

Christian Andrä¹

(3. Preisträger Referate Nachwuchswissenschaftler)

Auswirkungen der bewegten Schule – Messung der zerebralen und muskulären Sauerstoffversorgung mittels Nahinfrarotspektroskopie

Summary

According to the results of this study, the near-infrared-spectroscopy is a suitable way of analysing changes in tissue oxygen-saturation while an organ is being tested. When we analyse the effects induced by the project “school in motion”, it is quite evident that children in traditional schools reach their performance limit earlier than their equivalents in moving schools. The latter attained comparable results in cognitive tasks while their alteration of tissue-oxygenation turned out to be relatively lower. Another striking effect is that, compared to the concepts of traditional schools, “school in motion” leads to an increase of oxygen supply during the performance of cognitive tasks in regions that are not directly being exposed.

Zusammenfassung

Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, dass die Nahinfrarotspektroskopie eine geeignete Methode zum Nachweis von Veränderungen der Sauerstoffsättigung im Gewebe bei entsprechender Belastung des betreffenden Organs ist. Bei der Analyse des Einflusses „Bewegte Schule“ ist festzustellen, dass die Schüler mit traditionellem Unterricht offensichtlich schneller an ihre Leistungs-

¹ Betreuerin der Arbeit ist Frau Professorin Dr. Christina Müller, Sportwissenschaftliche Fakultät, Institut für Sportpsychologie/-pädagogik, Fachgebiet Schulsport in Zusammenarbeit mit PD Dr. med. habil. Matthias Knüpfer, Universitätsklinikum Leipzig – Klinik für Kinder- und Jugendmedizin. Abteilung für Neonatologie und Neugeborenenchirurgie

grenze stoßen. Die Kinder der bewegten Schule erreichten vergleichbare kognitive Leistungen mit einer insgesamt geringeren Änderung in der Gewebee-oxygenierung. Darüberhinaus fällt auf das „Bewegte Schule“, im Vergleich zum traditionellen Unterrichtskonzept, bei kognitiver Beanspruchung zu einem Anstieg der Sauerstoffversorgung in nicht belasteten Körperregionen führt.

Schlagworte: Bewegte Schule, Kognition, zerebrale Sauerstoffversorgung, Nahinfrarotspektroskopie (NIRS)

1. Forschungsmethodisches Vorgehen

Im Rahmen des Forschungsprojekts „Bewegte Schule“ (Müller, 2010, Müller & Petzold, 2002) erfolgte eine Erweiterung durch eine weitgehend selbstständige Untersuchung zur kognitiven Leistungsfähigkeit.

Hauptzielstellung dieser Studie ist es zu zeigen, dass regelmäßige Bewegung im Schulalltag (während des Unterrichts und in den Pausen) nach dem Konzept der bewegten Schule Änderungen des Sauerstoffgehaltes im Hirngewebe hervorrufen und somit Rückschlüsse auf Aktivierungen im Gehirn getroffen werden können.

Haupthypothese: Das Projekt der bewegten Schule führt zu einer verbesserten kognitiven Leistungsfähigkeit. Dies korreliert objektiv messbar mit verbesserter Organdurchblutung im Gehirn.

Nebenhypothese: Das Projekt der bewegten Schule verändert auch somatische Oxygenierungsparameter, messbar an der Unterarmmuskulatur.

Ein weiteres Ziel des Projektes ist es, die bisherigen positiven Effekte der bewegten Schule anhand von standardisierten Leistungstests (Zahlenrechnen aus „Allgemeiner Schulleistungstest“, Aufmerksamkeits-Belastungstest D2) in dieser Studie zu bestätigen.

Die Untersuchung wurde als randomisierte, kontrollierte Studie konzipiert und basierte auf einem zweijährigen Vergleich zwischen Interventions- und Kontrollgruppe. Die Stichprobe bestand aus insgesamt 137 Kindern (Interventionsgruppe: 67; Kontrollgruppe 70) der 2. und 3. Klasse aus zwei Schulen in der Leipziger Umgebung. Als Messfahren wurde die Nahinfrarotspektroskopie eingesetzt (infolge mit NIRS abgekürzt). Die Messwerte wurden in folgendem Zeitrahmen erfasst: Minute 1: Baseline; Minute 2-7: Aufgaben rechnen (1. Teil); Minute 8: Pause; Minute 9: Motorik; Minute 10-15: Aufgaben rechnen (2. Teil); Minute 16: Ende der Untersuchung.

Die genaue Untersuchungsmethodik erläuterte der Autor et. al in einem Referenzartikel (Andrä, König & Müller, 2010).

2. Allgemeine Ergebnisdarstellung

Die folgende Abbildung zeigt die Ergebnisse im Aktivierungszustand für alle Schüler. Hier ist exemplarisch die zweite Messung dargestellt. Die Kurvenverläufe für die erste und dritte Messung sind ähnlich.

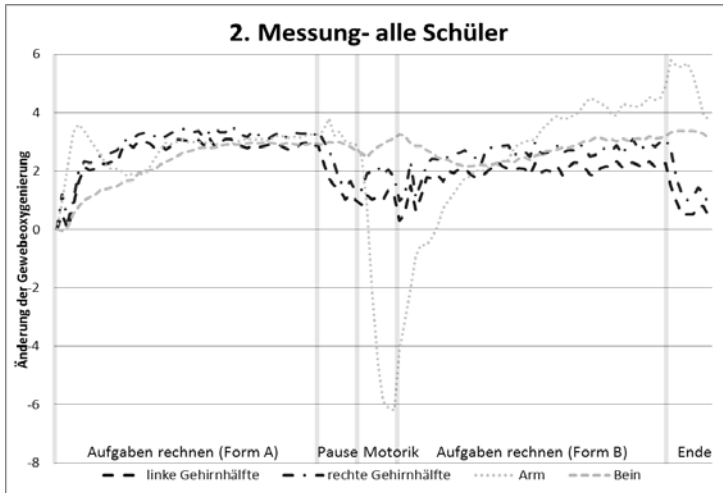


Abb. 4. Änderung der Gewebeoxygenierung für alle Ableitungen

Legende: Invos-Werte im Kurvenverlauf. Dargestellt sind linke und rechte Hemisphäre, fronto-temporal; oberflächlicher Fingerbeuger am nicht dominanten Arm (Arm) und rechter Wadenmuskel (Bein). Die Grafik zeigt die gemittelten Werte in 7,5 Sekunden-Abschnitten des kompletten Untersuchungsverlaufs (15 min), genormt auf die Baseline.

Die Ergebnisse belegen allgemein, dass mit NIRS während kognitiver Beanspruchung ein Anstieg der Gewebeoxygenierung im Gehirn nachweisbar ist. Die zerebrale Aktivierung steigt in beiden Gehirnhälften in der ersten Kognitionsphase innerhalb der ersten 30 Sekunden erkenntlich an und findet dann nach etwa 90 Sekunden ein steady state (ΔrSO_{2max} linke Hemisphäre = 3,16; ΔrSO_{2max} rechte Hemisphäre = 3,45). Während die Aktivierung im Gehirn in der Pause deutlich abfällt, kommt es in der Motorik zu einem mäßigen Zuwachs. In der zweiten Kognitionsphase ist wieder eine klare Intensivierung zu erkennen, die jedoch nicht so ausgeprägt ausfällt wie in der ersten Kognitionsphase (ΔrSO_{2max} linke Hemisphäre = 2,34; ΔrSO_{2max} rechte Hemisphäre = 3,09). Bei Ende der Untersuchung lässt die zerebrale Aktivierung innerhalb der ersten Minute schnell nach.

Die Entwicklung der beiden Hemisphären scheint in diesem Zusammenhang logisch. An dieser Stelle muss aber unbedingt auf die Verläufe der beiden anderen Körperregionen hingewiesen werden.

Der Arm erhält während der ersten Kognitionsphase in den ersten 30 Sekunden einen initialen Anstieg ($\Delta rSO_{2\text{ Arm}} = 3,58$). Diese Tatsache ist sehr bemerkenswert, denn hier ist der nicht-dominante Arm dargestellt, somit jener, welcher nicht schreibt. Demnach kommt es hier zu einer Mitaktivierung des kontralateralen Arms. Im weiteren Verlauf der ersten Kognitionsphase findet der Arm auf etwa dem Niveau der beiden Hemisphären ein steady state ($\Delta rSO_{2\text{max Arm}} = 3,26$). Während sich in der Pause die Gewebeoxygenierung nicht ändert, kommt es in der Motorikbelastung zu einem starken Abfall ($\Delta rSO_{2\text{max Arm}} = 6,19$). Dies ist durch den Fakt begründet, dass der Muskel nun arbeitet und dadurch mehr Sauerstoff verbraucht wird, als zur Verfügung steht. In der zweiten Kognitionsphase erholt sich der Arm und steigt letztendlich über das Ausgangsniveau ($\Delta rSO_{2\text{max Arm}} = 4,91$), aufgrund des Phänomens der Reperfusion. Bei Ende der Untersuchung kommt es mit einer kurzen Verzögerung wie bei den Hemisphären zum einem starken Rückgang der Gewebeoxygenierung.

Auch beim Bein, welches sich in einer Körperregion befindet, die über die gesamte Untersuchungszeit a priori nicht belastet wurde, kommt es zu einem deutlichen Anstieg der Gewebeoxygenierung. Obwohl dieser allmählich ausfällt, ist er letztendlich im steady state vergleichbar hoch ($\Delta rSO_{2\text{max Bein}} = 2,98$) wie bei den anderen drei Körperregionen. Über die restlichen Untersuchungsbereiche hinweg verweilt die Gewebeoxygenierung im Bein ungefähr auf diesem Niveau und fällt selbst bei der Ende der Untersuchung nicht ab.

Zur Überprüfung möglicher Ursachen dieser beachtenswerten Kurvenverläufe zeigt die folgende Abbildung die Untersuchungswerte für die pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung sowie die Herzfrequenz.

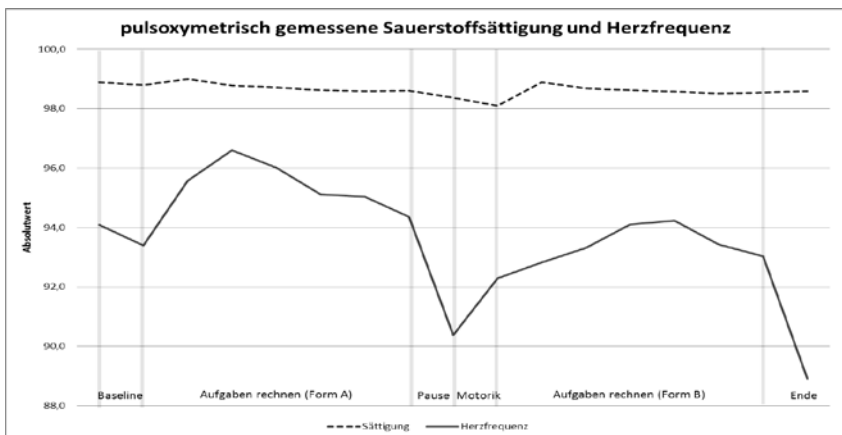


Abb. 5. Pulsoxymetrisch gemessene Sauerstoffsättigung und Herzfrequenz

Die globale Sauerstoffkonzentration im Blut (=Sättigung) ändert sich nicht, so dass dies kein Einfluss auf die Unterschiede der lokalen Gewebeoxygenierung hat. Beim Betrachten der Herzfrequenz fällt jedoch auf, dass sie einen ganz ähnlichen Verlauf wie die beiden Hemisphären in den einzelnen Untersuchungsbereichen aufweist. So ist auch die Herzfrequenz während der beiden Kognitionsphasen durch einen beträchtlichen Anstieg charakterisiert, wobei diese Erhöhung in der ersten Kognitionsphase ($Hf_{\max} = 96,6$) deutlicher ausfällt als in der zweiten ($Hf_{\max} = 94,2$). In der Motorikbeanspruchung kommt es zu einer leichten Zunahme der Herzfrequenz und in Nichtbelastungsphasen sinkt sie drastisch ab. Dabei ist der Unterschied zwischen Baseline ($Hf = 93,4$) und Ende der Untersuchung ($Hf = 88,9$) sehr markant. Schlussfolgernd wird konstatiert, dass die Kinder schon aufgeregt zur Untersuchung kommen und erst danach richtig entspannt sind.

Diese Untersuchungsergebnisse lassen die Vermutung zu, dass die kognitive Beanspruchung nicht nur eine erhöhte Gehirnaktivität hervorruft, sondern im gesamten Körper weitere Aktivierungsmechanismen herbeigeführt werden. So muss davon ausgegangen werden, dass bestimmte zusätzliche Energien sowohl durch eine neuronale (Ausschüttung von Adrenalin und Noradrenalin) als auch durch eine hormonelle Aktivierung (Botenstoffe gelangen in verschiedene Organe und Gewebeteile und führen dort zu erhöhter Leistungsfähigkeit) freigesetzt werden.

Als Fazit sollte festgehalten werden, dass die ausschließliche Überprüfung von Veränderungen im Gehirn während kognitiver Beanspruchungen offensichtlich nicht ausreicht. Die Vermutung, dass man durch die zerebrale Aktivierung erkennen kann, wie stark das Gehirn arbeitet bzw. wie sehr sich jemand mit einer Aufgabe beschäftigt, ist letztlich unzutreffend.

3. Ergebnisdarstellung: Intervention „Bewegte Schule“

Nachdem im vorangegangenen Kapitel die Entwicklung der Gewebeoxygenierung in den verschiedenen Körperregionen für alle Schüler analysiert wurde, folgt im Anschluss der Vergleich zwischen Interventionsgruppe („Bewegte Schule“) und Kontrollgruppe (Schule mit traditionellem Unterricht).

Dabei sei zunächst erwähnt, dass es hinsichtlich der beiden kognitiven Leistungstests (Zahlenrechnen, Aufmerksamkeits-Belastungstest D2) zwischen Interventions- und Kontrollgruppe keine Unterschiede gibt.

Im weiteren Verlauf wird der Unterschied zwischen beiden Gruppen für die vier Ableitungen in den unterschiedlichen Körperregionen analysiert. Dabei veranschaulichen die folgenden Abbildungen die Veränderungen zur ersten Messung. Obwohl beide Gruppen ausgangshomogen waren, wurde die erste Messung auf 100 % gesetzt, damit hier exakt die durch die Intervention hervorgerufene Entwicklung betrachtet werden kann.

In der linken Hemisphäre ist bei der dritten Messung ein bedeutsamer Unterschied zu verzeichnen (Signifikanz: $p < 0,05$; Effektgröße²: $d = 0,12$). Bei der rechten Hemisphäre gibt es keinen Unterschied. Eine vage Tendenz lässt sich ableiten, dass die Schüler mit traditionellem Unterricht auf Dauer eine bessere Durchblutung im Gehirn aufweisen.

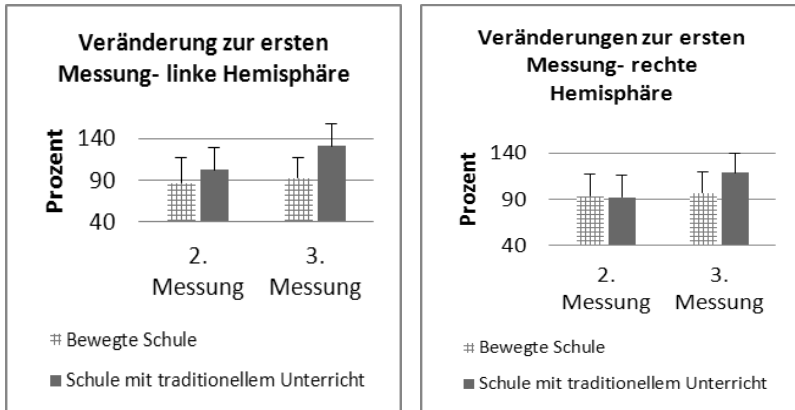


Abb. 6 und 4. Änderung der Gewebeoxygenierung in den Hemisphären

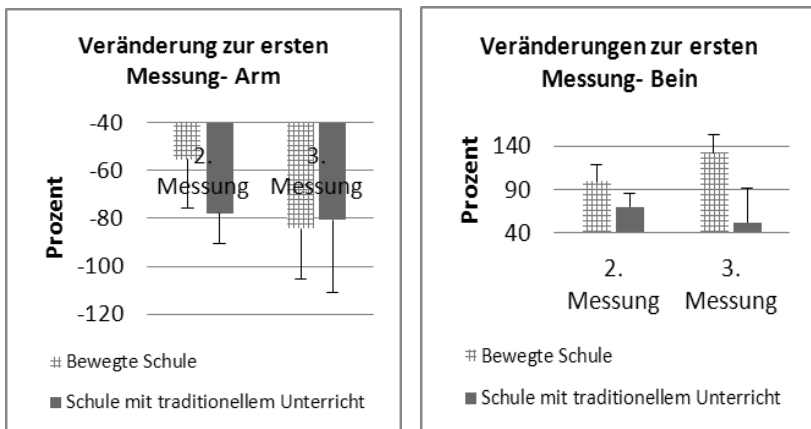


Abb. 5 und 6. Änderung der Gewebeoxygenierung in Arm bzw. Bein

² Beurteilung nach Cohen: $d = 0,2 \rightarrow$ kleiner Effekt; $d = 0,5 \rightarrow$ mittlerer Effekt; $d = 0,8 \rightarrow$ starker Effekt

Da beide Gruppen die kognitiven Aufgaben auf demselben Niveau bewältigten, führt dies zu der Annahme, dass sich die Schüler der Kontrollgruppe womöglich schneller ausbelasten wohingegen die Versuchsschüler sich offensichtlich noch Reserven zurückhalten. Es wäre interessant nachzuprüfen, wie nun die Gewebeoxygenierung und das Ergebnis der kognitiven Leistungstests aussieht, wenn alle Schüler maximal beansprucht werden. Diese ersten Einblicke lassen die Vermutung zu, dass die Kinder der bewegten Schule solche Situationen besser bewältigen.

Am Arm ergab die zweite Untersuchung einen Trend ($p < 0,05$; $d = 0,49$), dass die Kinder der bewegten Schule in der Motorikbelastung weniger stark abfallen. Dieser Trend fand jedoch in der dritten Untersuchung keine Bestätigung.

Am Wadenmuskel ließ sich bei der zweiten Messung eine erhöhte Gewebeoxygenierung auf Seiten der Versuchsschüler nachweisen ($p < 0,05$; $d = 0,21$). Dieser Trend bestätigte sich bei der dritten Untersuchung, wobei sich die Unterschiede und der Effekt sogar vergrößerten ($p < 0,01$; $d = 0,59$). Festzustellen ist, dass die Kinder der bewegten Schule während kognitiven Belastungsphasen, in bestimmten, nicht direkt beanspruchten Körperregionen (hier: Wadenmuskel) zunehmend besser durchblutet werden.

2. Ausblick

Sollten sich die hier ermittelten Ergebnisse auch über einen mehrjährigen Untersuchungszeitraum bestätigen, so ist die Integration von Bewegungselementen nach dem Prinzip der bewegten Schule im pädagogischen Alltag zwingend zu empfehlen.

Literatur

Müller, Chr. (2010). *Bewegte Grundschule*. (3. neu bearbeitete Aufl.). St. Augustin: Academia.

Müller, Chr. & Petzold, R. (2002). *Längsschnittstudie bewegte Grundschule*. St. Augustin: Academia.

Andrä, Chr., König Chr. & Müller Chr. (2010). Untersuchungsmethodik in der Studie zu Auswirkungen der bewegten Schule- Messung der Sauerstoffversorgung des Gehirns mittels Nahinfrarotspektroskopie. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 51, 1, 52-64.

Verfasser

Christian André, Doktorand, Institut für Sportpsychologie/-pädagogik, Fachgebiet Schulsport, Sportwissenschaftliche Fakultät, Universität Leipzig