

Analyse zur funktionellen Biomechanik unterschiedlicher Stuhltypen bei eSport-Aktivität



Abschlussbericht

November 2017

Dr. Frank Emrich

Wissenschaftlicher Berater

Biomechanik & Ergonomie

1 Einleitung

Die eSport-Community gewinnt in den letzten Jahren rasant an Zuwachs. Die Anzahl aktiver Gamer liegt Schätzungen zufolge allein in Deutschland bei 4,5 Millionen (Quelle: openPR.de) und europaweit bei bis zu 22 Millionen (Quelle: World Cyber Games). Die erhoffte Anerkennung von eSport als *Sportart* durch den Deutschen Olympischen Sportbund wie auch durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft bleibt dem eSport, insbesondere mit dem Verweis auf ein Fehlen motorischer Aktivität, jedoch verwehrt. Tatsächlich ist eSport vorwiegend geprägt von langanhaltendem, meist regungslosem Sitzen und beschränkt sich hinsichtlich motorischer Aktivität auf die Fingerbewegungen bei der Bedienung von Eingabemitteln wie Tastatur, Maus oder Joystick.

Langes Sitzen, beim eSport von bis zu 10 Stunden pro Tag, kann einerseits mit Fehlhaltungen, Schmerzen und Schädigungen der beteiligten biologischen Strukturen (Muskeln, Sehnen und Gelenke), z.B. durch verkürzte und erschlaffte Muskulatur oder Unterversorgung der knorpelhaltigen Bandscheibenstrukturen, in Verbindung gebracht werden. Andererseits ist bewegungsloses Sitzverhalten auch für eine allgemeine muskuläre Ermüdung großer Bereiche des Bewegungsapparates verantwortlich und hat somit direkten Einfluss auf die Leistungsfähigkeit und Performance beim gamen.

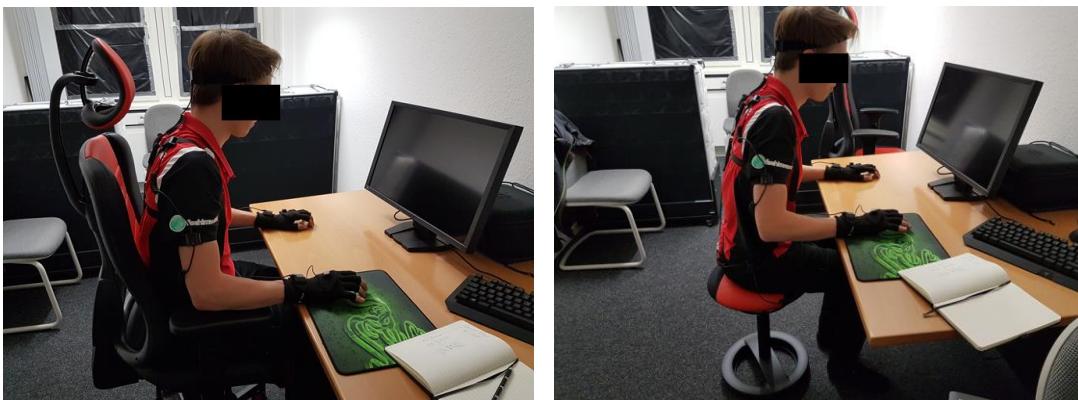


Abb. 1: Sitzpositionen und Stuhltypen beim eSport

Die vorliegende Untersuchung hatte daher zum Ziel, körperliche Belastung an eSport-spezifischen Belastungsregionen bei der Verwendung verschiedener Stuhltypen zu identifizieren und hinsichtlich ihrer Bedeutung zur Erhaltung einer funktionellen Beweglichkeit (Performance) sowie zum Schutz des Muskel-Skelett-Systems (Protection) zu bewerten.

An der dreiteiligen Untersuchung nahmen fünf männliche Spieler der eSports-Mannschaft der Deutschen Sporthochschule Köln teil. Sie hatten erstens die Aufgabe, vier verschiedene Stuhltypen (drei TOPSTAR, ein NOBLE) beim Gamen auszuprobieren und anschließend anhand eines systematischen und strukturierten Fragebogens zu bewerten. Um die Sitzposition und das Sitzverhalten in den vier Stühlen weiterführend zu beurteilen und quantitativ zu erfassen, wurde zweitens exemplarisch an zwei Spielern eine computergestützte Bewegungsanalyse (3D-Motion Capture) während des Spielens durchgeführt. Außerdem wurde drittens eine subjektive Befindlichkeitsanalyse, ebenfalls in Form eines systematischen und strukturierten Fragebogens, am Tag der Untersuchung durchgeführt. Die Stammdaten der fünf Untersuchungsteilnehmer sind in Tab. 1 dargestellt.

Stammdaten der Teilnehmer (n = 5 ♂)	
Merkmal	MW ± SD
Alter (Jahre)	22 ± 2
Größe (cm)	190 ± 7
Gewicht (kg)	89 ± 14
BMI (kg/m ²)	24 ± 3

Tab. 1: Stammdaten der Teilnehmer in Mittelwerten und Standardabweichungen

Das 3D-Motion Capturing sah vor, die Körperposition sowie eventuell auftretende Körperbewegungen dreidimensional zu erfassen und bezüglich ihrer körperlichen Belastung zu analysieren. Dazu wurde den Probanden ein Ganzkörper-Inertialsensor-System, bestehend aus 17 sog. IMUs (Inertial Measurement Units) der Firma *Neuron Perception* angelegt und über vier definierte Körperpositionen kalibriert.

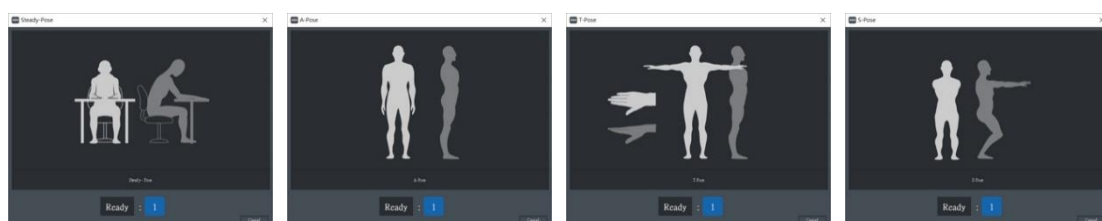


Abb. 2: Kalibration des Inertialsensor-Systems

Die eigentliche Datenerfassung beim Gamen (League of Legends) auf den verschiedenen Stuhltypen erfolgte mit einer Messfrequenz von 120 Bildern pro Sekunde. Um die Messdaten bezüglich ihrer Belastungscharakteristika auswerten zu können, wurden sie im Anschluss an die Messung mit Hilfe der Auswerterroutine *Neuron Monitor* (auf Basis von Unity-3D) gestreamt und analysiert (siehe Abb. 3).

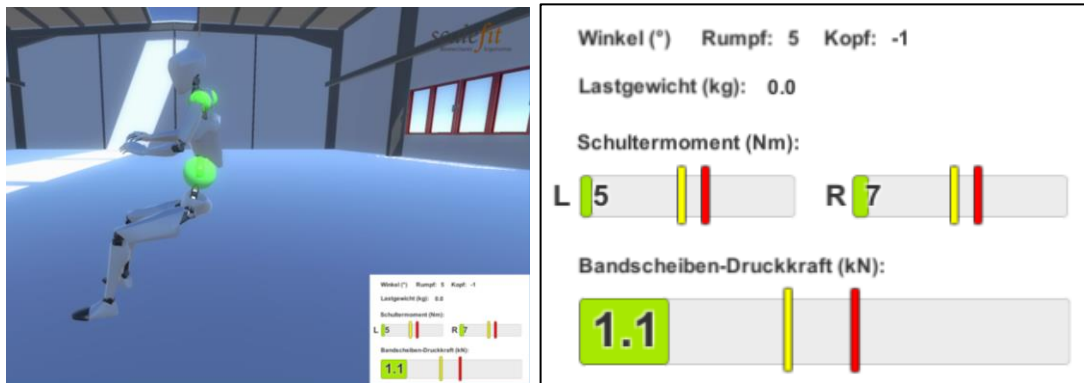


Abb. 3: a) Auswertemonitor und b) Auswerterroutine (Vergrößerung) in Unity-3D

2 Ergebnisse

2.1 Befindlichkeitsanalyse (Fragebogen)

Auf Basis eines strukturierten und systematischen Fragebogens wurden bei den fünf Studienteilnehmern drei Aspekte zur subjektiven Befindlichkeit analysiert. Der erste Teil zeigte eine ausgeprägte eSport-Aktivität von 6,5 Stunden pro Tag seit 6,8 Jahren, d.h. die Gamer waren bereits seit ihrem 15. Lebensjahr im eSport aktiv (siehe Tab. 2). Der eSport-Aktivität stand eine außergewöhnlich hohe körperliche Aktivität von 1,3 Stunden pro Tag (9,3 Std./Woche) gegenüber, die jedoch ursächlich mit dem Sportstudium, das alle Probanden zum Zeitpunkt der Untersuchung absolvierten, in Verbindung gebracht werden konnte.

(e)Sport-Aktivität (n = 5 ♂)	
Merkmal	MW ± SD
eSport-Erfahrung (Jahre)	6,8 ± 2,6
eSport-Spieldauer (Std./Tag)	6,5 ± 5,1
eSport-Wettkämpfe (Anz./Jahr)	7,2 ± 2,7
physischer Sport (Std./Woche)	9,3 ± 4,3

Tab. 2: Übersicht spielerischer und sportlicher Aktivitäten

Im zweiten Teil der Befragung (siehe Tab. 3) gaben 3 von 5 Probanden an, dass sie aktuell an muskulo-skelettalen Beschwerden im Bereich der Hals- und Lendenwirbelsäule sowie der Schultern litten. Zwei von ihnen befanden sich deshalb in ärztlicher Behandlung.

(e)Sport-Aktivität (n = 5 ♂)	
Merkmal	Ergebnis
aktuelle Beschwerden (n)	3
in ärztl. Behandlung (n)	2
Beschwerdebereiche	HWS, LWS, Schultern

Tab. 3: Übersicht muskulo-skelettaler Beschwerden

Im dritten Teil gaben die Probanden Auskunft über ihr Sitzverhalten bei eSport-Aktivität (siehe Tab. 4). So benutzten 3 von 5 Spielern einen speziellen game chair und 2 von 5 Spielern einen Bürostuhl. Beim Sitzen wurden die vordere und hintere Sitzposition bevorzugt (2 bzw. 3 Gamer), die bei allen Probanden auch nur selten gewechselt wurde. Die wichtigsten Einstellmöglichkeiten an den Stuhltypen waren laut Angabe aller Spieler die Höhe von Sitzfläche und Armlehne sowie die Neigungsverstellung der Rückenlehne. Keine Verwendung fanden Hocker sowie die hintere Sitzposition.

Sitzverhalten (n = 5 ♂)	
Merkmal	Ergebnis
benutze game chair Bürostuhl Hocker	3 2 0
vordere mittlere hintere Sitzposition	2 3 0
Sitzpositionswechsel häufig selten nie	0 5 0
wichtigste Verstellmöglichkeiten (100% Nennung): a) Höhe Sitzfläche b) Höhe Armlehne c) Neigung Rückenlehne	

Tab. 4: Übersicht zum Sitzverhalten beim eSport

2.2 Bewertung der Stuhltypen (Fragebogen)

Am Untersuchungstag wurden die Probanden mit vier verschiedenen Stuhltypen konfrontiert. Ihre Aufgabe war es, alle Stühle während einer eSport-Aktivität so lange zu verwenden, bis eine abschließende Bewertung möglich war (siehe Tab. 5). Folgende Fragen sollten dazu nach einem Notensystem (1 = sehr gut, 2 = gut, 3 = mittel, 4 = schlecht, 5 = sehr schlecht) beantwortet werden:

Wie beurteilen Sie ...

- die Verstellmöglichkeit von Sitzfläche und Rückenlehne
- Komfort / ergonomische Gestaltung (Druckverteilung, Form, Material)
- die Unterstützung des Muskel-Skelett-Apparates durch den Stuhl
- die Funktionalität des Stuhls (beim Spielen)?

eSport-Stuhltypen – subjektive Bewertung (n = 5 ♂)					
	Verstell- möglichkeit	Komfort/ ergon. Gest.	Unterstützung	Funktionalität	GESAMT
TOPSTAR game chair (TG)	1.0	1.2	1.2	1.8	1.3
NOBLE game chair (NG)	1.4	1.4	1.4	1.6	1.5
TOPSTAR Bürostuhl (TB)	4.2	4.4	4.4	4.0	4.3
TOPSTAR Hocker (TH)	2.4	2.4	3.2	3.2	2.8

Tab. 5: Subjektive Bewertung der untersuchten Sitztypen

Die Auswertung der insgesamt 20 Fragebogen zeigte in den Kategorien *Verstellmöglichkeit*, *Komfort / ergonomische Gestaltung* sowie *Unterstützung* die besten Noten für den game chair von TOPSTAR (1,0 bis 1,2) gefolgt vom game chair von NOBLE (alle 1,4), der jedoch in der Kategorie *Funktionalität* mit 1,6 die beste Bewertung erhielt. In der Gesamtwertung war dabei der TG der einzige Stuhl mit der Höchstnote *sehr gut*, gefolgt vom NG (*gut*) dem TOPSTAR Hocker (*mittel*) und dem Bürostuhl (*schlecht*). Beim Hocker fiel auf, dass sich insbesondere die Bewertung der muskulo-skelettalen Unterstützung und der Funktionalität negativ auf das Gesamtergebnis auswirkten. Der Bürostuhl wurde in allen Kategorien als schlecht beurteilt.

2.3 3D-Motion Capture

Unter Verwendung des Bewegungsanalysesystems *Neuron Perception* wurden eSport-typische Belastungsparameter beim gamen dreidimensional erfasst. Zwei mit dem tragbaren Messsystem versehene Gamer spielten das Multiplayerspiel *League of Legends* auf jeweils vier Stuhltypen für zwei bis vier Minuten. Nach einer individuellen Einspielzeit, die bis zur Etablierung einer stabilen Sitz- und Spielposition definiert wurde, erfolgte die Erfassung der Belastungsparameter anhand der Auswerteroutine *Neuron Monitor*. Aus den Ergebnissen beider Probanden wurde jeweils der Mittelwert gebildet und zur weiteren Auswertung herangezogen (siehe Tab. 6)

Belastung nach Stuhltypen (n = 2 σ)					
	Rumpf- winkel (°)	Kopf- winkel (°)	Schultermoment links (Nm)	Schultermoment rechts (Nm)	Bandscheiben- Druckkraft (kN)
TOPSTAR game chair (TG)	2	8	3	5	0,95
NOBLE game chair (NG)	7,5	7	3,5	4,5	1,25
TOPSTAR Bürostuhl (TB)	3	6,5	3	4	0,95
TOPSTAR Hocker (TH)	8	12	4	5	1,3

Tab. 6: Belastungsparameter beim eSport auf verschiedenen Stuhltypen

Der Belastungsparameter *Rumpfwinkel* beschreibt das Vorbeugen des Rumpfes und hat damit entscheidenden Einfluss auf die statische Wirbelsäulenbelastung. Er wird wesentlich durch die Geometrie der Rückenlehne des jeweiligen Stuhls beeinflusst, d.h. eine durch die Lehne forcierte, stärkere Rumpfeigung korreliert mit einer höheren Rückenbelastung. Hohe Werte erzeugen dabei NG und TH (7,5° bzw. 8°) während TG und TB (2° bzw. 3°) gering und damit weniger belastend ausfallen.

Im direkten Vergleich zwischen NG und TG fällt auf, dass die Lehnenkontur sehr unterschiedlich gestaltet ist. NG weist eine konkave Halbschalenform auf, die auf eine Unterstützung der Lendenlordose verzichtet und somit den gesamten Wirbelsäulenverlauf in eine unphysiologische Rundform zu zwingen scheint (siehe rote Linie in Abb. 4a). Im Gegensatz dazu bietet die anatomisch geformte Rückenlehne des TG im Bereich der Brust- und insbesondere Rückenwirbelsäule eine funktionelle Unterstützung des Halteapparates (siehe grüne Linie in Abb. 4b) und ermöglicht darüber hinaus eine aufrechte, belastungsreduzierte Sitzposition.



Abb. 4: a) Konkave NOBLE-Lehne und b) anatomische TOPSTAR-Lehne

Bezüglich des Kopfwinkels fällt auf, dass der Hockergebrauch einen erhöhten Kopfstellwert hervorruft (12°) während der Gebrauch der drei Stuhlvarianten vergleichbare Stellwerte auf niedrigem Niveau erzeugt ($6,5^\circ$ bis 8°). Allerdings liegen beide Stellbereiche entsprechend der ISO-Norm 11226, die für Ergonomie und Körperhaltungen zuständig ist, innerhalb des als nicht belastend definierten Bewegungsausmaß des Kopfes (0° bis 25°).

Auch die externen Schultermomente, die sich aus den Segmentmassen (Oberarm, Unterarm, Hand) und ihrem jeweiligen Abstand zum Schultermittelpunkt errechnen, erreichen mit 3 Nm bis 5 Nm keine belastungsrelevanten Größenordnungen oder Richtwerte. Da darüber hinaus die Unterarme beim Spielen auf dem Tisch abgelegt werden und somit die Schultern eine weitere Entlastung erfahren, kann das Schultermoment als eSport-typischer Belastungsparameter ausgeschlossen werden.

Von entscheidender Bedeutung bei der Betrachtung eSport-induzierter Muskel-Skelett-Belastungen ist sicherlich die Rückenbeanspruchung mit der dazugehörigen Bandscheiben-Druckkraft. Im pathologisch interessantesten Bereich, der Lendenwirbelsäule, generiert sich die Bandscheiben-Druckkraft einerseits aus allen extern einwirkenden Momenten (Masse von Kopf, Rumpf, Armen und Händen sowie den korrespondierenden Hebelarmen) und andererseits aus der Muskelkraft der Rückenstrecker mit ihren muskulären Hebelarmen. Die Kraft der an den Dornfortsätzen der Wirbelkörper ansetzenden Rückenstrecker bewirkt jedoch gleichzeitig auch eine Kompression der Wirbelsäule sowie der zwischengeschalteten Bandscheiben. Diese Kompressionskraft wird in der Biomechanik als Bandscheiben-Druckkraft (BDK) bezeichnet wird.

Im Vergleich zum Stehen (0,8 kN) zeigt die BDK beim Sitzen in den Stuhltypen TG und TB mit 0,95 kN nur leicht erhöhte Werte, die bei kurzen bis mäßig langen Expositionszeiten (max. 4 Stunden/Tag) ein nur geringes strukturschädigendes Potential aufweisen sollten. Dagegen bewirkt das Sitzen für NG (1,25 kN) und TH (1,3 kN) einen deutlichen Anstieg der den Bandscheibenknorpel komprimierenden Druckkraft von ca. 30%. Eine erhöhte Belastung, insbesondere in Kombination mit langen Expositionszeiten von bis zu 10 Stunden täglich, birgt dabei bereits ein mittleres bis hohes Risiko für Versorgungsdefizite und degenerative Schädigungen an den beteiligten Knorpel- und Knochenstrukturen (siehe Abb. 5).



Abb. 5: Degeneration der Bandscheiben und Wirbelkörper durch langes Sitzen

3 Diskussion und Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Untersuchungen wiesen bezüglich der verschiedenen Stuhltypen z.T. deutliche Unterschiede zwischen objektiven Belastungsdaten (Motion Capture und biomechanische Modellierung) und subjektiven Bewertungen auf. Die biomechanische Analyse zeigte geringe mechanische Belastungen des Muskel-Skelett-Systems bei der Verwendung des TOPSTAR game chairs und des TOPSTAR Bürostuhls. Beim Spielen auf dem NOBLE game chair und dem TOPSTAR Hocker nahmen die Belastungswerte dagegen zu und erreichten für die Bandscheiben-Druckkraft mit einem Anstieg von ca. 30% sogar den Bereich mit erhöhtem Schädigungspotential.

Die subjektive Bewertung ergab ähnlich gute Ergebnisse für den TOPSTAR game chair (Bestnote in 3 von 4 Teilbereichen, Gesamtnote: *sehr gut*) jedoch nicht für den TOPSTAR Bürostuhl (Gesamtnote: *schlecht*). Dagegen konnte der NOBLE game chair in diesem Bereich, mit der Gesamtnote *gut* und der Bestnote in 1 von 4 Teilbereichen, Anschluss an den Testsieger halten.

Als wesentlicher Unterschied zwischen den verwendeten Stuhltypen und als mögliche Ursache für die variierenden Merkmalsausprägungen, konnte die Gestaltung der Rückenlehne identifiziert werden. Der TOPSTAR game chair verfügt über eine, ähnlich dem Bürostuhl, „offene“ Lehnenform, die durch eine anatomische Formgebung und reduzierte Seitenbegrenzungen eine ergonomisch günstige, aufrechte Sitzhaltung sowie seitliche Bewegungen des Oberkörpers zulässt. Dadurch werden zum einen zusätzliche Zwangshaltungen des Rumpfes, die in Verbindung mit erhöhter Bandscheibenkompression stehen, vermieden und zum an-

deren Mikrobewegungen, die Mangelversorgung der Bandscheiben und muskulärer Ermüdung entgegenwirken, ermöglicht. Die Bestnoten für *Komfort/ergonomische Gestaltung* und *muskulo-skelettale Unterstützung* der subjektiven Befragung, unterstützen diese Annahmen.

Die Rückenlehne des NOBLE game chair weist hingegen eine eher „geschlossene“ Form auf, die durch ihre konkave Ausprägung und seitlichen Begrenzungen den Oberkörper in eine vorgebeugte Haltung bringen und seitlich stabilisieren. Diese auf Performance ausgelegte Lehnenform kann das Ziel haben, den Gamer auf das Spiel zu fokussieren, was auch durch die Bestnote für *Funktionalität des Stuhls beim Spielen* unterstützt wird. Protection-Aspekte zur Prävention von Muskel-Skelett-Beschwerden, z.B. durch Zulassen von seitlichen Körper- bzw. Rumpfbewegungen, können für diesen Stuhl jedoch nicht erkannt werden.

Bei körperlichen Aktivitäten, sei es im Beruf oder in der Freizeit, muss der gesundheitliche Schutz und die Erhaltung der körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit im Vordergrund stehen. Insbesondere beim langen Sitzen, wie es an Bildschirmarbeitsplätzen aber insbesondere auch während eSport auftritt, erfährt der Körper jedoch eine einseitige, monotone und versorgungsreduzierende mechanische Belastung. Sie sorgt nachweislich dafür, dass degenerative Veränderungen am Muskel-Skelett-System und insbesondere im Bereich der Bandscheiben auftreten. Bei den Studienteilnehmern, die sich z.T. wegen ihrer Beschwerden in ärztlicher Behandlung befanden, waren dabei vor allem die Brust- und Lendenwirbelsäule betroffen.

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass die Verwendung von game-chairs mit „offener“ Lehnenbauweise, wie beim TOPSTAR Sitness Racer, körperliche Belastung reduzieren und somit Ermüdung, Schmerzen und Schädigungen vorbeugen kann. Ein solcher, Bewegungen zulassender Stuhl, kann somit Einfluss auf die langfristige Erhaltung der motorischen Spiel- und Leistungsfähigkeit sowie der körperlichen Gesundheit nehmen. Allerdings darf diesem verhältnispräventiven Ansatz nicht die alleinige Verantwortung beim Kampf gegen die Folgen des Sitzens zukommen. Denn die schlussendlich wirkungsvollste Verhaltensprävention gegen körperlichen Verschleiß bleibt körperliche Aktivität. Somit müssen auch im e-Sport Bewegungspausen und (Gesundheits-)Sport Einzug halten und für einen Ausgleich sorgen, den selbst der innovativste Stuhl nicht bieten kann.