

**SÜDWESTRUNDFUNK
SWR2 AULA - Manuskriptdienst**

**Chemisches Neuronentraining
Die Gefahren des Gehirndoping**

Autor: Prof. Ralph Schumacher *
Redaktion: Ralf Caspary
Sendung: Sonntag, 21. Juni 2009, 8.30 Uhr, SWR 2

Bitte beachten Sie:

Das Manuskript ist ausschließlich zum persönlichen, privaten Gebrauch bestimmt. Jede weitere Vervielfältigung und Verbreitung bedarf der ausdrücklichen Genehmigung des Urhebers bzw. des SWR.

Mitschnitte auf CD von allen Sendungen der Redaktion SWR2 Wissen/Aula (Montag bis Sonntag 8.30 bis 9.00 Uhr) sind beim SWR Mitschnittdienst in Baden-Baden erhältlich. Bestellmöglichkeiten unter Telefon: 07221/929-6030

Entdecken Sie den SWR2 RadioClub!

Lernen Sie das Radioprogramm SWR2 und den SWR2 RadioClub näher kennen! Fordern Sie unverbindlich und kostenlos das aktuelle SWR2-Programmheft und das Magazin des SWR2 RadioClubs an.

SWR2 RadioClub-Mitglieder profitieren u.a. von deutlichen Rabatten bei zahlreichen Kulturpartnern und allen SWR2-Veranstaltungen sowie beim Kauf von Musik- und Wort-CDs. Selbstverständlich erhalten Sie auch umfassende Programm- und Hintergrundinformationen zu SWR2. Per E-Mail: radioclub@swr2.de; per Telefon: 01803/929222 (9 c/Minute); per Post: SWR2 RadioClub, 76522 Baden-Baden (Stichwort: Gratisvorstellung) oder über das Internet: www.swr2.de/radioclub.

SWR 2 Wissen können Sie ab sofort auch als Live-Stream hören im SWR 2 Webradio unter www.swr2.de

Ansage:

Heute mit dem Thema: „Chemisches Neuronentraining – Wie sinnvoll ist Gehirndoping?“

Es gibt unzählige Ratgeber, die uns zeigen wollen, wie wir unser Gehirn auf Vordermann bringen können. Zum Beispiel mit chemischen Substanzen, mit sogenannten Neuromodulatoren wie Dopamin oder mit pflanzlichen Präparaten wie etwa Ginko. „Steigern Sie ohne Nebenwirkungen Ihren IQ“, versprechen solche Ratgeber, „werden Sie aufmerksamer, lernen Sie endlich ohne Probleme englische Vokabeln fast wie im Schlaf, werden Sie glücklicher und ausgeglichener“.

Und was ist dran an diesen Versprechungen? Nicht viel, sagt Dr. Ralph Schumacher, Lernforscher am Institut für Verhaltenswissenschaften der ETH in Zürich. Schumacher hat sich einige dieser Neuromodulatoren und ihre vermeintlich positiven Wirkungen genau angesehen und er ist enttäuscht. Gerade wenn es um komplexe Lernvorgänge geht, helfen diese Modulatoren wenig.

In der SWR2 AULA fasst Schumacher seine Analysen zusammen, er beginnt mit einem bekannten pflanzlichen Präparat.

Ralph Schumacher:

Präparaten auf der Basis von Extrakten aus Blättern des Ginkobaums werden eine ganze Reihe von positiven Wirkungen auf die kognitiven Fähigkeiten – vor allem auf Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsleistungen – gesunder Menschen nachgesagt. Diese weit verbreitete Annahme führt in Kombination mit intensiver Werbung dazu, dass allein in den USA jährlich für rund 1 Milliarde Dollar Präparate auf Ginkobasis verkauft werden (Normann & Berger 2008). Allerdings steht diesem eindrucksvollen geschäftlichen Erfolg ein erstaunlicher Mangel an belastbaren Studien zur Wirksamkeit dieser Präparate entgegen, die tatsächlich signifikante Effekte der Einnahme von Ginkopräparaten auf die kognitiven Leistungen gesunder Menschen belegen können.

Um in methodisch einwandfreier Weise Aufschluss über die Wirksamkeit solcher Präparate in Bezug auf kognitive Fähigkeiten zu erlangen, haben der Psychologe Paul Solomon und seine Kollegen vom Bronfman Science Center in einer experimentellen Studie mit umfangreichen Tests nach möglichen Wirkungen gesucht (Solomon et al. 2008). Dazu wurden zwei Gruppen von Personen mit jeweils 115 Teilnehmern über einen Zeitraum von sechs Wochen untersucht, wobei die eine Gruppe dreimal täglich Ginkopräparate in den von den Herstellern empfohlenen Dosierungen und die andere Gruppe dreimal täglich Placebos erhielten. Da Ginkopräparaten insbesondere gute Wirkungen auf die geistigen Fähigkeiten älterer Menschen nachgesagt werden, wurden nur Personen ausgewählt, die älter als 60 Jahre waren.

Die Teilnehmer wurden vor Beginn der sechswöchigen Einnahme der Ginkopräparate bzw. der Placebos sowie am Ende dieses Zeitraums mit umfangreichen standardisierten Tests hinsichtlich ihrer Lernfähigkeit, ihrer

Gedächtnis- und Aufmerksamkeitsleistungen, ihrer Konzentrationsfähigkeit sowie ihrer sprachlichen Ausdrucksfähigkeit getestet. Bei keiner dieser kognitiven Fähigkeiten zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Ginko- und der Placebogruppe. Solomon und seine Kollegen ziehen daher zu Recht den Schluss, dass die gängigen Ginkopräparate in den von den Herstellern empfohlenen Dosierungen und Zeiträumen bei gesunden Menschen – entgegen den Versprechen der Hersteller – zu keinerlei positiven kognitiven Effekten führen.

Mehrere Untersuchungen belegen, dass Amphetamine und verwandte Stoffe wie Methylphenidat zu verbesserter motorischer Funktionserholung nach Gehirnverletzungen führen. Da Amphetamine allerdings den entscheidenden Nachteil haben, dass sie häufig Nebenwirkungen wie erhöhten Blutdruck sowie Herzrhythmusstörungen mit sich führen, werden sie nicht routinemäßig zur therapeutischen Neuromodulation eingesetzt. Am Beispiel von Methylphenidat lässt sich gut veranschaulichen, dass manche pharmakologische Interventionen bei den Versuchspersonen lediglich das Gefühl einer Leistungssteigerung hervorrufen, ohne aber deren kognitive Leistungen tatsächlich zu verbessern.

Die Wirkungen von Methylphenidat auf das räumliche Arbeitsgedächtnis sowie auf räumliche Planungskompetenzen wurden von Robert Elliott und seinen Kollegen von der University of Cambridge an 28 Versuchspersonen untersucht, die zu zwei Terminen eingeladen wurden, wobei einmal die erste und einmal die zweite Hälfte blind entweder Methylphenidat oder ein Placebo bekam (Elliott et al. 1997). Im ersten Test zeigten sich bei der Gruppe mit dem Wirkstoff zunächst bessere Ergebnisse bei einigen kognitiven Fähigkeiten. Zwar fanden sich keine Effekte bei Tests zur Aufmerksamkeit sowie zur sprachlichen Flüssigkeit, aber es gab positive Effekte in Tests zum räumlichen Arbeitsgedächtnis sowie zu räumlichen Planungskompetenzen.

Allerdings verschwand dieser Unterschied im zweiten Test und kehrte sich für die räumlichen Planungskompetenzen sogar ins Gegenteil um! In diesem Test war also die Gruppe besser, die die Placebos erhalten hatte. Dieses Ergebnis wird damit erklärt, dass Methylphenidat die Impulsivität der Versuchspersonen steigert. Dies führte dazu, dass die Personen, die Methylphenidat erhielten, die Aufgaben beantworteten, bevor sie alle nötigen Informationen verarbeitet hatten, und deshalb mehr Fehler machten.

Zum gleichen Ergebnis kamen zwei andere Studien mit jungen Erwachsenen und älteren Männern, bei denen die Verabreichung von Methylphenidat ebenfalls nicht zu besseren kognitiven Leistungen, sondern allein zur Selbstüberschätzung führte (Bray et al. 2004; Turner et al. 2003). Obwohl keine kognitiven Leistungssteigerungen durch Methylphenidat nachweisbar waren, glaubten die Teilnehmer in beiden Studien, die den Wirkstoff erhalten hatten, dass sich ihre Leistungen verbessert hätten. Wenn es also darum geht, die Wirksamkeit solcher pharmakologischer Interventionen zu beurteilen, dann darf man sich dabei auf keinen Fall bloß auf die Berichte der Versuchspersonen verlassen, denn manche Wirkstoffe beeinflussen lediglich die Selbsteinschätzung, ohne tatsächlich Leistungssteigerungen hervorzurufen.

Im menschlichen Gehirn wird in Phasen erhöhter Aufmerksamkeit Acetylcholin freigesetzt. Durch Verabreichung von Wirkstoffen wie Donepezil lässt sich der Abbau von Acetylcholin verhindern und dessen Spiegel im Gehirn erhöhen. Die Verabreichung solcher Substanzen gilt zwar als relativ sicher, kann aber zu unangenehmen Nebenwirkungen wie Schwindel, Appetitlosigkeit, Durchfall oder Erbrechen führen. Die vorliegenden Untersuchungen zum Wirkstoff Donepezil sind ein gutes Beispiel dafür, dass zu manchen pharmakologischen Interventionen bislang nur einander widersprechende Ergebnisse vorliegen.

Bei Donepezil handelt es sich um einen Wirkstoff, der zur Behandlung von Alzheimer eingesetzt wird. Da der altersbedingte Abbau von Gedächtnisfunktionen unter anderem als Folge des im Alter sinkenden Acetylcholinspiegels im Gehirn angesehen wird, haben der Psychiater Jerome Yesavage und seine Kollegen von der Stanford University School of Medicine in einer experimentellen Studie mit 18 Piloten mit einem Durchschnittsalter von 52 Jahren untersucht, wie sich die Verabreichung von Donepezil bei älteren Menschen auf die Fähigkeit auswirkt, anspruchsvolle Flugmanöver im Gedächtnis zu behalten (Yesavage et al. 2002).

In dieser Untersuchung erhielten zunächst alle Versuchspersonen ein Training am Flugsimulator und wurden anschließend hinsichtlich ihres fliegerischen Könnens getestet. Danach erhielt die eine Gruppe über einen Zeitraum von 30 Tagen täglich Donepezil, während den Personen aus der Kontrollgruppe während dieser Zeit Placebos verabreicht wurden. Erneute Flugsimulatortests am Ende dieses 30-tägigen Zeitraums zeigten, dass die Piloten, die Donepezil erhalten hatten, bei diesen Tests ungefähr gleich gut abschnitten wie bei den Tests unmittelbar nach dem Training. Hingegen zeigten die Piloten, die Placebos bekommen hatten, schlechtere Leistungen als bei den vorangegangenen Tests.

Die Autoren ziehen daraus den Schluss, dass Donepezil offenbar positiven Einfluss auf die Fähigkeit hat, sich komplizierte Flugmanöver zu merken. Sie erklären diesen Effekt teilweise damit, dass Donepezil möglicherweise solche Aufmerksamkeitsleistungen verbessert, die für das Arbeitsgedächtnis von Bedeutung sind. Dieses Ergebnis wird durch eine weitere sehr ähnliche experimentelle Studie von derselben Forschergruppe bestätigt, in der die Wirkungen von Donepezil auf die Flugleistungen von Piloten mit den Wirkungen von Nikotin und Alkohol verglichen werden (Mumenthaler et al. 2003). Auch in diesem Zusammenhang wird die Wirkungsweise von Donepezil mit positiven Effekten auf die Aufmerksamkeit erklärt.

Der Neurologe Georg Grön und seine Kollegen von der Universität Ulm sind in einer experimentellen Studie ebenfalls der Frage nachgegangen, ob sich Donepezil eignet, um die kognitiven Leistungen gesunder Personen zu steigern (Grön et al. 2005). Dazu wurden 30 Personen auf zwei Gruppen aufgeteilt, die während einer Zeit von 30 Tagen regelmäßig entweder Donepezil oder Placebos erhielten. Zwar zeigten sich in den Tests bei den Personen aus der Versuchsgruppe bessere Leistungen beim sprachlichen und visuellen Gedächtnis als bei den Personen aus der Kontrollgruppe. Aber bei anderen kognitiven Leistungen wie Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis konnten keine Unterschiede zwischen beiden Gruppen festgestellt werden. Während in den zuvor dargestellten Studien in erster Linie verbesserte Aufmerksamkeitsleistungen herangezogen wurden, um die Wirkungsweise von Donepezil zu erklären, konnten also in der Untersuchung von Grön keine Effekte auf

Leistungen der Aufmerksamkeit festgestellt werden. Dies zeigt, dass die Frage nach der Wirkungsweise von Donepezil noch nicht abschließend geklärt ist.

Allerdings widersprechen den Resultaten dieser Studien die Ergebnisse einer anderen, sehr ähnlichen Untersuchung zu den kognitiven Effekten von Donepezil (Beglinger et al. 2004). In dieser experimentellen Studie erhielten 27 Personen über einen Zeitraum von zwei Wochen ebenfalls entweder Donepezil oder Placebos und wurden regelmäßig umfangreichen kognitiven Tests unterzogen. Dabei zeigte sich, dass die Versuchspersonen aus der Donepezil-Gruppe in einigen Tests zur Aufmerksamkeit, zum Arbeitsgedächtnis sowie zur Verarbeitungsgeschwindigkeit sogar signifikant schlechter abschnitten als die Personen aus der Kontrollgruppe! Die vorliegenden Ergebnisse sind damit widersprüchlich. Bevor fundierte Aussagen über die Wirkungen von Donepezil auf kognitive Fähigkeiten vertreten werden können, sind deshalb weitere Untersuchungen nötig.

Dies trifft ebenfalls auf die Forschungslage zu den kognitiven Effekten des Wirkstoffs Modafinil zu, denn auch hier ergeben die vorliegenden Untersuchungen kein einheitliches Bild. Modafinil wird zur Behandlung von Schlafstörungen durch Störung des Wach-Schlaf-Rhythmus verwendet. In einer experimentellen Untersuchung wurde festgestellt, dass sechs Helikopterpiloten unter Schlafentzug nach 40 Stunden durchgehenden Wachseins im Flugsimulator mithilfe von Modafinil vier von sechs schwierigen Flugmanövern besser ausführen konnten, als wenn dieselben Piloten anstelle von Modafinil Placebos bekamen (Caldwell et al. 2000). Zudem fühlten sich die Piloten, wenn sie Modafinil erhielten, gefühlsmäßig besser und aufmerksamer. Aber sie gaben auch unangenehme Nebenwirkungen wie Schwindelgefühle und Übelkeit an. Angesichts der kleinen Stichprobe von nur sechs Personen stellt sich allerdings die Frage nach der Generalisierbarkeit dieser Ergebnisse. Zudem ist ungeklärt, welche kognitiven Fähigkeiten im einzelnen von Modafinil unterstützt wurden.

In einer anderen Untersuchung erhielten 25 schichtarbeitende Notfallmediziner nach ihrer Nachtschicht entweder Modafinil oder Placebos (Gill et al. 2006). Anschließend mussten sie an einem Fortbildungsvortrag teilnehmen, der für diesen Zweck simuliert wurde, sowie kognitive Tests durchführen. Zwar fiel den Versuchspersonen aus der Modafinil-Gruppe die Teilnahme an dem Vortrag leichter, und sie schnitten auch bei einigen Aufgaben aus den Tests etwas besser ab als die Personen aus der Kontrollgruppe. Allerdings hatte die Gabe von Modafinil den unerwünschten Nebeneffekt, dass sie zu Schwierigkeiten beim späteren Einschlafen zu Hause führte.

Eine andere Studie verfolgte das Ziel, differenzierter herauszufinden, welche kognitiven Fähigkeiten im einzelnen durch Verabreichung von Modafinil aktiviert werden (Turner et al. 2002). Dazu wurden Arbeitsgedächtnisleistungen sowie die Aufmerksamkeit von 60 Versuchspersonen untersucht. Es zeigten sich bei der Modafinil-Gruppe gegenüber der Placebo-Gruppe statistisch signifikante Verbesserungen für das Arbeitsgedächtnis, visuelle Mustererkennung und Planungsstrategien. Hingegen zeigten sich keine Verbesserungen in Bezug auf räumlich-visuelle Gedächtnisleistungen.

Allerdings werden diese Ergebnisse von anderen Studien nicht bestätigt, denn zum Beispiel in einer Untersuchung von Delia Randall vom Londoner King's College und ihren Kollegen konnten trotz umfangreicher kognitiver Tests keinerlei Leistungssteigerungen durch Modafinil festgestellt werden (Randall et al. 2003). Eine spätere Studie von derselben Forschergruppe konnte einen positiven kognitiven Effekt von Modafinil nur bei Versuchspersonen mit niedrigerem Intelligenzquotienten, aber nicht bei Personen mit höherem IQ feststellen (Randall et al. 2005). Zudem beschränkte sich diese positive Wirkung auch nur auf eine einzige kognitive Fähigkeit – nämlich auf die Geschwindigkeit beim Erkennen visueller Reize – obwohl mit umfangreichen Tests eine große Bandbreite kognitiver Fähigkeiten untersucht wurde.

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass die bisher vorliegenden Untersuchungen zu den kognitiven Effekten von Modafinil kein einheitliches Bild ergeben. Aus diesem Grund lässt sich mit ihnen auch nicht die Behauptung stützen, Modafinil ließe sich bei gesunden Menschen zur Steigerung ihrer kognitiven Leistungen einsetzen.

Ein weiteres grundsätzliches Problem der bislang vorliegenden Studien besteht darin, dass aufgrund der geringen Anzahl von Versuchspersonen sowie aufgrund des Umstandes, dass es sich bei den meisten Experimenten um Einmalgaben handelt, Verallgemeinerungen zum regelmäßigen Einsatz solcher Stoffe zur kognitiven Förderung nicht möglich sind.

Der neuromodulatorische Botenstoff Dopamin spielt eine wichtige Rolle für die Motorik. So ist zum Beispiel im Fall der Parkinson'schen Krankheit ein Mangel an Dopamin für motorische Störungen verantwortlich. Zudem konnte in mehreren Studien gezeigt werden, dass die Verabreichung des Dopaminvorläufers Levodopa bei Schlaganfallpatienten die Bildung des motorischen Gedächtnisses unterstützt. Die motorische Funktionserholung verläuft nämlich bei Schlaganfallpatienten, die Krankengymnastik und Levodopa erhalten, deutlich besser als bei solchen Patienten, die lediglich Krankengymnastik bekommen. Interventionen mit Dopamin werden daher als viel versprechende Unterstützung von Rehabilitationstrainings betrachtet.

Außerdem besitzt Dopamin auch für das Lernen eine wichtige Funktion, weil es durch das interne Belohnungssystem des Gehirns verstärkende Reize hervorruft. Zum Beispiel konnte gezeigt werden, dass mit dem Verabreichen von Levodopa bei Schlaganfallpatienten sowie bei Patienten mit Schädel-Hirn-Traumata Lernprozesse sowie Gedächtnisfunktionen unterstützt werden können. In einer experimentellen Studie sind der Münsteraner Neurologe Stefan Knecht und seine Kollegen daher der Frage nachgegangen, ob sich durch das Verabreichen der Vorläufersubstanz Levodopa auch die kognitiven Leistungen von gesunden Menschen steigern lassen (Knecht et al. 2004).

Die Untersuchung wurde von der Hypothese geleitet, dass die Erhöhung des Dopaminspiegels im Gehirn durch die Gabe von Levodopa die Versuchspersonen schneller und besser Vokabeln lernen lässt. Dieser Hypothese liegt die Überlegung zugrunde, dass Dopamin ein neuromodulatorischer Botenstoff ist, der an der Verstärkung von Reizen beteiligt ist. Da das Lernen von Vokabeln häufige Wiederholungen erfordert und damit zu einer Verminderung der Reizstärke führt,

stellt sich die Frage, ob man die Reizstärke erhöhen und dadurch das Lernen verbessern kann, indem man den Dopaminspiegel im Gehirn erhöht.

Um dies zu untersuchen, lernten 40 Versuchspersonen fünf Tage lang täglich für 30 Minuten neue Vokabeln einer Kunstsprache, die eigens für diese Untersuchung konstruiert wurde. Den Versuchspersonen wurden beim Lernen die neuen Vokabeln schriftlich sowie über Lautsprecher präsentiert, wobei ihnen gleichzeitig eine Zeichnung mit dem betreffenden Objekt gezeigt wurde. Während den Personen in der Versuchsgruppe Levodopa verabreicht wurde, erhielten die Personen in der Kontrollgruppe Placebos. In den anschließenden Tests zeigte sich, dass die Personen aus der Versuchsgruppe mehr Vokabeln lernten und im Gedächtnis behielten als die Personen aus der Kontrollgruppe. Diese Unterschiede waren statistisch signifikant und zeigten sich auch noch einen Monat nach Abschluss der Lernphase.

Diese Untersuchung zeigt also, dass sich die Erhöhung des Dopaminspiegels im Gehirn unter bestimmten Bedingungen auch bei gesunden Personen positiv auf kognitive Aktivitäten wie das Lernen von Vokabeln auswirken kann. Da es in diesem Versuch darum ging, Assoziationen zwischen schriftlichen Symbolen, Sprachlauten und Zeichnungen von Objekten aufzubauen, handelt es sich um eine einfache Form des assoziativen Lernens, die nicht mit dem weitaus anspruchsvolleren verstehenden Lernen verwechselt werden darf. Denn beim verstehenden Lernen geht es darum, Begriffe zu konstruieren, Zusammenhänge zu verstehen und Wissen auf intelligente Weise nach problemlösungsrelevanten Kriterien zu organisieren. Die Autoren formulieren ihre Schlussfolgerungen daher auch zu Recht vorsichtig und interpretieren ihre Ergebnisse so, dass sie Hinweise darauf geben, wie sich die Erholung gestörter Sprache, zum Beispiel nach einem Schlaganfall, möglicherweise unterstützen lässt. Rückschlüsse auf die Förderung anspruchsvollen verstehenden Lernens durch die Erhöhung des Dopaminspiegels im Gehirn lässt diese Untersuchung hingegen nicht zu.

Grundsätzlich muss außerdem beachtet werden, dass die unspezifische Förderung assoziativen Lernens durch Neuromodulatoren wie Dopamin nicht den wichtigen Unterschied zwischen erwünschten und unerwünschten Assoziationen berücksichtigen kann. Menschliches Lernen zeichnet sich schließlich gerade dadurch aus, dass aus einer Vielzahl verfügbarer Informationen nur einige relevante ausgewählt und durch Assoziationen gezielt miteinander verknüpft werden. Würde man also Menschen durch pharmakologische Interventionen in einen Aktivierungszustand versetzen, in dem sie generell schneller und leichter Assoziationen aufbauen, dann birgt dies die Gefahr in sich, dass sie sich eine Vielzahl irrelevanter Informationen merken und im schlimmsten Fall falsches Wissen oder sogar Phobien erwerben. Denn im Unterschied zu der dargestellten Untersuchung zum Vokabellernen, bei der den Versuchspersonen unter künstlichen Laborbedingungen ausschließlich die erwünschten Assoziationspaare präsentiert wurden, kommt es beim Lernen unter Alltagsbedingungen gerade darauf an, aus einer Fülle von Details und Informationen die richtige Auswahl zu treffen. Unter solchen Bedingungen kann es also durchaus von Vorteil sein, Assoziationen nicht allzu schnell und unspezifisch aufzubauen.

Eine technische Intervention zur Modulation von Gehirnfunktionen besteht in der Beeinflussung der Gehirnrinde durch außerhalb des Schädels angelegten Gleichstrom. Der Mechanismus, der dieser Art der Neuromodulation zugrunde liegt, ist noch weitgehend unbekannt. Es wird vermutet, dass sich der Gleichstrom durch die Veränderung der Erregbarkeit der Nervenzellen auf die Aktivierung der Gehirnrinde auswirkt.

In einer experimentellen Studie der Neurologin Agnes Flöel und ihrer Kollegen von der Universität Münster wurde der Frage nachgegangen, ob sich das Lernen von Vokabeln durch das Anlegen von Gleichstrom unterstützen lässt (Flöel et al. 2008). Dazu wurden 19 Versuchspersonen untersucht, die unter drei verschiedenen Bedingungen in Sitzungen von 30 Minuten jeweils 30 neue Vokabeln einer Kunstsprache lernen mussten. In der Lernphase wurden ihnen die neuen Vokabeln durch schriftliche Symbole zusammen mit Abbildungen der betreffenden Objekte präsentiert. Jede der 19 Versuchspersonen durchlief nach einer zufälligen Anordnung jede der drei Versuchsbedingungen, bei denen die Personen entweder mit anodischem Gleichstrom oder mit kathodischem Gleichstrom stimuliert wurden oder keine Stimulation durch Gleichstrom erhielten.

Die Tests im Anschluss an die Lernphase zeigten, dass die Gruppe mit dem anodischen Gleichstrom bessere Leistungen erbrachte als die Gruppe mit dem kathodischen Gleichstrom und die Kontrollgruppe. Die Autoren leiten aus ihrer Untersuchung die Schlussfolgerung ab, dass diese Art der elektrischen Intervention möglicherweise ein Mittel zur Unterstützung von Sprachtrainings bei Schlaganfallpatienten sein könnte.

Gleichstrom wurde auch in der experimentellen Studie von Lisa Marshall und ihren Kollegen von der Universität Lübeck eingesetzt, um auf die Konsolidierung neu gelernter Inhalte im Schlaf Einfluss zu nehmen (Marshall et al. 2006). 13 Versuchspersonen mussten zunächst vor dem Schlafengehen Wortpaare lernen. Anschließend wurde ihnen beim Schlafen Gleichstrom appliziert (Versuchsgruppe) oder nicht (Kontrollgruppe). In den anschließenden Tests am nächsten Morgen zeigte sich, dass die Personen aus der Versuchsgruppe mehr Wortpaare erinnern konnten als die Personen aus der Kontrollgruppe. Gleichstrom wirkt sich demnach auf die Konsolidierung von assoziativ gelernten Inhalten positiv aus.

Die Übertragung dieser Untersuchungsergebnisse auf das sprachliche Lernen gesunder Menschen unter Alltagsbedingungen ist aber ebenso wie bei den Ergebnissen der Untersuchung von Stefan Knecht zum Vokabellernen mit Levodopa aus mehreren Gründen nicht möglich. Erstens geht es in dieser Studie wiederum nur um eine sehr einfache Form des assoziativen Lernens, so dass Rückschlüsse über anspruchsvollere Formen des verstehenden Lernens – die auch für das Lernen von Sprachen eine wichtige Rolle spielen – nicht möglich sind. Zweitens ist ebenso wie bei der erwähnten Untersuchung von Stefan Knecht grundsätzlich zweifelhaft, ob eine generelle bzw. unspezifische Aktivierung des assoziativen Lernens unter Alltagsbedingungen hilfreich ist, weil dies leicht zum Erlernen irrelevanter oder sogar falscher Zusammenhänge führen kann.

Zusammenfassend kann also festgehalten werden, dass es keine wissenschaftlich belegte pharmakologische oder technische Intervention gibt, die sich zum

„Gehirndoping“ eignen würde (siehe auch Knecht 2008; Normann & Berger 2008). Denn es ist eine Sache, unter Laborbedingungen zu zeigen, dass eine einmalige Intervention zu kognitiven Leistungssteigerungen führt. Und es ist eine ganz andere Sache, unter Alltagsbedingungen zu belegen, dass eine regelmäßige Intervention über längere Zeiträume zu nennenswerten und stabilen Leistungsverbesserungen führt. Das erstere lässt sich vergleichsweise einfach bewerkstelligen, aber auf das zweite kommt es letztlich an. Es gibt aber bislang noch keine Langzeitstudien, die sich mit den kognitiven Wirkungen der regelmäßigen Anwendung potentieller „Gehirndopings“ befassen.

Außerdem müssen die betreffenden Interventionen nicht nur zuverlässig wirken und zu nennenswerten kognitiven Steigerungen führen, sondern auch in ihren Nebenwirkungen gut verträglich sein. Tatsächlich verhält es sich aber so, dass zum Beispiel zu den kognitiven Wirkungen von Methylphenidat einander widersprechende Untersuchungsergebnisse vorliegen. Außerdem hat sich gezeigt, dass dieser Wirkstoff zu Selbstüberschätzung und höherer Impulsivität führt, so dass die Versuchspersonen, die Methylphenidat erhielten, deutlich mehr Fehler machten als die Personen aus der Placebo-Gruppe.

Ein weiterer wichtiger Punkt besteht darin, dass die vorliegenden Studien auf eine besonders wichtige und interessante Art des Lernens keine Rückschlüsse zulassen: Gemeint ist das schulische Lernen. Wenn es also darum geht, die kognitive Leistungsfähigkeit von Menschen in schulischen, akademischen und beruflichen Zusammenhängen zu fördern, dann sollte man sich besser auf die ebenso wirksamen wie in der Praxis bewährten Ansätze und Methoden konzentrieren, die von der psychologischen Lehr- und Lernforschung bereitgestellt werden. Denn mit diesen Ansätzen lassen sich der Aufbau von abstraktem Begriffswissen, das Verstehen von Konzepten und der Erwerb intelligent organisierten Wissens effizient und nachhaltig fördern.

Ein wichtiger Ansatz zur Optimierung von Lernprozessen besteht zum Beispiel darin, die Lernenden zur Konstruktion von so genannten Selbsterklärungen anzuleiten. Dabei handelt es sich um Erklärungen, die man für sich selber entwickelt, um sich einen Sachverhalt verständlich zu machen. Neben der Vertiefung des Verständnisses dienen Selbsterklärungen auch dazu, um zu überprüfen, ob man etwas wirklich verstanden hat und in der Lage ist, es jemand anderem zu erklären. Tatsächlich konnte in mehreren Studien gezeigt werden, dass sich Selbsterklärungen, zu denen die Lernenden aufgefordert wurden, deutlich positiv auf deren Lernleistungen auswirken.

Andere Trainings verfolgen das Ziel, Wissen anhand von problemlösungsorientierten Kriterien intelligent zu organisieren und so den Wissenstransfer zwischen verschiedenen Inhaltsbereichen zu erleichtern, so dass Wissen flexibler einsetzbar wird. Die menschliche Kognition ist nämlich wesentlich bereichsspezifisch verfasst. Das bedeutet, dass Wissen zwar zur Bewältigung von Aufgaben herangezogen wird, die den Aufgaben aus der ursprünglichen Lernsituation hinreichend ähnlich sind. Aber ein spontaner Transfer auf neue Probleme aus anderen Inhaltsbereichen findet so gut wie nicht statt.

Die einzige Möglichkeit, um den Wissenstransfer zwischen verschiedenen Inhaltsbereichen zu erleichtern, besteht darin, die Lernenden auf die Gemeinsamkeiten zwischen den Aufgabenstellungen und Anforderungen aufmerksam zu machen. Wer verstanden hat, dass zwei oberflächlich verschiedene Aufgabenstellungen in ihren wesentlichen Elementen sowie in ihren Anforderungen übereinstimmen, der wird eher in der Lage sein, seine Lösungsstrategien von der einen auf die andere Aufgabe zu übertragen als jemand, der diese Übereinstimmung nicht bemerkt.

Nach wie vor gilt also, dass Wissen und nicht Lernpillen der Schlüssel zum Können ist und dass sich die geistigen Leistungen und Lernprozesse gesunder Menschen nur optimieren lassen, indem sie intelligent organisiertes Wissen sowie Kompetenzen zur Kontrolle ihrer eigenen Lernfortschritte erwerben.

Literatur:

- Beglinger, L. J., Tangphao-Daniels, O., Karaken, D. A., Zhang, L., Mohs, R., & Siemers, E. R. (2004). Neuropsychological test performance in healthy young volunteers before and after donepezil administration. *Journal of Psychopharmacology*, 18 (1), 102 – 108.
- Bray, C. L., Cahill, K. S., Oshier, J. T., Peden, C. S., Theriaque, D. W., Flotte, T. R., & Stacpoole, P. W. (2004). Methylphenidate does not improve cognitive function in healthy sleep-deprived young adults. *Journal of Investigative Medicine*, 52 (3), 192 – 201.
- Caldwell, J. A., Caldwell, L., Smythe, N. K., & Hall, K. K. (2000). A double-blind, placebocontrolled investigation of the efficacy of modafinil for sustaining the alertness and performance of aviators: a helicopter simulator study. *Psychopharmacology*, 150, 272 – 282.
- Elliott, R., Sahakian, B. J., Matthews, K., Bannerjea, A., Rimmer, J., & Robbins, T. W. (1997). Effects of methylphenidate on spatial working memory and planning in healthy young adults. *Psychopharmacology*, 131, 196 – 206.
- Flöel, A., Rösser, N., Michka, O., Knecht, S., & Breitenstein, C. (2008). Noninvasive Brain Stimulation Improves Language Learning. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20, 1415 – 1422.
- Gill, M., Haerich, P., Westcott, K., Godenick, K. L., & Tucker, J. A. (2006). Cognitive Performance Following Modafinil versus Placebo in Sleep-deprived Emergency Physicians: A Double-blind Randomized Crossover Study. *Academic Emergency Medicine*, 13 (2), 158 – 165.
- Grön, G., Kirstein, M., Thielscher, A., Riepe, M. W., & Spitzer, M. (2005). Cholinergic enhancement of episodic memory in healthy young adults. *Psychopharmacology*, 182 (1), 170 – 179.
- Hardy, I., Schneider, M., Jonen, A., Stern, E., & Möller, K. (2005). Fostering Diagrammatic Reasoning in Science Education. *Swiss Journal of Psychology*, 64 (3), 207 – 217.
- Knecht, S. (2008). "Gehirndoping" – Was steckt dahinter? *Forschung & Lehre*, 8, 514 – 517.
- Knecht, S., Breitenstein, C., Bushuven, S., Wailke, S., Kamping, S., Flöel, A., Zwitserlood, P., & Ringelstein, E. B. (2004). Levodopa: Faster and Better Word Learning in Normal Humans. *Annals of Neurology*, 56, 20 – 26.
- Marshall, L., Helgadóttir, H., Mölle, M., & Born, J. (2006). Boosting slow oscillations during sleep potentiates memory. *Nature*, 444, 610 - 613.
- Mumenthaler, M. S., Yesavage, J. A., Taylor, J. L., O'Hara, R., Friedman, L., Lee, H., & Kraemer, H. C. (2003). Psychoactive drugs and pilot performance: a comparison of nicotine, donepezil, and alcohol effects. *Neuropsychopharmacology*, 28, 1366 – 1373.
- Normann, C., & Berger, M. (2008). Neuroenhancement: status quo and perspectives. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 258, (5), 110 – 114.
- Randall, D. C., Shneerson, J. M., Plaha, K. K., & File, S. E. (2003). Modafinil affects mood, but not cognitive function, in healthy young volunteers. *Human Psychopharmacology*, 18, 163 – 173.
- Randall, D. C., Shneerson, J. M., & File, S. E. (2005). Cognitive Effects of Modafinil in student volunteers may depend on IQ. *Pharmacology, Biochemistry and Behaviour*, 82, 133 – 139.
- Solomon, P. R., Adams, F., Silver, A., Zimmer, J., & DeVeaux, R. (2008). Gingko for Memory Enhancement. A Randomized Controlled Trial. *JAMA*, 288, 835 – 840.

Turner, D. C., Robbins, T. W., Clark, L., Aron, A. R., & Dowson, J. (2002). Cognitive enhancing effects of modafinil in healthy volunteers. *Psychopharmacology*, 165, 260 – 269.

Turner, D. C., Robbins, T. W., Clark, L., Aron, A. R., Dowson, J., & Sahakian, B. J. (2003). Relative lack of cognitive effects of methylphenidate in elderly male volunteers. *Psychopharmacology*, 168, 455 – 464.

Yesavage, J. A., Mumenthaler, M. S., Taylor, J. L., Friedman, L., O'Hara, R., Sheikh, J., Tinklenberg, J., & Whitehouse, P. J. (2002). Donepezil and flight simulator performance: Effects on retention of complex skills. *Neurology*, 59, 123 – 125.

*** Zum Autor:**

Ralph Schumacher ist Kognitionswissenschaftler und lehrt am Institut für Verhaltenswissenschaften an der ETH in Zürich. Schwerpunkte seiner Arbeit sind: Lernforschung und Lerntheorien, des weiteren Philosophie des Geistes, Kognitionsforschung, Theorien des Bewusstseins und der Wahrnehmung. Gastprofessuren u. a. in Princeton und Philadelphia, Fellowship am Hanse-Wissenschaftskolleg. Gegenwärtig leitet er beim Bundesministerium für Bildung und Forschung ein Projekt zu den Wirkungen des aktiven Musizierens auf den Erwerb von Lernstrategien, die Persönlichkeitsentwicklung und die Lernmotivation.

Wichtige Veröffentlichungen von Ralph Schumacher:

- Perception and Reality (2004), mentis-Verlag.
- Lehr-Lern-Forschung und Neurowissenschaften: Erwartungen, Befunde und Forschungsperspektiven (zusammen mit E. Stern & R. Grabner) (2005), Reihe Bildungsreform Band 13. Bundesministerium für Bildung und Forschung.
- Macht Mozart schlau? Die Förderung kognitiver Kompetenzen durch Musik, Band 18 der Reihe „Bildungsforschung“ des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (2007).
- Perspectives on Colour Perception (2007), Double Issue of Erkenntnis, Vol. 66 (1 & 2), 2007.