

## **SCHLUßBERICHT**

### **Zuwendungsempfänger:**

Deutsche Sporthochschule Köln  
Am Sportpark Müngersdorf 6  
50933 Köln

### **Ausführende Stelle:**

Institut für Bewegungs- und Neurowissenschaften  
Deutsche Sporthochschule Köln

### **Projektleitung:**

Priv.- Doz. Dr. Dr. Stefan Schneider

### **Förderkennzeichen:**

50WB1161

### **Vorhabensbezeichnung:**

Der Effekt von Schwerelosigkeit und künstlich erzeugter Schwerkraft auf die elektrokortikale Aktivität unter dem besonderen Gesichtspunkt der Auswirkung auf die kognitive Leistungsfähigkeit und das psychische Wohlbefinden

### **Laufzeit des Vorhabens:**

01.07.2011-30.12.2014

### **Berichtszeitraum:**

01.07.2011-30.12.2014

## **I. Kurze Darstellung**

### **1. Aufgabenstellung**

Im Rahmen des durchgeführten Projektes sollte mittels Elektroenzephalographie (EEG) und quellenbasierter Elektrotomographie, gezeigt werden, welche Areale des Gehirns auf Schwerelosigkeit reagieren und welche Implikationen dies für die kognitive Leistungsfähigkeit und das allgemeine Wohlbefinden hat. Gleichzeitig sollte erforscht werden ob und wieweit eine Aktivierung des Kreislaufsystems durch künstlich erzeugte Schwerkraft (ähnlich eines moderaten Ausdauertrainings) diesen Effekten entgegenwirken kann.

### **2. Voraussetzungen, unter denen das Projekt durchgeführt wurde**

Die Datenerhebung erfolgte in der Short Arm Human Centrifuge (SAHC) des DLR Instituts für Luft- und Raumfahrtmedizin in Köln-Porz. Zusätzlich wurden Versuche im Institut für Bewegungs- und Neurowissenschaften der DSHS Köln und im Parabelflug, organisiert durch die Firma NOVESPACE durchgeführt

Während der gesamten Projektlaufzeit standen Herr Tobias Vogt (wissenschaftlicher Mitarbeiter) sowie Frau Petra Wollseiffen (wissenschaftliche Hilfskraft) als Arbeitskräfte zur Verfügung. Es wurden die Arbeitsplätze, Labor- und Büroräume des Instituts für Bewegungs- und Neurowissenschaften genutzt.

### **3. Planung und Ablauf des Vorhabens**

Die Datenaufnahme innerhalb der SAHC erfolgte in drei Tranchen bis Ende 2012. Dies war bedingt durch organisatorische Vorgaben innerhalb der DLR Medizin, erfolgte aber in enger Abstimmung und Zustimmung mit dem Zuwendungsempfänger.

Die Datenaufzeichnung im Parabelflug erfolgte im Februar 2012, Mai 2012 (ESA MARS500 Kampagne), September 2012 sowie Oktober und November 2013.

Die Durchführung der Laborexperimente erfolgte zeitgleich.

Nach Abschluss der Studien wurden jeweils die Analysen der erhobenen Daten durchgeführt und Präsentationen für Kongresse sowie Manuskripte erstellt.

### **4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde**

Das Leben in Schwerelosigkeit ist geprägt von physiologischen und psychologischen Stressoren. Dies hat bedingt durch neurophysiologische Veränderungen negative Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit und das Wohlbefinden. Im Gegensatz dazu kommt es durch Sport und Bewegung zu positiven Veränderungen der Hirnphysiologie welche einhergehen mit einer Verbesserung oben genannter Parameter. Erste Ergebnisse lassen vermuten, dass eine allgemeine Aktivierung des Kreislaufsystems durch künstlich erzeugte Schwerkraft

in der Kurzarmzentrifuge, ähnliche Effekte wie Sport und Bewegung evozieren kann. Es wird dementsprechend vermutet und soll umfangreich in diesem Vorhaben belegt werden, dass künstliche Schwerkraft nicht nur den peripher-physiologischen Degenerationserscheinungen eines Langzeitaufenthaltes im Weltall, sondern auch den neurokognitiven und neuropsychologischen Veränderungen entgegenwirken kann und dementsprechend den Erfolg und die Sicherheit einer solchen Mission positiv beeinflussen kann.

## **5. Zusammenarbeit mit anderen Stellen**

Innerhalb des SAHC Experiments wurde in erheblichem Umfang mit Kollegen der DLR Flugmedizin kooperiert. Diese Zusammenarbeit hat sich als sehr effektiv und fruchtbar erwiesen.

Neben dem wissenschaftlichen Austausch mit anderen Arbeitsgruppen aus ähnlichen Fachgebieten während des Projektzeitraums sowie auf zahlreichen internationalen Kongressen, wurde im Bezug auf organisatorische Aspekte insbesondere auch mit Prof. Dr. Alexander Choukér an der Ludwigs-Maximilians-Universität München kooperiert. Hieraus entstanden sind zwei Publikationen und ein DLR Antrag, der positiv beschieden wurden.

Durch eine Kooperation mit dem Institut für Physiologie und Anatomie der DSHS, welches sich für die Simulation von Schwerelosigkeit durch Wasserimmersion beschäftigt, konnte weltweit erstmals ein Unterwasser-EEG abgeleitet werden.

Administrative Unterstützung bei der Planung der Parabelflüge erfolgte maßgeblich von Mitarbeitern des DLR. Die Parabelflüge wurden von der Firma Novespace in Bordeaux, Frankreich durchgeführt.

## II. Eingehende Darstellung

1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Innerhalb des Vorhabens sollten die Auswirkung veränderter Schwerkraftbedingungen (erhöhte Schwerkraft: Humanzentrifuge; verringerte Schwerkraft: Parabelflug) auf frontale Kortexaktivität unter besonderer Beachtung der Auswirkungen auf die kognitive Leistungsfähigkeit und die psychische Befindlichkeit untersucht werden. Eine Deaktivierung präfrontaler Kortexareale durch körperliche Aktivität mit positiven Implikationen für die kognitive Leistungsfähigkeit und das allgemeine Wohlbefinden wurde bereits zuvor gezeigt.

Der Einsatz eines wissenschaftlich fundierten Auswerteverfahrens zur dreidimensionalen Lokalisation kortikozerebraler Aktivität aufgrund von EEG-Aktivität sollte helfen, die Veränderungen, die sich in Motivation, Stimmungslage und kognitiver Leistungsfähigkeit zeigen, auch in Veränderungen und Anpassung des Gehirns zu dokumentieren.

Es wurde erwartet, dass negativen Auswirkungen der Schwerelosigkeit, durch eine gezielte körperliche Aktivierung mithilfe künstlicher Schwerkraft entgegengewirkt werden kann

Diese Ziele wurden vollumfänglich erreicht. Eine Darstellung der erzielten Ergebnisse im Einzelnen erscheint hier aufgrund des Umfangs nicht möglich. Es wird verwiesen auf die unten genannten und beiliegenden Publikationen.

2. Der wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

<b>Ausgabeart</b>	<b>Bewilligung</b>	<b>Ausgaben</b>	<b>Rest</b>	<b>Rest bis 20%</b>
Beschäftigte E12-E15	101.768,00	115.830,05	-14.062,05	6.291,55
Beschäftigungsentgelte	101.732,00	79.068,90	22.663,10	43.009,50
Gegenstände bis 410 EUR	2.196,00	2.608,64	-412,64	26,56
Vergabe von Aufträgen	87.826,00	88.095,92	-269,92	17.295,28
Sonstige allgem. Verw.ausgaben	23.749,00	27.999,27	-4.250,27	499,53
Dienstreisen	73.640,00	78.461,39	-4.821,39	9.906,61
Gegenstände über 410 EUR	57.563,00	56.804,42	758,58	12.271,18
	<b>448.474,00</b>	<b>448.868,59</b>	<b>-394,59</b>	

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises sind in Tabelle 1 abgebildet. Eine detailliertere Auflistung erfolgt in der Belegliste.

Während bei den Beschäftigungsentgelten ein etwas geringerer Betrag verausgabt wurde, wurde dieser, aus personaltechnischen Gründen in den Beschäftigungsentgelten mehr verausgabt. Dies hing vor allem mit der kostenneutralen Verlängerung des Projekts um 6 Monate zusammen. Hier konnten die nicht verausgabten Beschäftigungsentgelte zur Wei-

terbeschäftigung einer 50%TVL Stelle genutzt werden. Die Summer der Sonstigen allgemeinen Verwaltungsaufgaben und der Dienstreisen ist ebenso etwas höher, jedoch im Rahmen der +/- 20% ausgefallen. Gründe hierfür liegen in der Teilnahme an zwei ESA Parabelflugkampagnen, die für die wissenschaftliche Anschlussfähigkeit des Projekts nötig waren und so kostenneutral innerhalb des Projekts realisiert werden konnten.

3. Der Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die durchgeführten Arbeiten waren zur Erlangung der Ziele, die sich in einer umfangreichen Publikationsliste des Projekts widerspiegeln notwendig.

4. Des voraussichtlichen Nutzens, insbesondere der Verwertbarkeit der Ergebnisse im Sinne des fortgeschrittenen Verwertungsplanes

Unsere Ergebnisse haben eine große Bedeutung für weiterführende grundlagenorientierte Forschung und haben gleichzeitig eine relativ hohe Praxisrelevanz. Diese Studie hat verdeutlicht, wie wichtig ein regelmäßiges und individualisiertes Sport- und Trainingsprogramm nicht nur zum Erhalt der körperlichen Fitness, sondern auch der mentalen Gesundheit ist und damit in erheblichem Maße zur Sicherheit und zum Erfolg einer Langzeitmission beitragen kann. Der Einsatz künstlich erzeugter Schwerkraft, wie sie derzeit intensiv diskutiert wird, stellt aus neuro-kognitiver und neuro-affektiver Sicht keinen Ersatz für ein gezieltes und individualisiertes Sport- und Bewegungsprogramm dar.

Darüberhinaus haben wir gezeigt, dass es möglich ist, bildgebende Verfahren zur Darstellung hirnpfysiologischer Parameter im Parabelflug einzusetzen. Diese Technik wird in den nächsten Jahren umfangreich weiterentwickelt werden und wird derzeit für einen Einsatz auf der Internationalen Weltraumstation (ISS) vorbereitet werden. Damit steht eine Methodik zur Verfügung, die in verschiedenen, umfangreichen Szenarien genutzt werden kann und sollte. Wir hoffen, dass sich durch die Entwicklung und die Anwendung dieser Technologien ein zunehmendes Interesse auch für hirnpfysiologische Vorgänge unter Schwerelosigkeit findet und vorangegangene Untersuchungen im Licht dieser neuartigen Analysemethoden neu und umfangreicher interpretiert werden können.

5. Des während der Durchführung des Vorhabens mit dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.

Solche Fortschritte sind nicht bekannt.

6. Der erfolgten oder geplanten Veröffentlichungen des Ergebnisses

### 6.1 Veröffentlichte Manuskripte:

Buqing Y, Matzel S, Feuerecker M, Hörl M, Ladinig C, Schelling G, Abeln V, Choukèr A, **Schneider S**. The impact of chronic stress burden of 520-d isolation and confinement on the physiological response to subsequent acute stress challenge. *Behav Brain Res* (**If 3.4**)

**Schneider S**, Cheung J, Frick H, Krehan S, Micke F, Sauer M, Dalecki M, Dern S. When neuroscience gets wet and hardcore: Neurocognitive markers obtained during whole body water immersion. *Exp Brain Res*. 2014 Oct;232(10):3325-31 (**If 2.2**)

Dern S, Vogt T, Abeln V, Strüder HK, **Schneider S**, Psychophysiological responses of artificial gravity exposure to humans. *Eur J Appl Physiol*, DOI: 10.1007/s00421-014-2927-5 (**IF 2.6**)

**Schneider S**, Robinson R, Craig S, von der Wiesche M, Goswami N. Gender specific changes in cortical activation patterns during exposure to artificial gravity. *Acta Astronautica*, *accepted*. (**IF 0.7**)

Vogt T, Abeln V, Strüder HK, **Schneider S**. Artificial gravity exposure impairs exercise-related neurophysiological benefits. *Physiol & Behav*, *accepted* (**IF 3.16**)

Smith C, Goswami N, Robinson R, von der Wiesche M, **Schneider S**. (2013) The relationship between brain cortical activity and brain oxygenation in the prefrontal cortex during hypergravity exposure. *J Appl Physiol*. **2013** Jan 31. [*Epub ahead of print*] (**IF 3.8**)

**Schneider S**, Abeln V, Askew CD, Vogt T, Hoffmann U, Denise P, Strüder HK. (2013) Changes in cerebral oxygenation during parabolic flight. *Eur J Appl Physiol*. **2013** Jan 20. [*Epub ahead of print*] (**IF 2.1**)

**Schneider S**, Abeln V (2012). Trainieren 2.0 – Plädoyer für ein ganzheitliches Verständnis von Sport und Bewegung. *Flugmedizin, Tropenmedizin, Reisemedizin*; 19 (5): 116–121

De la Torre G, van Baarsen B, Ferlazzo F, Kanas N, Weiss K, **Schneider S**, Whiteley I (2012). Future perspectives on space psychology: Recommendations on psychosocial and neurobehavioural aspects of human space flight. *Acta Astronautica* 81(2): 587-599 (**IF 0.6**)

**Schneider S**, Bubeev JA, Choukèr A, Morukov B, Johannes B, Strüder HK (2012). Imaging of Neuro-Cognitive Performance in Extreme Environments – a (p)review. *Planetary and Space Science*, 74(1), 135–141 (**IF 2.2**)

### 6.2 Manuskripte in Vorbereitung oder bereits eingereicht

Abeln V, **Schneider S**. Music or brainwave entrainment- what does help to keep the brain relaxed during parabolic flights? In preparation. intended journal: *Stress*.

Grau M, Vogt T, Abeln V, Zander V, Bloch W, **Schneider S**. Red blood cell rheological properties under the influence of artificial gravity. In preparation.

De Boever P, Abeln V, Vogt T, Schoeters G, Strüder HK, **Schneider S**. Microarray analysis reveals changes in blood and saliva gene expression profiles in response to artificial gravity as experienced on the short-arm human centrifuge. In preparation.

Niepel A, **Schneider S**, Hinghofer-Szalkay H, von der Wiesche M, Goswami N. Influence of artificial gravity training on EEG during tilt table testing. In preparation.

Goswami N, Evans J, **Schneider S**, Hinghofer-Szalkay H, Possnig CL, Niepel A, Gauger P, Booth S, von der Wiesche M, Mulder E, Blaber AP. Centrifugation Training and Orthostatic Intolerance in One Hour 6-degree Head Down Tilted Men and Women. *Submitted to JAP*

Zander V, Vogt T, Abeln V, Strüker HK, **Schneider S**. Hemodynamical responses caused by exposure to artificial gravity. *European Journal of Applied Physiology, submitted*

### 6.3 Vortragseinladungen

*From Space to school*

ESA Life in Space for Life on Earth symposium 2014, Waterloo, Kanada

*Brains @ Work. Better performance at ZeroG? / AG provided by a SAHC causes ADS and CVA.*

International Space Life Sciences Working Group (ISLSWG) 2014, Brussels, Belgium

*Exercise and the Brain: enhancing space mission safety, increasing academic achievement and preventing neurodegenerative diseases.*

1<sup>st</sup> Annual Research Conference, Physical Activity and Brain Function. Perform Center, Concordia University, Montreal, Canada. 2014

*Exercise in Space for Life on Earth.*

6<sup>th</sup> Exercise and Sport Science Australia, Adelaide, Australia. 2014.

*X-treme EEG – studying the neurophysiology of motor control in extreme conditions: Space, deep water and during maximal exercise.*

9<sup>th</sup> International Sport Sciences Symposium for Active Life. Waseda University, Tokio, Japan. 2013.

*Physical Activity and Mental Health.*

5<sup>th</sup> World Health Summit, Berlin, October 20-22, 2013.

*Von Kindern und Kosmonauten: Neuroenhancement durch Sport.*

51. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Luft- und Raumfahrtmedizin. Bonn 2012

*Exercise in extreme Environments – from Space to Antarctica.*

Invited lecture & symposia at the 17th Annual Congress of the European College of Sport Science (ECSS), Brugge, Belgium 2012.

### 6.4 Kongressbeiträge

**Schneider S** (2014) Neuro-behavioral markers benefit from an increased blood supply to the brain during microgravity. Oral presentation at the 2014 annual *ESA conference “Life in space for life on earth”*, Waterloo (CA).

**Schneider S** (2014) AG provided by a SAHC causes ADS and CVA. Oral presentation at the 2014 annual *ESA conference “Life in space for life on earth”*, Waterloo (CA).

**Schneider S, Abeln V (2012)** Neuro-Enhancement through exercise: First results from the Mars500 study. Oral presentation at the 2012 annual *ESA conference "Life in space for life on earth"*, Aberdeen (GB).

**Schneider S (2012)** Exercise in Extreme Environments. From Space to Antarctica: Neurocognitive enhancement through exercise. Current approaches and applications. Oral presentation at the *16th annual Congress of the ECSS*, Brugge (BEL)

**Schneider S (2012)** The brain under stress, from cognitive function & suggested countermeasures. ESA Topical Team „Stress challenges and Immunity in Space“ Munich.



### **III. Erfolgskontrollbericht**

#### **1. Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen**

Im Rahmen der förderpolitischen Ziele des DLR im Bereich Humanphysiologie konnte ein Beitrag geleistet werden zur Entwicklung von Gegenmaßnahmen zum stressbedingten Abbau kognitiver Funktionen während Langzeitmission im All. Darüber hinaus konnten direkten Einflüsse von Schwerelosigkeit auf hirnpfysiologische Prozesse insbesondere im Frontalkortex nachgewiesen werden. Dies spielt eine Rolle in der Beurteilung der Arbeitsfähigkeit und Sicherheit von Menschen, die in veränderter Schwerkraft tätig sind.

#### **2. Wissenschaftlich-technisches Ergebnis, Nebenergebnisse und wesentliche Erfahrungen**

Innerhalb des Projekts kam es zu einer weiterführenden Kooperation mit Prof. Coukèr (LMU-München) und Dr. Johannes (DLR) welche in einem gemeinsamen, mittlerweile positiv beschiedenen DLR Antrag zur Implementierung eines mobilen EEG Systems auf der ISS geführt hat.

#### **3. Fortschreibung des Verwertungsplans**

Eine Verwertung der Ergebnisse erfolgte durch Publikation und Kongressbeiträge, siehe II.6

#### **4. Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben**

Alle Arbeiten haben zu einer Lösung geführt.

#### **5. Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer**

Das EEG sowie das NIRS Gerät ist im Labor des Instituts Bewegungs- und Neurowissenschaften zugänglich und jederzeit einsatzbereit. Im Rahmen von Laborbesuchen werden die Funktion des Gerätes und die Ergebnisse der einzelnen Studien regelmäßig vorgeführt.

Umfangreiche Publikationen, insbesondere zur Elektrotomographie, sind über die üblichen wiss. Datenbanken zugänglich

#### **6. Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung**

Organisatorisch bedingt kam es zu einigen kleineren Modifikationen sowohl bezüglich der Ausgaben als auch Zeitplanung. Dies führte dazu, dass das Projekt kostenneutral verlängert wurde.

Die zuvor definierten Ziele und Aufgaben wurden aber mit dem beantragten Fördervolumen komplett erreicht.

**Köln, 16.02.2015**



(Dr. Stefan Schneider)