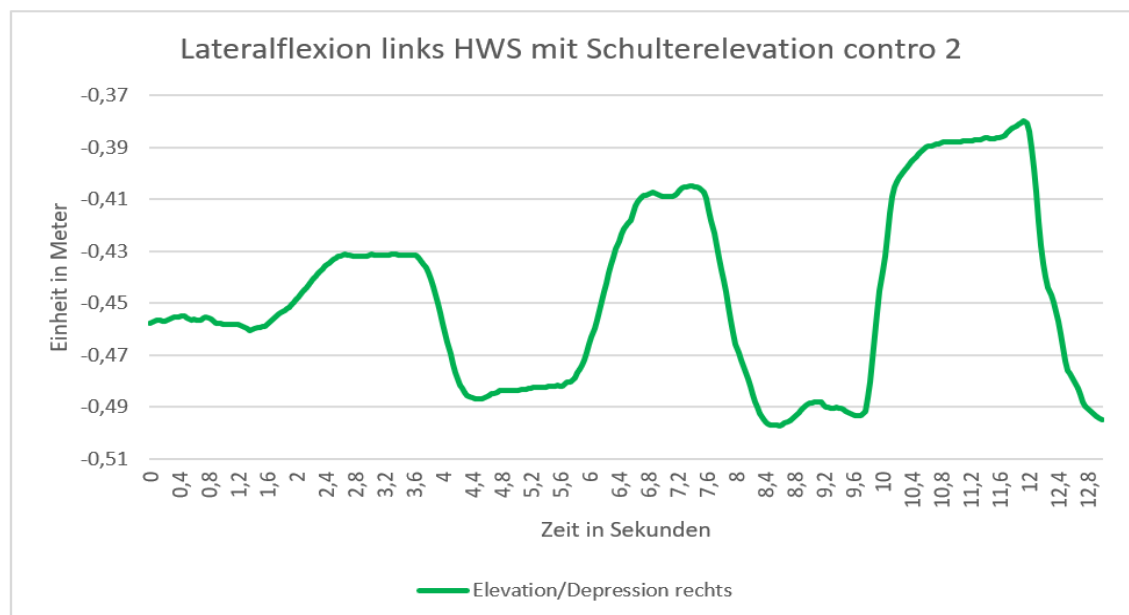


Abbildung A 13: Lateralflexion links HWS mit AWB Schultererelevation contro 2; Quelle: Furrer & Theler

Lateralflexion links HWS mit AWB Schultererelevation homolateral 1

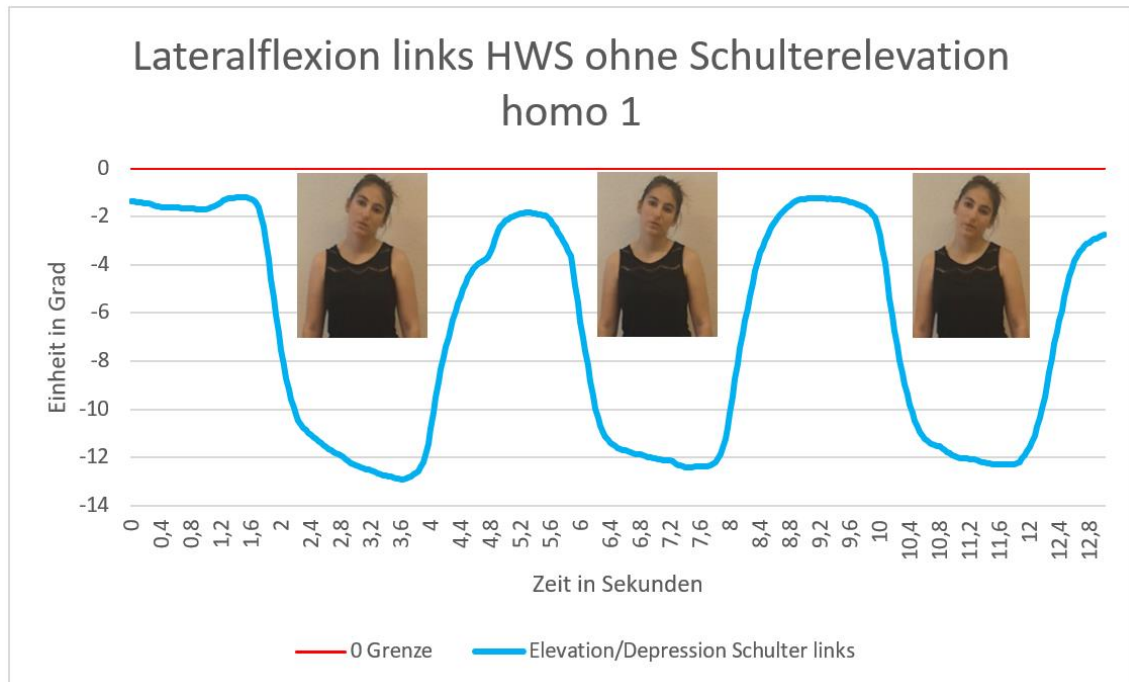


Abbildung A 14: Lateralflexion links HWS ohne AWB Schultererelevation homo 1; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Lateralflexion nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Schultererelevation homolateral war nicht vorhanden. Deshalb konnten wir dieses Resultat nicht bewerten. In der Videoanalyse wurde bei allen drei Bewegung eine AWB festgestellt. Beim hierarchischen Diagramm fiel diese Messung direkt aus der Beurteilung heraus, da der SDC-Wert der Schultererelevation nicht vorhanden war.

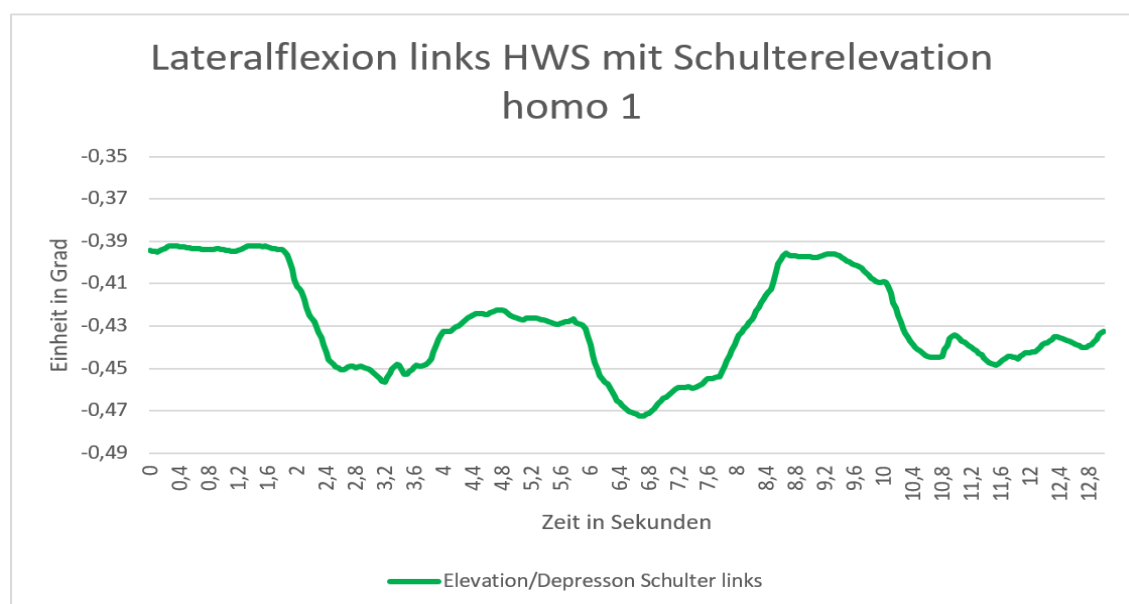


Abbildung A 15: Lateralflexion links HWS mit AWB Schultererelevation homo 1; Quelle: Furrer & Theler

Lateralflexion links HWS mit AWB Schultererelevation homolateral HWS 2

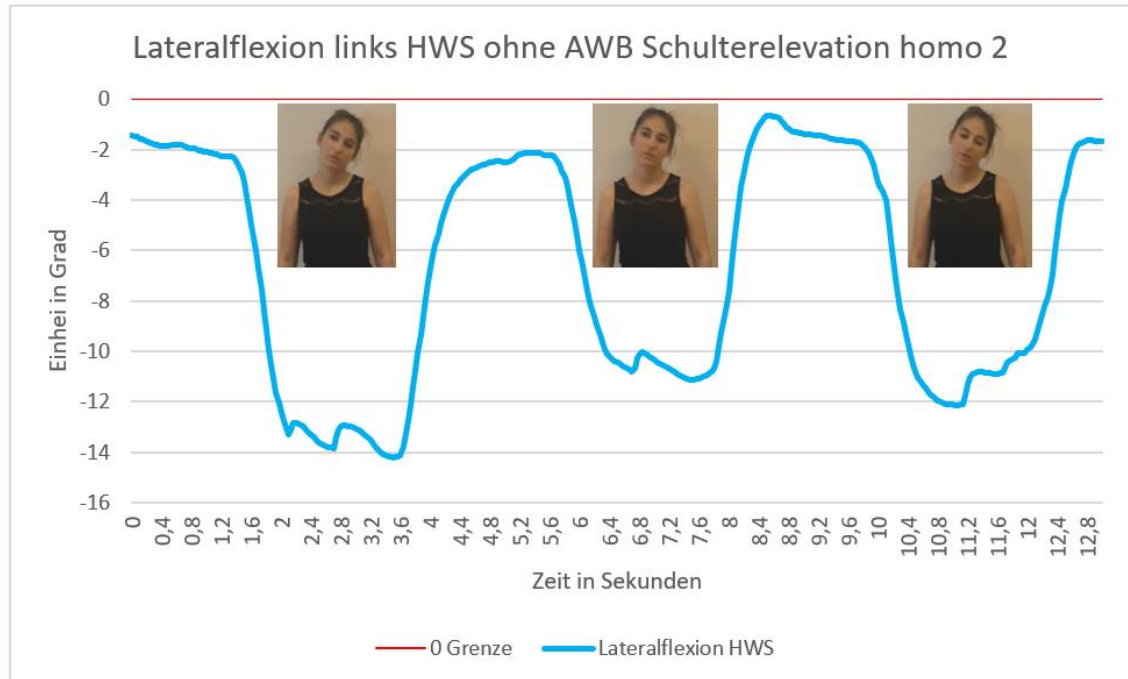


Abbildung A 16: Lateralflexion links HWS ohne AWB Schultererelevation homo 2; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Lateralflexion nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Schultererelevation homolateral war nicht vorhanden. Deshalb konnten wir dieses Resultat nicht bewerten. In der Videoanalyse wurde bei allen drei Bewegung eine AWB festgestellt. Beim hierarchischen Diagramm fiel diese Messung direkt aus der Beurteilung heraus, da der SDC-Wert der Schultererelevation nicht vorhanden war.

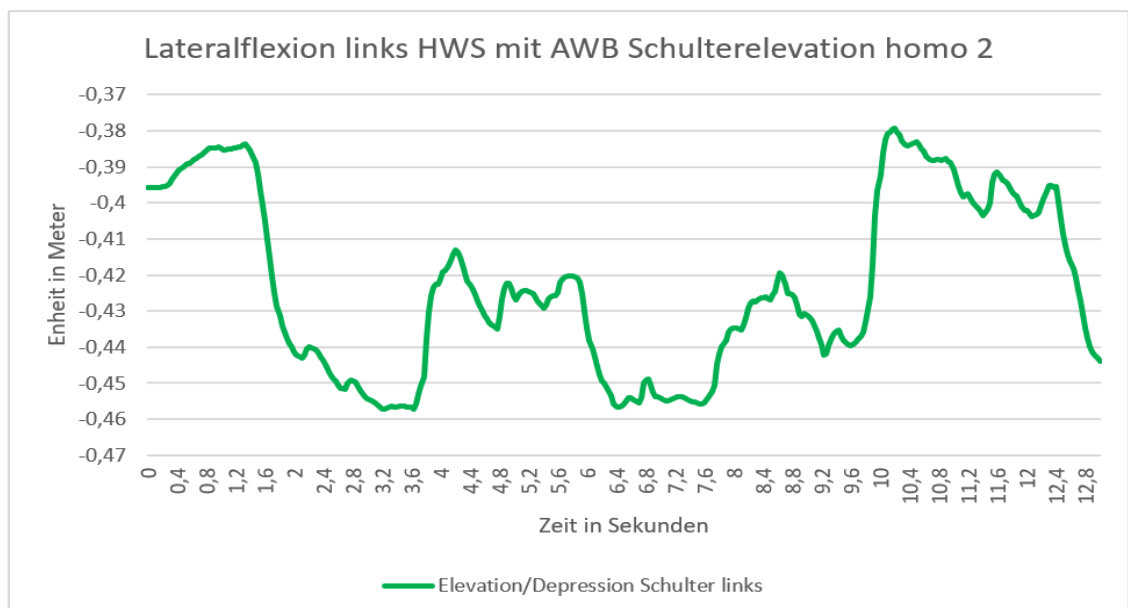


Abbildung A 17: Lateralflexion links HWS mit AWB Schultererelevation homo 2; Quelle: Furrer & Theler

Lateralflexion links HWS mit AWB Rotation links HWS 1

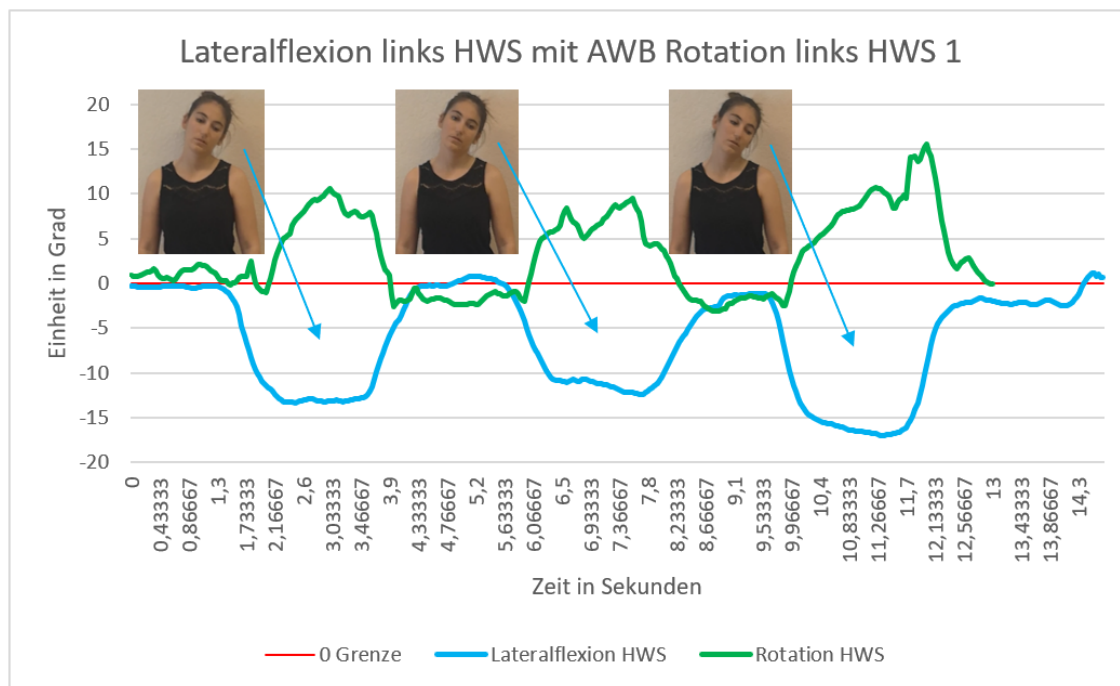


Abbildung A 18: Lateralflexion links HWS mit AWB Rotation HWS 1; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Lateralflexion nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Rotation war vorhanden. 1. **Bewegung:** Bei der ersten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in Rotation grösser als der SDC-Wert der Rotation; deswegen fand eine AWB in Rotation statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Rotation fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte. 2. **Bewegung:** Bei der zweiten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Rotation grösser als der SDC-Wert der Rotation; deswegen fand eine AWB in Rotation statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Rotation fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte. 3. **Bewegung:** Bei der dritten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Rotation grösser als der SDC-Wert der Rotation; deswegen fand eine AWB in Rotation statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Rotation fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

Lateralflexion links HWS mit AWB Rotation links HWS 2

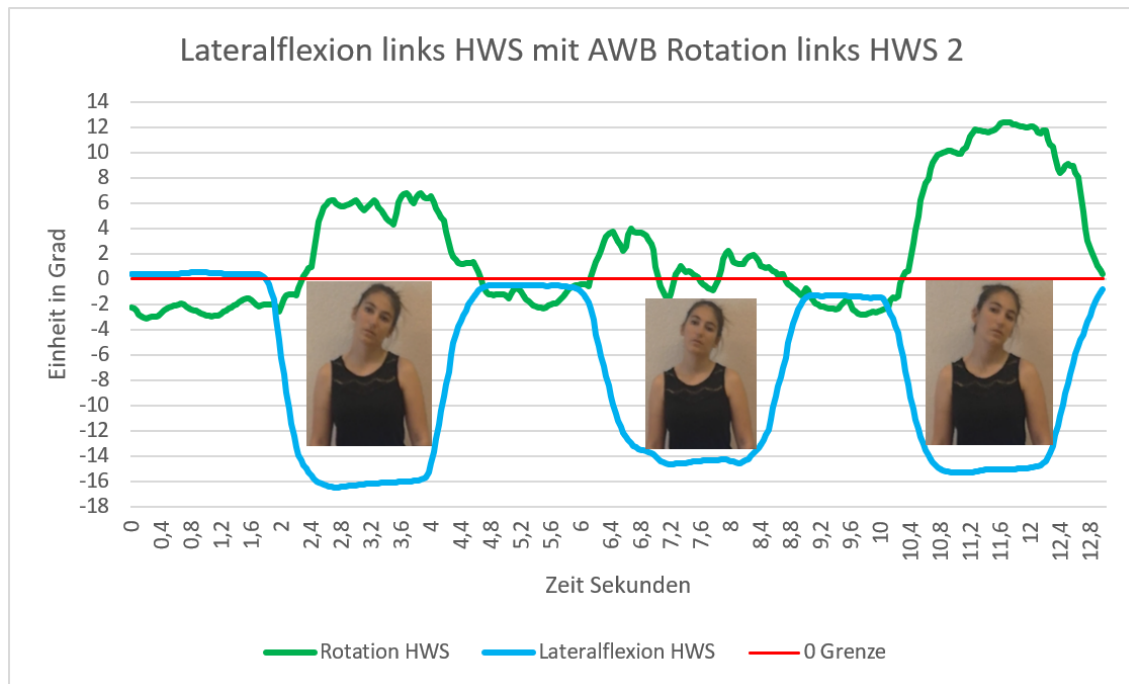


Abbildung A 19: Lateralflexion links HWS mit AWB Rotation links HWS 2; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Lateralflexion nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Rotation war vorhanden. 1. **Bewegung:** Bei der ersten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in Rotation kleiner als der SDC-Wert der Rotation; deswegen fand keine AWB in Rotation statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Rotation fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte. 2. **Bewegung:** Bei der zweiten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Rotation kleiner als der SDC-Wert der Rotation; deswegen fand keine AWB in Rotation statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Rotation fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte. 3. **Bewegung:** Bei der dritten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Rotation grösser als der SDC-Wert der Rotation; deswegen fand eine AWB in Rotation statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Rotation fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

Flexion HWS mit AWB Flexion BWS 1

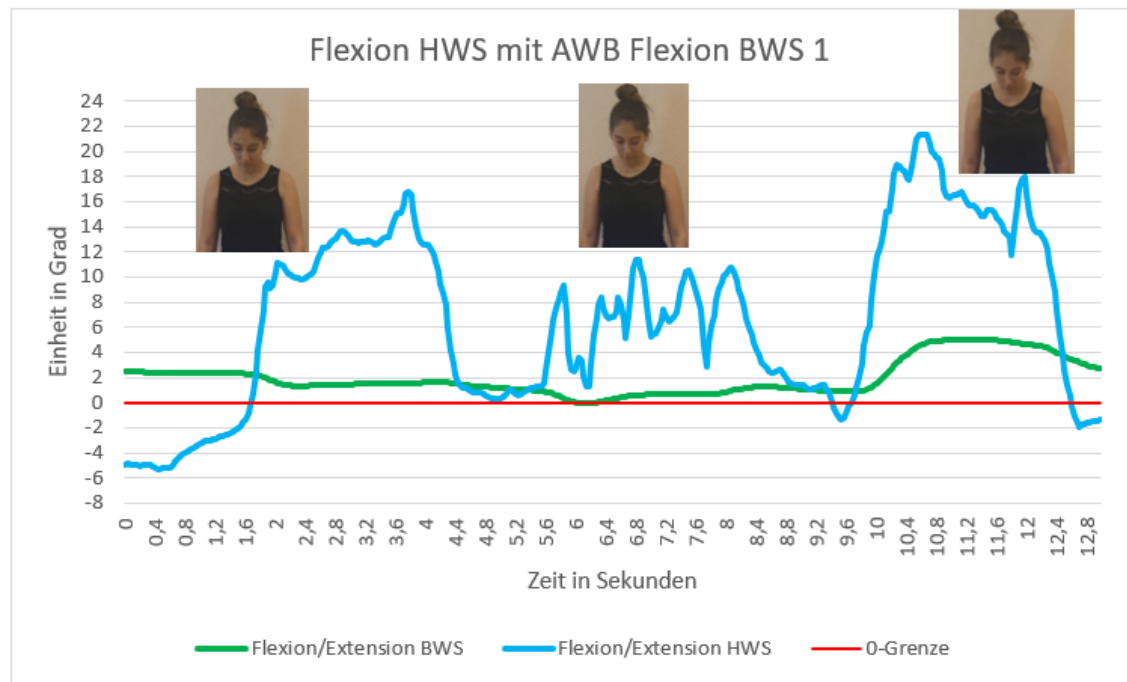


Abbildung A 20: Flexion HWS mit AWB Flexion BWS 1; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Flexion wurde in den ersten und dritten Bewegungen gut wahrgenommen. Bei der zweiten Bewegung war die Flexion mit Schwankungen ersichtlich. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in BWS-Flexion war vorhanden. **1. Bewegung:** Bei der ersten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in Flexion kleiner als der SDC der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte. **2. Bewegung:** Bei der zweiten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in BWS-Flexion grösser als der SDC-Wert der BWS-Flexion; deswegen fand eine AWB in BWS-Flexion statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in BWS-Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte. **3. Bewegung:** Bei der dritten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in BWS-Flexion grösser als der SDC-Wert der BWS-Flexion; deswegen fand eine AWB in BWS-Flexion statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in BWS-Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

Flexion HWS mit AWB Flexion BWS 2

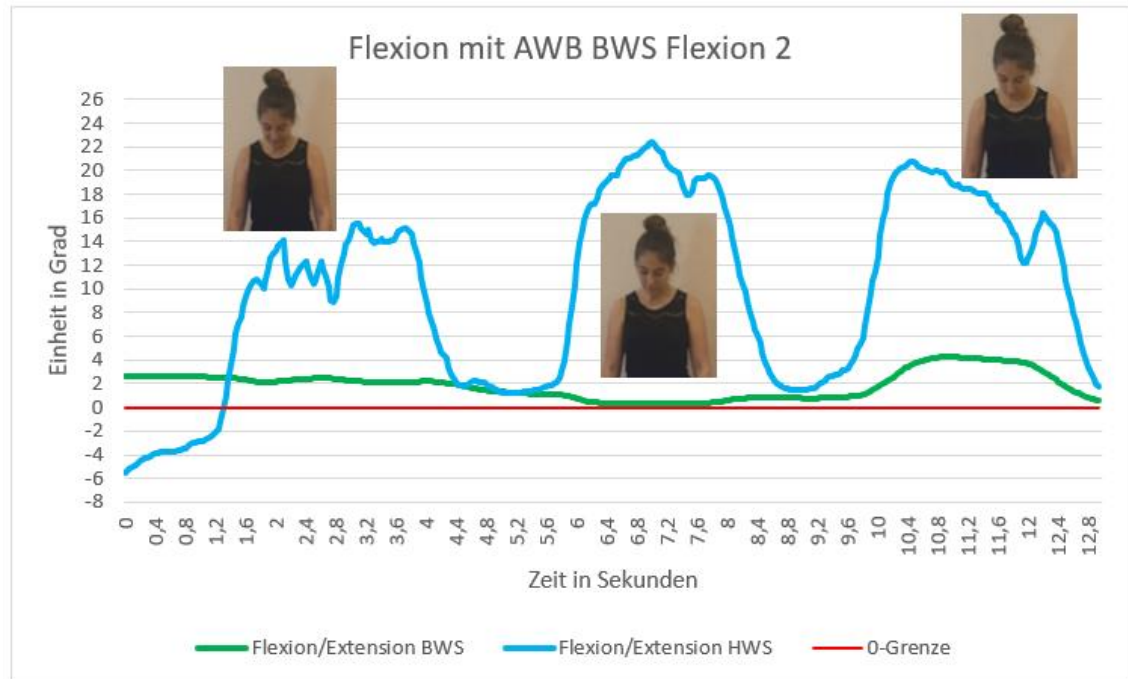


Abbildung A 21: Flexion HWS mit AWB Flexion BWS 2; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Flexion wurde in allen 3 Bewegungen gut wahrgenommen;

Ausweichbewegung: Der SDC der AWB in BWS-Flexion war vorhanden. 1. Bewegung:

Bei der ersten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in Flexion kleiner als der SDC der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

2. Bewegung: Bei der zweiten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in BWS-Flexion kleiner als der SDC-Wert der BWS-Flexion; deswegen fand keine AWB in BWS-Flexion statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in BWS-Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

3. Bewegung: Bei der dritten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in BWS-Flexion grösser als der SDC-Wert der BWS-Flexion; deswegen fand eine AWB in BWS-Flexion statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in BWS-Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

Flexion HWS mit AWB Kopftranslation ventral 1

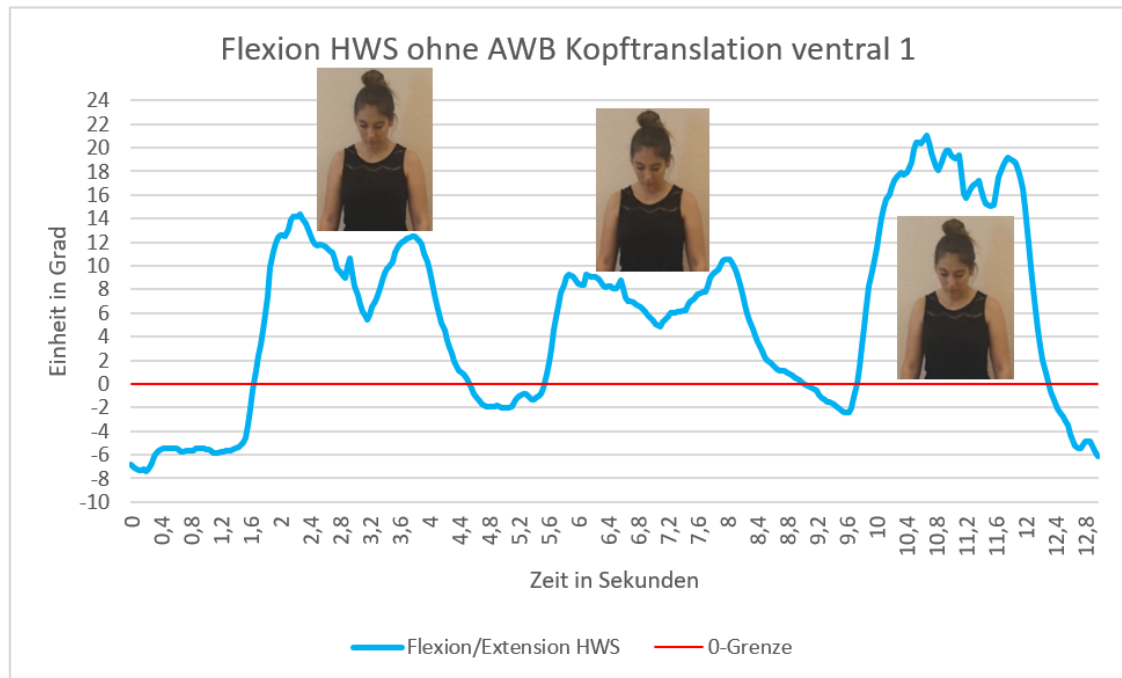


Abbildung A 22: Flexion HWS ohne AWB Kopftranslation ventral 1; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Flexion wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen.

Ausweichbewegung: Der SDC der AWB in Kopftranslation war nicht vorhanden. Da der SDC nicht vorhanden war, konnten wir dieses Resultat nicht bewerten. In der Videoanalyse konnten wir nur bei der letzten Bewegung eine AWB feststellen.

Hierarchisches Diagramm: Beim hierarchischen Diagramm fiel diese Messung direkt aus der Beurteilung heraus, da der SDC-Wert der Kopftranslation nicht vorhanden war.

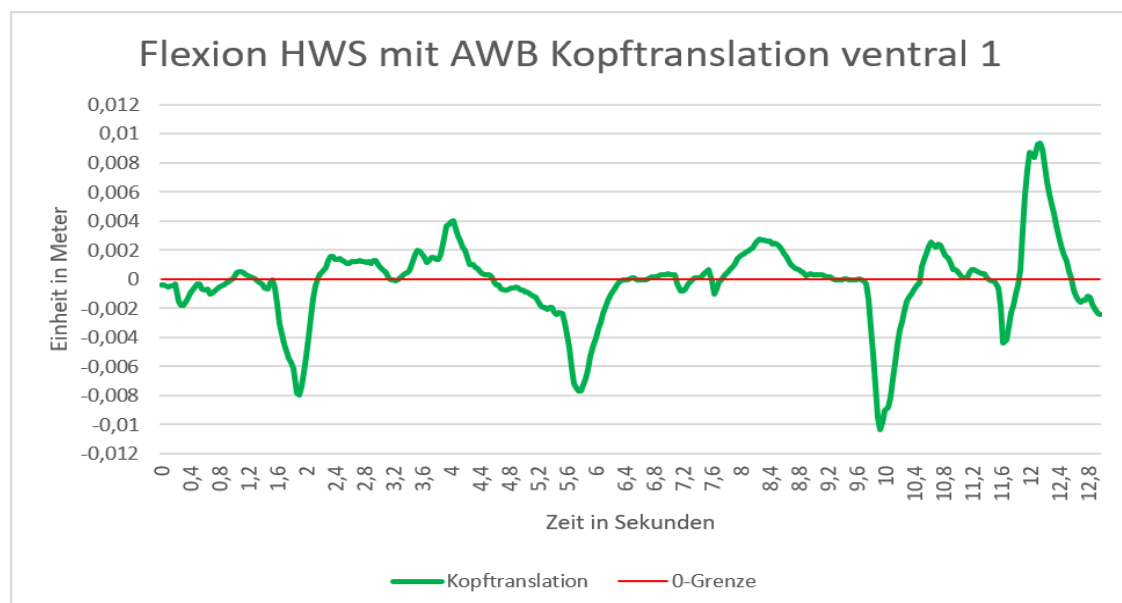


Abbildung A 23: Flexion HWS mit AWB Kopftranslation ventral 1; Quelle: Furrer & Theler

Flexion HWS mit AWB Kopftranslation ventral 2

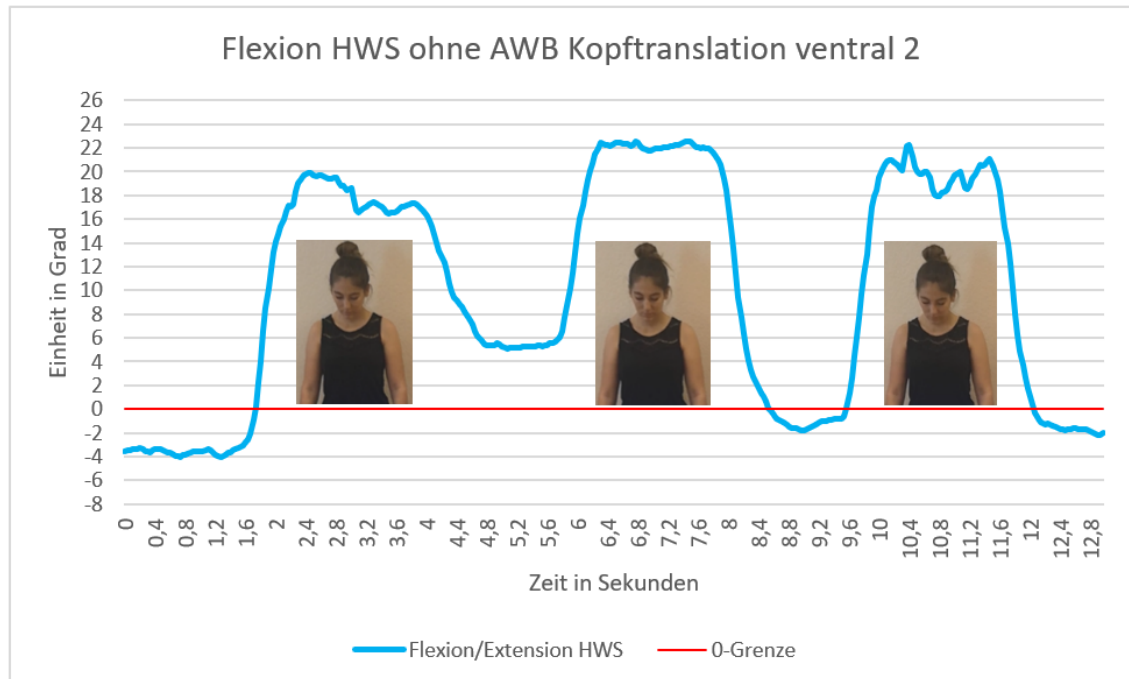


Abbildung A 24: Flexion HWS ohne AWB Kopftranslation ventral 2; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Flexion wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen.

Ausweichbewegung: Der SDC der AWB in Kopftranslation war nicht vorhanden. Da der SDC nicht vorhanden war, konnten wir dieses Resultat nicht bewerten. In der Videoanalyse stellten wir visuell in der ersten und dritten Bewegung eine Kopftranslation fest. Beim hierarchischen Diagramm fiel diese Messung direkt aus der Beurteilung heraus, da der SDC-Wert der Kopftranslation nicht vorhanden war.

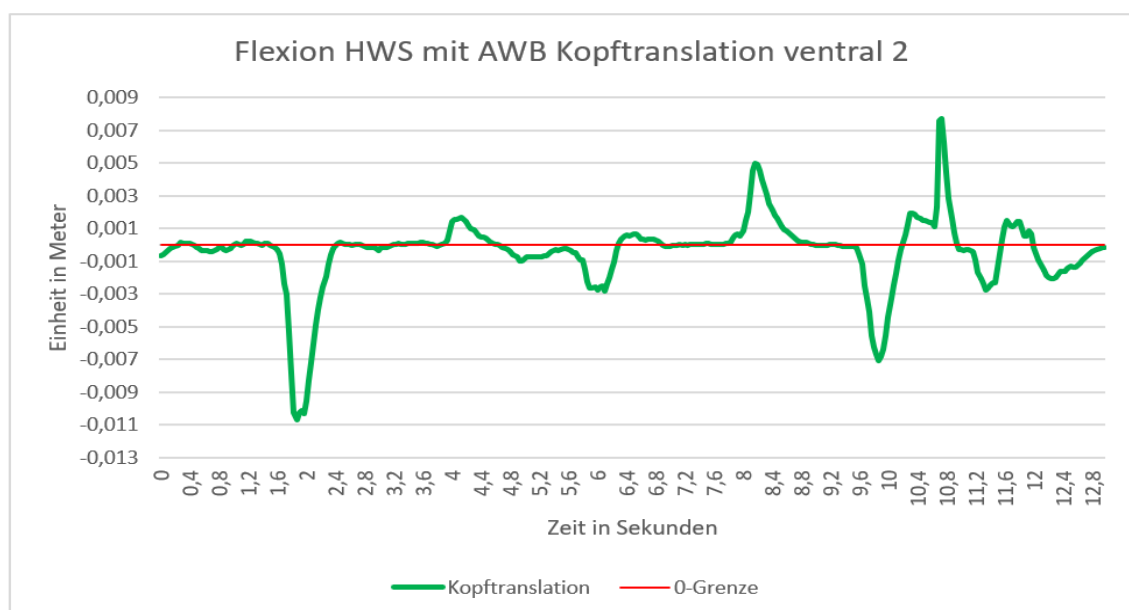


Abbildung A 25: Flexion HWS mit AWB Kopftranslation ventral 2; Quelle: Furrer & Theler

Flexion HWS mit AWB Schultererelevation bilateral 1

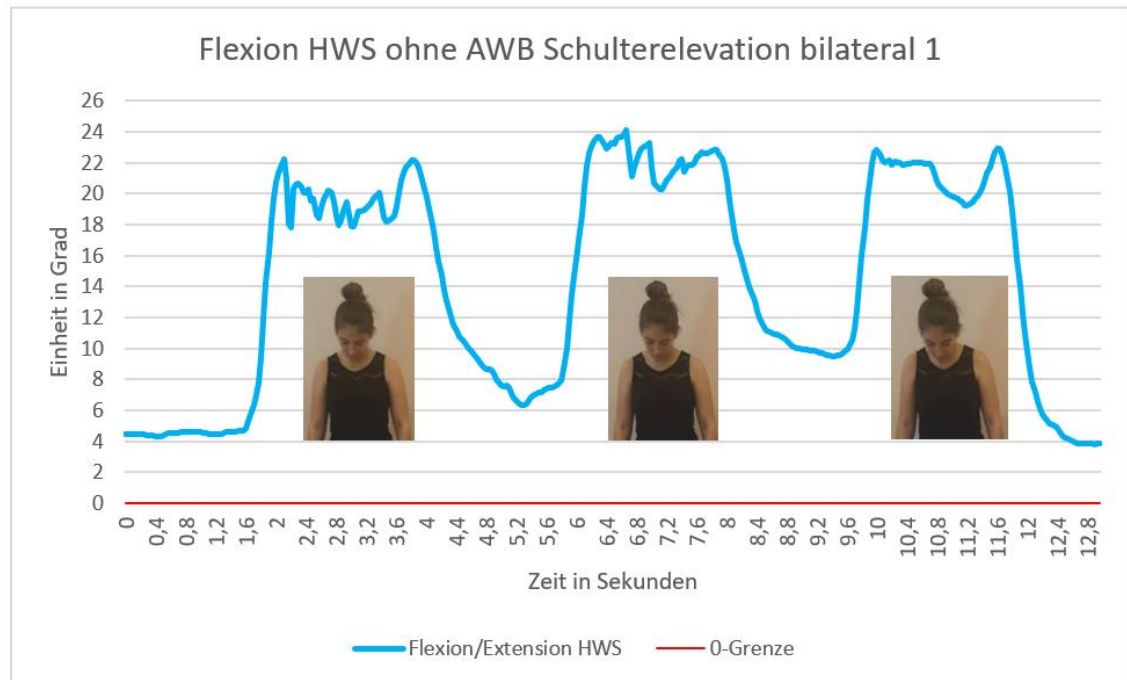


Abbildung A 26: Flexion HWS ohne AWB Schultererelevation bilateral 1; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Flexion wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen.

Ausweichbewegung: Der SDC der AWB in Schultererelevation war nicht vorhanden. Da der SDC nicht vorhanden war, konnten wir dieses Resultat nicht bewerten. In der Videoanalyse stellten wir visuell in der dritten Bewegung eine Schultererelevation fest. Beim hierarchischen Diagramm fiel diese Messung direkt aus der Beurteilung heraus, da der SDC-Wert der Schultererelevation nicht vorhanden war.

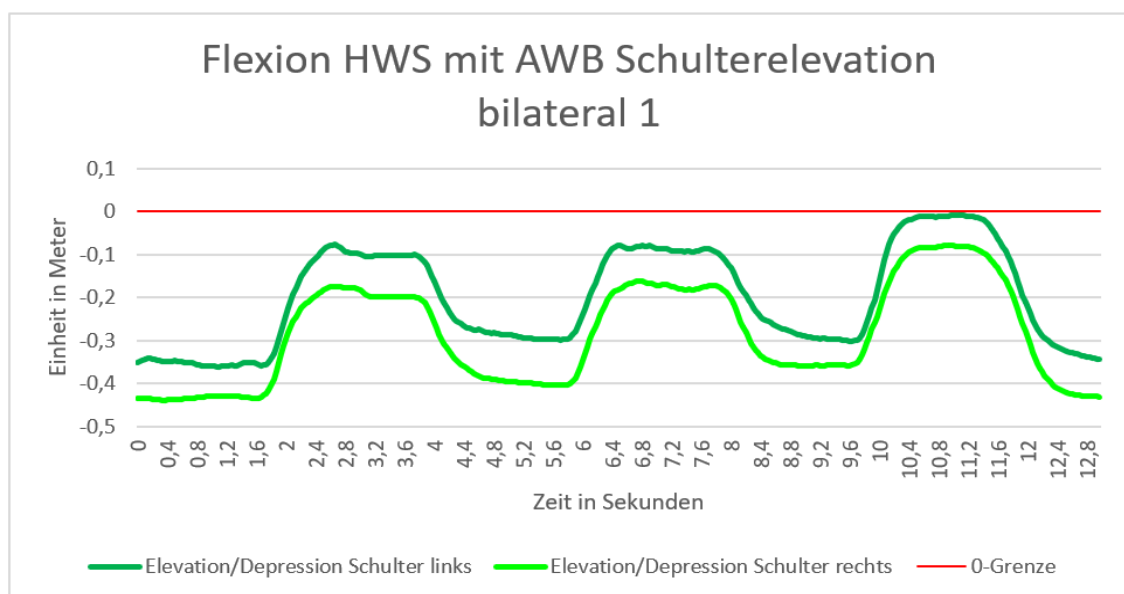


Abbildung A 27: Flexion HWS mit AWB Schultererelevation bilateral 1; Quelle: Furrer & Theler

Flexion HWS mit AWB Schultererelevation bilateral 2

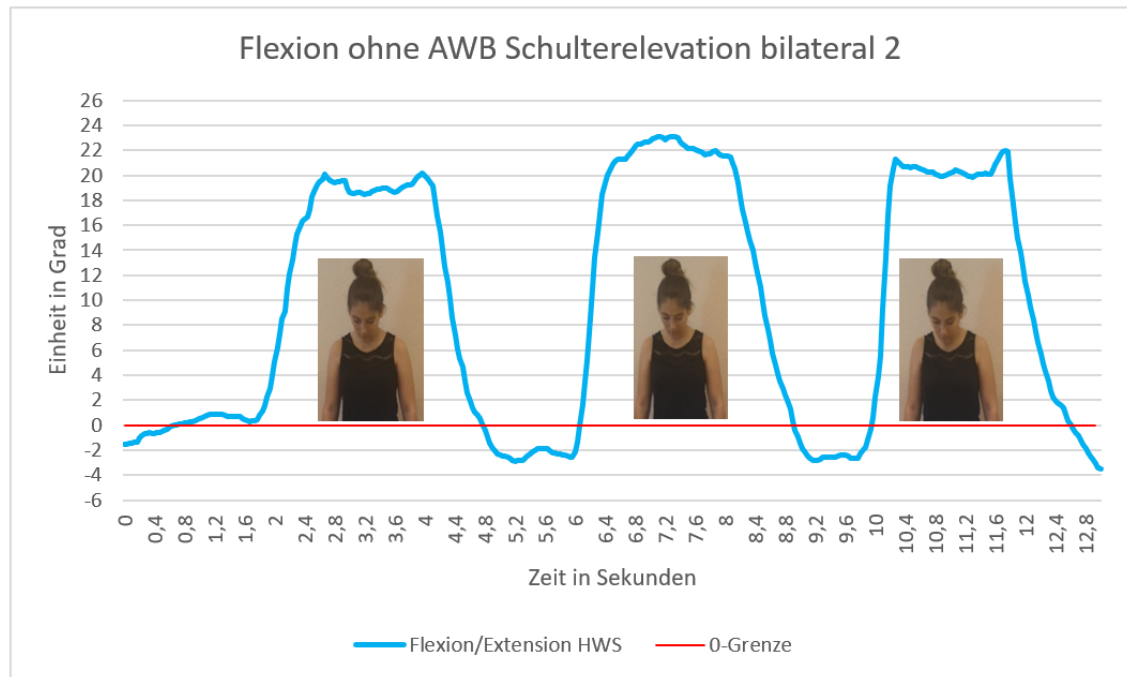


Abbildung A 28: Flexion HWS ohne AWB Schultererelevation bilateral 2; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Flexion wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen.

Ausweichbewegung: Da der SDC der AWB in Schultererelevation nicht vorhanden war, konnten wir dieses Resultat nicht bewerten. In der Videoanalyse stellten wir visuell in der dritten Bewegung eine Schultererelevation fest. Beim hierarchischen Diagramm fiel diese Messung direkt aus der Beurteilung heraus, da der SDC-Wert der Schultererelevation nicht vorhanden war.

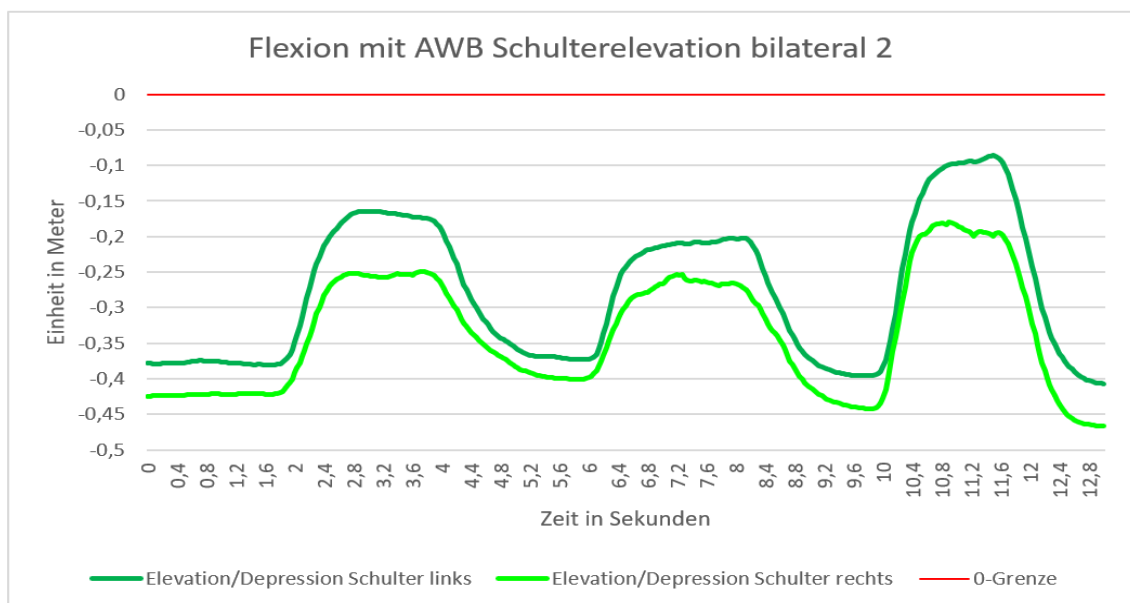


Abbildung A 29: Flexion HWS mit AWB Schultererelevation bilateral 2; Quelle: Furrer & Theler

Flexion HWS mit AWB Schulterprotraktion bilateral 1

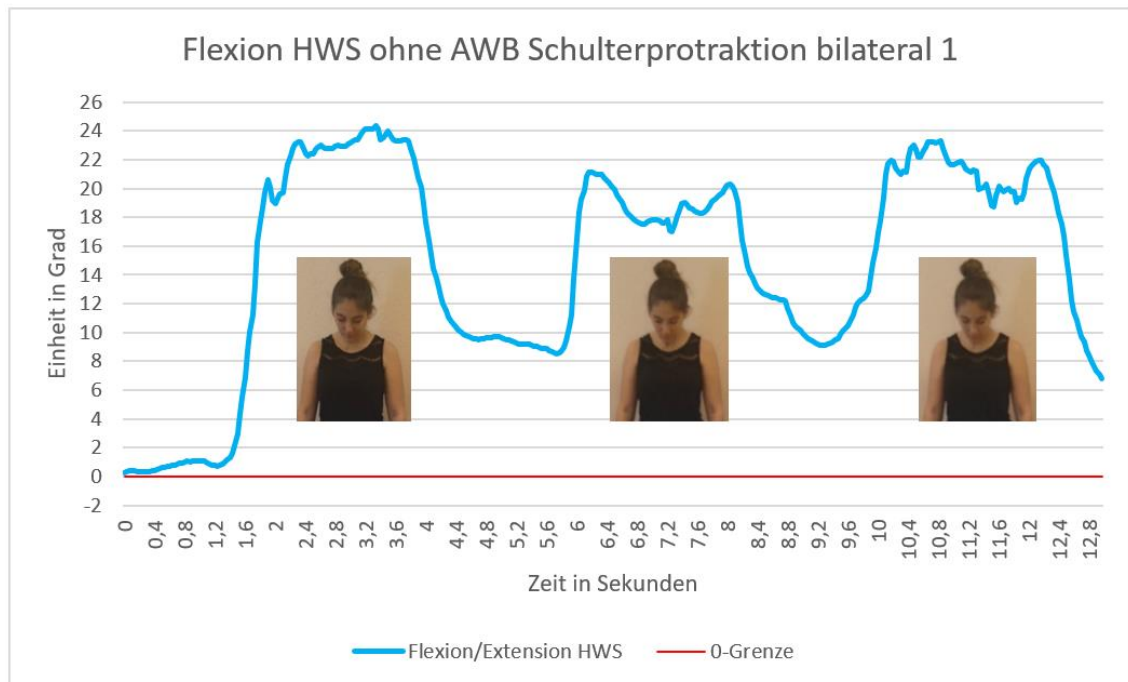


Abbildung A 30: Flexion HWS ohne AWB Schulterprotraktion bilateral 1; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Flexion wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen.

Ausweichbewegung: Die Bewegung der Protraktion/Retraktion Schulter rechts zeigte die identische Achsenbewegung wie die Protraktion/Retraktion Schulter links auf. Da der SDC der AWB in Schulterprotraktion nicht vorhanden war, konnten wir dieses Resultat leider nicht bewerten. In der Videoanalyse stellten wir visuell in der dritten Bewegung eine Schultererelevation fest. Beim hierarchischen Diagramm fiel diese Messung direkt aus der Beurteilung heraus, da der SDC-Wert der Schulterprotraktion nicht vorhanden war.

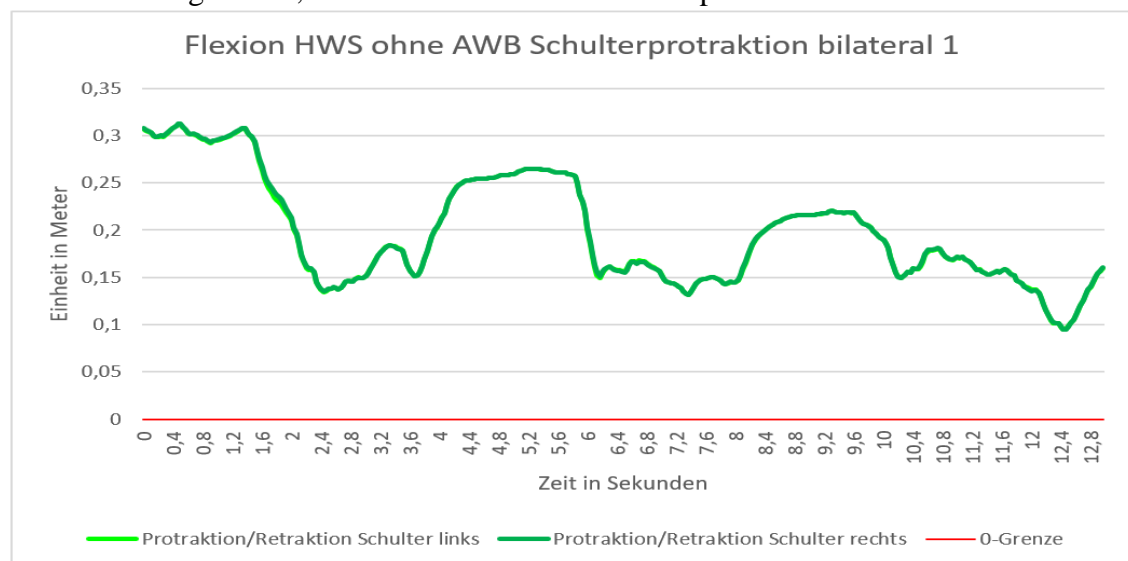


Abbildung A 31: Flexion HWS mit AWB Schulterprotraktion bilateral 1; Quelle: Furrer & Theler

Flexion HWS mit AWB Schulterprotraktion bilateral 2

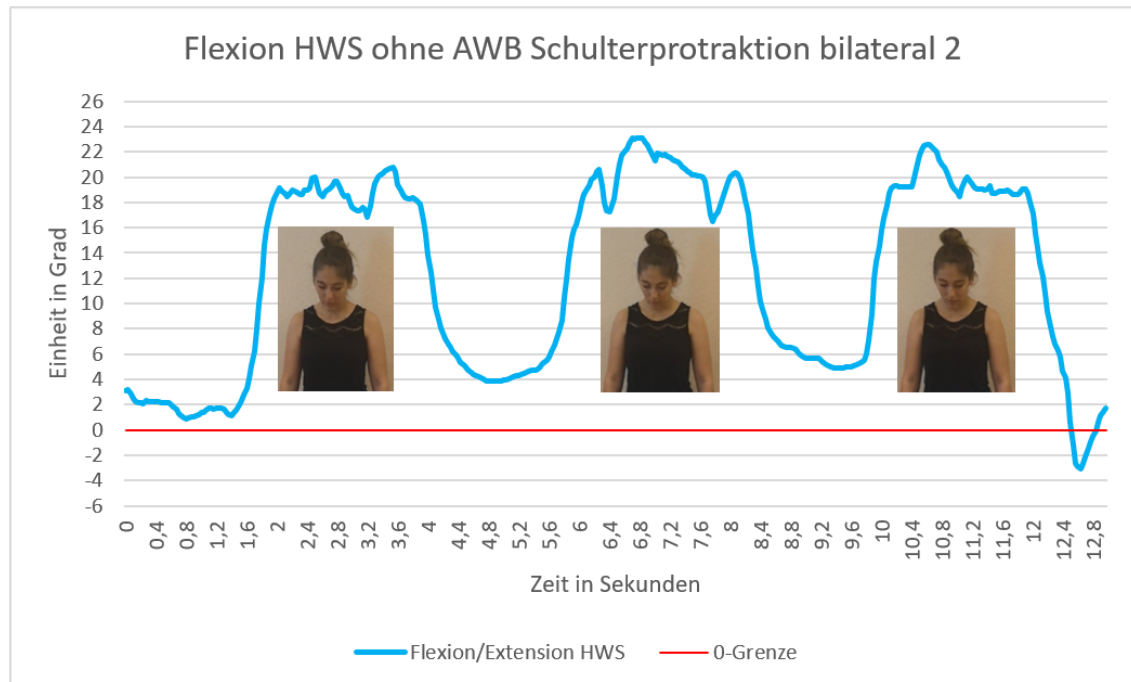


Abbildung A 32: Flexion HWS ohne AWB Schulterprotraktion bilateral 2; Quelle: Furrer & Theler

Hauptbewegung: Die Flexion wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen.

Ausweichbewegung: Die Bewegung der Protraktion/Retraktion Schulter recht zeigte die identische Achsenbewegung wie die Protraktion/Retraktion Schulter links auf. Da der SDC der AWB in Schulterprotraktion nicht vorhanden war, konnten wir dieses Resultat leider nicht bewerten. In der Videoanalyse stellten wir visuell in der dritten Bewegung eine Schultererelevation fest. Beim hierarchischen Diagramm fiel diese Messung direkt aus der Beurteilung heraus, da der SDC-Wert der Schulterprotraktion nicht vorhanden war.

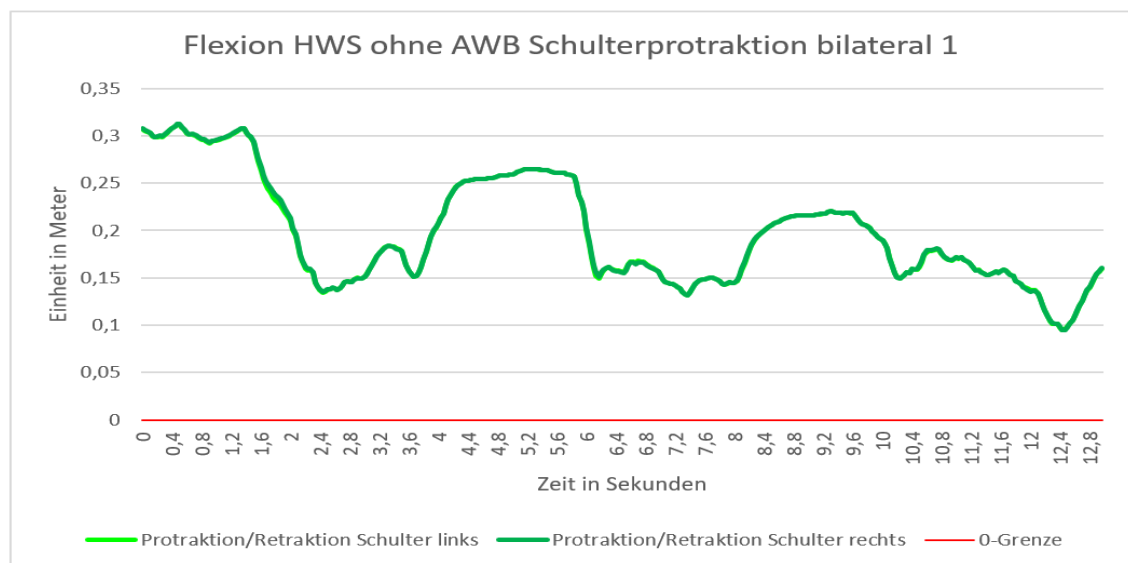


Abbildung A 33: Flexion HWS mit AWB Schulterprotraktion bilateral 2; Quelle: Furrer & Theler

Rotation links HWS mit AWB Kopftranslation ventral 1

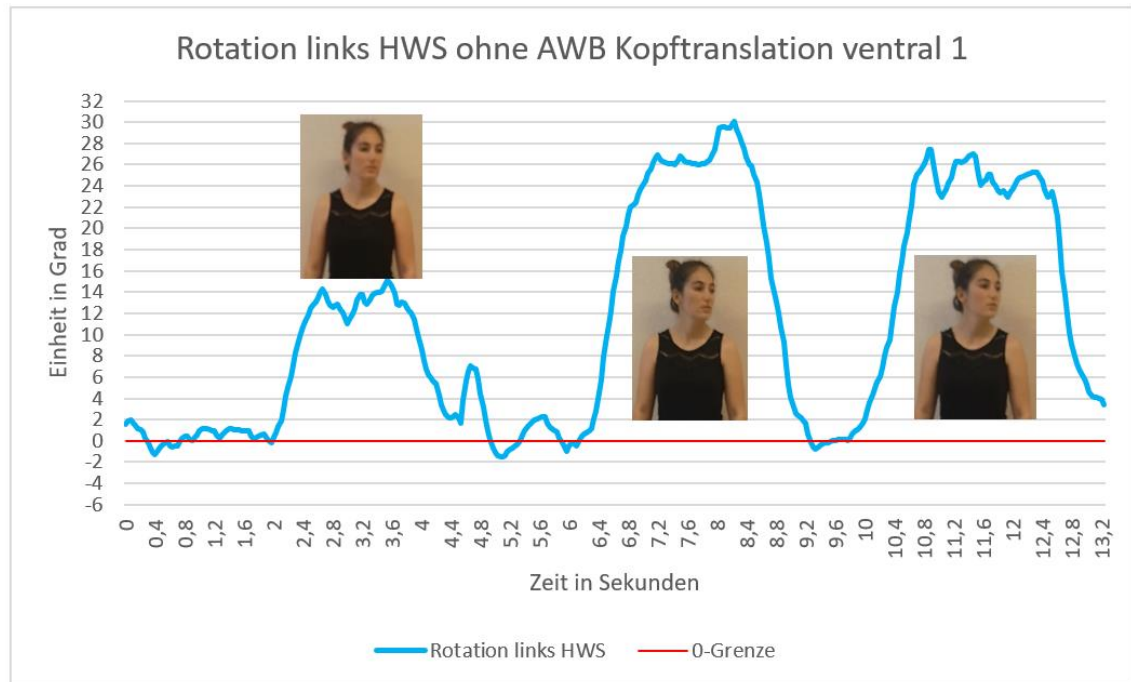


Abbildung A 34: Rotation HWS links ohne AWB Kopftranslation ventral 1

Hauptbewegung: Die Rotation nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Da der SDC der AWB in Kopftranslation nicht vorhanden war, konnten wir dieses Resultat leider nicht bewerten. In der Videoanalyse stellten wir visuell in der zweiten und dritten Bewegung eine Schulter elevation fest. Beim hierarchischen Diagramm fiel diese Messung direkt aus der Beurteilung heraus, da der SDC-Wert der Kopftranslation nicht vorhanden war.

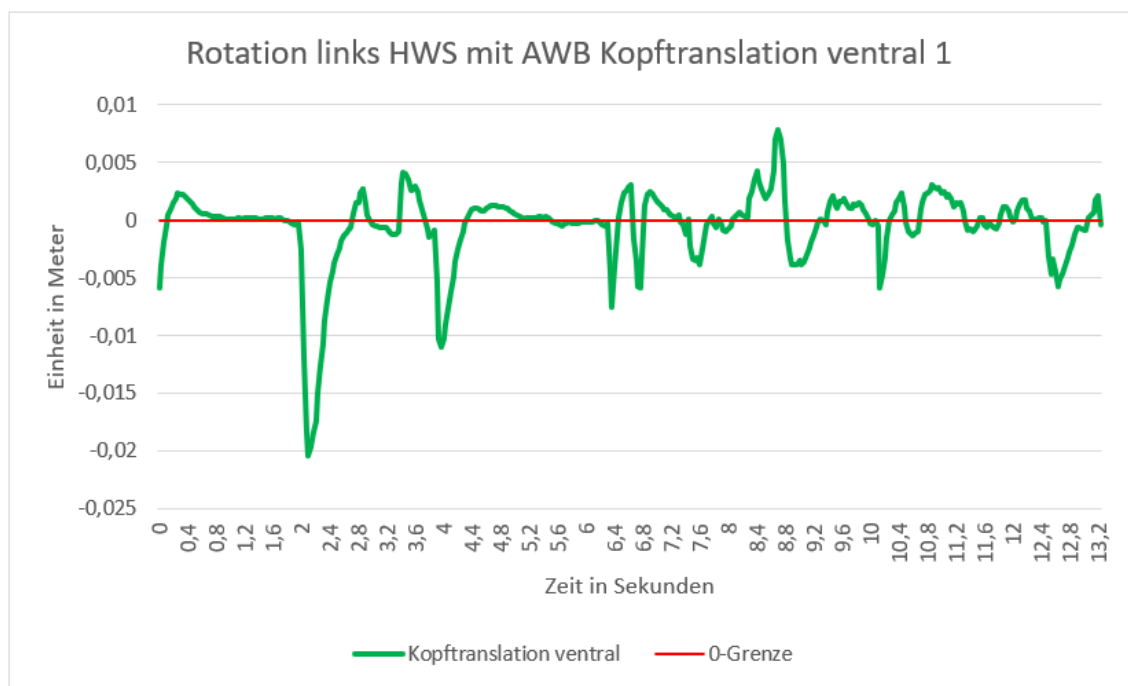


Abbildung A 35: Rotation HWS links mit AWB Kopftranslation ventral 1

Rotation links HWS mit AWB Kopftranslation ventral 2

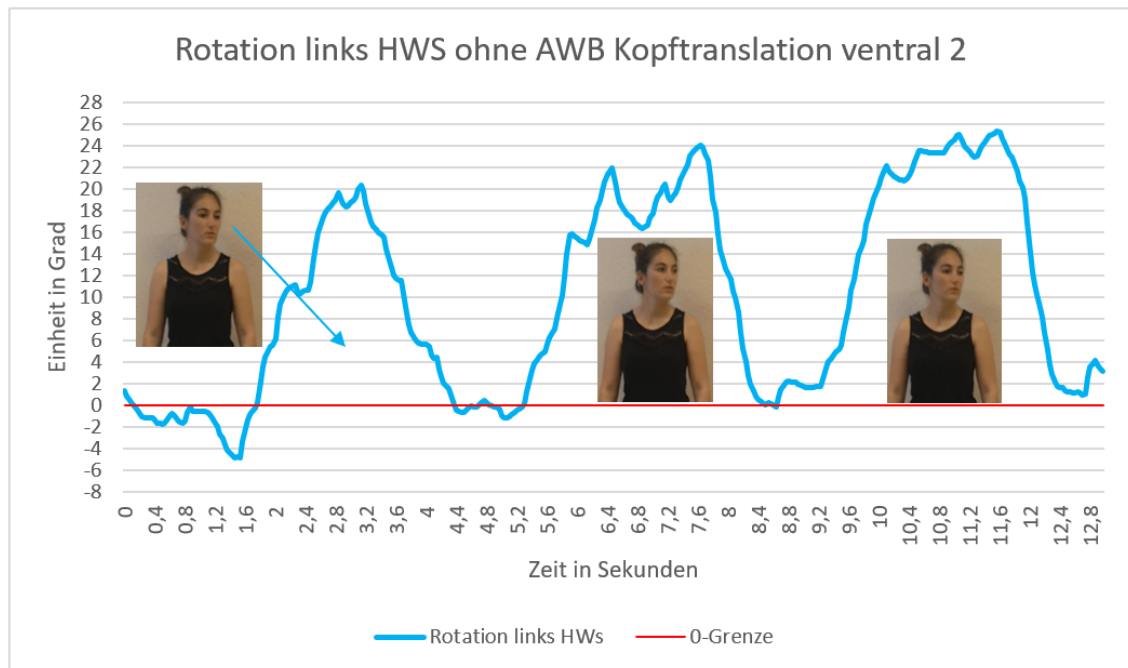


Abbildung A 36: Rotation links HWS ohne AWB Kopftranslation ventral 2

Hauptbewegung: Die Rotation nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Da der SDC der AWB in Kopftranslation nicht vorhanden war, konnten wir dieses Resultat leider nicht bewerten. In der Videoanalyse stellten wir visuell in der zweiten und dritten Bewegung eine Schulter elevation fest. Beim hierarchischen Diagramm fiel diese Messung direkt aus der Beurteilung heraus, da der SDC-Wert der Kopftranslation nicht vorhanden war.

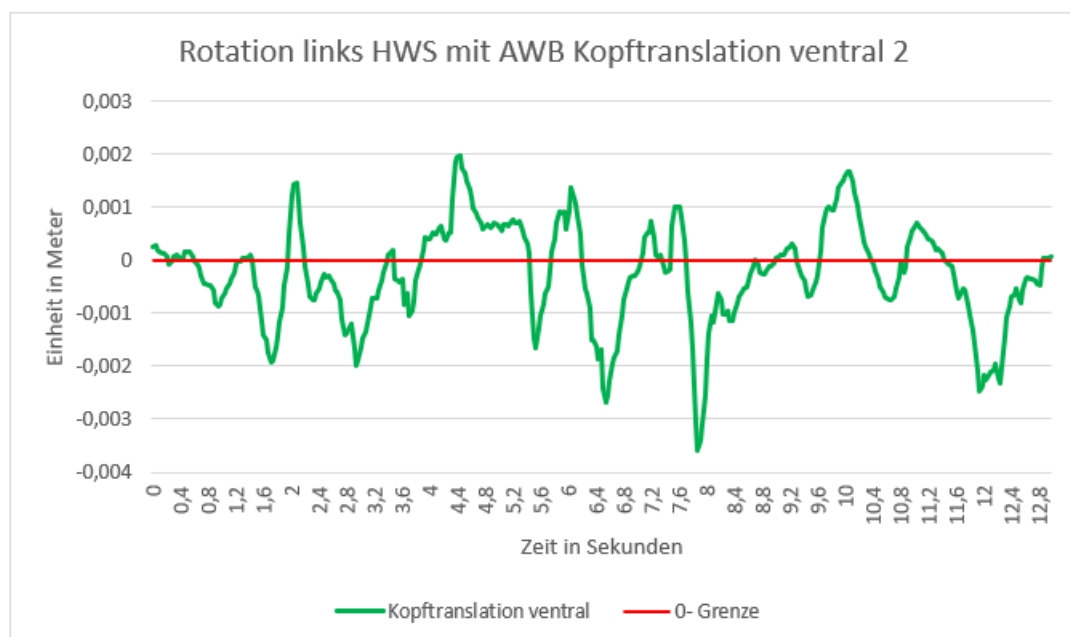


Abbildung A 37: Rotation links HWS mit AWB Kopftranslation ventral 2

Rotation links HWS mit AWB Lateralflexion links HWS 1

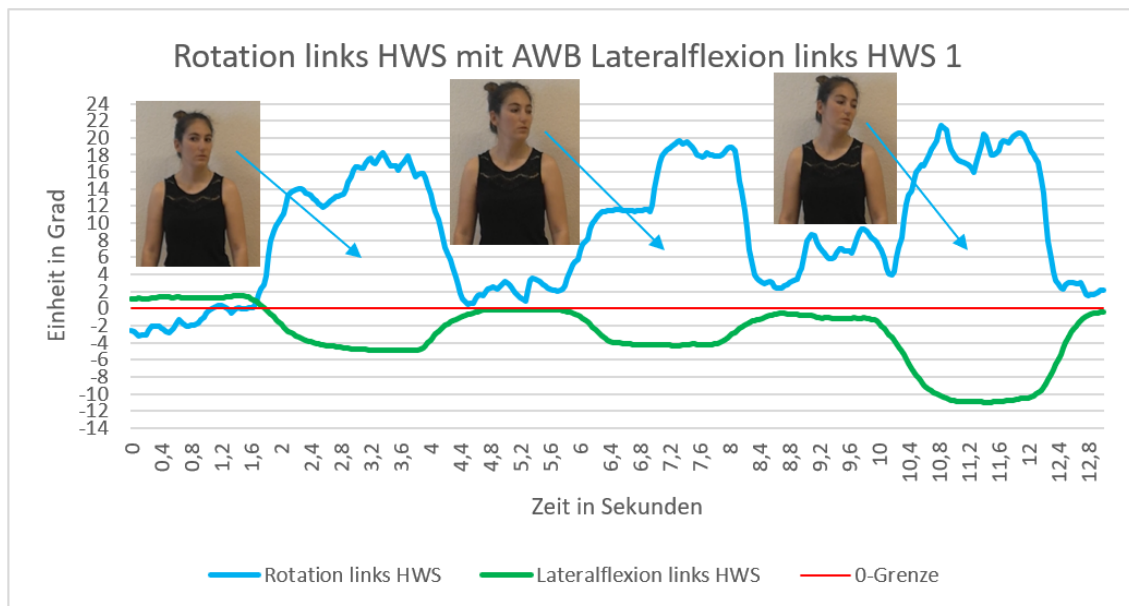


Abbildung A 38: Rotation HWS links mit AWB Lateraflexion HWS 1

Hauptbewegung: Die Rotation nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Lateralflexion war vorhanden. **1. Bewegung:** Bei der ersten Bewegung war der Wert der Bewegung in Lateralflexion kleiner als der SDC-Wert der Lateralflexion; deswegen fand keine AWB in Lateralflexion statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Lateralflexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte. **2. Bewegung:** Bei der zweiten Bewegung war der Wert der Lateralflexion kleiner als der SDC-Wert der Lateralflexion; deswegen fand keine AWB in Lateralflexion statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Lateralflexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte. **3. Bewegung:** Bei der dritten Bewegung war der Wert der Lateralflexion kleiner als der SDC-Wert der Lateralflexion; deswegen fand keine AWB in Lateralflexion statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Lateralflexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte.

Rotation links HWS mit AWB Lateralflexion links HWS 2

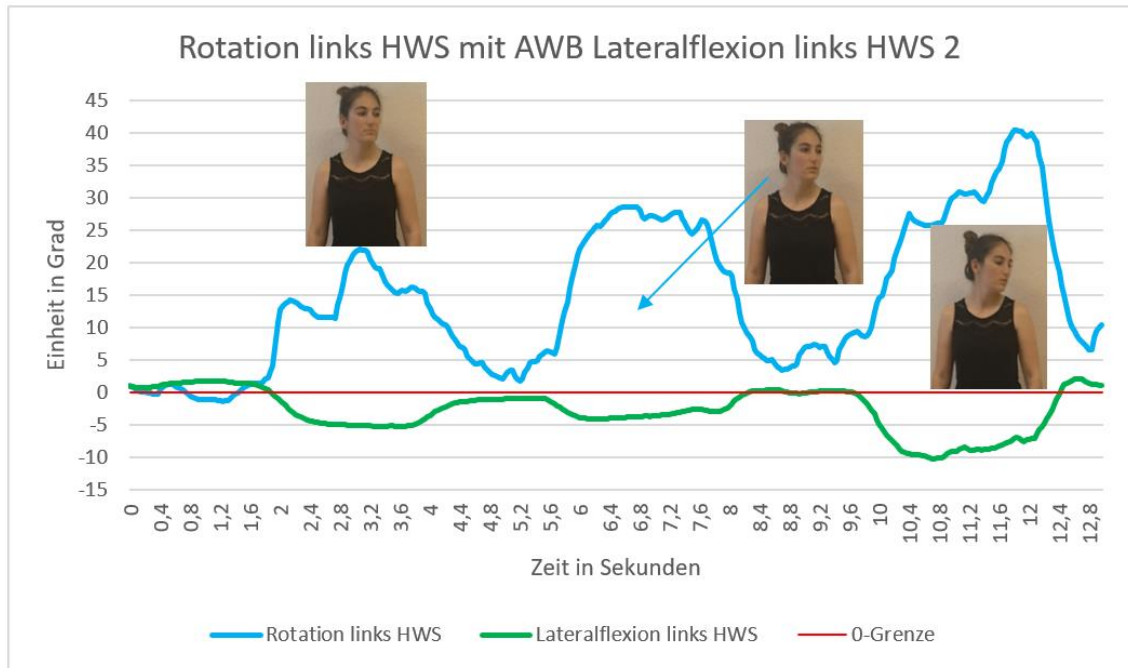


Abbildung A 39: Rotation links HWS mit AWB Lateralflexion links HWS 2

Hauptbewegung: Die Rotation nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Lateralflexion war vorhanden. **1. Bewegung:** Bei der ersten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in Lateralflexion kleiner als der SDC-Wert der Lateralflexion; deswegen fand keine AWB in Lateralflexion statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Lateralflexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte. **2. Bewegung:** Bei der zweiten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Lateralflexion kleiner als der SDC-Wert der Lateralflexion; deswegen fand keine AWB in Lateralflexion statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Lateralflexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte. **3. Bewegung:** Bei der dritten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Lateralflexion kleiner als der SDC-Wert der Lateralflexion; deswegen fand keine AWB in Lateralflexion statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Lateralflexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte.

Rotation links HWS mit AWB Flexion HWS 1

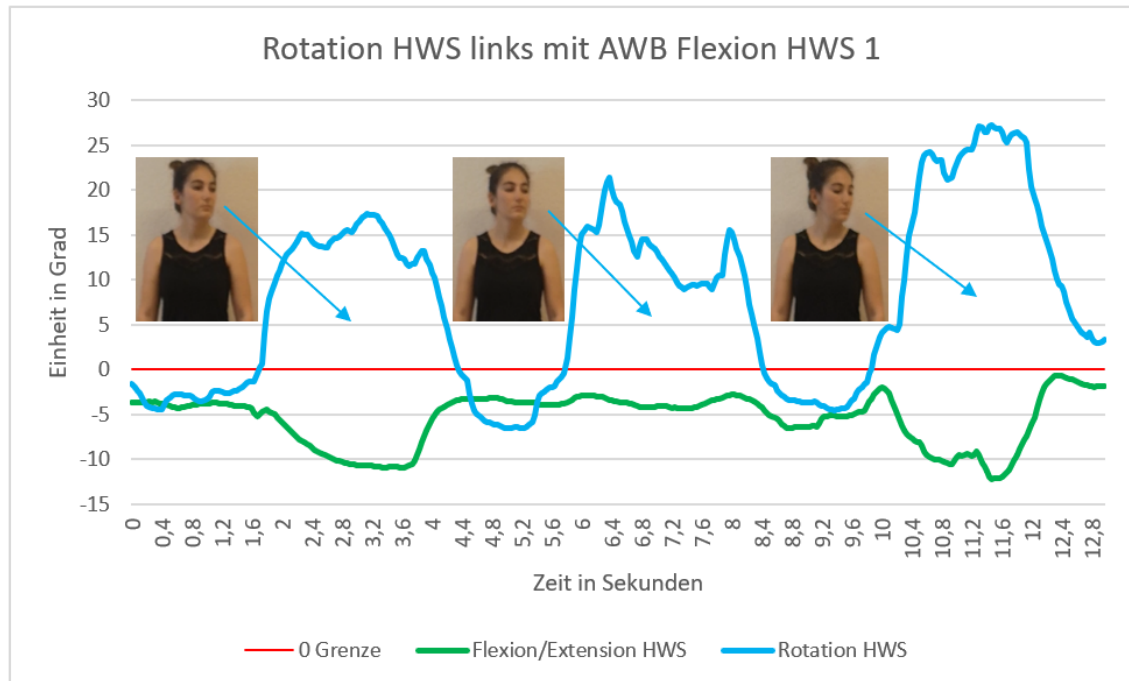


Abbildung A 40: Rotation links HWS mit AWB Flexion HWS 1

Hauptbewegung: Die Rotation nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Flexion war vorhanden. **1. Bewegung:** Bei der ersten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in Flexion kleiner als der SDC-Wert der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte. **2. Bewegung:** Bei der zweiten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Flexion kleiner als der SDC-Wert der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte. **3. Bewegung:** Bei der dritten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Flexion kleiner als der SDC-Wert der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte.

Rotation links HWS mit AWB Flexion HWS 2

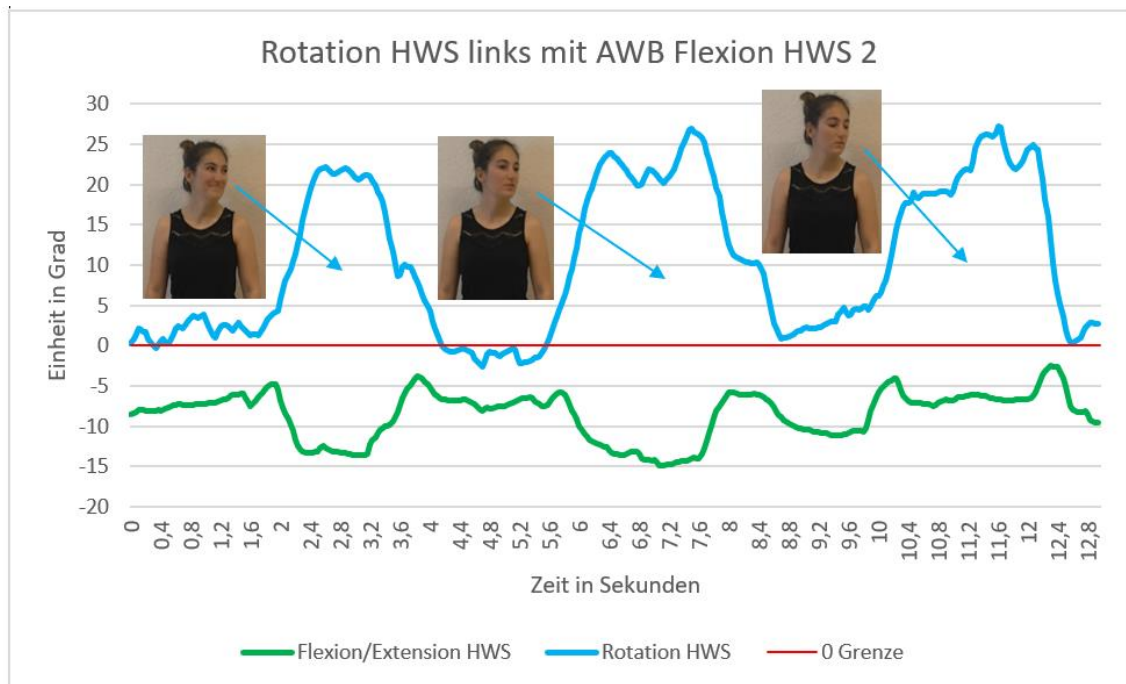


Abbildung A 41: Rotation links HWS mit AWB Flexion HWS 2

Hauptbewegung: Die Rotation nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Flexion war vorhanden. 1. **Bewegung:** Bei der ersten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in Flexion kleiner als der SDC-Wert der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte. 2. **Bewegung:** Bei der zweiten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Flexion kleiner als der SDC-Wert der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte. 3. **Bewegung:** Bei der dritten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Flexion kleiner als der SDC-Wert der Flexion; deswegen fand keine AWB in Flexion statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Flexion fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als negativ bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse nicht das gleiche Ergebnis aufzeigte.

Rotation links HWS mit AWB Extension HWS 2

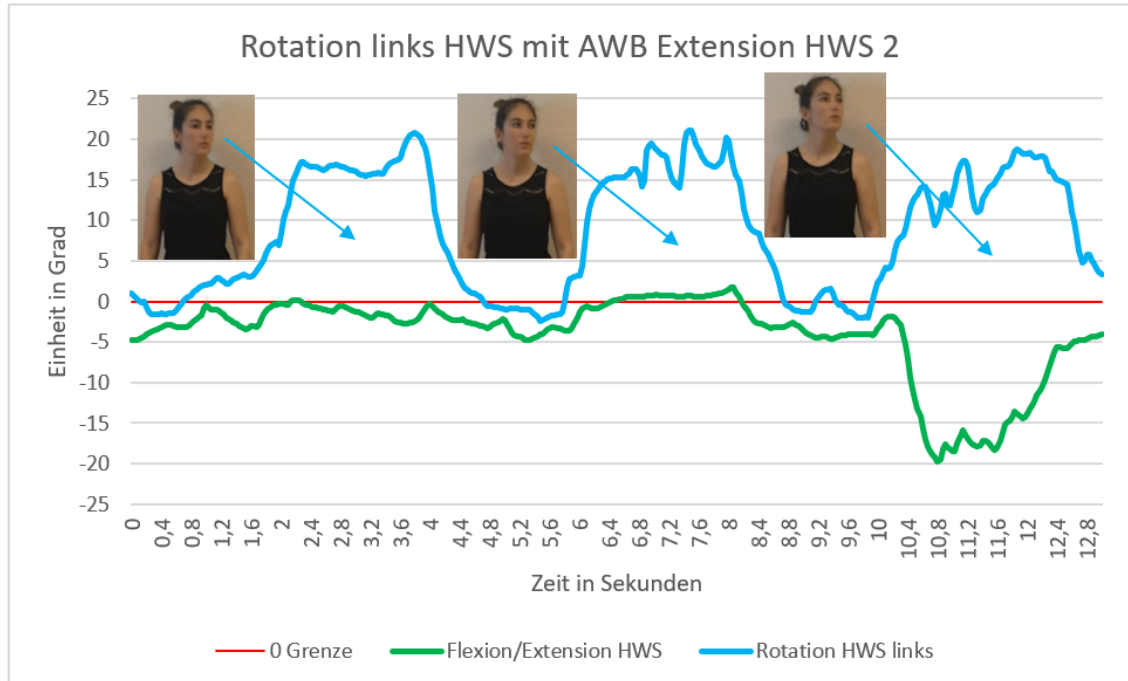


Abbildung A 42: Rotation links HWS mit AWB Extension HWS 2

Hauptbewegung: Die Rotation nach links wurde in allen drei Bewegungen gut wahrgenommen. **Ausweichbewegung:** Der SDC der AWB in Extension war vorhanden.

1. Bewegung: Bei der ersten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Bewegung in Extension kleiner als der SDC-Wert der Extension; deswegen fand keine AWB in Extension statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Extension fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

2. Bewegung: Bei der zweiten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Extension kleiner als der SDC-Wert der Extension; deswegen fand keine AWB in Extension statt. Visuell stellten wir im Video keine AWB in Extension fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und der Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

3. Bewegung: Bei der dritten Bewegung war der errechnete Kinect-Wert der Extension grösser als der SDC-Wert der Extension; deswegen fand eine AWB in Extension statt. Visuell stellten wir im Video eine AWB in Extension fest. Hierarchisches Diagramm: Das Resultat wurde als positiv bewertet, da das Resultat der Kinectdaten- und Videoanalyse das gleiche Ergebnis aufzeigte.

9.4.3. Hierarchisches Diagramm

Tabelle A 5: Auswertung der Daten- und Videoanalyse

Bewegungskontrolltest	1. Bewegung Videoanalyse ¹	1. Bewegung Datenanalyse	2. Bewegung Videoanalyse ¹	2. Bewegung Datenanalyse	3. Bewegung Videoanalyse ¹	3. Bewegung Datenanalyse
<i>SDC-Wert zur Ausweichbewegung in der Literatur vorhanden</i>						
Flexion HWS mit AWB BWS Flexion 1	0	0.74	0	1.45	1	3.61
Flexion HWS mit AWB BWS Flexion 2	0	1	0	1.32	1	2.7
Rotation HWS mit AWB Lateralflexion HWS 1	1	6.29	1	4.11	1	9.69
Rotation HWS mit AWB Lateralflexion HWS 2	1	6.61	1	3.12	1	10.35
Rotation HWS mit AWB Extension HWS 1	0	5.72	0	5	1	2.7
Rotation HWS mit AWB Extension HWS 2	0	1.84	0	4.55	1	14.67
Rotation HWS mit AWB Flexion HWS 1	0	6.5	0	1.12	1	6.88
Rotation HWS mit AWB Flexion HWS 2	1	6.96	0	8.44	1	2.79
Lateralflexion HWS mit AWB Flexion HWS 1	0	6.61	0	4.61	1	10.8
Lateralflexion HWS mit AWB Flexion HWS 2	0	9.46	0	5.84	1	8.93
Lateralflexion HWS mit AWB Rotation HWS 1	1	10.6	1	11.25	1	13.79

Lateralflexion HWS mit AWB Rotation HWS 2	1	8.15	0	6.09	1	15.16
Lateralflexion HWS mit AWB Extension HWS 1	0	7.16	0	4.53	1	27.94
Lateralflexion HWS mit AWB Extension HWS 2	0	9.1	0	9.2	1	18.99
<i>SDC-Wert zur Ausweichbewegung in der Literatur nicht vorhanden</i>						
Flexion HWS mit AWB Schulterelelevation bilateral 1	0	-	0	-	1	-
Flexion HWS mit AWB Schulterelelevation bilateral 2	0	-	0	-	1	-
Flexion HWS mit AWB Schulterprotraktion bilateral 1	0	-	0	-	1	-
Flexion HWS mit AWB Schulterprotraktion bilateral 2	0	-	0	-	1	-
Flexion HWS mit AWB Kopftranslation 1	0	-	0	-	1	-
Flexion HWS mit AWB Kopftranslation 2	1	-	0	-	1	-
Rotation links HWS mit AWB Kopftranslation 1	0	-	1	-	1	-
Rotation links HWS mit AWB Kopftranslation 2	0	-	1	-	1	-
Lateralflexion links HWS mit AWB Schulterelelevation controlateral 1	0	-	0	-	1	-
Lateralflexion links HWS mit AWB Schulterelelevation controlateral 2	0	-	0	-	1	-
Lateralflexion links HWS mit AWB Schulterelelevation homolateral 1	1	-	1	-	1	-
Lateralflexion links HWS mit AWB Schulterelelevation homolateral 2	1	-	1	-	1	-
Reliabilität 1 ²	18/26	12/14	7/26	3/14	26/26	7/ 14
Reliabilität 1 in % ²	69.23	85.71	26.92	21.43	100	50
Reliabilität 2 ³	8/14		1/14		7/14	
Reliabilität 2 in % ³	57.14		7.14		50	

Reliabilität 3 ⁴	2/14
Reliabilität 3 in % ⁴	14.29

¹0 = visuell wurde keine AWB in der Videoanalyse festgestellt; 1 = visuell wurde eine AWB in der Videoanalyse festgestellt;

²Vergleich der Kinectdaten- oder Videoanalyse zu allen AWB der ausgewählten Bewegungskontrolltests zu jedem einzelnen Bewegungsausmass (1,2,3).; Bei der ersten Bewegung der Kinectdaten- oder Videoanalyse wurde die Reliabilität ohne AWB berechnet. Bei der zweiten und dritten Bewegung wurde die Reliabilität mit AWB berechnet.;

³Vergleich der Kinectdatenanalyse mit der Videoanalyse zu jedem einzelnen Bewegungsausmass (1,2,3) der AWB der ausgewählten Bewegungskontrolltests. Bei der ersten Bewegung der Kinectdatenanalyse mit der Videoanalyse wurde die Reliabilität ohne AWB berechnet. Bei der zweiten und dritten Bewegung wurde die Reliabilität mit AWB berechnet.;

⁴Vergleich der identischen AWB der ausgewählten Bewegungskontrolltests zu allen Bewegungsausmassen (1,2,3).

Farblegende

Keine AWB

Mit AWB

Kein SDC in der Literatur vorhanden -> Keine Berechnung möglich

Übriges

Hierarchisches Diagramm der 2. Bewegung ohne AWB

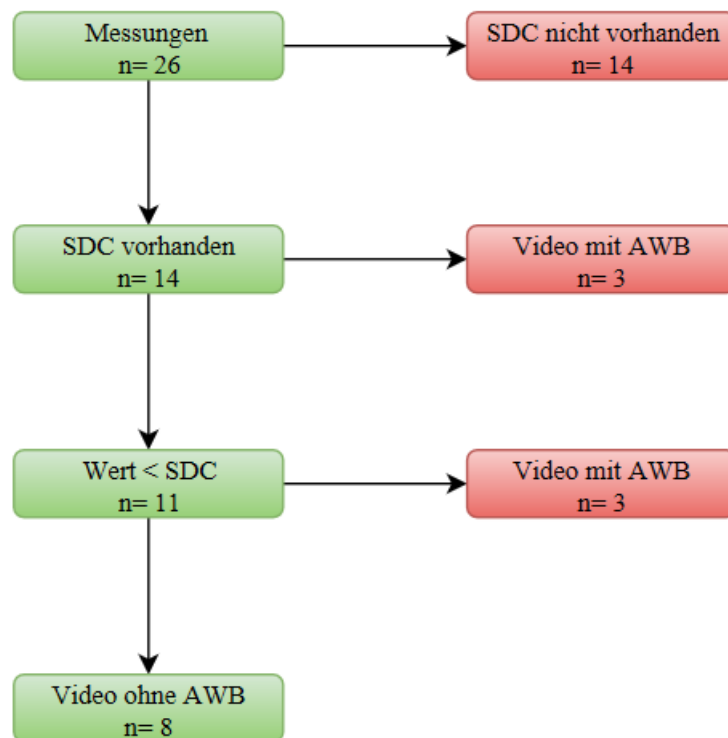


Abbildung A 43: Hierarchisches Diagramm zur 2. Bewegung (ohne AWB)

9.5. Abbildungsverzeichnis Anhang

Abbildung A 1: Lateralflexion HWS links ohne AWB 1	VI
Abbildung A 2: Lateralflexion HWS links ohne AWB 2	VII
Abbildung A 3: Flexion HWS ohne AWB 1	VIII
Abbildung A 4: Flexion HWS ohne AWB 2	IX
Abbildung A 5: Rotation links HWS ohne AWB 1	X
Abbildung A 6: Rotation links HWS ohne AWB 2	XI
Abbildung A 7: Lateralflexion links HWS mit AWB Extension HWS 2; Quelle: Furrer & Theler	XII
Abbildung A 8: Lateralflexion links HWS mit AWB Flexion HWS 1; Quelle: Furrer & Theler	XIII
Abbildung A 9: Lateralflexion links HWS mit AWB Flexion HWS 2; Quelle: Furrer & Theler	XIV
Abbildung A 10: Lateralflexion links HWS ohne AWB Schulter elevation contro 1; Quelle: Furrer & Theler	XV

Abbildung A 11: Lateralflexion links HWS mit AWB Schultererelevation contro 1; Quelle: Furrer & Theler	XV
Abbildung A 12: Lateralflexion links HWS ohne AWB Schultererelevation contro 2; Quelle: Furrer & Theler	XVI
Abbildung A 13: Lateralflexion links HWS mit AWB Schultererelevation contro 2; Quelle: Furrer & Theler	XVI
Abbildung A 14: Lateralflexion links HWS ohne AWB Schultererelevation homo 1; Quelle: Furrer & Theler	XVII
Abbildung A 15: Lateralflexion links HWS mit AWB Schultererelevation homo 1; Quelle: Furrer & Theler	XVII
Abbildung A 16: Lateralflexion links HWS ohne AWB Schultererelevation homo 2; Quelle: Furrer & Theler	XVIII
Abbildung A 17: Lateralflexion links HWS mit AWB Schultererelevation homo 2; Quelle: Furrer & Theler	XVIII
Abbildung A 18: Lateralflexion links HWS mit AWB Rotation HWS 1; Quelle: Furrer & Theler	XIX
Abbildung A 19: Lateralflexion links HWS mit AWB Rotation links HWS 2; Quelle: Furrer & Theler	XX
Abbildung A 20: Flexion HWS mit AWB Flexion BWS 1; Quelle: Furrer & Theler	XXI
Abbildung A 21: Flexion HWS mit AWB Flexion BWS 2; Quelle: Furrer & Theler	XXII
Abbildung A 22: Flexion HWS ohne AWB Kopftranslation ventral 1; Quelle: Furrer & Theler	XXIII
Abbildung A 23: Flexion HWS mit AWB Kopftranslation ventral 1; Quelle: Furrer & Theler	XXIII
Abbildung A 24: Flexion HWS ohne AWB Kopftranslation ventral 2; Quelle: Furrer & Theler	XXIV
Abbildung A 25: Flexion HWS mit AWB Kopftranslation ventral 2; Quelle: Furrer & Theler	XXIV
Abbildung A 26: Flexion HWS ohne AWB Schultererelevation bilateral 1; Quelle: Furrer & Theler	XXV
Abbildung A 27: Flexion HWS mit AWB Schultererelevation bilateral 1; Quelle: Furrer & Theler	XXV
Abbildung A 28: Flexion HWS ohne AWB Schultererelevation bilateral 2; Quelle: Furrer & Theler	XXVI

Abbildung A 29: Flexion HWS mit AWB Schulterelelevation bilateral 2; Quelle: Furrer & Theler	XXVI
Abbildung A 30: Flexion HWS ohne AWB Schulterprotraktion bilateral 1; Quelle: Furrer & Theler	XXVII
Abbildung A 31: Flexion HWS mit AWB Schulterprotraktion bilateral 1; Quelle: Furrer & Theler	XXVII
Abbildung A 32: Flexion HWS ohne AWB Schulterprotraktion bilateral 2; Quelle: Furrer & Theler	XXVIII
Abbildung A 33: Flexion HWS mit AWB Schulterprotraktion bilateral 2; Quelle: Furrer & Theler	XXVIII
Abbildung A 34: Rotation HWS links ohne AWB Kopftranslation ventral 1	XXIX
Abbildung A 35: Rotation HWS links mit AWB Kopftranslation ventral 1	XXIX
Abbildung A 36: Rotation links HWS ohne AWB Kopftranslation ventral 2	XXX
Abbildung A 37: Rotation links HWS mit AWB Kopftranslation ventral 2	XXX
Abbildung A 38: Rotation HWS links mit AWB Lateralflexion HWS 1	XXXI
Abbildung A 39: Rotation links HWS mit AWB Lateralflexion links HWS 2	XXXII
Abbildung A 40: Rotation links HWS mit AWB Flexion HWS 1	XXXIII
Abbildung A 41: Rotation links HWS mit AWB Flexion HWS 2	XXXIV
Abbildung A 42: Rotation links HWS mit AWB Extension HWS 2	XXXV
Abbildung A 43: Hierarchisches Diagramm zur 2. Bewegung (ohne AWB)	XXXIX

9.6. Tabellenverzeichnis Anhang

Tabelle A 1: Bestimmung Variable nach der der Datenanalyse	II
Tabelle A 2: Definition der Fix- und Drehpunkte Kinovea, Kameraposition	III
Tabelle A 3: Resultate der Bewegungen der Rotationsachse im Vergleich Kinect und Kinovea	IV
Tabelle A 4: Resultate der Bewegungen der Translationsachse im Vergleich Kinect und Kinovea	V
Tabelle A 5: Auswertung der Daten- und Videoanalyse	XXXVI