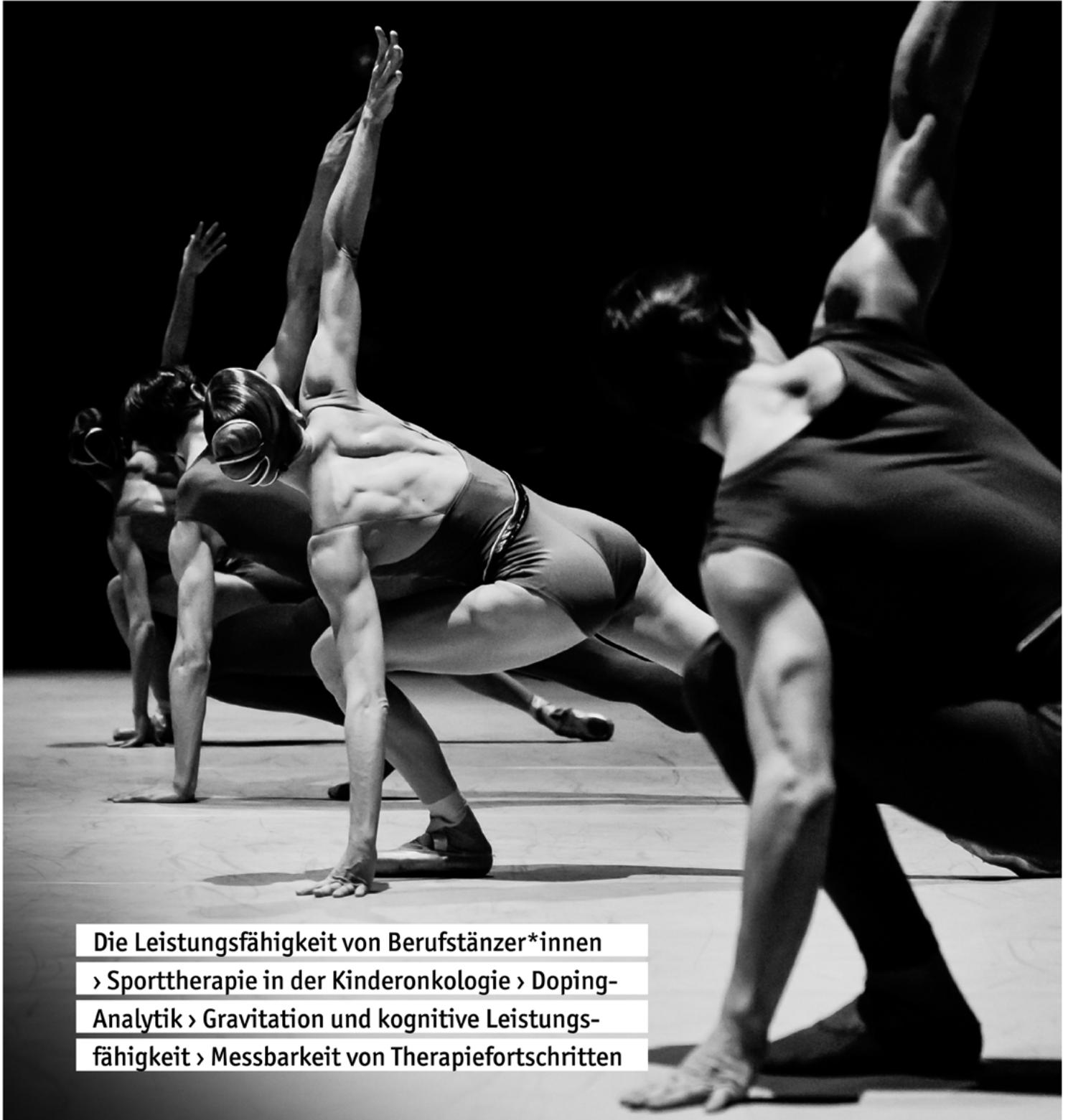




# IMPULSE

Das Wissenschaftsmagazin der Deutschen Sporthochschule Köln



Die Leistungsfähigkeit von Berufstätiger\*innen  
› Sporttherapie in der Kinderonkologie › Doping-  
Analytik › Gravitation und kognitive Leistungs-  
fähigkeit › Messbarkeit von Therapiefortschritten

**GEFÖRDERT IN  
DEUTSCHLAND.  
RESPEKTIERT IN  
DER GANZEN WELT.**

**DIRK NOWITZKI,  
SPORTHILFE-GEFÖRDERT  
VON 1995 BIS 2000  
#LEISTUNGLIBEN**

 **Deutsche  
Sporthilfe**



## VORWORT

**Liebe Leserin, lieber Leser,**

auch mit der neuen Ausgabe unseres Wissenschaftsmagazins IMPULSE möchten wir Sie wieder teilhaben lassen an den spannenden Forschungserkenntnissen unserer Wissenschaftler\*innen. Die vorgestellten Studien verdeutlichen zum einen die Vielfalt der Forschungsthemen bei uns. Zum anderen sind sie aber auch gute Beispiele dafür, wie bei uns vorhandene Wissensbestände kritisch reflektiert, neues grundlagen- und anwendungsorientiertes Wissen generiert und Transferleistungen für die Gesellschaft erbracht werden.

In unserem ersten Beitrag geht es um Online-Sportangebote für an Krebs erkrankte Kinder und Jugendliche. Seit vielen Jahren sind bereits Sportangebote in der kideronkologischen Nachsorge etabliert. Sie sollen Betroffenen insbesondere die Möglichkeit bieten, therapiebedingte Spätfolgen durch körperliche Aktivitäten zu verringern. Aufgrund der Coronapandemie mussten nun neue Wege bei der Umsetzung gefunden werden. In ihrem Beitrag „Sporttherapie zu Corona-Zeiten: Yoga und Tanzen als Online-Angebote für an Krebs erkrankte Kinder und Jugendliche“ schildern die Wissenschaftler\*innen des Instituts für Kreislaufforschung und Sportmedizin ihre Erkenntnisse.

An Berufstätiger\*innen werden hohe körperliche Anforderungen gestellt, die mit einem Verletzungsrisiko einhergehen. Scheinbar mit Leichtigkeit zu tanzen, tatsächlich aber mit Schmerzen auf der Bühne zu agieren – das ist nach Ansicht von Hannah Hoffmann vom Institut für Bewegungstherapie und bewegungsorientierte Prävention und Rehabilitation Realität von vielen Berufstätiger\*innen. Als Ursache spielt ein muskuläres Ungleichgewicht eine nicht unerhebliche Rolle. Aber was sind die generativen Mechanismen der Entstehung von muskulären Dysbalancen? Mit dieser Fragestellung beschäftigt sich der Beitrag „Schwere Leichtigkeit“.

Positiver Dopingbefund durch den Verzehr eines Frühstückseis? Dass dies möglich ist, haben Wissenschaftler\*innen des Instituts für Biochemie herausgefunden. Clomifen heißt die Substanz, die durch „verunreinigte“ Eier in den Körper gelangt und zu einem positiven Dopingbefund führen kann.

Um Athlet\*innen vor dieser unbeabsichtigten Einnahme eines Dopingmittels zu schützen, haben die Mitarbeiter\*innen eine Methode entwickelt, mit der unterschieden werden kann, ob Clomifen in Form der Reinsubstanz in Mikrodosierung aufgenommen wurde oder über Eier, die Clomifen-Rückstände enthalten.

Seit vielen Jahren erforschen Wissenschaftler\*innen des Instituts für Bewegungs- und Neurowissenschaft die Auswirkungen von Schwerelosigkeit und Hypergravitation auf den menschlichen Körper. Derzeit wird unter dem Projekttitel „Shades of Gravity“ der Einfluss von Schwerelosigkeit sowie der Mond- und Marsgravitation auf die Gehirnaktivität und die kognitive Leistungsfähigkeit untersucht. Aktuelle Pläne nationaler und internationaler Raumfahrtbehörden, sich in den kommenden Jahren auf die Erforschung von Mond und Mars zu konzentrieren, nahmen die Wissenschaftler\*innen zum Anlass, die Forschung im Bereich der partiellen Gravitation zu intensivieren.

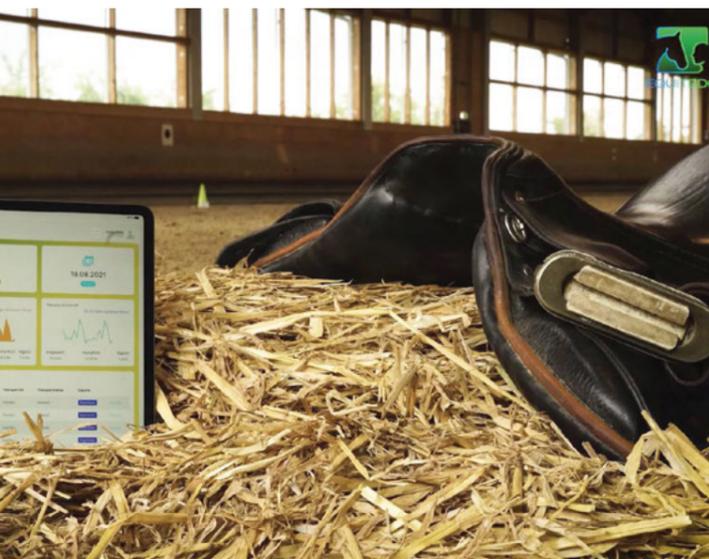
Wie misst man Therapiefortschritte im therapeutischen Reiten? Mit dieser Fragestellung hat sich Dr. Isabel Stolz auseinandergesetzt und ein digitales Assessment-Tool für das therapeutische Reiten entwickelt. Ziel war es, ein Instrument zu entwickeln, das einerseits vielfältige Funktionsveränderungen von Patient\*innen im therapeutischen Reiten passgenau erfassen kann sowie zeitökonomisch in der Praxis einsetzbar ist und andererseits den Anforderungen der Kostenträger des Gesundheitswesens entspricht.

Ich danke allen Wissenschaftler\*innen für ihre Beiträge und wünsche allen Leser\*innen einen spannenden Einblick in die Forschung an der Deutschen Sporthochschule Köln.

Herzliche Grüße



Univ.-Prof. Dr. Heiko Strüder  
Rektor



## 38

### Therapeutisches Reiten

Die Messbarkeit von Therapiefortschritten – Entwicklung einer App



## 06

### Kinderonkologie

Sporttherapie zu Corona-Zeiten: Yoga und Tanzen als Online-Angebote für an Krebs erkrankte Kinder und Jugendliche

## 26

### Shades of Gravity

Der Einfluss von Schwerelosigkeit sowie Mond- und Marsgravitation auf die Gehirnaktivität und kognitive Leistungsfähigkeit



## 12

### Schwere Leichtigkeit

Die Leistungsfähigkeit von Berufstätiger\*innen



## 18

### Doping-Analytik

Positiver Dopingbefund durch den Verzehr von Eiern?!



## NEWS.....44

+++ Das inklusive Spoho-Projekt „Team Bananenflanke meets Basketball & Kölner Ballschule“ (Bild unten rechts) hat den 1. Platz in der Hauptkategorie des NRW-Inklusionspreises belegt. Glückwunsch! +++ Ein Gedächtnisspeicher für den Sport in Nordrhein-Westfalen: In einem gemeinsamen Pionierprojekt mit dem Deutschen Sport & Olympia Museum erzählen Zeitzeug\*innen ihre Sportgeschichte. 65 spannende Einblicke! +++ Knieverletzungen im Handball: Ein internationales Kooperationsprojekt gibt Aufschlüsse über die Belastungsstruktur im Knie, um Knieverletzungen zu verstehen und zu vermeiden. +++

### IMPRESSUM

#### IMPULSE

Das Wissenschaftsmagazin der Deutschen Sporthochschule Köln  
2/2022, 27. Jahrgang

#### HERAUSGEBER

Univ.-Prof. Dr. Heiko Strüder  
Rektor der Deutschen Sporthochschule Köln

#### REDAKTION

Deutsche Sporthochschule Köln,  
Stabsstelle Akademische Planung und Steuerung,  
Abt. Presse und Kommunikation,  
Am Sportpark Müngersdorf 6, 50933 Köln  
Telefon: 0221 4982-3440  
Fax: 0221 4982-8400  
E-Mail: presse@dshs-koeln.de  
Redaktionsleitung: Sabine Maas  
Redaktion und CvD: Lena Overbeck  
Layout: Sandra Bräutigam

#### DRUCKEREI

DCM Druck Center Meckenheim GmbH

#### ISSN-Nr.

2192-3531

#### COVER:

Roman Novitzky

Eine PDF- und Online-Version finden Sie unter:  
[www.dshs-koeln.de/impulse](http://www.dshs-koeln.de/impulse)



[www.blauer-engel.de/uz195](http://www.blauer-engel.de/uz195)

- ressourcenschonend und umweltfreundlich hergestellt
- emissionsarm gedruckt
- überwiegend aus Altpapier

Text Sarah Otten, Annika Reus, Louisa Jung, Theresa Walz, Vanessa Oschwald, Wilhelm Bloch, Julia Däggelmann



## Sporttherapie zu Corona-Zeiten: Yoga und Tanzen als Online-Angebote für an Krebs erkrankte Kinder und Jugendliche



In Deutschland erkranken jährlich ca. 2.200 Kinder und Jugendliche unter 18 Jahren an Krebs (Erdmann et al., 2020). Auch wenn die 15-Jahres-Überlebensrate heute bei über 82% liegt (Erdmann et al., 2020), leiden ca. 60-75% der Betroffenen infolge der intensiven medizinischen Therapie unter starken und teilweise weitreichenden Spätfolgen (Nightingale et al., 2011; Oeffinger et al., 2006).

Neben einer Vielzahl physischer und psycho-sozialer Einschränkungen nimmt die körperliche Inaktivität nach Abschluss der Therapie im Vergleich zu gesunden Gleichaltrigen (Daeggelmann et al., 2018) einen großen Einfluss auf die Lebensqualität der Betroffenen. Da Sport für die Entwicklung auf physischer, psychischer und sozialer Ebene insbesondere im Kindes- und Jugendalter enorm wichtig ist (Strong et al., 2005; Eime et al., 2013), gilt es, gerade Kindern und Jugendlichen nach onkologischer Therapie passende Sportprogramme anzubieten und sie langfristig zu einem aktiven Lebensstil zu motivieren. In der Vergangenheit wurden in der Kinderonkologie bereits viele Angebote in der Nachsorge etabliert ([www.activeoncokids.de/standorte](http://www.activeoncokids.de/standorte)), um Betroffenen die Möglichkeit zu bieten, körperlich aktiv zu sein, therapiebedingte Spätfolgen zu verringern und psycho-soziale Verbesserungen zu erzielen. Ziel ist es, die körperliche Leistungsfähigkeit und damit die Gesamtentwicklung positiv zu beeinflussen. Neben den Potenzialen auf physischer und psychischer Ebene werden die Kinder und Jugendlichen durch die Umsetzung vieler Sportangebote gemeinsam mit gesunden Gleichaltrigen dabei unterstützt, ihr soziales Umfeld, aus dem sie während der onkologischen Therapie für lange Zeit gerissen wurden, wiederaufzubauen.



*„Ich fand das echt cool, weil ihr das so kindgerecht gestaltet habt. Das hat Spaß gemacht!“*

*„S. hat abends vor dem zu Bett gehen eigenständig ein paar Übungen gemacht, die sie vom Yoga kannte.“*



Seit einigen Jahren bietet die Deutsche Sporthochschule Köln im Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße Köln ein solches Nachsorgesportprogramm für betroffene Kinder und Jugendliche an. Wöchentlich kommen Teilnehmer\*innen nach Abschluss der medizinischen Krebstherapie mit Geschwistern, Freunden und Freundinnen zusammen, um gemeinsam mit erfahrenen Sporttherapeut\*innen in der Gruppe aktiv zu sein. Wie in vielen anderen Bereichen auch, musste durch den Eintritt der Covid-19-Pandemie das Sportangebot vorerst pausieren bzw. konnte nur in alternativen Formen durchgeführt werden. Während für alle Kinder und Jugendlichen viele Freizeitsportangebote und der Schulsport zu dieser Zeit weggefallen sind, war es insbesondere für die ehemals an Krebs erkrankten Kinder von großer Bedeutung, weiterhin Zugang zu Bewegung und Sport zu haben. Eine Umstellung des gewohnten Nachsorgesportprogramms in der krankenhausinternen Sporthalle auf alternative Angebote war u.a. aufgrund organisatorischer Herausforderungen, wie pandemiebedingte Zutrittsbeschränkungen zum Krankenhaus oder auch aufgrund anhaltend geschwächter Immunsysteme der Teilnehmer\*innen, nach Therapieende notwendig.

Eine Alternative, um den Kindern weiterhin den Zugang zu Bewegungsangeboten zu ermöglichen, stellte ein Online-Sportprogramm dar. In Zeiten der Pandemie kann ein Online-Angebot den gemeinsamen Sport durch die interaktiven Möglichkeiten fördern, da die Kinder sich weiterhin sehen und „gemeinsam“ Sport treiben. Aufgrund des teilweise bereits umgesetzten Online-Unterrichts in Schulen waren die

meisten Kinder und Jugendlichen bereits mit digitalen Formaten vertraut, sodass dies wenig Umstellung für sie erforderte. Neben allgemeinen Inhalten zur altersgerechten Förderung von Kraft, Ausdauer und Koordination wurden im Rahmen des Online-Sports auch freizeitsportliche Aktivitäten wie Yoga und Tanzen umgesetzt. Freizeitsportliche Aktivitäten, die häufig für gesunde Kinder angeboten werden, werden auch von Kindern nach einer onkologischen Erkrankung in Ergänzung der allgemeinen therapeutischen Bewegungsprogramme immer häufiger gewünscht und sind für sie besonders im Sinne der Zugehörigkeit bedeutend. Insbesondere Yoga und Tanzen stellen geeignete Alternativ- bzw. Freizeitsportangebote für onkologisch erkrankte Kinder dar, da u.a. die Inhalte beider Trainingsformen an die individuelle Leistungsfähigkeit der Kinder angepasst werden können und sie mit spielerischen, musischen und interaktiven Elementen zur Teilnahme motiviert werden. Verschiedene Studien zeigten bereits das gesundheitsförderliche Potenzial von Yoga (Cramer, 2017) und Tanzen (Mannheim et al., 2013, Dos Santos Delabary et al., 2018) bei onkologisch erkrankten Erwachsenen sowie bei Personen mit chronischen Krankheiten. Bis dato existieren nur wenige Studien, die die Effekte von Yoga in der Kinderonkologie untersuchen – sie zeigen z.B. Verbesserungen im Bereich der funktionellen Mobilität sowie der psychosozialen Verfassung (Danhauer et al., 2017). Während das Potenzial von Tanzen u.a. in Hinblick auf psychosoziale Parameter für onkologisch erkrankte Kinder groß ist (Tortora, 2019), steht die Umsetzung spezifischer Interventionsstudien zur Untersuchung der Effekte noch aus. Um die Machbarkeit und Effekte eines onlinebasierten

Tanz- bzw. Yogaprogramms mit Kindern nach einer onkologischen Erkrankung zu untersuchen, wurden zwei Interventionsstudien durchgeführt.

**Zweimal pro Woche Tanz- und Yogaangebote online**  
Die Teilnehmer\*innen beider Studien wurden über das beschriebene regelmäßige pädiatrisch-onkologische Nachsorgesportprogramm der Deutschen Sporthochschule im Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße Köln rekrutiert. Es nahmen ehemals erkrankte Kinder und Jugendliche (PG) mit verschiedenen onkologischen Erkrankungen und damit verbundenen medizinischen Behandlungsformen sowie gesunde Geschwister, Freunde und Freundinnen (GG) teil. Nach der Überprüfung der definierten Ein- und Ausschlusskriterien (über die Autor\*innen einzusehen) und dem medizinischen Einverständnis des behandelnden Onkologen für die PG, wurden die potenziellen Teilnehmer\*innen über die Studie informiert und bei Interesse die Einverständniserklärung eines\*r Erziehungsberechtigten (Teilnehmer\*innen <18 Jahren) und der\*s Teilnehmenden eingeholt. Die Interventionen und motorischen Testungen bzw. Fragebogenerhebungen vor und nach Abschluss des Interventionszeitraums wurden über die Onlineplattformen Cisco Webex Meetings bzw. Zoom Meetings angeboten. Die Tanz- und Yogaangebote fanden jeweils zweimal pro Woche supervidiert über einen Zeitraum von vier Wochen (Tanzen) respektive sechs Wochen (Yoga) statt. Bei beiden Studien wurden die Teilnehmer\*innen vorab in Altersklassen unterteilt und erlernten somit altersgerechte Tanz-Choreographien bzw. Yoga-Übungen. Die Trainingseinheiten dauerten 30-40 Minuten. Sie umfassten ein Aufwärmen, einen Hauptteil sowie ein Cool-Down/eine Entspannung.

Beim Yoga wurde ein gemeinsames Begrüßungsritual (Lotussitz und Namaste, 2-3 Minuten), ein altersgerechtes Aufwärmen (10 Minuten), yogaspezifische Inhalte (15-20 Minuten) und ein altersspezifischer Entspannungsteil (2-3 Minuten) durchgeführt (s. Abb. 1). Abschließend fand ein gemeinsames Verabschiedungsritual (Lotussitz und Namaste, 2-3 Minuten) statt. Die Kinder und Jugendlichen lernten je nach Alter den Kindersonnengruß bzw. klassischen Sonnengruß, verschiedene Yoga-Posen in Form von Yoga-Tieren, Spielformen oder Yoga-Flows. Bei den jüngeren Kindern lag der Fokus auf der spielerischen Umsetzung der Inhalte. Zur Vorbereitung erhielten die Familien zu Beginn der Intervention ein Yoga-Manual mit Informationen zu Länge, Ablauf und benötigten Materialien.

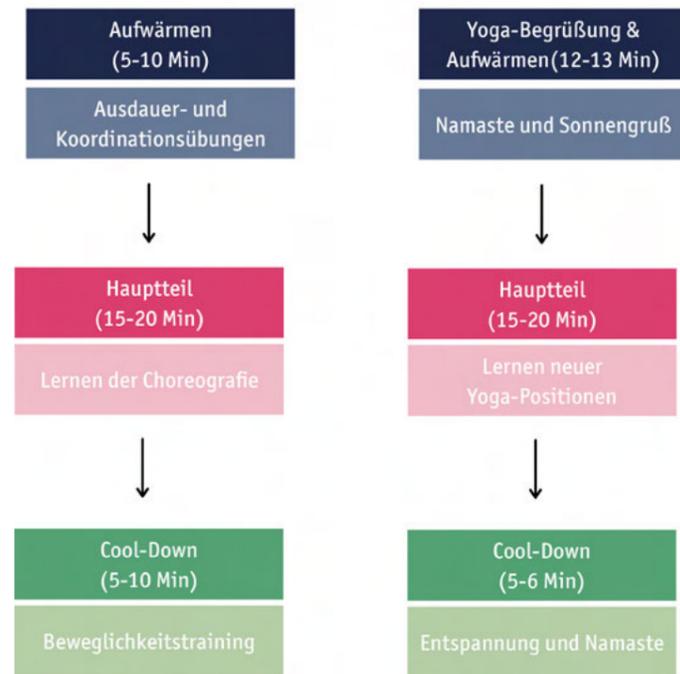
Beim Tanzen bestanden die Stunden aus einem Aufwärmen mit allgemeinen und tanzspezifischen Ausdauer- und Koordinationsübungen (5-10 Minuten), einem Hauptteil, in dem die Choreographie gelernt wurde (15-20 Minuten), und einem abschließenden Beweglichkeitstraining für den Unter- und Oberkörper als Cool-Down (5-10 Minuten) (s. Abb. 1). Pro Einheit wurden ca. 20 Sekunden der schließlich dreiminütigen Choreo vermittelt. Zur Vorbereitung

wurde ein Video der Choreographie an die Kinder gesendet, sodass die gelernten Schritte jederzeit selbstständig wiederholt werden konnten.

Hauptziel beider Studien war es, die Machbarkeit der umgesetzten Sportart mit Hilfe von Zufriedenheitsfragebögen (inkl. Fragen zu subjektiv wahrgenommenen Effekten), Teilnahmequoten, Gründen für eine Nicht-Teilnahme, der Umsetzbarkeit der geplanten Übungsinhalte und dem Auftreten von Adverse Events (trainingsbedingter Zwischenfälle) zu untersuchen. Für beide Studien wurden darüber hinaus im Rahmen der sekundären Parameter folgende funktionell-motorischen Fähigkeiten gemessen: Kraft der unteren Extremitäten (Sit-to-stand), Gleichgewichtsfähigkeit (Einbeinstand) und Beweglichkeit (Rumpfbeuge). Beim Yoga wurden zudem die Kraftausdauer der oberen Extremitäten (Liegestütze entsprechend des DMT) und die funktionelle Mobilität (Timed-up-and-Go-Test, 3m) untersucht. Beim Tanzen wurde zusätzlich die Koordinationsfähigkeit (seitliches Hin- und Her-Springen) erhoben.

**90% der Kinder hatten Spaß und waren motiviert**  
An der Yoga-Intervention nahmen insgesamt elf Kinder (PG: n = 5, GG: n = 6) im Alter zwischen 6-19 Jahren (PG: 11.2 ± 4.96 Jahre; GG: 8.5 ± 1.5 Jahre) teil. In die PG wurden vier Jungen (80%) und ein Mädchen (20%), in die GG drei Jungen (50%) und drei Mädchen (50%) eingeschlossen. Mit Blick auf die Machbarkeit zeigte sich, dass die Teilnahmequote bei 90 ± 8% lag und der häufigste Grund für eine Nicht-Teilnahme „Krankheit“ (50%) war. Neben Absagen ohne Angabe (25%) wurden die Gründe „keine Zeit“ (8%), „Einheit vergessen“ (8%) und „mangelnde Motivation“ (8%) genannt. Alle Übungen waren wie geplant umsetzbar, lediglich zwei Spieländerungen mussten aufgrund von Internetproblemen vorgenommen werden. Fünf Mal kam es zu technischen Problemen, die die Durchführung der Einheiten jedoch nicht weiter einschränkten. Es traten keine trainingsbedingten Adverse Events auf. Im Zufriedenheitsfragebogen gaben 10/11 (91%) Kindern an, dass ihnen das Yoga Spaß gemacht hat, motivierend und nicht langweilig war. 9/11 (82%) der Teilnehmer\*innen empfanden das Training als nicht anstrengend, für 2 Kinder (18%) war es eher anstrengend. Jeweils 4/11 (36%) der Kinder gaben an, dass sich deren Arme bzw. Beine nach dem Yoga stärker anfühlten. Während sich die meisten Kinder (8/11, 73%) nach dem Yoga beweglicher fühlten bzw. sich deren Gleichgewicht verbesserte, wurde uneinheitlich beantwortet, ob sie besser gehen/laufen konnten. 7/11 (64%) der Kinder fühlten sich mit der Betreuung über Computer sicher und 8/11 (73%) würden das Online-Yoga gerne fortführen. Fast allen Kindern (10/11, 91%) erleichterte das Online-Angebot aufgrund des wegfallenden Anfahrtswegs die Umsetzung. Die Untersuchung der funktionell-motorischen Parameter zeigte signifikante Verbesserungen in der funktionellen Mobilität in der GG und der Gesamtgruppe sowie in der Kraftausdauer der oberen Extremitäten und funktionellen Kraft der unteren Extremitäten in der

Abb. 1 Aufbau der Tanzeinheiten (links) und Yogaeinheiten (rechts)



Ein besonderes Dankeschön gilt allen Kindern, Jugendlichen und Familien, die an der Yoga- und Tanzstudie teilgenommen haben, dem gesamten Team der Abteilung für Kinderonkologie/-hämatologie der Klinik für Kinder- und Jugendmedizin im Kinderkrankenhaus Amsterdamer Straße Köln sowie Prof. Wilhelm Bloch als Leitung des Instituts für Kreislafforschung und Sportmedizin, Abteilung Molekulare und Zelluläre Sportmedizin. Ein großer Dank gilt außerdem Louisa Jung und Theresa Walz für ihren engagierten Einsatz in der praktischen Umsetzung und Evaluation der Tanz- bzw. Yogastudie im Rahmen ihrer Abschlussarbeiten.

Gesamtgruppe. Tendenzielle Verbesserungen wurden in der Beweglichkeit in der Gesamtgruppe und in der Kraftausdauer der oberen Extremitäten für die PG und GG belegt. Die weiteren Parameter zeigten keine signifikanten Veränderungen.

An der Tanzstudie nahmen zehn Kinder (PG: n = 6; GG: n = 4) im Alter von 6-20 Jahren (PG: 13.71 ± 4.34 Jahre; GG: 13.75 ± 7.22 Jahre) teil. In die PG wurden vier Jungen (67%) und zwei Mädchen (33%), in die GG drei Jungen (75%) und ein Mädchen (25%) eingeschlossen. Mit Blick auf die Machbarkeit zeigte sich in der Tanzstudie eine Teilnahmequote von 100%. Es sind ebenfalls keine Adverse Events aufgetreten. Alle Übungen und Choreografien waren wie geplant umsetzbar, bis auf eine notwendige Anpassung einer Choreografie hin zu weniger koordinativ anspruchsvollen Schritten. Die Ergebnisse des Zufriedenheitsfragebogens zeigten, dass fast alle Kinder (9/10, 90%) Spaß am Tanzen hatten und alle Kinder es als motivierend und nicht langweilig empfanden. Der Großteil (9/10, 90%) stufte das Tanzen als eine tolle Erfahrung ein und 8/10 (80%) gaben an, dass es nicht zu anstrengend war. Die Frage, ob die Teilnehmer\*innen sich durch das Training stärker fühlten, wurde unterschiedlich beantwortet, 5/10 (50%) konnten dies nicht bestätigen. 7/10 (70%) fühlten sich beweglicher und alle Kinder gaben an, dass sie insgesamt aktiver wurden. 8/10 (80%) der Kinder würden gerne weiterhin am Tanztraining teilnehmen, allerdings würden nur 5/10 (50%) das Tanzen gerne einmal im Tanzstudio ausprobieren. Be-

trachtet man die funktionell-motorischen Parameter, zeigt sich, dass signifikante Verbesserungen in der Beweglichkeit bei der PG und der Gesamtgruppe sowie in der Koordinationsfähigkeit in der Gesamtgruppe erzielt werden konnten. Tendenzielle Verbesserungen waren in der Gleichgewichtsfähigkeit bei der Gesamtgruppe und in der Koordinationsfähigkeit bei der PG sichtbar. Die weiteren Parameter zeigten keine signifikanten Veränderungen.

#### Online-Angebote als wertvolle Ergänzung klassischer Sportprogramme

Die Zufriedenheit, die gute Durchführbarkeit der Übungen und die hohen Teilnahmequoten geben erste Hinweise darauf, dass sowohl Yoga als auch Tanzen in Form eines Online-Trainings in der pädiatrisch-onkologischen Nachsorge machbar ist. In beiden Studien gab ein Großteil der Kinder an, dass das Training nicht (zu) anstrengend war und sie es gerne fortführen würden. Zudem funktionierte die Arbeit mit dem Computer bis auf wenige Ausnahmen problemlos und aufgrund des wegfallenden Anfahrtsweges war der Aufwand für die Familien geringer. Demnach bietet es sich vor allem bei Teilnehmer\*innen mit weiterem Anfahrtsweg an, Online-Angebote zu ermöglichen, sodass auch sie regelmäßig an Sportprogrammen teilnehmen können. Insbesondere die geringen Fallzahlen in der pädiatrischen Onkologie und damit verbunden die für viele Betroffene größere Entfernung zum nächsten Behandlungszentrum inkl. spezifischem Sport- und Bewegungsangebot unterstreicht das Potenzial dieser alternativen Umsetzungsform. Dach-

te man sich vor der Corona-Pandemie, dass digitale Sportangebote Kindern keinen Spaß machen würden und eine gute Betreuung nicht möglich wäre, zeigen die beschriebenen Ergebnisse ein anderes Bild: Online-Angebote in der kideronkologischen Nachsorge entwickeln sich zu einer wertvollen neuen Therapieoption. In beiden Studien traten keine gesundheitlichen Komplikationen auf und die Betreuung und Sicherheit über den Computer war gegeben. Deutlich wurde darüber hinaus, dass die Inhalte beider Trainingsformen gut an den Leistungsstand bzw. das Alter der Kinder angepasst werden können und es auch online möglich ist, die Inhalte spielerisch zu vermitteln und so die Motivation zu fördern.

Therapie geeignet sein kann. Insbesondere während verschärfter Kontaktbeschränkungen, für Familien mit entferntem Wohnort oder bei anderen organisatorischen Hürden, kann dies eine wertvolle Alternative bzw. Ergänzung zu klassischen Sportangeboten in Präsenz sein. Yoga und Tanzen sind Trainingsformen, die neben gesunden Kindern auch für ehemals krebserkrankte Kinder angeboten werden sollten, um neben positiven Effekten auf physischer Ebene deren Zugehörigkeitsgefühl zu stärken – eine bedeutende Aufgabe auf dem langwierigen und teilweise steinigen Weg zurück in den Alltag.

Literatur sowie detaillierte Studiendaten und -ergebnisse bei den Autor\*innen

Jedoch konnten in beiden vorliegenden Studien nur einzelne Verbesserungen durch die Intervention erzielt werden. Mögliche Erklärungen sind hier u.a. die kurze Interventionsdauer und die kleinen Stichproben. Außerdem ist zu beachten, dass aufgrund der pandemischen Lage neben den Trainingseinheiten auch die funktionell-motorischen Testungen vor und nach der Intervention online durchgeführt werden mussten. Obwohl die Teilnehmer\*innen und Eltern vorab geschult wurden, kann es aufgrund der von den Familien selbst bereitgestellten Testmaterialien (z.B. Seile zur Gleichgewichtsmessung) und die physische Distanz der erfahrenen Testleiter\*innen zu Abweichungen und Messungenauigkeiten gekommen sein. Auf Grundlage der gezeigten Verbesserungen und den von den Kindern und Jugendlichen angegebenen subjektiven Effekten sollten zukünftig weiterführende Studien umgesetzt werden, die diesen Limitationen Rechnung tragen. Für die Zukunft zeigt sich, dass sowohl Yoga als auch Tanzen in Form von Online-Angeboten für Kinder nach Beendigung der onkologischen



**Sarah Otten,** geboren 1993 in Kirchen, studierte von 2014 bis 2017 „Sport und Gesundheit in Prävention und Therapie“ (Bachelorstudium) und von 2017 bis 2019 „Rehabilitation, Prävention und Gesundheitsmanagement“ (Masterstudium) an der Deutschen Sporthochschule Köln. Seit 2019 promoviert sie im Bereich „Sport- und Bewegungsförderung in der Kinderonkologie“ mit dem Schwerpunkt Sensomotorik- und Vibrationstraining. Nachdem sie ab 2018 zunächst als wissenschaftliche Hilfskraft angestellt war, ist sie seit 2020 wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Kreislafforschung und Sportmedizin, Abteilung II.  
» [s.otten@dshs-koeln.de](mailto:s.otten@dshs-koeln.de)

Die vorgestellte Yoga-Studie wurde durch die hochschulinterne Forschungsförderung der Deutschen Sporthochschule Köln gefördert, Grant Agreement Nummer L-11-10011-248-102000.

Stellen Sie sich vor, Sie sitzen in einem mit Samt überzogenen Sessel, in einem prunkvollen Theatersaal und schauen sich ein Ballett an. Der Vorhang öffnet sich und dort steht eine Tänzerin in einem weißen Tütü, mitten im Scheinwerferlicht. Ihre Bewegungen wirken, als würde die Schwerkraft für sie nicht gelten. Sie spüren, wie sich eine Spannung und Dramatik aufbaut, die sich von der Bühne bis in Ihren Körper überträgt. Sie fiebern mit, sind gespannt, wie es weitergeht und lehnen sich in Ihren Theatersitz zurück. Die mit Leichtigkeit tanzende Ballerina kämpft nicht nur mit den Emotionen, die sie in ihrer Rolle ausdrücken soll, sondern auch mit Schmerzen in ihrem linken Fuß, die sie schon seit langer Zeit plagen. Die Szene ist vorbei und die Tänzerin geht von der Bühne – dort wartet jedoch nur jemand, der nachschminkt. Um ihren Fuß kümmert sie sich später selbst. Das ist leider noch immer die Realität von vielen Berufstänzerinnen und -tänzern an Theaterhäusern. Hannah Hofmann, Mitarbeiterin am Institut für Bewegungstherapie und bewegungsorientierte Prävention und Rehabilitation, ist selbst leidenschaftliche Tänzerin und beschäftigt sich in ihrer Forschung mit der Leistungsfähigkeit von Berufstänzer\*innen.



**Schwere**

**Leichtigkeit**

## Muskuläre Dysbalancen im klassischen professionellen Tanz

Für Hannah Hofmann war früh klar, dass sie sich beruflich mit Berufstänzerinnen und -täänzern auseinandersetzen möchte. Die Durchführung eines Projektes im Rahmen ihres Masterstudiums an der Eberhard Karls Universität Tübingen bestärkte ihren Wunsch – es ging um die Verletzungsprävention im Spitzensport. Sie führte Interviews mit zwei Tänzer\*innen, dem Physiotherapeuten und einem Ballettmeister des Stuttgarter Staatsballetts. Ballettmeister\*innen sind meist ehemalige professionelle Tänzer\*innen, die die täglichen Trainings leiten und auch Choreografien einstudieren. Eine Aussage der Tänzer\*innen ist ihr besonders im Kopf geblieben: „I feel kind of unbalanced“. Ihre Recherche ging los und ergab, dass muskuläre Dysbalancen in der Literatur des Öfteren als eine von vielen Verletzungsursachen dargestellt werden. Studien zur Entstehung gab es kaum. Im Rahmen ihrer Masterarbeit beschäftigte sie sich daher mit der biopsychosozialen Genese von muskulären Dysbalancen im klassischen professionellen Tanz. Der Mixed-Method-Ansatz ergab, dass sich vorwiegend die Aktivitäten im tänzerischen Alltag sowohl begünstigend als auch hemmend zur Entstehung von muskulären Dysbalancen auswirken. Im Fokus der Diskussion der Aktivitäten lagen vor allem die choreografischen Anforderungen, welche sie mit einer an die quantitative Spielanalyse angelehnten Methode beispielhaft erhoben hat. Die Analyse der choreografischen Anforderungen zeigt sehr starke Unterschiede zwischen der Ausführung von einseitigen und beidseitigen Bewegungen und überdies auffallende Lateralitätsunterschiede in den Hauptbewegungsmustern. In der Kombination mit häufigen Wiederholungsanzahlen in den Proben können sie den Körper in ein Ungleichgewicht bringen. Aber auch Umwelt- und personenbezogene Faktoren, wie die Ausbildung oder das Alter, und die Erfahrung spielen eine große Rolle in der Anwendung von Ausgleichstraining, Regenerationsmaßnahmen oder den Umgang mit Schmerzen. Eine wichtige Erkenntnis war, dass die Wirkmechanismen, die zur Entstehung von muskulären Dysbalancen beitragen, ebenso die Möglichkeit bieten, diese zu verhindern. Auf der Basis dieser Erkenntnisse und mit der Offenheit zu Veränderung könnten muskuläre Dysbalancen verhindert werden und somit das Verletzungsrisiko minimiert werden. Im Rahmen ihrer Promotion setzt Hofmann ihre Forschung im Bereich der Leistungsfähigkeit von Berufstänzer\*innen fort. Sie möchte einen Beitrag dazu leisten, dass Tänzer\*innen leistungsfähiger auf Bühnen wirken können ohne sich selbst in Eigenverantwortung um medizinische, physiotherapeutische, ernährungswissenschaftliche oder sportwissenschaftliche Hilfe kümmern zu müssen.



## Interview Lena Overbeck Fotos Roman Novitzky

### *Frau Hofmann, warum fehlt im professionellen Tanzen noch häufig sportwissenschaftliche Begleitung?*

Meiner Ansicht nach gibt es zwei ausschlaggebende Punkte: Zum einen ist es die Definition des Tanzes. Ist es Kunst oder Sport? Etwas leicht aussehen zu lassen, erfordert viel Anstrengung und rein von der körperlichen Leistung ist es Hochleistungssport. Der große Unterschied besteht darin, um es an einem Beispiel festzumachen, dass eine Speerwerferin ihr Gesicht verziehen kann, wie sie möchte oder auch schreien kann, wenn sie abwirft. Es geht im Endergebnis um eine Leistung, die messbar und für Menschen greifbar ist. Im Tanz haben wir keine vordefinierte Leistung, wie 70 Meter oder 2:04 Minuten. Die Bewegungen werden aus künstlerischem Interesse optimiert und nicht, um eine bestimmte Leistung zu erreichen. Eine Choreographie basiert darauf, dass durch den Körper als Mittel etwas transportiert wird, das im Publikum etwas auslöst, aber eben in einem anderen Bereich – nämlich emotional. Dazu gehört auch, dass Tanz nicht nur die körperliche Leistung auf und hinter der Bühne ist, sondern auch eine Ausdrucksleistung, ein Reindenken und Fühlen in die Rolle, die verkörpert werden muss. Deswegen würde auch kein Bühnentänzer und keine Bühnentänzerin sagen, dass er oder sie reine Sportler\*innen wären und genau das führt dazu, dass sie nicht als diese im ersten Gedanken wahrgenommen werden. Der zweite Punkt

ist die Organisation des Sports. Man kennt Vereine, Verbände und auch Sportbünde. Tanz ist meist privat organisiert in Tanzschulen und weniger in Vereinsstrukturen. Es gibt auch nicht so viel Geld wie beispielsweise im Fußball. Professionelle Tänzer\*innen sind somit in ihrem Beruf auch nicht als Leistungssportler\*innen kategorisiert. Es gibt für sie keine Sportförderung, geschweige denn Gehälter in Millionenhöhe. Aber auch Wettbewerbe mit hohen Preisgeldern, wie beispielsweise im Tennis, gibt es nicht. Der bekannteste Wettbewerb ist der „Prix de Lausanne“ und zu gewinnen gibt es Scholarships an Partnerschulen. Aber im Tanz geht es im Kern nicht um einen Sieg oder eine Niederlage auf der Bühne. Es geht um das Verkörpern und Schaffen von künstlerischen Werken. Tänzer\*innen sind mit Leib und Seele Tänzer\*innen und widmen ihr Leben dem Tanz, der Bühne und der Kunst. Doch wie ich es gerne sage, sind sie eigentlich Hochleistungssport treibende Künstler\*innen.

### *Was braucht es, um eine Veränderung herbei zu führen?*

Die Lücke zwischen Kunst und Sport muss geschlossen werden. Das soll nicht heißen, dass man den Tänzer\*innen die künstlerische Leistung aberkennt oder diese eine geringere Bedeutung haben soll. Sie soll genau denselben Stellenwert behalten, wie sie das schon immer tut. Nur ist es ein Fakt, dass sie sportliche Leistungen vollbringen und das sollte auch durch eine dementsprechen-

de Betreuung wertgeschätzt und unterstützt werden. Dazu gehört auch, dass weitere Forschung in diesem Bereich stattfinden muss.

### **Gibt es schon Forschung oder tappt man da noch ganz im Dunkeln?**

Das ist ja das Spannende, denn das tut man ganz und gar nicht. Es gibt Forschung zu beispielsweise psychologischen, Trainingswissenschaftlichen oder auch vielen medizinischen Themen. Spannend finde ich die Arbeiten zum Umgang mit Schmerzen, welche sich auch mit meinen Ergebnissen bisher gedeckt haben. Tänzer\*innen haben eine erhöhte Schmerztoleranz und sehen Schmerzen teils sogar als positiv an und als Ergebnis oder Bestätigung ihres harten Trainings. In der Literatur hat Wulff das schon früh *culture of injury and pain* (1998) genannt, oder auch

McEwen & Young (2011) eine *risk dance culture*. Aber auch die Tatsache, dass Ausgleichstraining, ob das nun Pilates, Core-, oder Krafttraining ist, sinnvoll ist, sind wichtige Erkenntnisse für die Praxis (z.B. Amorim, Sousa & Santos, 2011; Twitchett et al., 2011; Watson et al., 2017; Viktória et al., 2016). Mittlerweile gibt es auch einen Begriff dafür: *Dance Science* – ein expandierender Bereich der Forschung und des Studiums. Sie zielt darauf ab, den Tanz im weitesten Sinne zu erforschen, um Bereiche wie Training und Aufführung, die Gesundheit der Tänzer\*innen und die Sicherheit in der Praxis sowie die Auswirkungen des Tanzes auf die Gesundheit anderer Bevölkerungsgruppen zu untersuchen. Darunter fallen Fachdisziplinen, wie beispielsweise die Psychologie, Sportwissenschaft,

Ernährungswissenschaft, Medizin oder auch Biomechanik. Außerdem gibt es den Begriff *Dancer Wellness*, der die Entwicklung und Anwendung von sicherem und effektivem Tanztraining, Förderung eines gesunden Lebensstils, die Informationen und Dienstleistungen zur Verletzungsprävention und Rehabilitation oder Dienstleistungen und die Bereitstellung von Hilfsmitteln für die Entwicklung und Selbstfürsorgestrategien als Fokus hat. Hier lässt sich schon erkennen, dass es in der *Dance Science* darum geht, Erkenntnisse zu gewinnen, die durch *Dancer Wellness*-Programme transferiert werden können und sollten.

**Sie haben bei dem Begriff *Dancer Wellness* etwas das Gesicht verzogen. Mögen Sie den Begriff nicht?**  
Ehrlich gesagt, finde ich den Be-

griff *Dancer Wellness* sehr bescheiden. Mit dem Begriff „Wellness“ verknüpfen die meisten Personen etwas, wie eine Wohltat oder einen Entspannungsurlaub. Es klingt also wie eine Art „Wellness-Spa-Programm“. Demgegenüber steht aber die Definition der WHO: „*Wellness is defined as the optimal state of health of individuals and groups. There are two focal concerns: the realization of the fullest potential of an individual physically, psychologically, socially, spiritually and economically, and the fulfillment of one's expectations in the family, community, place of worship, workplace and other settings*“ (World Health Organization, 2006). Deswegen hat die Begrifflichkeit definitiv ihre Berechtigung. Dennoch geht es um viele Inhalte, die im Leistungssport eigentlich selbstverständlich sein sollten und auch

die Gesundheit fördern. Es werden aber nicht alle Programme *Dancer Wellness* genannt. Ein Beispiel ist das *Royal Ballet Healthy Dancer Programme*.

### **Werden die Forschungsergebnisse denn in der Praxis umgesetzt?**

Zuerst einmal müsste man Praxis definieren, denn es gibt verschiedene Arten, als Tänzer\*innen zu arbeiten: angestellt an einem Theaterhaus oder einer Compagnie und als freie tanzschaffende Person. Der Begriff Tanzschaffende beschreibt aber nicht nur als Tänzer\*innen arbeitende Personen, sondern auch Choreograf\*innen oder Ballettmeister\*innen. Nun besteht der größte Unterschied – das ist sowohl für die Praxis als auch für Forschungsvorhaben wichtig – dass sich Berufstänzer\*innen an Theaterhäusern in einem System wiederfinden. Trainings- und Probenzeiten sind vorgegeben und die hierarchischen Strukturen sowie traditionell und kulturell verankerte Prägungen zeichnen das gesamte Setting aus. Im Gegensatz dazu sind freie Tanzschaffende, wie der Begriff dies schon bezeichnet, freier. Das bezieht sich aus meinem Blickwinkel vor allem auf die Trainingsgestaltung. Sie können selbst entscheiden, nicht jeden Tag klassischen Tanz zu trainieren, sondern vielseitig zu trainieren – um, auf der einen Seite, ihre Fertigkeiten zu verbessern und, auf der anderen Seite, je nach Job auch spezifisch vorbereitet zu sein. Tänzer\*innen an Theatern trainieren nämlich fast ausschließlich klassisches Ballett und müssen dennoch beispielsweise modernen Tanz und fast schon akrobatische Leistungen können. Dazu gehören auch Hebungen, wofür das klassische Balletttraining die Tänzer\*innen nicht vorbereitet. Ein weiteres Beispiel ist das Schuhwerk: im klassischen Training tragen die Tänzer\*innen Schläppchen und dann sollen sie in den Proben auf einmal barfuß tanzen. Auf der anderen Seite müssen die Freischaffenden sich um ihr Training selbst kümmern.

Galen Hooks hat einmal folgendes gesagt: „*Commercial dancers don't have the luxury of being a part of a company where they're conditioning every day. If we want to be able to dance at a high level as we age, we have to carve out the time to intensely keep our bodies going.*“ Natürlich hat das eine wie das andere Vor- als auch Nachteile, aber wenn wir die Situation aus wissenschaftlicher Sicht sehen, weisen Tänzer\*innen an Theaterhäusern dieselben Grundsituationen auf und die Stichproben lassen sich sozusagen einfacher definieren. Wenn wir freie Tanzschaffende anvisieren, dann ist ausschlaggebend, welche Tanzstile sie vorwiegend ausführen, wie viel Prozent sie in diesem Bereich aktiv selbst auf Bühnen arbeiten und wie viel sie beispielsweise auch eine unterrichtende Tätigkeit ausführen. Das macht die Stichprobe direkt heterogener, aber auf der anderen Seite auch spannend und vielseitig. Aber, um auf die eigentliche Frage zurück zukommen, ob und wie wissenschaftliche Erkenntnisse in der Praxis umgesetzt werden ... Die Antwort fällt für die jeweiligen Tänzer\*innen unterschiedlich aus, da die Voraussetzungen andere sind. Meist kümmern sich die Tänzer\*innen jedoch in Eigenregie. Ihr Körper ist ihr Kapital und wenn der nicht mehr funktioniert, dann müssen sie sich selbst helfen. Es tut sich aber auch institutionell in Theaterhäusern etwas. Nur mahlen die Mühlen langsam. Da spielen dann auch viele kulturell und institutionell verankerte Routinen, Traditionen und Vorgänge mit rein, die einen Fortschritt erschweren. Aber an einigen Theatern gibt es schon physiotherapeutische Betreuung oder auch medizinische Netzwerke im Hintergrund, die bei eintretenden Verletzungen eine Unterstützung für die Tänzer\*innen sind.

### **Was fehlt aus Ihrer Sicht noch?**

Das Wichtigste ist, dass die sportliche Leistung von Tänzer\*innen mehr Respekt und Anerkennung erhält und man sie nicht „nur“ als Künstler\*innen sieht. Sie nutzen

den Körper zur Verkörperung der Kunst, aber das geht auch nur, wenn der Körper funktioniert. Um dieses Verständnis herbeizuführen, müssen sich viele Fachdisziplinen mit der Körperkunst auseinandersetzen. Damit ein allumfassendes Bild und auch vielseitige Programme erschaffen werden können, benötigt es mehr Kommunikation und Kooperation. Menschen, die an diesen relevanten Themen forschen, sollten sich austauschen und Fachdisziplinen sollten mehr zusammenarbeiten. Mehr Sichtweisen schaffen immer mehr Vielfalt in den Ergebnissen und mehr Menschen, die etwas gemeinsam anschieben, können auch eher etwas bewegen als Einzelne allein. Es sollte auch viel mehr Transfer in die Praxis stattfinden. Denn etwas, was ich nach meiner letzten Arbeit bemerkt habe, ist, dass die Tänzer\*innen interessiert an wissenschaftlichen Erkenntnissen sind. Sie haben mich teils kontaktiert und Fragen zu Ausgleichstrainingmethoden oder auch Regenerationsmaßnahmen gestellt. Das zeigt nur umso mehr, dass die Sportwissenschaft in diesem Bereich eine Platzierung erfahren sollte. Auf der anderen Seite braucht es aber auch Teilnahmen an Studien von Tänzer\*innen. Das kann man auch wie ein anonymes Lautwerden sehen. Denn wissenschaftliche Erkenntnisse können dazu beitragen, dass Veränderung akzeptiert wird. Am Ende wollen wir eigentlich alle dasselbe: einen Beitrag dazu leisten, dass Tänzer\*innen auf den Bühnen länger wirken können.

*Literatur bei der Autorin*

*Die Fotos wurden uns freundlicherweise von Roman Novitzky zur Verfügung gestellt, Fotograf des Stuttgarter Balletts.  
www.romannovitzky.com*



**Hannah Hofmann,**

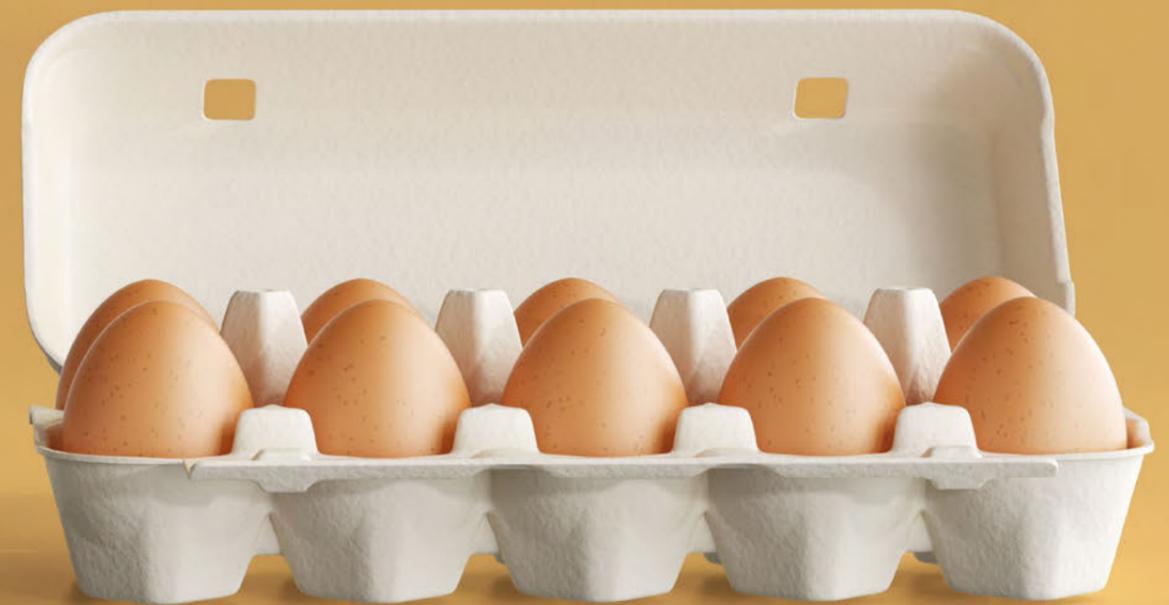
geboren 1995 in Ravensburg, studierte von 2014 bis 2018 B.A. Sportwissenschaft an der Universität Konstanz und von 2018 bis 2021 M.Sc. Sportwissenschaft an der Eberhard Karls Universität in Tübingen. Seit Oktober 2021 arbeitet sie im Institut für Bewegungstherapie und bewegungsorientierte Prävention und Rehabilitation und promoviert dort. Hannah Hofmann ist selbst leidenschaftliche Tänzerin, Tanzlehrerin und Tanzpädagogin.

» [h.hofmann@dshs-koeln.de](mailto:h.hofmann@dshs-koeln.de)



Mit diesem Projekt konnte darauf aufmerksam gemacht werden, dass selbst der Verzehr von lediglich zwei Eiern, die Clomifen-Rückstände enthalten, in einer Dopingkontrolle zu einem sogenannten adverse analytical finding (AAF) für Clomifen führen könnte. Um Athlet\*innen vor dieser unbeabsichtigten Einnahme eines Dopingmittels zu schützen, wurde eine Methode entwickelt, mit der unterschieden werden kann, ob Clomifen in Form der Reinsubstanz in Mikrodosierung aufgenommen wurde oder über Eier, die Clomifen-Rückstände enthalten.

## **Dopingbefund durch Unbeabsichtigte Einnahme von Clomifen – möglich durch ein Frühstücksei?**



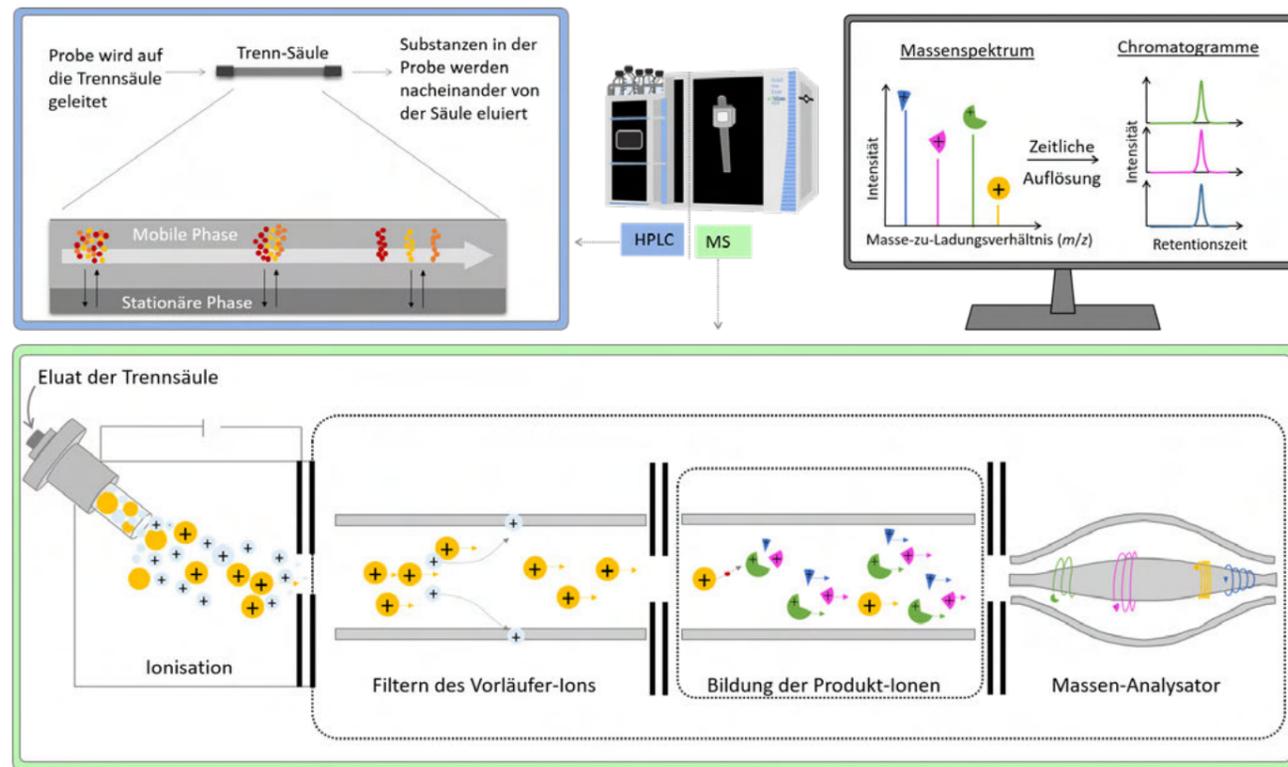


Abb. 1 Schematische Darstellung der Funktionsweisen der Gerätekombination Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) und Massenspektrometrie (MS).

### Clomifen wird zur Auslösung des Eisprungs bei Frauen mit Kinderwunsch eingesetzt und steht seit 2014 auf der Verbotliste der WADA

Clomifen gehört zu der Wirkstoffklasse der selektiven Östrogen-Rezeptor-Modulatoren. Das Besondere dabei ist, dass Clomifen sowohl östrogene als auch anti-östrogene Eigenschaften besitzt. Therapeutisch wird die Substanz vor allem bei Frauen mit unerfülltem Kinderwunsch eingesetzt, um den Eisprung auszulösen (Kousta et al., 1997). Clomifen wird jedoch auch für Dopingzwecke missbraucht, da es den körpereigenen Serum-Testosteronspiegel ansteigen lassen und unerwünschte Nebenwirkungen von Anabolika-Doping unterdrücken kann, z.B. Gynäkomastie (Handelsman, 2006). Daher steht es seit 2004 auf der Verbotliste der Welt-Anti-Doping-Agentur (WADA).

Dass die Einnahme von Clomifen die Fruchtbarkeit erhöht, wurde auch bei Schafen und Rindern festgestellt, ebenso wie bei Vögeln (El-sherry et al., 2012; Bukhari et al., 2016). Eine Dosis von 10 mg pro Tag konnte die Menge an täglich gelegten Eiern von nigerianischen Haushühnern um 50% steigern (Ürom, 2016). Clomifen ist also eine Substanz, die die Produktivität in der Nutztierwirtschaft deutlich erhöhen kann und die dazu noch auf dem Schwarzmarkt verfügbar ist. Nicht auszuschließen, dass es Landwirte oder Betriebe gibt, die diese Chance ergreifen und Clomifen illegal einsetzen. Es wäre

dann denkbar, dass Rückstände von Clomifen von Menschen aufgenommen werden, die Fleisch oder Eier von Tieren essen, denen Clomifen verabreicht worden ist. Ähnliches ließ sich in der Vergangenheit z.B. bei Clenbuterol beobachten: 2011 wurde bei der U17-Fußball-Weltmeisterschaft in Mexiko über die Hälfte aller Spieler positiv auf Clenbuterol getestet. Der Grund: Fleisch, das vor Ort gegessen wurde, enthielt Rückstände von Clenbuterol, da Clenbuterol offenbar in Mexiko als Kälbermastmittel eingesetzt wurde (Thevis et al., 2013).

### Das Ziel der Studie

Zwei Dinge wurden daher untersucht: Erstens, ob und in welchen Mengen Clomifen in den Eiern und im Fleisch von Hühnern verbleibt, deren Nahrung damit versetzt worden ist. Zweitens, ob der Verzehr der vorgenannten Eier auch zu einem positiven Dopingbefund beim Menschen führen könnte; dafür wurde der Urin von Probanden untersucht, die die vorgenannten Eier gegessen hatten. Auf Basis der bisherigen Ergebnisse wurde schließlich eine Methode entwickelt, die dabei helfen soll, zu unterscheiden, ob Spuren von Clomifen in menschlichen Urin tatsächlich auf Doping zurückzuführen ist oder auf den Verzehr von Lebensmitteln, die Clomifen-Rückstände enthalten.

### Das Studiendesign

Die Studie wurde nach den Prinzipien der Deklaration von Helsinki durchgeführt und von den örtlichen Ethikkommissionen genehmigt. Für den ersten Teil der Studie wurde einer Gruppe von Legehennen vier Wochen lang täglich eine Kapsel mit 10 mg Clomifen verabreicht. Vor, während und bis zwei Wochen nach der letzten Clomifen-Applikation wurden jeden Morgen die Eier der Hennen eingesammelt. Nach Ende der vorgenannten vier Wochen wurde ein Teil der Eier stichprobenartig das Fleisch der Hennen auf Clomifen-Rückstände untersucht. Ein anderer Teil der Eier wurde für die Verzehrstudie verwendet. Insgesamt haben 18 Probanden je zwei Eier gegessen und im Anschluss für zwei Wochen Urinproben gesammelt.

### Die angewendeten Methoden

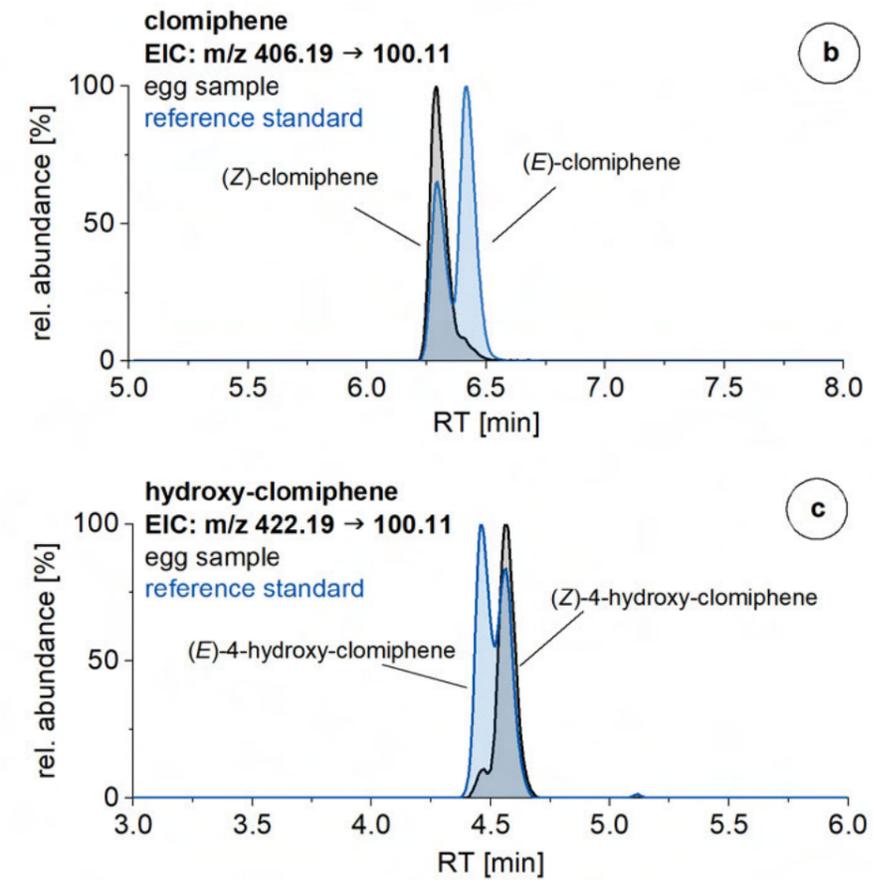
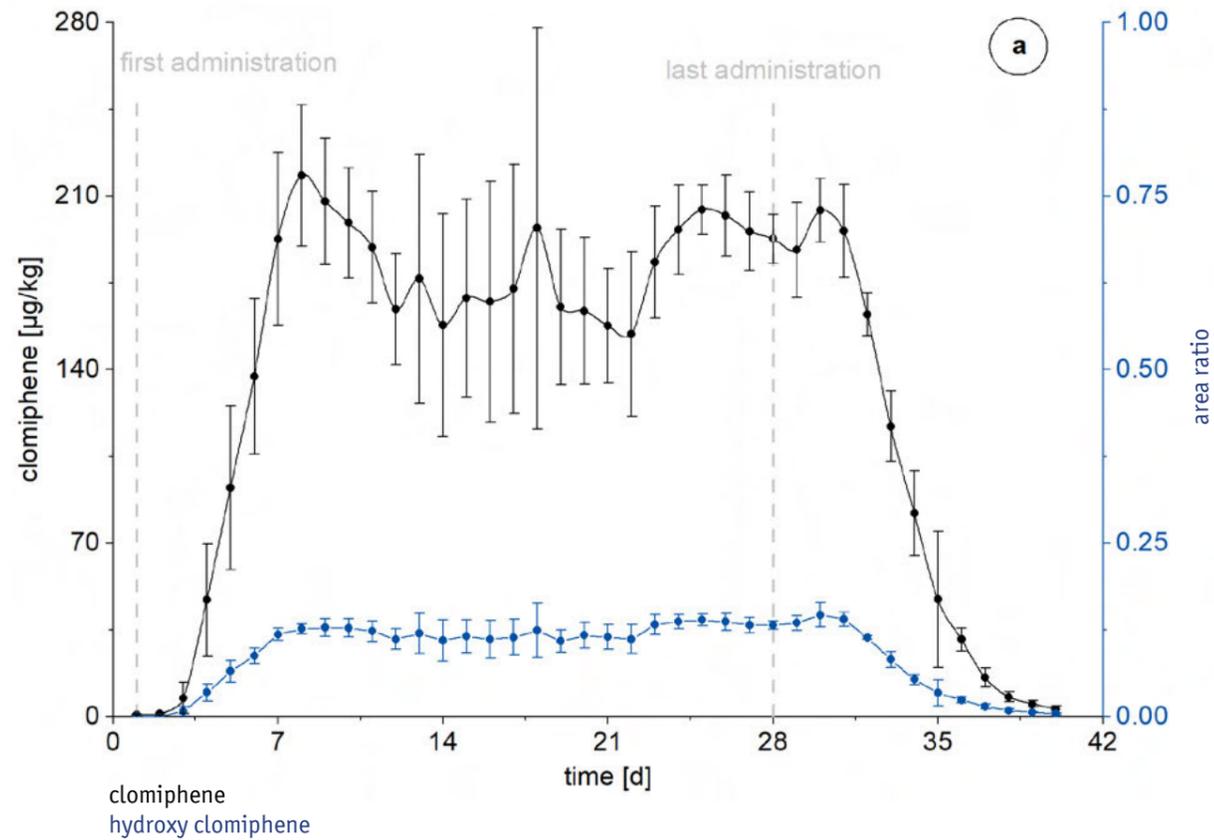
Alle Messungen fanden anhand einer Kopplung von Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC) und Massenspektrometrie (MS) statt. In Abbildung 1 sind die Funktionsweisen der Geräte schematisch dargestellt. Die Flüssigkeitschromatographie ermöglicht es, Moleküle aufgrund ihrer Größe, Polarität und räumlichen Struktur voneinander zu trennen. Je nachdem, auf welche dieser Eigenschaften der Fokus gelegt werden soll, gibt es verschiedene Chromatographie-Säulenmaterialien. Diese werden stationäre Phasen genannt. Über die stationäre Phase wird durch einen konstanten Fluss die mobile Phase geleitet, welche ein Flüssigkeitsgemisch ist, meist bestehend aus einer wässrigen Komponente und einem organischen Lösungsmittel. Mit der mobilen Phase wird auch die Probe über die Säule transportiert. Die Moleküle in der Probe interagieren dabei mit der stationären Phase und werden von dieser zurückgehalten. Durch die Änderung der Zusammensetzung der mobilen Phase werden die Substanzen nacheinander wieder von der Säule gespült (eluiert). So können den Substanzen verschiedene Retentionszeiten zugeordnet werden. Das sogenannte Eluat wird anschließend weiter zum Massenspektrometer geleitet. Dort werden die Moleküle mittels einer Ionenquelle geladen in und durch das Massenspektrometer geleitet und fokussiert. Detektiert wird dann das Masse-zu-Ladungsverhältnis ( $m/z$ ). Durch das Masse-zu-Ladungsverhältnis kann dann bei Geräten mit hoher Auflösung auf die Elementarzusammensetzung geschlossen werden. Zusätzlich ist es auch möglich, sogenannte Tandem-Massenspektrometrie-Experimente (MS/MS) durchzuführen, welche zusätzlich Strukturinformationen geben können. Dabei wird das Analytmolekül im Massenspektrometer gezielt gefiltert, und durch Stöße mit Gasmolekülen

einer definierten Energie dissoziiert das Molekül-Ion in kleinere Produkt-Ionen, die nur noch einen Teil der Struktur abbilden. Diese Produkt-Ionen sind charakteristisch für das Vorläufer-Ion (d.h. das intakte geladene Analytmolekül), da durch die elementare Zusammensetzung der Produkt-Ionen Rückschlüsse auf Teilstrukturen gezogen werden können. Wird die Signalintensität eines bestimmten  $m/z$  gegen die Retentionszeit aufgetragen, so wird ein sogenanntes Chromatogramm erzeugt, wobei die meist gaussförmigen Signalanstiege Peaks genannt werden.

### Der Weg vom Ei zur analysierbaren Probe

Um die Eier massenspektrometrisch messen zu können, müssen sie eine Probenaufarbeitung durchlaufen. Dazu werden die rohen Eier homogenisiert, also gemixt, bis sich Eigelb und Eiweiß vollständig vermischt haben. Dann wird ein sogenannter interner Standard hinzugegeben. Dieser sorgt später dafür, dass überprüft werden kann, ob die Methode funktioniert und die Schwankungen der Messtechnik korrigiert werden können. Im Anschluss werden die Eier mit einem organischen Lösungsmittel extrahiert. Dieser Extrakt kann dann in die Probenials gegeben und mittels HPLC-MS analysiert werden. Für die Urinproben wird ein ähnliches Verfahren angewendet. Auch zu den Urinproben wird ein interner Standard hinzugegeben. Sie werden ebenfalls mit einem organischen Lösungsmittel extrahiert. Jedoch unterlaufen Medikamente im menschlichen Körper eine Transformation: den Fremdstoff-Metabolismus. Dabei werden die körperfremden Stoffe in einem ers-





**Abb. 2** Zeitlicher Verlauf der Clomifen- und Hydroxyclofen-Rückstände in Eiern nach täglicher Clomifen-Applikation von 10 mg an die Hennen (a). HPLC-MS/MS-Chromatogramme von Clomifen (b) und Hydroxy-Clomifen (c). Überlappend dargestellt sind die Messungen eines Referenzstandards in blau und die Messung einer Eiprobe in schwarz.

ten Schritt (Phase I) „entgiftet“, indem eine funktionelle Gruppe an das Molekül gebunden wird. In einem zweiten Schritt (Phase II) wird das Molekül mit einem zweiten, wasserlöslichen Molekül verbunden (konjugiert), um den Fremdstoff so über die Niere mit dem Urin ausscheiden zu können. Daher ist im Urin nicht immer das Molekül des ursprünglichen Medikaments zu finden, sondern auch die Phase-I- und/oder Phase-II-Metaboliten. Die Phase-II-Metaboliten sind sehr polar. Es ist daher schwierig, sie aus dem wässrigen Urin zu extrahieren. Daher wird vor der Extraktion eine sogenannte Hydrolyse durchgeführt, bei der die Phase-II-Metaboliten enzymatisch wieder in Phase-I-Metaboliten umgewandelt werden, welche dann im Massenspektrometer detektiert werden können.

#### Clomifen-Rückstände im Ei

Insgesamt wurden über 250 Eier von acht verschiedenen Hennen auf Clomifen-Rückstände untersucht. Schon zwei Tage nach der ersten Clomifen-Applikation konnte die Substanz in den Eiern der Hühner nachgewiesen werden. Die Konzentrationen, die in den Eiern gefunden wurden, stiegen innerhalb der ersten Applikationswoche an und blieben dann relativ konstant ( $184 \pm 36 \mu\text{g/kg}$ , siehe Abbildung 3a). Dabei wurden 99% des Clomifens im Eigelb und nur 1% im Eiweiß nachgewiesen. Vier Tage nach der

letzten Clomifen-Applikation nahmen die Clomifen-Konzentrationen in den Eiern wieder ab. Jedoch enthielten selbst die Eier, die zwei Wochen nach der letzten Fütterung eingesammelt wurden, noch geringe Mengen Clomifen. Diese Ergebnisse passen zur Biosynthese eines Eis: Der größte Teil des Dotters bildet sich innerhalb von acht bis zehn Tagen. Jedoch werden Phospholipide auch schon Monate früher gebildet und in den Follikeln gespeichert. Es ist daher denkbar, dass geringe Mengen von Clomifen auch noch Monate nach der Applikation in den Eiern vorkommen können. Es konnte zudem nicht nur Clomifen im Ei nachgewiesen werden, sondern auch einer der Phase-I-Metaboliten – Hydroxy-Clomifen. Für die weiteren Ergebnisse ist es wichtig zu wissen, dass Clomifen als ein Gemisch von E- und Z-Clomifen vorliegt. Die E-Z-Isomerie bezeichnet in der Chemie zwei Moleküle, die die gleiche Summenformel und Molekülmasse haben und sich strukturell nur darin unterscheiden, dass sich zwei Substituenten auf der gleichen Seite einer Referenzebene befinden oder nicht.

Im Medikament liegt Clomifen zu 30-50% als Z-Isomer und 50-70% als E-Isomer vor. Auch die Hennen haben das Medikament in dieser Zusammensetzung bekommen. Bemerkenswert war nun, dass in den Eiern fast nur das Z-Isomer gefunden wurde, sowohl von Clomifen (Abbildung 2b) als auch von Hydroxy-

Clomifen (Abbildung 2c). Dies sind ganz besonders wichtige Erkenntnisse gewesen, da die Isomere im Menschen unterschiedlich metabolisiert werden und bereits bekannt ist, dass Z-Clomifen im Urin sehr viel länger als E-Clomifen nachgewiesen werden kann. Im Fleisch der Hennen konnten ebenfalls Clomifen-Rückstände gefunden werden, jedoch deutlich weniger als in den Eiern. Daher wurde das Fleisch nicht in die Verzehrstudie miteinbezogen. Mit den Ergebnissen aus dem ersten Teil der Studie war es sehr wahrscheinlich, dass Clomifen-Rückstände auch im Urin von Probanden nachgewiesen werden kann, die clomifenhaltige Eier verzehrt haben.

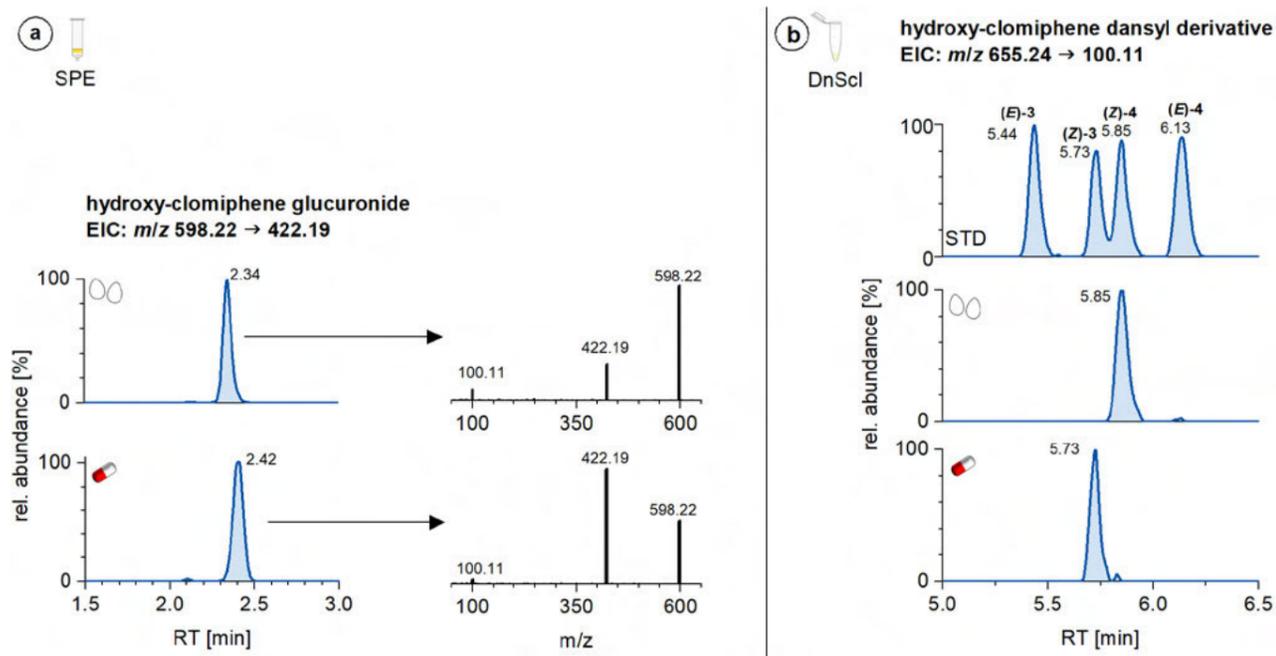
Für den zweiten Teil der Studie haben daher 18 Probanden je zwei der clomifenhaltigen Eier gegessen. Die Studienteilnehmer gaben eine Urinprobe direkt vor dem Verzehr ab und sammelten im Anschluss innerhalb der ersten 48 h nach dem Verzehr jede Urinprobe sowie eine bis vier Proben pro Tag für die darauffolgenden zwei Wochen. Mithilfe der Eianalysen war bekannt, dass pro Ei zwischen 10 und 20  $\mu\text{g}$  Clomifen absolut enthalten waren. Daher wurde auch noch eine vergleichende Studie mit Mikrodosen von 1, 10 und 50  $\mu\text{g}$  Clomifen durchgeführt, bei der je drei Probanden die Reinsubstanz in einer Kapsel einnahmen. Die Probenahmen erfolgten nach dem Schema der ersten Studie.

#### Clomifen-Rückstände im Urin

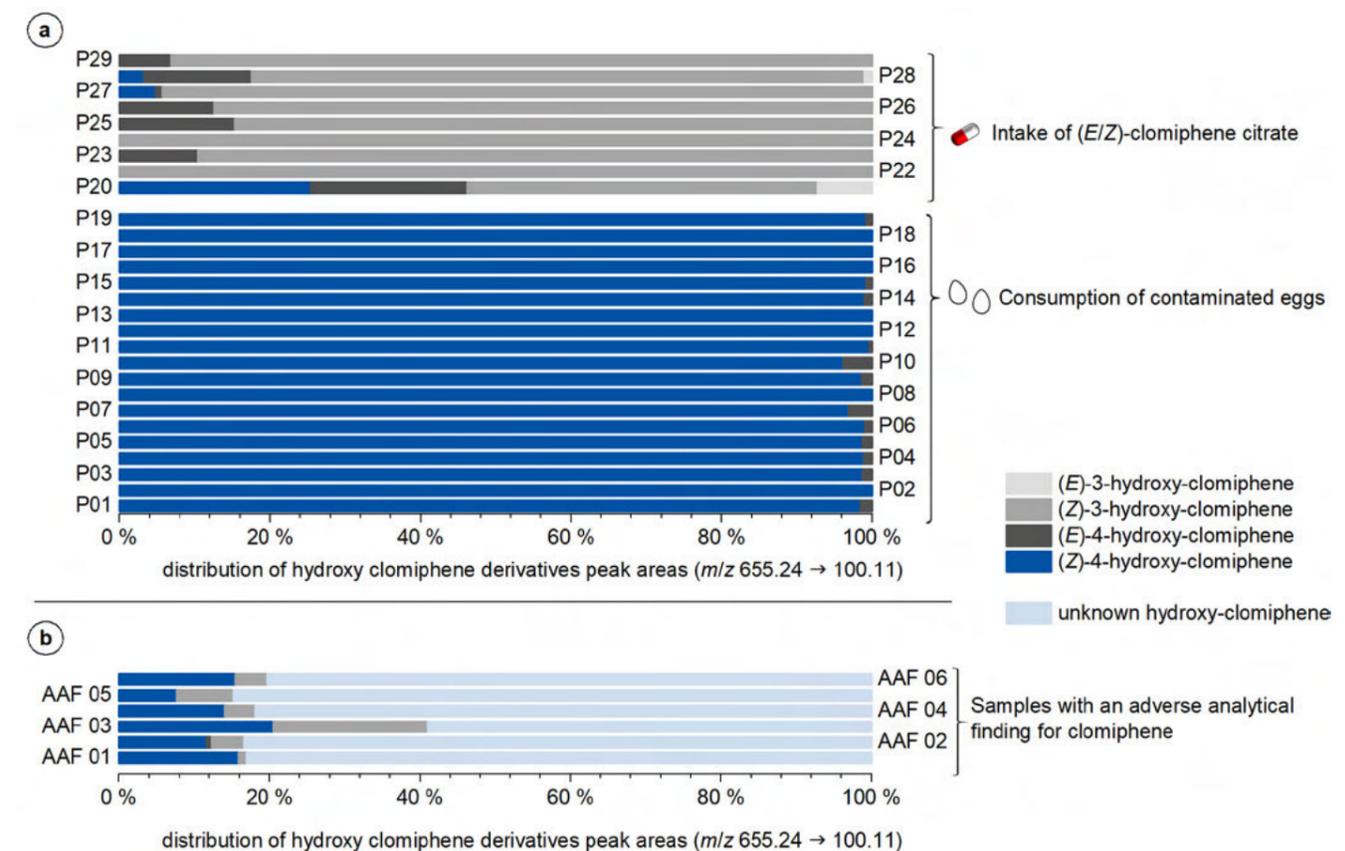
Im Urin von allen Studienteilnehmern konnten Spuren von Clomifen nachgewiesen werden. Da für Clomifen in Dopingkontrollproben kein Grenzwert existiert, würden diese Spuren bereits ausreichen, um ein AAF auszulösen. Während die Konzentrationen für Clomifen zwischen den Studiengruppen ähnlich gering waren, war es auffällig, dass die Höchstkonzentrationen von Hydroxy-Clomifen nach dem Eiverzehr deutlich über denen nach der Aufnahme der Reinsubstanz lagen. Jedoch kann sich das Verhältnis von Metaboliten und Ausgangssubstanz ändern je nachdem, wie viel Zeit zwischen Clomifen-Aufnahme und Probennahme vergangen ist. Zudem gibt es große inter-individuelle Unterschiede, in welchen Mengen eine Substanz metabolisiert wird. Die hohen Konzentrationen von Hydroxy-Clomifen allein reichten daher nicht aus nachzuweisen, auf welchem Weg Clomifen aufgenommen wurde.

#### Unterscheidung der Aufnahme

Aus der Eianalyse war bekannt, dass sich die molekulare Zusammensetzung des aufgenommenen Clomifens über das Ei von der als Tablette unterscheidet. Dieser Unterschied war der Fokus während der Suche nach einer Differenzierungsmethode. Die Screening-Methode, mit der die Urinproben zunächst auf Clomifen und Hydroxy-Clomifen untersucht



**Abb. 3** a) HPLC-MS/MS-Chromatogramme von Hydroxy-Clomifen-Glucuronid und die Massenspektren der entsprechenden Peaks nach der Probenvorbereitung ohne Hydrolyse. b) HPLC-MS/MS-Chromatogramme von Hydroxy-Clomifen-Dansylderivaten nach der Probenvorbereitung einschließlich des Derivatisierungsschritts. Gezeigt ist je ein Chromatogramm einer Urinprobe nach dem Verzehr von clomifenhaltigen Eiern und nach Einnahme einer Mikrodosis der Reinsubstanz Clomifen.



**Abb. 4** Normalisierte Peakflächenverteilung aller gemessenen Hydroxy-Clomifen-Dansylderivate in Urinproben aller Studienprobanden (a) und in AAF-Proben aus dem Jahr 2020 (b).

wurden, brachten keine verwertbaren Ergebnisse. Daher wurden die intakten Phase-II-Konjugate der Hydroxy-Metaboliten mit einem anderen Aufarbeitungsprotokoll untersucht. Häufig vorkommende Phase-II-Konjugate sind Glucuronide. Der Glucuronsäure-Rest kann dabei nur an bestimmte Positionen des zu verstoffwechselnden Moleküls, meist Sauerstoff oder Stickstoff, übertragen werden. Bei Hydroxy-Clomifen sitzt er daher an der hydroxylierten Position.

In den Hydroxy-Clomifen-Chromatogrammen der HPLC-MS/MS-Messung der Urinproben der verschiedenen Studien konnte eine leicht unterschiedliche Retentionszeit der am meisten ausgeschiedenen Glucuronide beobachtet werden (Abbildung 3a). Gleichzeitig unterschieden sich auch die Produkt-Ionenspektren der Peaks. Dies deutete darauf hin, dass es sich bei dem detektierten Hydroxy-Clomifen nicht, wie anfangs gedacht, um denselben Metabolit handelt, sondern um verschiedene Metaboliten von Clomifen, die sich nur darin unterscheiden, wo die Hydroxy-Gruppe sitzt. Dies wurde mit der Screening-Methode nicht entdeckt, da der physikochemische Unterschied der Moleküle ohne den Glucuronsäure-Rest sehr viel kleiner ist und somit nicht ausreicht, um die Metaboliten mit der verwendeten HPLC-Trennsäule aufzutrennen.

In der Literatur sind vor allem die Hydroxy-Clomifen-Metaboliten beschrieben, bei denen die Hydroxygruppe an Position 3 oder 4 sitzt. Da diese auch als Referenzstandards verfügbar waren, war es wichtig, eine Trennmethode zu entwickeln, die von den unkonjugierten Hydroxy-Metaboliten ausgeht und diese voneinander trennt, um sie mit dem Referenzmaterial vergleichen und zuordnen zu können. Dafür wurde eine Methode angewendet, die sich Derivatisierung nennt: Durch eine chemische Reaktion wird an das Molekül ein weiterer Molekülbaustein angehängt, wodurch sich die chemisch-physikalischen Eigenschaften der Substanz ändern. In diesem Fall wurde ein sogenannter Dansyl-Rest an die Hydroxy-Gruppe hinzugefügt. Der durch diesen Rest hervorgerufene Unterschied in Polarität und räumlicher Struktur war groß genug, um die Clomifen-Metaboliten E-3-Hydroxy-Clomifen, Z-3-Hydroxy-Clomifen, E-4-Hydroxy-Clomifen und Z-4-Hydroxy-Clomifen chromatographisch voneinander zu trennen (Abbildung 3b).

Mit dieser Methode konnte die Verteilung der verschiedenen Hydroxy-Metaboliten in den Urinproben der Studienteilnehmer verglichen und folglich auch voneinander unterschieden werden. Beispielchromatogramme sind in Abbildung 4b zu sehen. Die prozentuale Verteilung der Hydroxy-Metaboliten in

den Urinproben der Probanden ist in Abbildung 4a dargestellt.

Die Methode wurde im Anschluss auf die echten Dopingproben angewendet, die im Jahr 2020 ein AAF auf Clomifen ausgelöst haben. Das Hydroxy-Clomifen-Muster (Abbildung 4b) unterschied sich auch in diesen sechs Proben deutlich von den Urinproben der Probanden, die die clomifenhaltigen Eier gegessen hatten. Es unterschied sich interessanterweise auch von dem Muster der Probanden, die Clomifen als Reinsubstanz in Mikrodosierung zu sich genommen hatten. Auffällig war, dass ein Hydroxy-Metabolit, der nicht von der Methode abgedeckt/identifiziert werden konnte, derjenige war, der die höchste Konzentration aufwies. Dies deutet darauf hin, dass dies ein Metabolit ist, der erst beim Konsum von größeren Mengen Clomifen gebildet wird. Dieser Hydroxy-Metabolit könnte sehr interessant für die Routine-Analytik von Dopingproben sein. Daher soll dieser in weiteren Studien identifiziert werden und mehr darüber herausgefunden werden, wie genau der Metabolit gebildet wird.

Literatur bei der Autorin



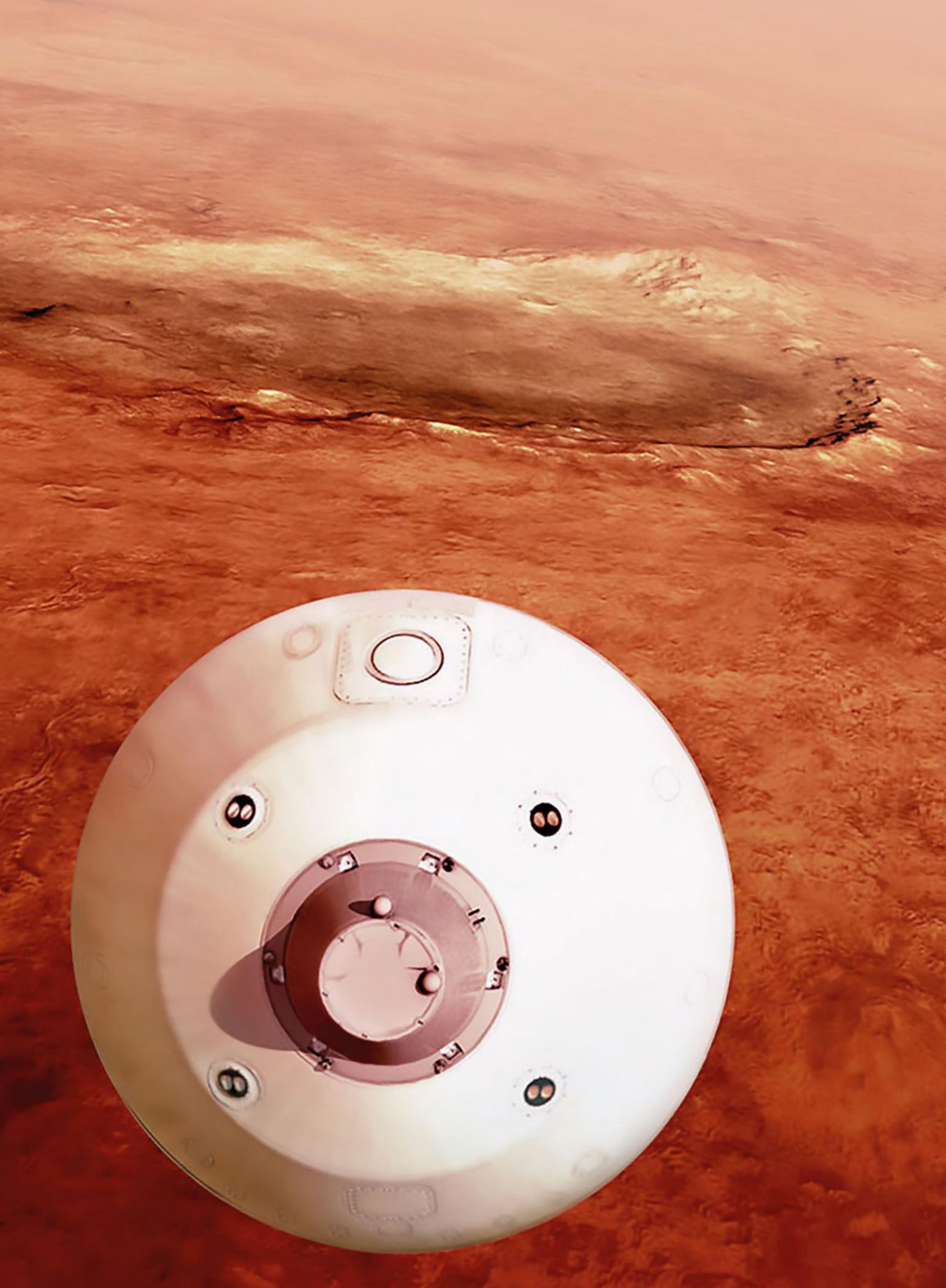
**Luisa Euler**, geboren 1995 in Nürnberg, studierte von 2014 bis 2019 im Bachelor und Master Lebensmittelchemie an der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. Seit Januar 2020 arbeitet Luisa Euler als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Biochemie der Deutschen Sporthochschule Köln und promoviert dort im Bereich der präventiven Dopingforschung zur Nachweisbarkeit der Aufnahme dopingrelevanter Substanzen über Lebensmittel.  
» [Leuler@biochem.dshs-koeln.de](mailto:Leuler@biochem.dshs-koeln.de)



#### Passend zum Beitrag erschienene Publikationen:

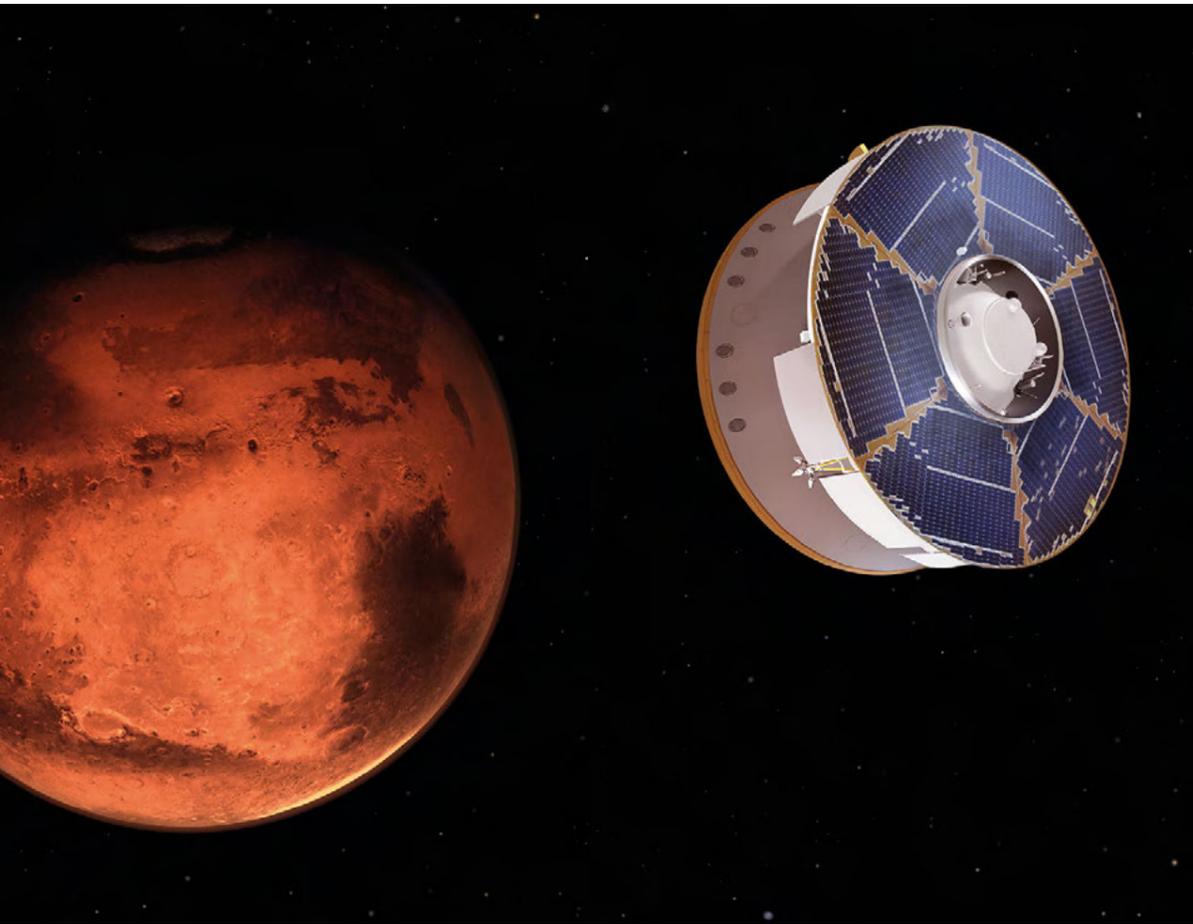
Seyerlein L, Gillard N, Delahaut P, Pierret G, Thomas A, Thevis M. 2021. Depletion of clomiphene residues in eggs and muscle after oral administration to laying hens. *Food Addit Contam Part A*. 38(11):1875-1882. doi:10.1080/19440049.2021.1949497.

Euler L, Gillard N, Delahaut P, Pierret G, Mürdter T, Schwab M, Döhmen G, Thomas A, Thevis M. 2022. Assessing human urinary clomiphene metabolites after consumption of eggs from clomiphene-treated laying hens using chromatographic-mass spectrometric approaches. *Analytica Chimica Acta*. 339661. doi:10.1016/j.aca.2022.339661.

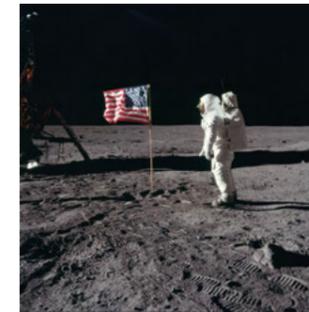


# Shades of Gravity

Der Einfluss von Schwerelosigkeit sowie Mond- und Marsgravitation auf die Gehirnaktivität und kognitive Leistungsfähigkeit



Wenn in naher Zukunft wieder Menschen auf den Mond fliegen und möglicherweise eines Tages auch zum Mars ... wie wird sich ihre kortikale Aktivität sowie kognitive Leistungsfähigkeit unter dem Einfluss von Schwerelosigkeit sowie der partiellen Schwerkraft des Monds und Mars verhalten? Bislang gibt es nur sehr wenige Forschungsarbeiten über die Auswirkungen partieller Schwerkraft auf den menschlichen Körper. Um die Sicherheit der Astronaut\*innen während bevorstehender Mond- und Marsmissionen gewährleisten zu können, müssen nicht nur die Auswirkungen von Schwerelosigkeit und Hypergravitation untersucht werden, sondern auch die partielle Gravitation, wie sie auf Mond und Mars herrscht.



Neil Armstrong betrat 1969 als erster Mensch den Mond. Die letzte bemannte Mondlandung erfolgte 1972. Nun, ein halbes Jahrhundert später, strebt die NASA die Rückkehr zum Mond an. Im Rahmen der Artemis-Mission sollen wieder Menschen zum Mond reisen und seinen Südpol erkunden.

#### Eine Reise ins All

53 Jahre sind bis heute vergangen, seitdem der erste Mensch unseren Erdtrabanten, den Mond, betreten hat. Die Erforschung des Unbekannten und der Entdeckergeist des Menschen wachsen und damit auch die Ziele, die erreicht werden wollen. Schon lange nicht mehr beziehen sich die Pläne nur auf unseren eigenen blauen Planeten, die Erde, sondern reichen immer weiter in die Weiten des Weltalls. Angesichts der aktuellen Pläne nationaler und internationaler Raumfahrtbehörden, sich in den kommenden Jahren auf die Erforschung von Mond und Mars zu konzentrieren, ist es von Bedeutung, die Auswirkungen unterschiedlicher Schwerkraftniveaus auf die menschliche Physiologie zu untersuchen. Insbesondere das aktuelle Mondfahrtprogramm der NASA, das sowohl Explorationen zum Mars als auch längere Aufenthalte in Schwerelosigkeit plant, wird Herausforderungen für den menschlichen Körper und Geist aufzeigen. Diese Ziele erfordern nicht nur technische Spitzenleistungen, sondern auch ein tiefgreifendes Verständnis über die Faktoren, welche die menschliche Leistungsfähigkeit unter extremen Bedingungen verbessern, einschränken oder verändern.

Viele Astronauten berichten während und nach Aufenthalten im All über Sehstörungen, die unter dem Begriff „Space Flight Associated Neuro-ocular Syndrom (SANS)“ bekannt sind. Aber auch andere neurologische Probleme, wie motorische Kontrolle, Koordination und neuromuskulärer Antrieb, wurden bei Langzeitaufenthalten im Weltraum beschrieben. Obwohl die genaue Ursache derzeit nicht bekannt ist, wird ein Anstieg des intrakraniellen Drucks (ICP) als ein kritischer Faktor beschrieben (Marshall-Goebel et al., 2019). In den vergangenen Jahrzehnten wurde in mehreren Studien das menschliche Verhalten und die neurokognitive Leistung in Schwerelosigkeit untersucht (Koppelmans et al., 2013; Schneider et al., 2008; Wollseiffen et al., 2016). Es zeigte sich, dass kognitive Funktionen, wie zentrale Haltungsfunktionen (Kozlovskaya et al., 1981) oder Aufmerksamkeitsprozesse (Pattyn et al., 2005) während Aufenthalten im Weltraum beeinträchtigt werden können. Dies ist nicht überraschend, da sich der menschliche Körper in seiner motorischen und kognitiven Entwicklung immer in einer Umgebung mit Schwerkrafteinfluss befunden und sich entsprechend angepasst hat (Kozlovskaya et al., 1981). Weitere Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass sich Schwerelosigkeit positiv auf die kognitive Leistung auswirken kann. Wollseiffen und Kollegen (2016) konnten in einem Experiment während kurzer Phasen der Schwerelosigkeit zeigen, dass das physiologische Signal ereigniskorrelierter Potentiale in Schwerelosigkeit signifikant kleiner ist als in 1G. Zudem konnte hier eine schnellere Reaktionszeit bei gleichbleibender Fehlerrate in Schwerelosigkeit beobachtet werden. Dies lässt die Vermutung zu, dass sowohl neuronale Prozesse als auch Verhaltensparameter von Schwerelosigkeit profitieren können.

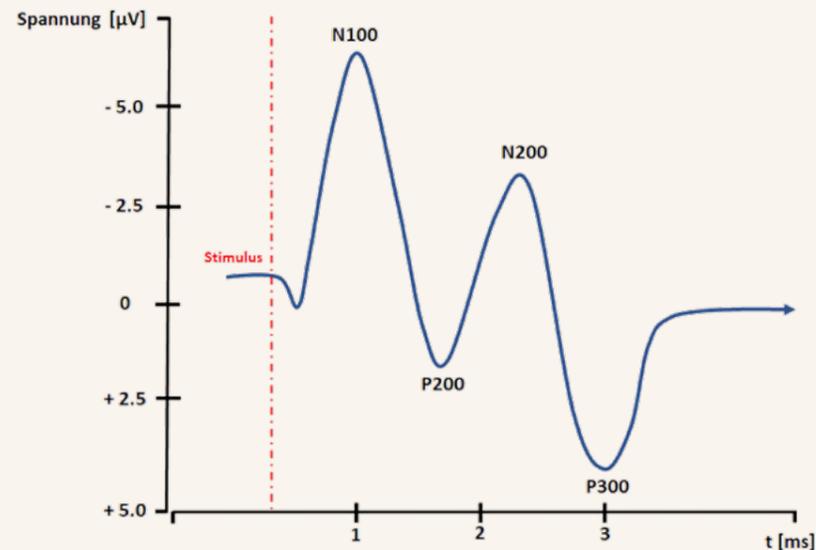


## Messung der Gehirnaktivität

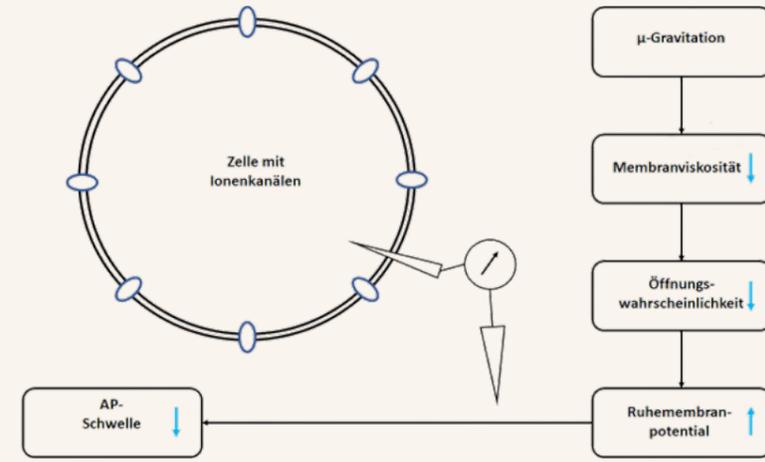
Doch wie genau kann man die elektrokortikale Aktivität quantifizieren? Mit Hilfe einer Elektroenzephalographie (EEG) ist es möglich, elektrische Signale auf der Kopfhaut abzugreifen und zu messen. Seit knapp einem Jahrhundert wird diese Technik weiterentwickelt und technologisch verfeinert, so dass sie heute sowohl in Klinik als auch in Forschung als hilfreiches Mittel zur Ableitung von Hirnströmen unverzichtbar ist und ein „Fenster zum Gehirn“ (Berger, 1929) darstellt. Ein Enzephalogramm wird traditionell im Hinblick auf verschiedene Frequenzen, zeitliche Wellenformen, erhöhte oder verringerte Aktivität bestimmter Hirnareale, und die Amplitude und Latenz ereigniskorrelierter Potenziale (ERP) analysiert (Michel & Murray, 2012).

ERPs sind, im Gegensatz zur spontanen Hirnaktivität, Potenzialverschiebungen, die nach einem bestimmten Reiz auftreten, der sensorischer, motorischer oder psychischer Natur sein kann (Deetjen et al., 2005). Je nach Polarität und zeitlichem Auftreten erfolgt die Benennung der einzelnen ERP-Komponenten (siehe Abb. 1). Die Analyse der ERPs wird sowohl im klinischen als auch im wissenschaftlichen Umfeld zur Untersuchung neurokognitiver Prozesse eingesetzt. Eine wissenschaftlich etablierte Methode zur kontrollierten Auslösung dieser ERPs ist das Oddball-Paradigma. In der klassischen Version werden hierbei in unregelmäßigen Abständen Zielreize gesetzt, die sich von im Hintergrund regelmäßig auftretenden Standardreizen unterscheiden (Sams, 1983). Die Teilnehmer\*innen werden dann aufgefordert, entweder geistig oder körperlich auf diesen Zielreiz zu reagieren (Polich, 2007). ERPs beschreiben nicht nur die Wahrnehmung und Verarbeitung sensorischer Informationen, sondern repräsentieren auch höhere kognitive Prozesse (Duncan et al., 2009). Zwei spezifische ERP-Komponenten, N200 und P300, treten vor allem bei Prozessen der Verhaltenskontrolle auf, zu denen unter anderem die Bewertung von Reizen, selektive Aufmerksamkeit und bewusste Wahrnehmung gehören (Helfrich, Knight, 2019; Patel, Azzam, 2005).

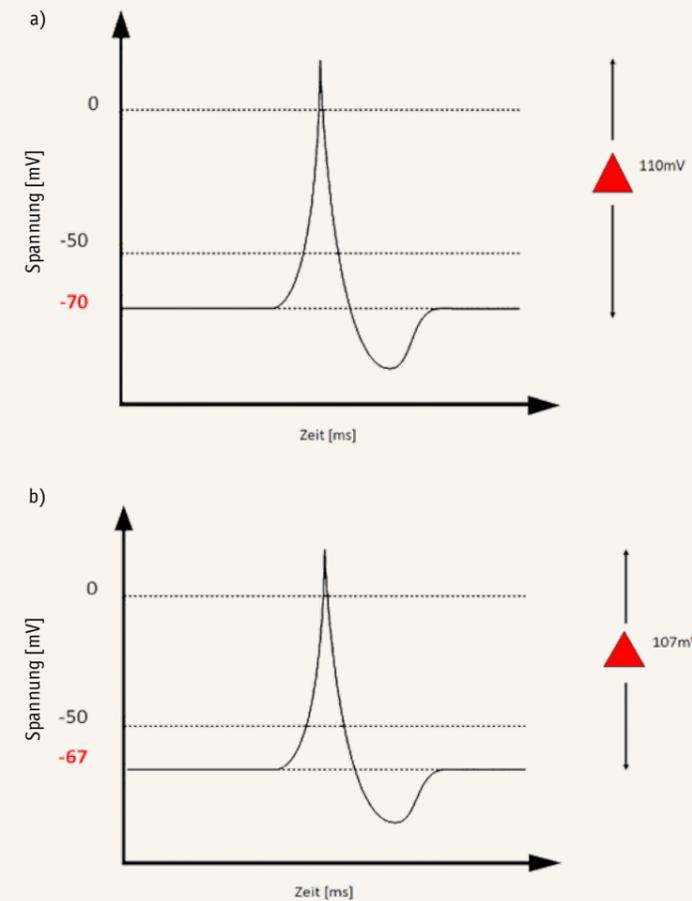
Eine der am häufigsten erforschten ERP-Komponenten ist die N200 Welle. Diese Komponente wurde erstmals 1978 von Näätänen und Kollegen (1978) beschrieben und tritt nach einem bestimmten auditiven oder visuellen Reiz auf und ist durch einen deutlichen negativen Peak gekennzeichnet. In dem hier beschriebenen Experiment werden sowohl die „Mismatch-Negativität“ (MMN) als auch die Unterkomponente „N2b“ näher untersucht, da beide während eines Oddball-Paradigmas entweder als unwillkürliche Prozesse oder durch aktive Verarbeitung (N2b) auftreten (Patel & Azzam, 2005). Die P300 Welle wurde erstmals von Sutton und Kollegen (1965) beschrieben und ist zusammen mit der zuvor beschriebenen N200 Komponente der beste Repräsentant für kognitive und klinische Neuropsychologie (Helfrich & Knight, 2019; Sutton et al., 1965). Im Rahmen des Experiments wird die Amplitude der P3b Subkomponente für die Analyse verwendet, die im Folgenden als P300 betitelt wird.



**Abb. 1** Schematische Darstellung des Auftretens der verschiedenen ereigniskorrelierten Potentiale (N100, P200, N200, P300) als Reaktion auf einen Stimulus (Abbildung basierend auf Hruby & Marsalek, 2003). Die Polarität wird mittels Buchstaben dargestellt wobei N=Negativität und P=Positivität bedeutet.



**Abb. 2** Schematische Darstellung des Modells von Kohn, Ritzmann (2018), welches aus in vivo und in vitro gewonnenen Daten erstellt wurde. Das Modell zeigt, dass der durch Mikrogravitation verursachte Anstieg des intrakraniellen Drucks (ICP) zunächst die Viskosität der Zellmembran verringert, wodurch diese durchlässiger wird. Dadurch sinkt die Wahrscheinlichkeit eines offenen Zustands der Ionenkanäle und das Ruhemembranpotential der Zellmembran wird leicht depolarisiert. Dies wiederum bedeutet, dass die Schwelle zur Auslösung eines Aktionspotentials (AP) schneller erreicht werden kann (in Anlehnung an Kohn & Ritzmann, 2018).



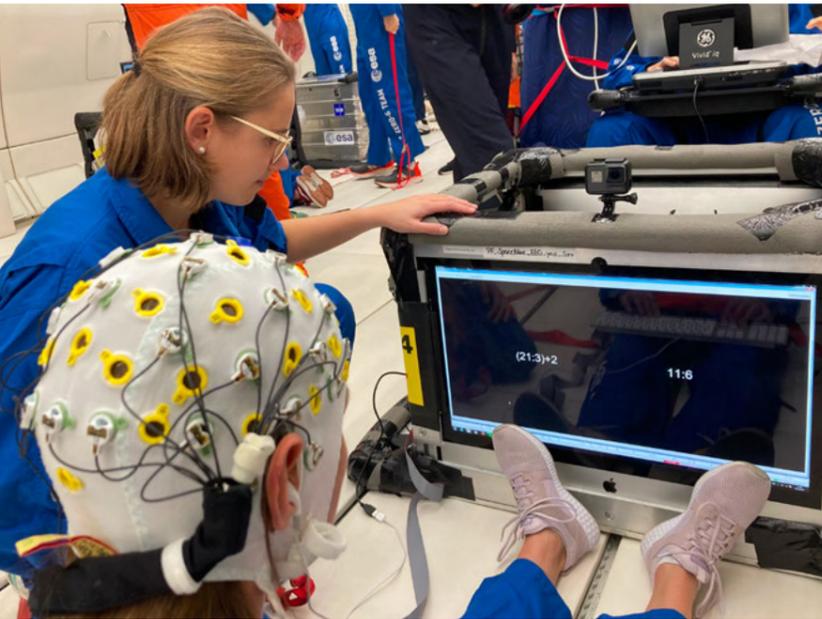
**Abb. 3** Schematische Darstellung eines Aktionspotentials einer Nervenzelle mit einem klassischen Ruhemembranpotential von etwa -70 mV und einer Spannungsdifferenz von 110 mV (a) sowie mit einem leicht depolarisierten Ruhemembranpotential von etwa -67 mV und einer Spannungsdifferenz von 107 mV (b).

## Messung der Verhaltensparameter - Reaktionszeit und Fehlerrate

Um den Einfluss der verschiedenen Schwerkraftniveaus auf die Hirnfunktion besser zu verstehen, ist es auch wichtig, die behavioralen Aspekte der kognitiven Leistung, wie Reaktionszeit und Fehlerrate, zu beschreiben. Die Reaktionszeiten der Teilnehmer\*innen wurden hinsichtlich der Kopfrechenaufgabe und der Reaktionen auf den Zielreiz berechnet. Die Fehlerrate wurde für die Antworten auf die Rechenaufgabe, den Zielreiz und den Standardreiz berechnet.

## Physiologischer Erklärungsansatz

Eine mögliche Erklärung für eine veränderte EEG-Aktivität unter Abnahme der Schwerkraft ist eine damit verbundene Veränderung der Hämodynamik. Unmittelbar nach Beginn der Mikrogravitation kommt es zu einer Umverteilung der Körperflüssigkeiten aufgrund veränderter hydrostatischer Druckgradienten entlang der Körperlängsachse (Clément & Reschke, 2008). Die Veränderungen der neuronalen Kommunikation in Mikrogravitation aufgrund eines Anstiegs des intrakraniellen Drucks könnte mit Hilfe eines von Kohn und Ritzmann entwickelten Modells auf physiologischer Ebene erklärt werden (Kohn & Ritzmann, 2018). Aufgrund der Flüssigkeitsverschiebung in Richtung Kopf und dem damit verbundenen Anstieg des intrakraniellen Drucks (Lawley et al., 2017) verändern sich auch die Zelleigenschaften der Neuronen. Sieber und Kollegen (2016) berichten von einer erhöhten Erregbarkeit der Neuronen, die in Schwerelosigkeit auftritt. Weitere Studien unterstützen dies und beschreiben Neuronen, die einen Einfluss der Schwerelosigkeit auf die neurophysiologischen Eigenschaften ihrer Zellmembran zeigen (Hanke & Schlue, 1993; Meissner & Hanke, 2005). Unter Schwerelosigkeit verringert sich die Membranviskosität und die Membran wird durchlässiger (Sieber et al., 2014, 2016), was wiederum zu einer verringerten Öffnungswahrscheinlichkeit der Ionenkanäle führt (Hanke & Schlue, 1993). Dies bewirkt dann einen leichten Anstieg des Ruhemembranpotentials auf bis zu +3mV. Somit kann die Schwelle zur Auslösung eines Aktionspotentials leichter erreicht werden (Kohn, 2013; Wiedemann et al., 2011) (siehe Abb. 2). Die geringere Spannungsdifferenz bei leicht depolarisiertem Ruhemembranpotential könnte in weiterer Folge dann die geringere elektrokortikale Aktivität in Mikrogravitation erklären (siehe Abb. 3).



**Abb. 4** Beispiel des Versuchsaufbaus im Parabelflug, bei dem die Teilnehmer\*innen vor einem Bildschirm sitzen und die Kopfrechenaufgabe der neurokognitiven Aufgabe lösen, während über Kopfhörer zwei verschiedene Töne hörbar sind, im Sinne eines klassischen Oddball-Paradigmas. Während des gesamten Experiments sind die Teilnehmer\*innen mit einem Gurt am Flugzeugboden insoweit befestigt, dass sie nicht wegschweben aber dennoch das Gefühl der Mikrogravitation erfahren.

#### Ziel der Studie

Ziel der Studie war es, die Auswirkungen von Schwerelosigkeit und verschiedener Schwerkraftniveaus, wie sie auf dem Mond (0.16G) und Mars (0.38G) herrschen, auf die elektrokortikale Aktivität zu analysieren und die kognitive Leistung zu untersuchen. Wenn die Schwerkraft selbst eine Auswirkung auf die Erregbarkeit von Neuronen hat (Sieber et al., 2016), könnte vermutet werden, dass entweder (1) eine abgestufte Reaktion auf verschiedene Schwerkraftniveaus vorliegt oder (2), dass die dokumentierten Veränderungen von einem Schwellenwert der Schwerkraft abhängig sind.

#### Methodik

Um die Auswirkungen verschiedener Schwerkraftniveaus auf die neuronale Verarbeitung und die kognitive Leistung zu erforschen, sind Parabelflüge ein terrestrisches Analog zur Schwerelosigkeit im Weltraum. Parabelflüge sind darüber hinaus auch die einzige Möglichkeit, außer auf dem Mond und Mars selbst, eine feine Abstufung der Schwerkraftniveaus und damit die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen partieller Schwerkraft und neurokognitiver Leistung zu ermöglichen. Ein Parabelflug ist ein spezielles Flugmanöver, welches je nach Neigungswinkel des Flugzeugs unterschiedliche Schwerkraftniveaus simulieren kann. Die Parabelflüge werden unter Leitung der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) und des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) am Mèrignac International Airport in Bordeaux, Frankreich durchgeführt.

#### Was wurde gemacht?

Das Experiment bestand aus einem klassischen auditiven Oddball-Paradigma in Kombination mit einer mentalen arithmetischen Aufgabe. Während des Oddball-Paradigmas hörten die Teilnehmer\*innen in einer zufälligen Reihenfolge über Kopfhörer entweder Zielreize (hohe Töne) oder Standardreize (tiefe Töne). Die tiefen Töne (70% aller Töne) müssen von den Teilnehmer\*innen ignoriert werden. Tritt jedoch ein hoher Ton auf (30% aller Töne), müssen die Teilnehmer\*innen reagieren und die Leertaste auf einer Tastatur drücken. Gleichzeitig wird eine Kopfrechenaufgabe präsentiert, wobei das größere Ergebnis zweier Gleichungen (z.B.  $(7*4)+3$  vs.  $4+4$ ) mittels Pfeiltasten auf der Tastatur markiert werden muss. Die Teilnehmer\*innen ( $n=6$ ) absolvierten das Experiment während 15 aufeinanderfolgenden Parabeln. Während des gesamten Fluges waren die Teilnehmer\*innen sicher am Boden des Flugzeugs befestigt, um unkontrolliertes Fliegen und Orientierungsverlust zu vermeiden. Die Aufgabe wurde in 1G unmittelbar vor sowie während des anschließenden Schwerkraftniveaus durchgeführt. Die EEG Daten sowie die Verhaltensparameter Fehlerrate und Reaktionszeit zur Berechnung der Leistung der Teilnehmer\*innen wurden erfasst (siehe Abb. 4).

**Die Reaktionen von partieller Schwerkraft auf den menschlichen Körper sind noch weitaus weniger erforscht, als die Folgen von Schwerelosigkeit. Auf dem Mond beträgt die Schwerkraft etwa ein Sechstel von der Gravitation der Erde; auf dem Mars ein Drittel.**



Im Rahmen der Artemis-Mission soll ein dauerhaftes Basislager auf dem Mond errichtet werden sowie eine Raumstation in der Mondumlaufbahn – das Lunar Gateway. Diese sollen der Erkundung des Mondes sowie als Zwischenstopp für künftige Missionen zum Mars dienen.

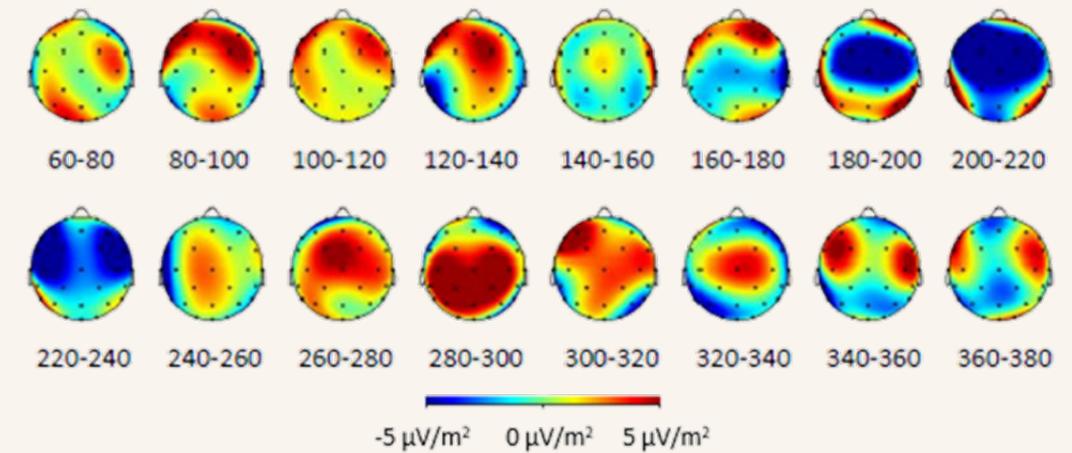
## Ergebnisse

### Einfluss auf die Gehirnaktivität

Das Oddball-Paradigma löste sowohl eine N200 sowie eine P300 Welle aus. Die N200 war über dem frontozentralen Kortex am stärksten ausgeprägt, wobei die P300 über dem zentralen Kortex sichtbar wurde (siehe Abb. 5). Die P300 Amplitude zeigte signifikant geringere Werte in den verschiedenen Schwerkraftniveaus im Vergleich zur jeweils vorangegangenen 1G Phase. Dies war der Fall in 0G ( $p=0.19$ ) und 0.38G ( $p=.003$ ) nach dem Zielreiz und für 0G ( $p=.016$ ), 0.16G ( $p=.002$ ) und 0.38G ( $p=.013$ ) nach dem Standardreiz (siehe Abb. 6). Diese geringeren Werte lassen sich mit dem Modell von Kohn und Ritzmann erklären (Kohn & Ritzmann, 2018). Durch die reduzierte Schwerkraft und den damit verbundenen Anstieg des intrakraniellen Drucks (Lawley et al., 2017) erhöht sich auch der laterale Druck auf die Zellmembran. Die daraus resultierende geringere Spannungsdifferenz kann eine Erklärung für die geringeren Amplitudenwerte während der partiellen Schwerkraftniveaus darstellen.

Zusätzlich zur P300 konnte auch eine deutliche N200 beobachtet werden. Es ist jedoch sehr schwierig, zwischen den beiden Untergruppen der N200 zu unterscheiden. Die Aufgabe der Teilnehmer\*innen bestand darin, sich auf die Kopfrechnenaufgabe zu konzentrieren. Hätten die Teilnehmer\*innen dies ausschließlich getan, so könnte man annehmen, dass hier eine MMN zu beobachten ist, da diese Welle auch dann erzeugt wird, wenn die Teilnehmer\*innen nicht auf den Teil der Aufgabe konzentriert sind (Näätänen et al., 2004; Patel & Azzam, 2005). Da jedoch auch eine motorische Reaktion auf den Zielreiz gefordert war, wird vermutet, dass die Teilnehmer\*innen immer bis zu einem gewissen Grad auch auf die Geräusche des Oddball-Paradigmas fokussiert waren, was im Allgemeinen die Anregung der Subkomponente N2b auslöst (Näätänen et al., 1986, 2004; Patel & Azzam, 2005). Daraus wird gefolgert, dass es eine Überschneidung der MMN und N2b gibt. Generell zeigen sich ebenfalls signifikant geringere Werte der Amplitude in Schwerelosigkeit und während Mond- und Marsgravitation im Vergleich zur 1G Phase für Ziel- und Standardreiz. Darüber hinaus ist eine signifikant geringere Amplitude von N200 in Mondgravitation und Schwerelosigkeit im Vergleich zur Marsgravitation nach den Stimuli des Oddball-Paradigmas zu beobachten, aber kein signifikanter Unterschied zwischen Schwerelosigkeit und Mondgravitation. Dies ist ein entscheidender Hinweis für die Schwellentheorie, die dann im Bereich zwischen Mond- und Marsgravitation verortet wird (siehe Abb. 7).

## Oddball Paradigma - Zielreiz

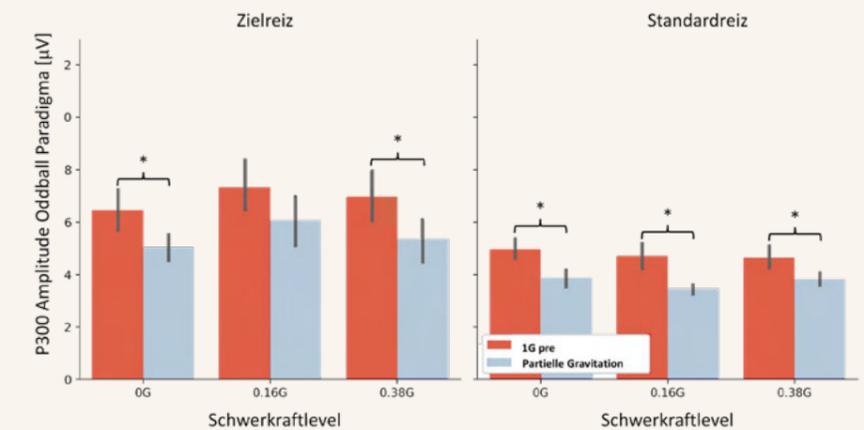


**Abb. 5** Beispielhafte Darstellung einer topographischen Karte der Stromquellendichte über der Kopfhaut nach Auftreten eines Zielreizes eines Oddball-Paradigmas. In blau dargestellt ist ein negativer Peak bei 200-220 ms nach dem Auftreten des Stimulus (N200) in den zentral-frontalen Kopfbereichen sowie ein in rot dargestellter positiver Peak bei 280-300 ms nach Stimulus (P300) zu erkennen.

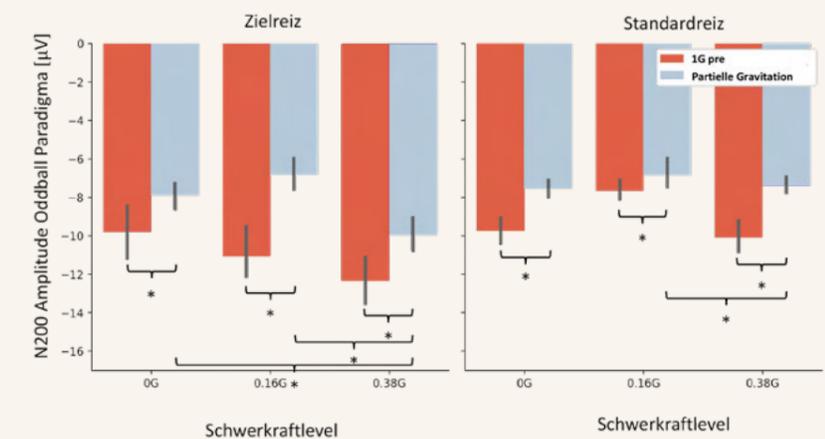
**Abb. 6** Amplitude ( $n=6$ ) der P300 über der Elektrode Cz für den Ziel- und Standardreiz eines Oddball-Paradigmas für partielle Schwerkräfte (blau) und die jeweils vorangehende 1G Phase (rot). Eine signifikant geringere Amplitude in den partiellen Schwerkräften gegenüber der vorangegangenen 1G Phase lässt sich beobachten. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichungen. \* markiert signifikante Unterschiede von  $p<.05$ .

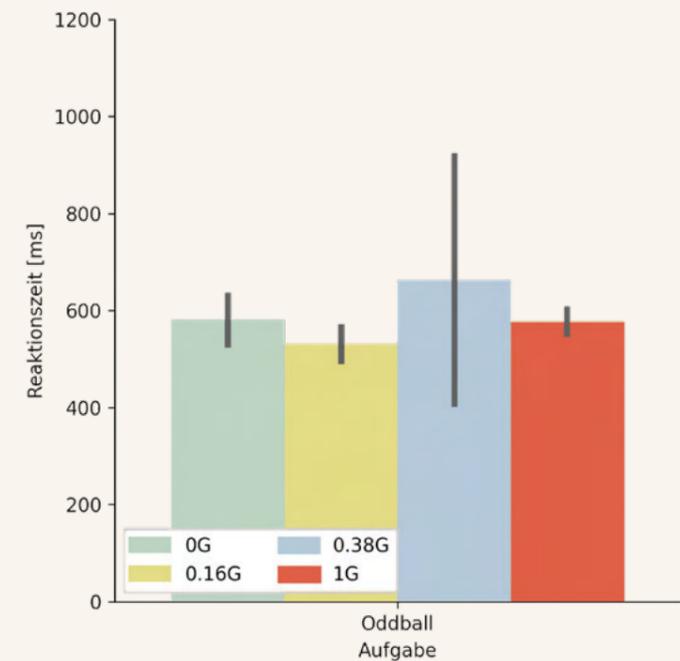
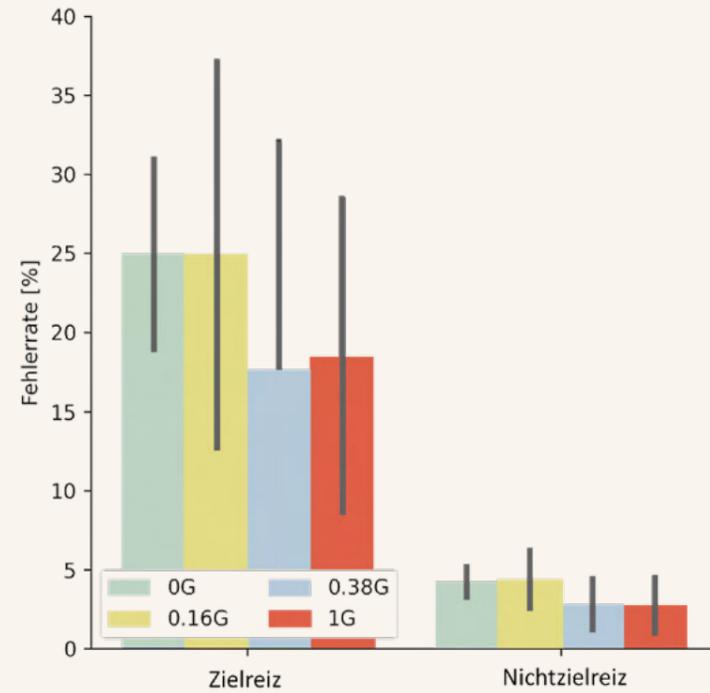
**Abb. 7** Amplitude ( $n=6$ ) der N200 über der Elektrode FC1 für den Ziel- und Standardreiz eines Oddball-Paradigmas für partielle Schwerkräfte (blau) und die jeweils vorangehende 1G Phase (rot). Beobachtbar sind signifikant geringere Amplituden in den partiellen Schwerkräften im Vergleich zur vorangehenden 1G Phase. Dargestellt sind Mittelwerte und Standardabweichungen. \* markiert signifikante Unterschiede von  $p<.05$ .

## P300 Amplitude



## N200 Amplitude





**Abb. 8 a)** Fehllerrate [%] der Antworten der Teilnehmer\*innen auf den Ziel- und Standardreiz des Oddball-Paradigmas für 0G, 0,16G, 0,38G und 1G. **b)** Reaktionszeit [ms] der Antworten der Teilnehmer\*innen auf den Zielreiz des Oddball-Paradigmas für 0G, 0,16G, 0,38G und 1G. Angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen.



#### Einfluss auf die Verhaltensparameter - Reaktionszeit und Fehllerrate

Die Genauigkeit der Leistung der Teilnehmer\*innen unterschied sich statistisch nicht zwischen den verschiedenen Schwerkraftniveaus ( $F_{(3,15)} = .973, p = .432$ ), was die Ergebnisse von Wollseifen und Kollegen (2019) in Schwerelosigkeit bestätigt. Dies lässt darauf schließen, dass sich die Verhaltensleistung der Teilnehmer\*innen nicht signifikant verändert, wenn der menschliche Körper unterschiedlichen Schwerkraftniveaus ausgesetzt ist. Diese Parameter sollten jedoch mit Vorsicht behandelt werden, da eine hohe Standardabweichung zu beobachten und es somit schwierig ist, Schlussfolgerungen über Vor- und Nachteile für Astronauten auf Langzeitmissionen zu ziehen (siehe Abb. 8)

#### Ausblick

##### Was wir daraus lernen

Rückblickend auf die zuvor aufgestellten Hypothesen und der berichteten Ergebnisse ist die Annahme eines Schwellenwertes möglich. Die Lokalisation dieser Schwelle wird zwischen Mond- und Marsgravitation verortet, da hier signifikante Unterschiede in der Gehirnaktivität gefunden wurden, aber nicht zwischen Mondgravitation und Schwerelosigkeit. Die nicht vorhandenen Unterschiede in Fehllerrate und Reaktionszeit in Kombination mit gleichzeitig geringerer elektrokortikaler Aktivität zeigt eine Verhaltensleistung, die als positiver Effekt für Astronauten auf kommenden Missionen bezeichnet werden könnte. Das hier gewonnene tiefere Verständnis der kortikalen Veränderungen kann in Zukunft die Rehabilitationsstrategien für neurologische Patienten verbessern. Insbesondere bettlägerige Patienten werden von den im Weltraum gewonnenen Erkenntnissen profitieren. Um das Gesamtbild des Einflusses verschiedener Gravitationsniveaus verstehen zu können, sollte das Zusammenspiel verschiedener Bereiche des menschlichen Körpers unter Extrembedingungen in den Fokus der Wissenschaft rücken. Ein erster Schritt in diese Richtung ist das Projekt ‚SpaceBike‘, welches die Kenntnisse über den Zusammenhang zwischen mechanischen Komponenten der Muskelphysiologie und ihrer neuromuskulären Steuerung vertieft. Langfristig werden die hierbei erzielten Ergebnisse in die klinische Anwendung überführt werden können und zur Weiterentwicklung von Neurorehabilitationsstrategien für Patienten mit traumatischen oder degenerativen Hirnerkrankungen beitragen.



**Constance Badali**

absolvierte 2022 ihr Masterstudium an der Deutschen Sporthochschule Köln und ist seit dem Mitarbeiterin und Doktorandin am Institut für Bewegungs- und Neurowissenschaft. Bereits während ihrer Bachelor- und Masterarbeit beschäftigte sie sich intensiv mit den Auswirkungen von Schwerelosigkeit bzw. Immobilisation auf den menschlichen Körper. Ihr Forschungsschwerpunkt liegt auf der Vereinigung von Neurowissenschaft und Biomechanik, um das Gesamtbild von Mensch, Bewegung und Kognition unter Extrembedingungen zu verstehen.

» [c.badali@dshs-koeln.de](mailto:c.badali@dshs-koeln.de)

Literatur bei der Autorin

# Wie misst man Therapiefortschritte

# im therapeutischen Reiten?



Text Isabel Stolz

Der Mensch und das Pferd hatten schon immer eine einzigartige Verbindung. So existieren heldenhafte Geschichten über die Zähmung von Wildpferden oder über das Pferd als Transporttier und Grubenhelfer. In jüngerer Zeit wurde das Pferd vielfach als treuer Sportpartner und sensibler Therapiebegleiter charakterisiert. Dass der Mensch und das Pferd eine langjährige, historisch geprägte, gemeinsame Vergangenheit haben, liegt nicht zuletzt an dem sozialen Wesen der Tiere. So können Pferde diverse emotionale Zustände von Menschen erfassen und verfügen selbst über 17 verschiedene dokumentierte Gesichtsausdrücke, wovon einige denen von Menschen und anderen Säugetieren ähneln (Wathan, et al., 2015a; Wathan et al., 2015b). Dass sie Gesichtsausdrücke von Artgenossen nonverbal lesen und darauf reagieren, hat für sie auch eine Schutzfunktion, um die Herde in der freien Wildbahn vor Gefahren zu warnen und die Sozialstruktur der Gruppe zu formen (Krüger & Marr, 2022; Wolf, 2017). Diese reguliert soziale Bindungen, aber auch Zugänge für Nahrung, Schlafplatz und Paarungspartner\*innen innerhalb der Herdendynamik (Krüger & Marr, 2022).

Im Kontext einer Mensch-Tier-Therapiebeziehung wird das Pferd im Rahmen des therapeutischen Reitens bereits langjährig als ergänzende Therapie bei verschiedenen Patient\*innengruppen eingesetzt, um sowohl in den Bereichen Sozialverhalten, Kommunikation und Sprache zur Gesamtentwicklung beizutragen, als auch im physiologischen Kontext zur Regulation und zielgerichteten Steuerung von Körperfunktionen sowie Förderung im Bereich Wahrnehmung und Motorik von Menschen mit chronischen Erkrankungen und Beeinträchtigungen (Anestis et al., 2014; Deutsches Kuratorium für Therapeutisches Reiten, 2019). Im bewegungstherapeutischen Kontext steht die dreidimensionale Bewegungsübertragung (longitudinal, transversal und sagittal) der Schwingungen des Pferderückens auf den menschlichen Körper im Vordergrund (Wolf, 2004). Hierbei werden in der Viertakt-Bewegung des Pferdes in der Gangart Schritt 90-110 Schwingungsimpulse pro Minute auf den menschlichen Körper übertragen (Wolf, 2004). Sie ähneln der Gangphysiologie des menschlichen Gangs und können dadurch zum Beispiel in der Neurorehabilitation bei verlorengegangener Gehfähigkeit dabei helfen, die notwendi-



## Entwicklung eines digitalen Assessment-Tools für das therapeutische Reiten

2015

**Abb. 1** Methodisches Vorgehen. Am Ende des siebenjährigen Forschungsprozesses steht eine App, mit der Therapieprozesse systematisiert und standardisiert dokumentiert und evaluiert werden können.

1. Erprobung ICF-basierter Diagnostik in kontrollierter Studie im therapeutischen Reiten  
N=53, t=12 Monate



2. Qualitative Interviewstudie zur Assessment-Konstruktion, N=17



3. Erprobung des Pilot-Instruments in Querschnittserhebung, N=116, t=6 Monate



4. Längsschnitt-Untersuchung und psychometrische Prüfung  
N=265, t=12 Monate



5. Aufbereitung als digitales Assessment-Tool

2022

ge Rumpfstabilität und -kontrolle hierfür (wieder-) zu erlangen, das Bewegungslernen der Patient\*innen hin zu physiologischen Bewegungsabläufen zu unterstützen sowie die zielführende Tonisierung der Muskulatur zu fördern (Wolf, 2017; Wolf, 2004).

Gesellschaftlich haben therapeutische Maßnahmen im physiologischen sowie psychologischen Kontext in Deutschland zwar eine hohe allgemeine Akzeptanz, es mangelt jedoch an wissenschaftlichen Nachweisen zur Wirksamkeit der Therapien. Krankenkassen und andere Kostenträger im Gesundheitswesen finanzieren die kostenintensiven Therapien derzeit aufgrund des Mangels an wissenschaftlicher Evidenz über deren Wirksamkeit nicht. Dadurch stellen Therapiekosten für Patient\*innen im Einzelfall derzeit einen hohen Kostenfaktor dar, den sie in der Regel privat aufbringen müssen, wenn sie von pferdgestützter Therapie profitieren möchten. Kritikpunkt seitens möglicher Kostenträger ist unter anderem die Vielfältigkeit und Uneinheitlichkeit an genutzten Erhebungsinstrumenten zur Erfassung therapeutischer Wirkungen, welche wenige verallgemeinerbare Rückschlüsse ermöglichen. Kritik aus der therapeutischen Praxis stellt die mangelnde Passung der derzeitigen meist klinisch-orientierten Instrumente an das spezielle Therapiesetting dar, welche sich nicht ohne weiteres darauf übertragen und anwenden lassen (Atun Einy & Lotan, 2017; Schläffer, 2020). Zudem lässt sich eine systematische Therapiedokumentation in der therapeutischen Praxis zur formativen Prozessevaluierung derzeit nicht auffinden, was therapeutische Prozesse für Dritte schwierig nachzuvollziehen und intransparent erscheinen lässt. Nichtsdestotrotz zeigte eine jüngere Zahl an hochwertigen randomisiert-kontrollierten Studien

(RCTs) für verschiedene Zielgruppen positive therapeutische Effekte in unterschiedlichen Bereichen der therapeutischen Förderung mit dem Pferd. So wurden im physiologischen Bereich bei Patient\*innen positive Effekte, wie z.B. die Stärkung der Rumpfmuskulatur, Verbesserung der Balance und Koordination sowie eine aufrechtere Haltung und verbesserte Gangqualität, aufgezeigt (Kwon et al., 2015; Rahbar et al., 2018; Vermöhlen et al., 2018; Wollenweber et al., 2016; Johnson et al., 2018). Im psychologischen Bereich bei posttraumatischen Belastungsstörungen war eine Symptomreduktion bei US-Militärveteranen bereits nach sechs Interventionswochen sichtbar (Johnson et al., 2018). Psychophysische Untersuchungen wiesen auf Basis von direktem sowie indirektem psychotherapeutischen Kontakt darauf hin, dass eine vermehrte Ausschüttung des Peptidhormons Oxytocin bei Patient\*innen in der Interaktion mit Tieren erfasst werden konnte sowie eine Senkung der Herzrate, des Blutdrucks sowie des Stresshormonspiegels abgebildet wurde (Romanczuk-Seiferth & Schwitzer, 2019, Yorke et al., 2013). Trotz vielfältiger positiver Effekte ließen sich bisher jedoch keine verallgemeinerbaren Rückschlüsse über therapeutische Wirkungen und Wirkdauern definieren, so dass z.B. Kosten-Nutzen-Analysen nicht zielgerichtet erfolgen können und Aspekte zur Wirtschaftlichkeit der Therapien für Kostenträger nicht transparent und nachvollziehbar dargestellt werden können.

Ziel der Untersuchung war es daher, ein Assessment-Instrument zu entwickeln, welches zum einen Veränderungen der Funktionsfähigkeit bei Patient\*innen passgenau erfassen kann und diese zum anderen in der Sprache der Kostenträger und des Gesundheits-

wesens nachvollziehbar macht. Konkret wurde hierfür theoriegeleitet und systematisiert auf Basis der Internationalen Klassifikation der Funktionsfähigkeit, Behinderung und Gesundheit (ICF) der Weltgesundheitsorganisation (WHO), angelehnt an das ICF-Core Set Entwicklungsverfahren, ein digitales Assessment-Tool entwickelt. Die ICF als Kernklassifikation der WHO stellte sich hierbei als ein geeignetes Basiswerk dar, da sie ganzheitlich orientiert, den Gesundheitsstatus einer Person nicht isoliert durch die Messung einer (beeinträchtigten) Körperfunktion erfasst, sondern den funktionalen Zustand bei der Durchführung von Aktivitäten oder Aufgaben in einer spezifischen Situation erfasst (Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation, 2016b). Sie stellt, insbesondere durch ihr Konzept der Aktivitäten und Partizipation, einen Standard zur Erfassung der „gelebten“ Gesundheit einer Person dar, zusätzlich zur Erfassung des biologischen Gesundheitsstatus (Stucki & Bickenbach 2017). Sie ist mit der im Jahr 2022 veröffentlichten ICD-11 (Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme) kompatibel und operationalisiert das Output von Gesundheitssystemen und gesundheitsbezogenen Maßnahmen vor dem Hintergrund der Funktionsfähigkeit von Patient\*innen über den sogenannten functioning-Indikator (Stucki & Bickenbach 2017). Dieser wird in der ICD-11 erstmalig neben den beiden Indikatoren Mortalität und Morbidität zur Überprüfung und zum Monitoring von Maßnahmen von Gesundheitssystemen eingesetzt. Er nimmt eine Brückenfunktion zur umfangreichen Erfassung von biologischer und gelebter Gesundheit wahr und dient zudem als Schlüsselindikator für die Rehabilitation (Stucki & Bickenbach 2017).

**Anforderungen an das zu entwickelnde Instrument waren:**

- » dass es biopsychosoziale Veränderungen innerhalb des therapeutischen Reitens im Zeitverlauf passgenau und sensitiv erfassen kann und
- » dass es in der therapeutischen Praxis zeitökonomisch und praktikabel einsetzbar ist.

Hierfür wurde das Assessment-Tool innerhalb eines mehrjährigen Forschungsprozesses gemeinsam mit 17 Expert\*innen aus der Praxis des therapeutischen Reitens erstellt, welches nachfolgend mit 30 Therapeut\*innen in Deutschland und insgesamt 865 Assessments in der Praxis erprobt und wissenschaftlich untersucht wurde (Abbildung 1 zeigt den langjährigen Entwicklungsprozess). Wichtig war hierbei, dass die finalen Testitems des Assessment-Tools konkreten ICF-Codes zugeordnet werden können und dadurch innerhalb des Klassifikationssystems der WHO eingeordnet und mit anderen Maßnahmen zur Förderung und Aufrechterhaltung der Funktionsfähigkeit im Gesundheits- und Rehabilitationssystem sowie dem System der Eingliederungshilfe verglichen werden können.

Im ersten Entwicklungsschritt (Abb. 1, Position 1) wurde hierfür ein ICF-basiertes Pilot-Instrument bei der Zielgruppe Kinder mit diagnostiziertem Förderbedarf emotional-soziale Entwicklung innerhalb eines Kontrollgruppen-Warte-Designs über ein Schuljahr auf seine grundsätzliche Eignung erprobt (N=53). Hierbei zeigte sich das Pilot-Instrument in der Anwendung als ökonomisch und zweckmäßig. Positive Veränderungen der Interventionsgruppe zeigten sich insbesondere in einer Verbesserung des Gruppenverhaltens der Kinder und einer Verbesserung insbesondere der Testitems

Selbstsicherheit, Mut sowie dem Erkennen von sozialen Zeichen in Beziehungen. Die Erfassung beschränkte sich jedoch vornehmlich auf psychosoziale Aspekte und berücksichtigte etwaige mentale und motorische Aspekte der Therapien noch nicht. Auf Basis der Erkenntnisse aus dieser ersten Pilot-Untersuchung wurden im Jahr 2019 anhand einer qualitativen Studie mit Expert\*innen für therapeutisches Reiten, mittels qualitativer Inhaltsanalysen, zentrale Inhalte der Therapie erfasst sowie Begrifflichkeiten und Terminologien ausgedrückt und voneinander abgegrenzt. Das qualitative Datenmaterial wurde nach der inhaltlich strukturierenden Inhaltsanalyse sowie gemäß der Gütekriterien für die qualitative Forschung ausgewertet und diente nachfolgend als Basis zur funktionsorientierten Item-Konstruktion des Assessments (Mayring, 2010; Kuckartz, 2016; Lamnek & Krell, 2016). Ein Abgleich des qualitativen Kategoriensystems mit dem Klassifikationssystem der ICF durch zwei unabhängige Rater gemäß den Cieza-Linking Rules stellte an dieser Stelle eine zielführende Verknüpfung sicher (Cieza et al., 2005; Cieza et al., 2019). Es konnten hierbei 79,2% der MAXQDA-Codes auf ICF-Ebene verknüpft werden. Eine Überprüfung der Rater-Reliabilität durch Cohen's Kappa stellte hierbei die Grundlage her, um einen ersten Testentwurf mit den Expert\*innen der Fokusgruppen abzustimmen. Anhand eines zweistufigen Ratingverfahrens (angelehnt an das Delphi-Verfahren) haben diese den Testentwurf nun modifiziert und reduziert (Hasson et al., 2000). Nach Abschluss eines finalen expert-judgements aus der therapeutischen Praxis wurde der Testentwurf im Jahr 2021 bei 116 Proband\*innen anhand eines querschnittlichen Studiendesign in der therapeutischen Praxis angewendet (Abb. 1, Position 3).

Ziel war es, den noch sehr umfangreichen Test weiter zu reduzieren und zu modifizieren, um dadurch ein Assessment-Tool zu erstellen, welches mit so wenig Items wie möglich, so viel Aussagekraft über mögliche Veränderungen der Funktionsfähigkeit von Patient\*innen im therapeutischen Reiten erreichen kann. Statistische Untersuchungen zur Dimensionalität, Konstruktvalidität und Reliabilität zeigten, dass sich die ICF-basierten Items als geeignet herausstellten, um im therapeutischen Reiten zur Evaluation herangezogen werden zu können. Es wurde ein übergeordnetes Modul für die pferdegestützte Therapie und Förderung im Generellen entwickelt sowie drei weitere Submodule, die spezifische therapeutische Subdisziplinen fokussierten (Gruppen- und Einzelförderung sowie die Hippotherapie als physiotherapeutische Maßnahme mit dem Pferd, welche nur von ausgebildeten Physiotherapeut\*innen mit Zusatzqualifikation Pferd durchgeführt werden kann). Explorative Faktorenanalysen wiesen auf eine hohe Varianzaufklärung in allen Modulen hin (über 70%). Die interne Konsistenz der ICF-basierten Testitems und Skalen lag im sehr guten bis exzellenten Bereich (Spannweite  $\alpha = .98 - .89$ ) und machte eine weitere Reduktion des Assessments erforderlich. Das übergeordnete Modul erfasste hierbei die psychosoziale, mentale und motorische Funktionsfähigkeit der Patient\*innen mit drei

Subskalen. Für die weiteren drei Submodule wurden je zwei Subskalen definiert, welche ebenfalls eine hohe interne Konsistenz aufwiesen.

Im nächsten Entwicklungsschritt (Abb. 1, Position 4) wurde das reduzierte 80-Item-Assessment-Tool erneut in der therapeutischen Praxis eingesetzt und als Verlaufsbeurteilung über 15 Wochen an 26 Standorten für therapeutisches Reiten in Deutschland angewendet. In die statistischen Analysen flossen nachfolgend insgesamt 876 Beurteilungen von 265 Proband\*innen durch therapeutisches Fachpersonal ein. Psychometrische Eigenschaften des Assessment-Tools wurden gemäß den Hauptgütekriterien (Objektivität, Reliabilität und Validität) sowie weiterer Nebengütekriterien (z.B. Ökonomie, Nützlichkeit, Fairness, Nicht-Verfälschbarkeit) geprüft (Bühner, 2011). Hierbei wurde das zuvor erstellte Testmodell sowie unkorrelierte Messfehler geprüft sowie die Testgüte und der Modell-Fit des Assessments nach den gängigen Kriterien geprüft (Brown, 2015; Bryant, 2000). Konkret wurde anhand der Kovarianzmatrix der Stichprobe die faktorielle Validität mittels der Maximum-Likelihood-Analyse (ML) anhand der globalen Fitindizes und Cut-off-Indikatoren untersucht. Die Untersuchungen zeigten, dass die vorherig identifizierte Faktorenstruktur anhand konfirmatorischer Faktorenanalysen (KFA) bestätigt werden konnte und das Instrument weiterführend reduziert werden konnte, um einen zeitökonomischen Einsatz zu gewährleisten (final mit 63 Testitems). Auch die interne Konsistenz wurde in Verbindung mit Itemanalysen erneut untersucht (Cronbach's Alpha und McDonald's Omega) und blieb in den vorherigen hohen Werten stabil. Sensitivitätsprüfungen im Zeitverlauf (gemischte lineare Mehrebenen-Modelle) wiesen auf signifikante Veränderungen der therapeutischen Beurteilungen im Therapieverlauf hin, Verfahren der Retest- und Inter-Rater-Reliabilität wiesen auf Stabilität der Beurteilungen hin, wobei hierbei zum Teil limitierte Stichprobengrößen der Submodule die Aussagekraft der statistischen Verfahren einschränkten. Die partizipative Entwicklung des Instruments unter Einbeziehung von Expert\*innen sowie die Basierung der Testitems auf konkreten ICF-Codes stellte sich insgesamt als die Methode der Wahl heraus, um ein geeignetes Instrument für das therapeutische Reiten zu entwickeln. Auch andere Untersuchungen zeigen, dass sich entwickelte Instrumente und Testverfahren auf Basis von Klassifikationen der WHO-Familie in einer guten psychometrischen Qualität widerspiegeln – z.B. das World Bank Model Disability Surveytools von Sabariego et al. (2022) und die ICF-basierte Erfassung von Aspekten in der Hippotherapie bei Hsieh et al. (2017) sowie diverse ICF-basierte Instrumente in der medizinischen und beruflichen Rehabilitation.

Die finale Aufbereitung als digitales Assessment (EQUITEDO: Equi-Therapie-Dokumentation), soll der therapeutischen Praxis zur Anwendung als App zur Verfügung stehen, um Therapieprozesse systematisiert und standardisiert dokumentieren und evaluieren zu können.



Die wichtigste Funktion der App ist hierbei die automatisierte Auswertungsfunktion: Therapeut\*innen können die von ihnen beurteilten Therapiezeiträume mit nur einem Klick automatisiert evaluieren lassen und sich dabei Mittelwerte der Module und Skalen sowie einzelne Itemscores im Zeitverlauf grafisch ausgeben und diese als Bericht exportieren lassen. Berichte können nachfolgend für Gespräche mit Patient\*innen, Kostenträgern sowie behandelnden Ärzt\*innen eine Grundlage bilden, um Therapiefortschritte präzise darstellen und Behandlungspfade individualisiert steuern und ausrichten zu können.

Das Assessment-Tool soll eine Basis darstellen, um vermehrte Transparenz über Veränderungen im Therapieverlauf verschiedener Zielgruppen, Wirkfaktoren- und Outcome-Messungen für Patient\*innen, therapeutische Fachkräfte innerhalb multidisziplinärer Rehabilitationsteams und auch Kostenträgern im Gesundheitswesen schaffen zu können. Durch die Basierung auf der international gemeinsamen Sprache der ICF, können hierdurch Anknüpfungspunkte für weitere fachwissenschaftliche Untersuchungen geschaffen werden und das therapeutische Reiten als bewegungstherapeutische Maßnahme innerhalb der gesundheitsbezogenen Domänen der WHO eingegliedert und bezüglich seiner Qualitätsgüte mit anderen Maßnahmen des Gesundheitswesens verglichen werden.

Weiterführend könnte dies einen Beitrag leisten, um therapeutische Wirkungen passgenau und auf Basis von größeren Stichprobenumfängen evidenzbasiert abzubilden. Über belastbare Ergebnisse hoher Studienqualität bezüglich therapeutischer Wirkungen, könnte somit perspektivisch eine Argumentationsbasis für die Kostenübernahme der Maßnahmen über Kostenträger im Gesundheits- und Rehabilitationssystem angebahnt werden.

Literatur bei der Autorin

### Das EQUITEDO-Assessment-Tool

- » ist seit Juli 2022 als App mit Testmanual und Schulungsworkshops für Fachkräfte in Deutschland verfügbar ([www.equitedo.com](http://www.equitedo.com))
- » schaffte es beim Deutschen Preis für Onlinekommunikation auf die Shortlist 2022. Die App wurde in der Kategorie „Innovation des Jahres“ unter die besten 5 gewählt, von insgesamt über 500 Projekten
- » wird derzeit mit dem Weltverband HETI, innerhalb von zwei internationalen Validierungsstudien, in die spanische und englische Sprache übersetzt.



#### Dr. Isabel Stolz

ist Lehrkraft für besondere Aufgaben am Institut für Bewegungs- und Neurowissenschaft und Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Forschungsinstitut für Inklusion durch Bewegung und Sport (FIBS) gGmbH (An-Institut der Sporthochschule). Sie promovierte am Institut für Bewegungstherapie und bewegungsorientierte Prävention und Rehabilitation im Jahr 2022 mit dem Projekt „Pferd: Evaluation, Dokumentation“, welches zur Entwicklung und Validierung der Therapie-App am FIBS angesiedelt war. Für ihren Vortrag zur Therapieevaluations-App erhielt sie den Best Presentation Award des HETI-Weltkongresses 2021.

» [i.stolz@dshs-koeln.de](mailto:i.stolz@dshs-koeln.de)

# Ein Gedächtnisspeicher für den Sport in Nordrhein-Westfalen

**Die Erinnerungen von Menschen sind eine wichtige Ressource, um Wissen über die Vergangenheit zu bewahren. Zeitzeug\*innen sind aus den Geschichtswissenschaften bekannt; das Fernsehen setzt sie klassischerweise in Dokumentationen ein; in der Sportwissenschaft sind Zeitzeug\*innen als „Gedächtnisspeicher“ weniger präsent. Ein Pionierprojekt der Deutschen Sporthochschule Köln hat sich dieser Idee bedient und gemeinsam mit dem Deutschen Sport & Olympia Museum Zeitzeug\*innen aus Nordrhein-Westfalen interviewt. Herausgekommen ist eine emotionale und persönliche Dokumentation des Sports und der Sportentwicklung in NRW.**

„Eine Dortmunder Städtepartnerschaft ist Leeds in England. Ich weiß nicht, ob ich das erzählen soll. Da war zum Schluss dann so eine Strecke, die bergauf ging. Und als ich das sah, habe ich wohl zu meiner Kollegin nebenan gesagt: ‚Scheiße!‘ Und sie sagt: ‚Also, das hast du noch nie gesagt! Das kann ich in Dortmund auch nicht erzählen, dass du so etwas gesagt hast!‘ Aber es war eben aus dieser Anstrengung heraus. Als man diesen Berg dann noch einmal sah. Das war der Leeds-Marathon [...]“ Diese Anekdote stammt von einer der bekanntesten Dortmunderinnen überhaupt: Elisabeth Brand, geboren 1935, engagierte sich als Sportfunktionärin und als eine der ersten Frauen in der Lauf- und Trimm-Dich-Bewegung in Nordrhein-Westfalen (NRW). Sie ist eine von 65 Zeitzeug\*innen, die im Rahmen eines Forschungsprojekts ihre Sportgeschichte(n) erzählen.

NRW ist eine der bewegungsfreudigsten Sportregionen der Welt. Das bevölkerungsreichste Bundesland Deutschlands ist Heimat von rund 18.000 Sportvereinen, zahlreichen Profiklubs und zehntausenden Athlet\*innen im olympischen und paralympischen Sport. Doch: „Die regionale Dimension des Sports ist weitgehend unbeachtet, es gibt darüber so gut wie

keine Publikation“, beschreibt Univ.-Prof. Dr. Jürgen Mittag (Leiter des Instituts für Europäische Sportentwicklung und Freizeitforschung), der das Vorhaben gemeinsam mit Dr. Andreas Höfer verantwortet (Direktor des Deutschen Sport & Olympia Museums), den Ausgangspunkt für das Projekt. „Gerade, wenn wir über den Freizeit- und Breitensport sprechen, also jenseits des Spitzensports und der Sportförderung auf Bundesebene, dann sind es die Landessportbünde, die Sportvereine und die im Sport engagierten Personen, die in ganz erheblichem Maße für die Organisation und Ausgestaltung des Sports verantwortlich sind.“ Um dieses sportkulturelle Erbe NRW zu bewahren und die Informationen langfristig zu sichern, haben Prof. Mittag und Dr. Höfer mit ihrem Team 65 Zeitzeug\*innen interviewt. Darunter Menschen aus dem Fußball, der in NRW durch das Ruhrgebiet besonders präsent ist, aber auch viele weitere im Sport engagierte Personen. Wie eben Elisabeth Brand, die die „Viermärker Waldlauf Gemeinschaft“ in Dortmund mitgegründet hat und damit – formaljuristisch – den ersten Lauftreff, der beim Deutschen Olympischen Sportbund 1974 registriert wurde. Von ihr stammt das Zitat am Anfang des Textes.

## „Wir bauen einen Gedächtnisspeicher auf“

Gemeinsam mit Dr. Andreas Höfer vom Deutschen Sport & Olympia Museum (DSOM) warb Prof. Jürgen Mittag eine Projektförderung ein, die in einer ersten Projektphase Zeitzeug\*innen aus dem Ruhrgebiet in den Fokus nahm. In einem zweiten Teil kamen weitere Zeitzeug\*innen aus ganz NRW hinzu – die Interviews dienen nun als Grundlage und sie ergänzen Materialien, die in Archiven lagern, zum Beispiel im Landesarchiv NRW mit Sitz in Duisburg. Jürgen Mittag erklärt: „Der Zugang zu Materialien ist dort aber auch eingeschränkt, vieles ist noch nicht verzeichnet oder gar nicht zugänglich.“ Die Zeitzeug\*innen, die den Sport in NRW direkt erlebt haben, können also helfen, Wissen aufzuarbeiten und zu vertiefen und es für die



Die 87-jährige Dortmunderin Elisabeth Brand (oben) ist eine von insgesamt 65 Zeitzeug\*innen, die im Rahmen des Forschungsprojektes ihre Sportgeschichte erzählt. Die für ihr Engagement mehrfach ausgezeichnete Sportfunktionärin engagierte sich als eine der ersten Frauen in der Lauf- und Trimm-Dich-Bewegung in Nordrhein-Westfalen.

Unten: Siebenkämpferin Sabine Braun, geboren 1965 in Essen. Sie war die erste deutsche Leichtathletin, die an fünf Olympischen Spielen teilnahm.

Nachwelt zur Verfügung zu stellen. „Wir sichern das Wissen über den Sport in NRW auf regionaler Ebene und bauen einen Gedächtnisspeicher auf“, nennt Mittag die Zielsetzung des Projekts.

Über 200 Personen identifizierte das Projektteam zunächst nach umfangreicher Recherche als potenzielle Zeitzeug\*innen. Bei der Auswahl der finalen 65 achtete das Projektteam auf eine möglichst repräsentative Verteilung, das heißt die Personen bilden verschiedene Sportarten, Regionen, Hierarchien und Funktionen ab. Gerade im Sport spielen Zeitzeug\*innen eine wichtige Rolle, ist Prof. Mittag überzeugt, denn Sport und Bewegung hätten vielfach einen eher informellen Charakter. Während Spitzensport, also Olympiasieger\*innen und Weltmeister\*innen, gut dokumentiert seien, passiere der sportliche „Alltag“ häufig jenseits formalisierter und institutioneller Formen. „Sport mobilisiert, aber Sport gerät auch relativ schnell in Vergessenheit; daher ist die Figur des Zeitzeugens für uns und für den Sport in NRW so bedeutsam!“

## Hochkaräter und Persönlichkeiten an der Basis

Mit der Auswahl der Zeitzeug\*innen hat das Projektteam bewusst keine „Hall of Fame“ aufbauen wollen. Unter den Interviewten sind zwar bekannte Namen und einige Hochkaräter, zum Beispiel Regisseur Sönke Wortmann, Mr. Universum Ralf Moeller oder Eiskunstläuferin Marina Kielmann. Aber, und das war den Wissenschaftlern wichtig, es geben auch viele in der Öffentlichkeit weniger präsente Persönlichkeiten spannende Einblicke. So bildet das Projekt die ganze Bandbreite des Sports und der Sportentwicklung in Nordrhein-Westfalen ab. „Gerade diese Gespräche hatten für uns einen erhöhten wissenschaftlichen Mehrwert, da sie uns neue Erkenntnisse und Zusammenhänge geliefert haben“, sagt Projektmitarbeiter Niklas Hack.

Die Gespräche dauerten teilweise mehrere Stunden. „Wir haben nach Schwerpunkten, Zäsuren und besonders prägnanten oder konfliktreichen Ereignissen gefragt und diese um die individuellen Lebensgeschichten ergänzt. Unsere Aufgabe bestand darin, mit den richtigen Stichworten und Impulsen dafür zu sorgen, dass die Gesprächspartner\*innen möglichst viel relevantes Wissen teilen konnten“, skizziert Mittag die Herangehensweise. Die Zeitzeug\*innen konnten zudem einen persönlichen Gegenstand mitbringen und beschreiben, wie dieser ihre persönliche Beziehung zum Sport charakterisiert.

Besonders beeindruckt haben Mittag persönlich die Gespräche mit Walfried König (Jahrgang 1938, leitender Ministerialrat für Sportpolitik) und Johannes



Marina Kielmann, geboren 1968 in Dortmund, erwarb sich im Eis- und Rollkunstlaufen jeweils den Ruf einer internationalen Spitzensportlerin.

Ralf Moeller, geboren 1959 in Recklinghausen, pumpte sich 1986 zum „Mr. Universum“. Als Schwimmer beim SV Neptun 28 e.V. wurde er mehrfacher Stadt- und Westfalenmeister. Seinen Durchbruch als Schauspieler feierte er 2000 mit dem Film Gladiator.



ausdifferenziert. Ob Programme und Kampagnen für Jung und Alt oder das Sportabzeichen, diese Dinge habe es zwar schon gegeben, sie erfuhren dann aber einen starken Impuls. „Ich würde diese Zeit als die dynamischste Phase der Sportentwicklung in NRW bezeichnen“, sagt Mittag.

#### Digitale Speicherung ermöglicht Zugriff und langfristige Sicherung

Die Zeitzeug\*innen ermöglichen einen persönlichen und emotionalen Zugang zum Thema „Sport in NRW“. Die Interviews wurden professionell gefilmt; Ausschnitte aus den Videos stellt das Projektteam auf einer umfangreichen Webseite zur Verfügung. Hier sind alle Zeitzeug\*innen auf einer eigenen Seite inklusive Bild und Kurzbiografie zu finden. Schriftliche Auszüge aus den Gesprächen sind dort nachlesbar. Zudem ist geplant, dass alle Interviews komplett verschriftlicht und diese Transkripte ebenfalls auf der Webseite veröffentlicht werden. Hiermit möchten die Forscher höchsten wissenschaftlichen Ansprüchen gerecht werden, alles wird hier jederzeit von jedem nachlesbar sein. „Das ist unser Beitrag zur Nachhaltigkeit; das ganze Wissen wird als Vermächtnis gesichert, sodass es zum Beispiel für Wissenschaft, Bildung, Museen, Kultur sowie Medien- und Öffentlichkeitsarbeit langfristig nutzbar ist. Damit möchten wir sicherstellen, dass die Erinnerungen und das Wissen über den Sport in NRW im kulturellen Gedächtnis der Region lebendig bleiben“, sagt Projektleiter Jürgen Mittag.

Eulering (Jahrgang 1933, langjähriger Sportreferent der Landesregierung und Abteilungsleiter Sport, Sportstätten- und Schulbau): „In welcher Präzision, Schärfe und Detailgenauigkeit sie sich noch an Dinge erinnern haben, die vor 30, 40 oder 50 Jahren passiert sind und mit wie viel Leidenschaft, Ernsthaftigkeit und Erfolg sie sich mit der Weiterentwicklung des Sports auseinandergesetzt haben, das war wirklich sehr beeindruckend.“

#### Dynamisierung des Sports in NRW in den 1970ern und 1980ern

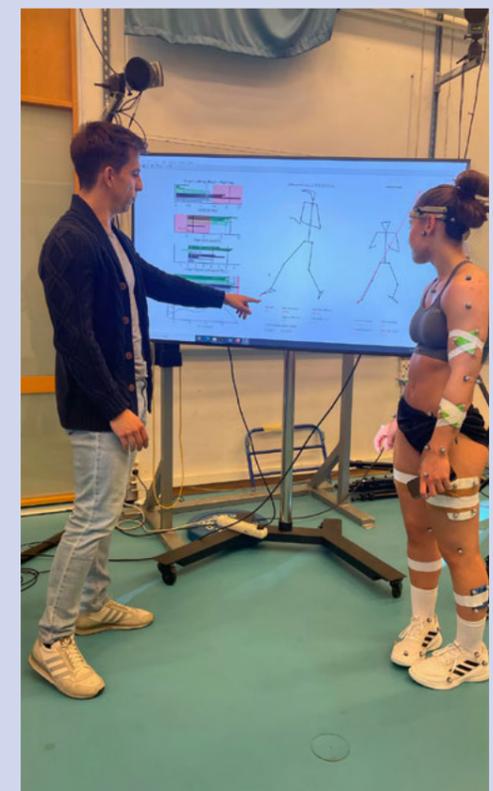
Viele der befragten Zeitzeug\*innen, geboren in den 1930er und 1940er Jahren, wuchsen als Kinder nach dem Zweiten Weltkrieg zwischen den Trümmern und ohne Sportstätten auf. Das Spielen in offenen Räumen stand im Vordergrund. Sie erlebten dann, wie der Sport – über den Schulsport und den wieder auftretenden Vereinssport – beständig im Alltagsleben verankert wurde. Ein interessantes Ergebnis aus den Gesprächen: Vor allem die 1970er und 1980er Jahre waren eine prägende Phase für den Sport in NRW. „Die Fünfziger- und Sechzigerjahre waren sehr fokussiert auf den Vereins- und Wettkampfsport, in den Achtziger- und Neunzigerjahren sind wir dann schon im Freizeit- und Breitensport angekommen und dazwischen ist ganz viel passiert“, skizziert Prof. Mittag die Entwicklung. Der Sport in NRW habe in dieser Zeit an Bandbreite gewonnen und sich gleichzeitig

Eine weitere Idee ist, die aufgezeichneten Interviews auch den Besucher\*innen des Deutschen Sport & Olympia Museums auf moderne Weise zugänglich zu machen, zum Beispiel über Augmented Reality, also eine Ausstellung der Zeitzeug\*innen im Museum, die mit Hilfe einer Smartphone-App vor Ort durch digitale Elemente ergänzt werden kann. Das Projektteam bemüht sich gegenwärtig um eine längerfristige Förderung des Projekts, um den Gedächtnisspeicher weiter zu füllen.

Text: Julia Neuburg



Webseite: [www.zeitzeugen-sport.de](http://www.zeitzeugen-sport.de)



## Knieverletzungen verstehen & vermeiden

**Handball ist ein dynamischer Sport. Auf einer Spielfläche von 40 mal 20 Metern versuchen die Spieler\*innen in zwei Halbzeiten à 30 Minuten, den Ball ins gegnerische Tor zu befördern. Erfolgreich ist, wer den Gegner mit Schnelligkeit, Ausdauer und gekonnten Spielzügen schlägt. Durch viele Richtungswechsel und abrupte Stopp-Bewegungen sind die Knie im Handball dabei besonders gefordert und: besonders gefährdet. Verletzungen am Knie gehören zu den häufigsten Gründen für längere Ausfälle von Spieler\*innen. Für ein erfolgreiches Team kann es deshalb auch wichtig sein, die Ursache für Knieverletzungen besser zu verstehen, um ihnen vorbeugen zu können. In einem gemeinsamen Forschungsprojekt arbeiten die norwegische Sporthochschule in Oslo und die Deutsche Sporthochschule Köln (Institut für Biomechanik und Orthopädie) zusammen, um Knieverletzungen im Handball genauer zu untersuchen und um präventive Maßnahmen zu entwickeln. Ihre Erkenntnisse könnten auch in anderen Sportarten von Nutzen sein.**

Um Einblick in die Belastungsstruktur im Knie zu erlangen, untersuchten die Forschenden (von der Spoho die Doktoranden Kevin Bill und Patrick Mai, betreut durch Prof. Uwe Kersting) in dem im Jahr 2021 initiierten Kooperationsprojekt zunächst, wie sich verschieden komplexe Richtungswechsel auf die Belastung des Kreuzbandes bei weiblichen Handballspielerinnen auswirken. In diesem ersten Untersuchungsschritt konnten die Forschenden herausfinden, dass weibliche Handballspielerinnen ein hohes Knieabduktionsmoment aufweisen – ihre Unterschenkel spreizen sich also unter Belastung leicht nach außen ab und die Knie knicken nach innen ein – und das unabhängig davon, wie komplex ein Richtungswechsel ist. Ein hohes Knieabduktionsmoment wiederum steht im Zusammenhang mit Kreuzbandverletzungen.

Auf Basis dieser Datengrundlage starteten die Forschenden im September 2022 eine Interventionsstudie, in der sie versuchten, durch gezieltes Technik- und Krafttraining das Knieabduktionsmoment zu reduzieren. Bei über 50 Handballerinnen führten sie im Rahmen dieser Messungen handballspezifische Richtungswechsel durch und zeichneten kinematische (Geschwindigkeit und Beschleunigung) und kinetische (Kraftverhältnisse) Daten auf. Zusätzlich erhoben die Wissenschaftler\*innen die

Kraftdaten der Probandinnen, um herauszufinden, ob das Technik- und Krafttraining das Abduktionsmoment im Knie und somit das Risiko für Kreuzbandverletzungen verringert. Dazu teilten die Forschenden die getesteten Handballerinnen in zwei Gruppen auf: eine Kontroll- und eine Interventionsgruppe. Die Spielerinnen der Interventionsgruppe führten acht Wochen lang zwei Mal pro Woche ein spezifisches Technik- und Krafttraining durch. Die Kontrollgruppe folgte ihrem regulären Training.

Nach Abschluss der Intervention folgten für beide Gruppen im Labor erneut Tests zu den handballspezifischen Richtungswechseln und zur Kraftfähigkeit. Mit Hilfe einer eigens entwickelten Software konnten die Doktoranden Patrick Mai und Kevin Bill den Sportlerinnen schon unmittelbar während der Intervention Feedback zu ihrer Richtungswechseltechnik geben und daraus mögliche Verletzungsrisiken ableiten; ein Verfahren, das in dieser Form bisher noch nicht angewendet wurde.

Text: Marilena Werth



Neben der Kooperation der Sporthochschule Köln und der norwegischen Sporthochschule sind weitere Forschungspartner aus Italien, Dänemark, Japan und Spanien in das Projekt involviert. Studienleiter ist Prof. Tron Krosshaug, der die Studie gemeinsam mit Prof. Uwe Kersting vom Institut für Biomechanik und Orthopädie durchführt. An der norwegischen Sporthochschule forscht Krosshaug im Bereich Sportmedizin zu Verletzungen des vorderen Kreuzbandes im Teamsport. Die beiden Promotionsstudenten Kevin Bill und Patrick Mai vom Institut für Biomechanik und Orthopädie der Sporthochschule führten die achtwöchige Interventionsstudie in Oslo in Kooperation mit dem norwegischen Forscher durch. Die Ergebnisse werden in Kürze veröffentlicht.

Video: [www.youtube.com/watch?v=Vti-8hNux8I](https://www.youtube.com/watch?v=Vti-8hNux8I)  
Einblicke in die Vorbereitung des Labors und in den Versuchsaufbau



Seit knapp drei Jahren kooperiert das Team Bananenflanke Köln mit der Deutschen Sporthochschule Köln. Dr. Karsten Schul und Dr. Sebastian Schwab, beide Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik, haben damals die Idee des „Team Bananenflanke“ – geistig behinderten Kindern einen Raum fürs Fußballspielen zu schaffen – aufgegriffen und auf verschiedene Ballsportarten ausgeweitet. Ihr Fokus ist Basketball. Entstanden ist der Sportkurs „Team Bananenflanke meets Basketball & Kölner Ballschule“, der einmal wöchentlich von Studierenden geleitet wird und als Lehrveranstaltung in die Spoho-Lehre eingebunden ist. Mit ihrer Idee haben sich Schul und Schwab für den Inklusionspreis NRW beworben und den ersten Platz der diesjährigen Hauptkategorie „Sport“ gewonnen.

## NRW-Inklusionspreis

### Das inklusive Sportprojekt „Team Bananenflanke meets Basketball & Kölner Ballschule“ belegt 1. Platz in der Hauptkategorie des NRW-Inklusionspreises

Seit knapp drei Jahren trainieren einmal pro Woche geistig behinderte Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene in Halle 8 der Sporthochschule. Sie sind zwischen sieben und 21 Jahre alt und spielen als Mitglieder des Vereins Bananenflanke sonst Fußball. „Die Eltern und Kinder von der Bananenflanke“, erzählt Sebastian Schwab, „wünschten sich etwas mehr Vielfalt im Sportangebot“. Sebastian Schwab und sein Institutskollege Karten Schul wünschten sich mehr Vielfalt in ihrer Lehrveranstaltung. Im Rahmen des „Come-Together-Cups“, eines Fußballturniers, bei dem Köln seine Vielfalt zeigt, und bei dem Spoho-Dozent Schwab und der Vorstand des Teams Bananenflanke Köln zufällig aufeinandertrafen, kam die Idee einer gemeinsamen Veranstaltung.

„Bei Team Bananenflanke meets Basketball & Kölner Ballschule geht es darum, den Kindern eine Möglichkeit zu geben, sich auszuprobieren. Die Kölner Ballschule ist ein sportspielübergreifender Ansatz, bei dem Kinder verschiedene Spielsportarten kennenlernen können. Wir setzen im Nachgang den Schwerpunkt auf Basketball“, erläutert Dr. Sebastian Schwab. Angeleitet werden die Kinder von Studierenden, die die Veranstaltung als Teil Ihres Moduls „Lehrpraktische Studien“ im Bachelor-Studiengang B.A. Sport- und Bewegungsvermittlung in Freizeit- und Breitensport gewählt haben. „Die Studierenden hospitieren erst vier bis fünf Wochen und lernen die Kinder kennen. Dann werden sie sukzessive in den Kurs eingebunden, übernehmen mal das Warmmachen, mal zehn Minuten aus dem Basketball-Teil. Am Ende gibt es eine benotete Lehrprobe, in der sie die ganze Stunde eigenständig gestalten“, sagt Schwab.

Seine Idee von Inklusion ist es, dass Kinder mit Behinderung im Kurs auf Studierende treffen und beide voneinander profitieren. Die Kinder entwickeln sich in Spielsportarten weiter und bauen ihr Ball- und Körpergefühl aus und die Studierenden lernen, wie man einen Sportkurs kindgerecht und bedürfnisorientiert vorbereitet. Und viele von ihnen kommen im Kurs zum ersten Mal überhaupt mit Kindern mit Behinderung in Kontakt. Die Kinder zeigen ihnen, wie viel der Sport ihnen bedeutet, wie er sie weiterbringt und wie einfach es sein kann, inklusive Strukturen zu fördern. „Es ist schön zu sehen, was mit Kindern passiert, wenn sie Erfolgserlebnisse haben. Wenn einer der Kleinen einen Korb wirft, dann kriegt er das Grinsen gar nicht mehr aus dem Gesicht. Das Schöne am Sport ist, dass man Kindern darüber eine Freude bereiten kann. Das ist bei den Bananenflanken-Kindern extrem zu sehen. Teilweise wird bei den Eltern von einem ‚Highlight‘ gesprochen, wenn die Kinder zu uns in den Kurs kommen“, erzählt Schwab.

Weil Dr. Karsten Schul und Dr. Sebastian Schwab in ihren Kursen immer wieder gesehen haben, wie gut das Konzept bei Kindern, Studierenden und Eltern ankommt, haben sie sich mit ihrem Angebot für den Inklusionspreis NRW 2022 beworben. Und sie haben mit ihrer Idee überzeugt; besonders durch die Kombination von Wissenschaft und Sportpraxis, so Andrea Milz, Staatssekre-

tärin für Sport und Ehrenamt, bei der Preisverleihung. Weil die Veranstaltung in die Lehre der Sporthochschule eingebunden ist und durch Forschende begleitet wird, sei die wissenschaftliche Evaluierung gegeben. „Das Schöne ist zudem auch noch, dass die Studentinnen und Studenten auch bei der Kölner Ballschule als Übungsleitende arbeiten können. Sie sammeln selbst die Erfahrung, wie das ist, wenn ich mit den Menschen über die ich sonst vielleicht nur wissenschaftlich diskutiere, wenn ich mit denen arbeite, wenn ich mit denen Spaß habe und wenn ich sehe: Was geht da und wie geht das“, so Andrea Milz weiter.

Mit dem Preisgeld in Höhe von 5.000 Euro möchten die Verantwortlichen Basketballtrikots für die Kinder anschaffen. So könne man noch besser den Team-Zusammenhalt zeigen. Bisher gibt es nämlich nur Fußballtrikots. Der Rest des Geldes geht an die Vereinsarbeit des Team Bananenflanke. „Bei der Bananenflanke arbeiten lauter Ehrenamtliche und die können das Geld gut gebrauchen“, sagt Schwab.

Text: Marilena Werth



Der Inklusionspreis des Landes Nordrhein-Westfalen 2022 legt den Schwerpunkt auf den Bereich Sport. Ausgezeichnet werden Praxisbeispiele, die das gelungene inklusive Zusammenleben sowie die Umsetzung der Inklusion im Bewusstsein der Menschen mit und ohne Behinderungen fördern. Das Preisgeld beträgt bis zu 5.000 Euro.



Video: Das Team Bananenflanke in einer Spoho-Trainingseinheit

NEUES  
MAGAZIN



# Zeit Lupe

Deutsche  
Sporthochschule Köln  
German Sport University Cologne

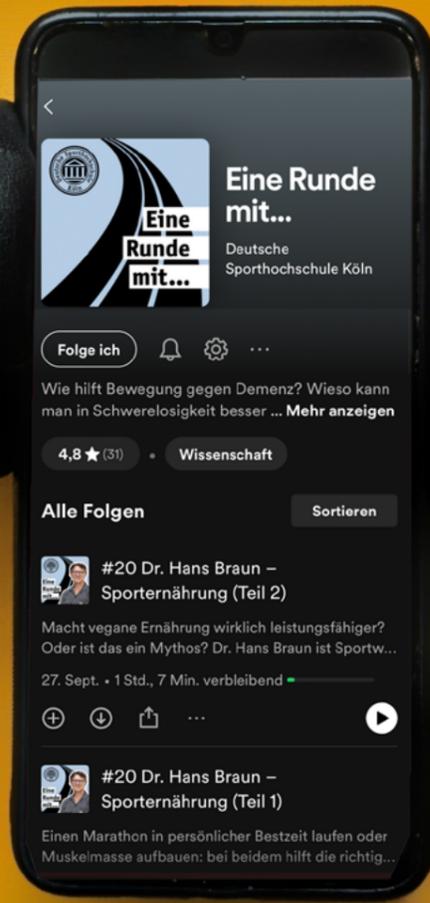
**NEU**  
Das Magazin der  
Deutschen Sporthoch-  
schule Köln. Unsere  
Titelstory: Hormone  
und ihr Einfluss auf  
den Sport.

## Die Macht der HORMONE

Seite 34 In Spoho persönlich reisen wir mit Mils...  
Seite 42 »Die Natur ist ein wunderbarer Spielplatz.« Ein *Portrait* von Bergsteigerin Mirjam Limmer.  
Seite 48 Und was tr...  
Wearab...  
Ein f...

# Sportwissenschaft zum Hören!

„Eine Runde mit ...“  
der Wissenschaftspodcast



# IMPULSE online



**Deutsche Sporthochschule Köln**  
Stabsstelle Akademische Planung und Steuerung  
Presse und Kommunikation  
Am Sportpark Müngersdorf 6  
50933 Köln