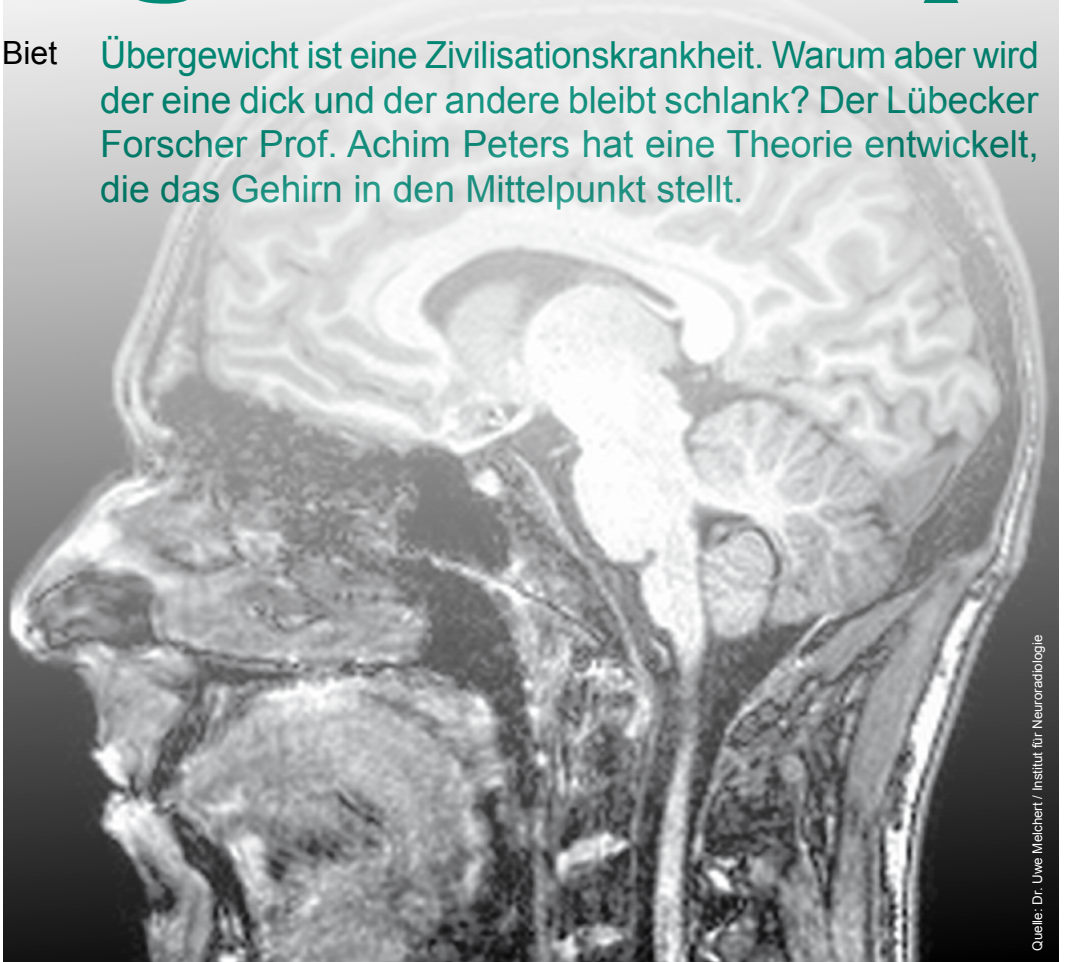


Der Egoist im Kopf

Von Thorsten Biet

Übergewicht ist eine Zivilisationskrankheit. Warum aber wird der eine dick und der andere bleibt schlank? Der Lübecker Forscher Prof. Achim Peters hat eine Theorie entwickelt, die das Gehirn in den Mittelpunkt stellt.



Quelle: Dr. Uwe Melchert / Institut für Neuroradiologie



Achim Peters

Das Telefon klingelt. Der Anblick der Nummer beschleunigt den Puls. Wärme steigt auf im Körper, die Hände werden feucht. Die Schwiegermutter ist am Apparat, wieder wird gestritten. Begleitet wird das Wortgefecht durch das Knistern der Folie, die die leicht zittrigen Hände entfernen, die darin verpackten Schokoladenkugeln befreien und in den Mund schieben, während der Hörer zwischen Schulter und Kopf eingeklemmt am Ohr fixiert wird. Doch irgendwann findet nach endlosen Minuten auch dieses Gespräch ein unbefriedigendes Ende. Der Hörer liegt auf der Gabel. Stille. Auch das Knistern hat aufgehört, denn die Schachtel mit den braunen Kalorienbomben ist leer – mal wieder. „Comfort Food, tröstendes Essen, nennen wir solch ein Verhalten“, sagt Prof.

Achim Peters, Professor für Innere Medizin an der Universität Lübeck. "Eine der häufigen Ursachen von Übergewicht." Dem Körper wird weit mehr Energie zugeführt als er benötigt. Steht solch ein Mensch häufig unter Stress, wird der Körper die überschüssigen Kalorien als Fettpolster speichern. Steigt dann der Körpermasseindex (body mass index, BMI), der Quotient aus Körpergewicht und dem Quadrat der Körpergröße in Metern, auf Werte zwischen 25 und 30, befindet sich der Betroffene im Club der Übergewichtigen. Klettert sein BMI über die Marke von 30, leidet er an Fettleibigkeit oder Adipositas.

Im Rahmen der Nationalen Verzehrsstudie II, die im Januar 2008 vom Bundesministerium für Verbraucherschutz vorgestellt worden ist, haben Wissenschaftler festgestellt, dass alleine in Deutschland rund ein Fünftel der Menschen fettleibig ist. Das sind mehr als 16 Millionen Bundesbürger.

Eine mögliche Folge dieses extremen Übergewichtes: Diabetes mellitus Typ 2. Laut der Deutschen Diabetes Gesellschaft sind zurzeit etwa acht Millionen Patienten mit dieser Diagnose bei Haus- und Fachärzten in Behandlung. Die Kosten betragen jährlich rund 30 Milliarden Euro. Für beide Zahlen gilt: Tendenz steigend.

„Egoismus des Gehirns ist etwas Gutes“

Prof. Achim Peters konnte nachweisen, dass die Ursache für Übergewicht und Adipositas in einer Fehlregulation unseres Gehirns liegt. Dieses zentrale Organ verbraucht bei einem Anteil am Körpergewicht von durchschnittlich 2% über die Hälfte der verzehrten Kohlenhydrate in Form von Glukose. Bei einem normalgewichtigen Mann mittlerer Körperlänge, heißt 75 Kilogramm schwer und 1,78 m groß, genehmigt es sich mehr als 120g Glukose pro Tag. Das entspricht dem Kohlenhydratgehalt von etwa fünf Scheiben Vollkornbrot. Damit ist unser Gehirn der Hauptverbraucher von Glukose. „Gleichzeitig ist das Gehirn aber auch der oberste Kontrolleur der Energieverteilung. Es gibt sich auf Kosten des Körpers selbst höchste Priorität für die Regulation seiner Energieversorgung, handelt also egoistisch (engl. selfish)“, erklärt Peters die Grundlagen seiner Selfish-Brain-Theorie. Bisherige Theorien waren immer von einer passiven Rolle des

Gehirns bei seiner Energieversorgung ausgegangen.

Doch was kann schief laufen im Kopf, was ist die Ursache für Übergewicht? Um das zu verstehen, muss zunächst die gesunde Energieregulation unseres Gehirns betrachtet werden.

Das Gehirn nutzt fast ausschließlich Glukose als Energielieferanten, um Adenosintriphosphat (ATP) herzustellen. ATP ist die chemische Energie, die in allen Zellen die Biosynthesen, wie etwa die Bildung von Verbindungen zur Weiterleitung von Nervenreizen, oder Bewegungs- und Transportprozesse antreibt. Ein Erwachsener bildet und verbraucht pro Tag eine Menge an ATP, die ungefähr seinem Gewicht entspricht – rund 75 kg im Körper unseres durchschnittlichen Normalgewichtigen.

Um ins Gehirn zu gelangen, muss die Glukose zunächst einmal die Blut-Hirn-Schranke überwinden. Dies gelingt ihr durch ein speziell für sie durchlässiges Tor, einem sogenannten Glukosetransporter. Glukosetransporter sind eine Familie von Eiweißen, die auf den Transport des kleinen Zuckermoleküls spezialisiert sind. Jedes Familienmitglied macht das auf seine Weise. In der Blut-Hirn-Schranke ist das der Glukose-

transporter-1 (GLUT1), der ohne Hilfe des Hormons Insulin Glukose passieren lässt. Für das Gehirn ist die Versorgung mit Glukose essentiell, da es nur geringe Mengen des Energielieferanten speichern kann. Muskel- und Fettzellen werden über den Glukosetransporter-4 (GLUT4) versorgt, der abhängig vom Insulin seine Tür öffnet. Mit diesen beiden Transportern reguliert das Gehirn, ob die im Blutkreislauf zirkulierende Glukose in seine Zellen oder die des Fett- und Muskelgewebes fließt.

Das geht so: Steigt der Energiebedarf des Gehirns wie etwa bei psychischer Belastung, aktiviert es das Stresssystem. Dieses wirkt über seine Nervenbahnen direkt oder über die in den Blutkreislauf freigesetzten Stresshormone Adrenalin und Cortisol indirekt auf die Organe ein. In Folge wird fast kein Insulin mehr ausgeschüttet, der insulinabhängige GLUT4 stellt seinen Dienst ein, die Glukoseaufnahme in Fett- und Muskelzellen ist eingeschränkt. Die Glukoselager des Körpers, wie etwa die Leber, leeren ihre Speicher. Ein großer Teil der Blutglukose wandert über den immer noch offenen GLUT1 in das Gehirn. Der Egoist im Kopf teilt sich die Energie selbst zu. Ist der Energiebedarf

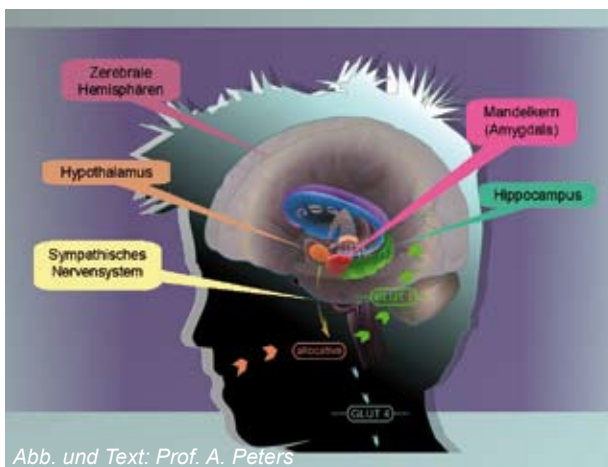


Abb. und Text: Prof. A. Peters

Biologische Mechanismen des Gehirn-Pull Mechanismus

Die beiden zerebralen Hemisphären projizieren zu Amygdala und Hippocampus. Diese beiden Hirnanteile, bekannt als Zentren, die emotionales

und deklaratives Gedächtnis kodieren, regulieren auch das Stresssystem (sympathisches Nervensystem) und damit den Energiestoffwechsel. Amygdala und Hippocampus kontrollieren den Hypothalamus, der seinerseits die exogenen und endogenen Energieflüsse koordiniert. Glukose gelangt über die Nahrung in die Blutzirkulation. Wenn das Gehirn Glukose benötigt, dann sendet es einen Befehl über das sympathische Nervensystem an die pankreatische β -Zelle und unterdrückt so die Insulinsekretion. Dadurch verhindert es die Insulin-abhängige Glukoseaufnahme in die Muskulatur und das Fettgewebe über die Glukosetransporter GLUT4. Stattdessen passiert die vom Gehirn angeforderte Glukose über den Insulin-unabhängigen GLUT 1 die Blut-Hirn-Schranke. Damit sichert das Gehirn seinen hohen Energiebedarf auf Anfrage.

des Gehirns gedeckt, müssen die Speicher wieder aufgefüllt werden. Hunger macht sich breit, es wird gegessen, das Stresssystem kehrt in seine Ruhelage zurück.

„Der biologische Egoismus des Gehirns ist etwas Gutes“, erklärt Prof. Achim Peters. „Denn er sichert die Energieversorgung des Gehirns in schlechten Zeiten.“ Der Mensch überlebt Hungerperioden, ohne dass seine Steuerungszentrale geschädigt wird. Doch was passiert, wenn Nahrung im Überfluss vorhanden ist wie in unserer industrialisierten Welt? „In guten Zeiten hält der Egoismus des Gehirns das Körpergewicht konstant, d.h. das Gehirn und der gesunde Körper stehen zueinander in Balance“, so Peters.

Sind die für den beschriebenen Mechanismus verantwortlichen Kontrollzentren des Gehirns jedoch gestört, kann es sich bei Bedarf seine Energie nicht mehr aus dem Körper zuteilen. Die vom Hirn benötigte Energie wird nur noch durch Nahrung von außen zugeführt. Es wird gegessen, obwohl die Energiespeicher des Körpers eigentlich voll sind. Die Überschüsse werden im wachsenden Fettgewebe gelagert, die Waage schlägt immer weiter aus. Im Blutkreislauf finden sich weitere Überschüsse. Der Blutzucker steigt an und der Arzt diagnostiziert „Diabetes mellitus“.

Ursache für diese Störungen können mechanische Defekte des Gehirns durch Tumore oder Verletzungen, aber auch Gen-Defekte sein. Fehlprogrammierungen wie eine Konditionierung des Essverhaltens oder falsche Signale, ausgelöst durch Medikamente oder Drogen, können die Regulationsmechanismen ebenfalls durcheinander bringen.

Die Theorie

Doch zurück zur Selfish-Brain-Theorie. Diese habe zwei Grundsätze (Axiome), sagt Peters.

1. Das Gehirn reguliert zuerst seine eigene ATP-Konzentration, indem es sein Stresssystem belastet und so mit dem restlichen Körper um Energieressourcen konkurriert.
2. Anschließend verändert das Gehirn die Nahrungsaufnahme, so dass es das Stresssystem entlasten kann und dieses in seine Ruhelage zurückkehrt.

„Die Gehirnversorgung muss gesichert sein, und das mit geringem Aufwand, d.h. das Stresssystem soll möglichst in der Ruhelage sein“, erläutert Peters die Axiome. Weiter erklärt er: „In Zeiten des Hungers ist das Gehirn voll versorgt, aber mit einem riesigen Aufwand. Das Stresssystem ist aktiviert, es ist nicht in der Ruhelage, d.h. ich fühle mich schlecht. Also suche ich mir etwas zu essen, um auch das Stresssystem in Balance zu bringen. Sind sowohl die Gehirnversorgung als auch das Stresssystem im Gleichgewicht, ist das ganze System in der Ruhelage. Dann fühle ich mich wohl.“

Wie aber reguliert das Gehirn seine ATP-Konzentration und das Stresssystem seine Gleichgewichtslage? Ähnlich wie wir die Temperatur unseres Badewassers auf den gewünschten Wert einstellen. Ist das Wasser zu heiß, drehen wir den Kaltwasserhahn auf, ist es zu kalt, drehen wir das warme Wasser auf. Rückkopplung nennt sich dieses Prinzip, bei dem der Sollwert einer Größe, wie beispielsweise die Temperatur, ständig kontrolliert und bei Abweichung reguliert wird. Temperatur rauf, Temperatur runter, abstrakter: plus oder minus.

So auch das Modell für die Gehirnversorgung. Ist der ATP-Gehalt zu gering, wird mehr Glukose durch Belastung des Stresssystems angefordert, um ATP zu bilden. Steigt die Blutglukose an, wird ausreichend ATP hergestellt und keine Glukose mehr angefordert.

Ähnlich beim Stresssystem, das vom Gehirn geregelt und durch eine Rückkopplung des Stresshormons Cortisol geschaltet wird. Ist der Cortisolwert zu hoch, wird Glukose aus den Körperspeichern ins Blut abgegeben. Steigt der Blutzucker an, sei es durch Freigabe von Glukose aus den Speichern oder durch Nahrungsaufnahme, wird weniger Cortisol ausgeschüttet, bis es einen Wert erreicht, der der Ruhelage des Stresssystems entspricht.

Daraus folgt: Wie wir zwei Stellschrauben für die Temperatur unseres Badewassers haben, braucht das Gehirn für seine Versorgung zwei ATP-abhängige Schalter und das Stresssystems zwei Schalter, die auf das Stresshormon Cortisol reagieren.

Doch eine Theorie muss auch mit Leben gefüllt werden. Dazu überprüfte Peters zusammen mit Kollegen den Geltungsbereich seiner Axiome. Sie haben dies im Rahmen einer von der

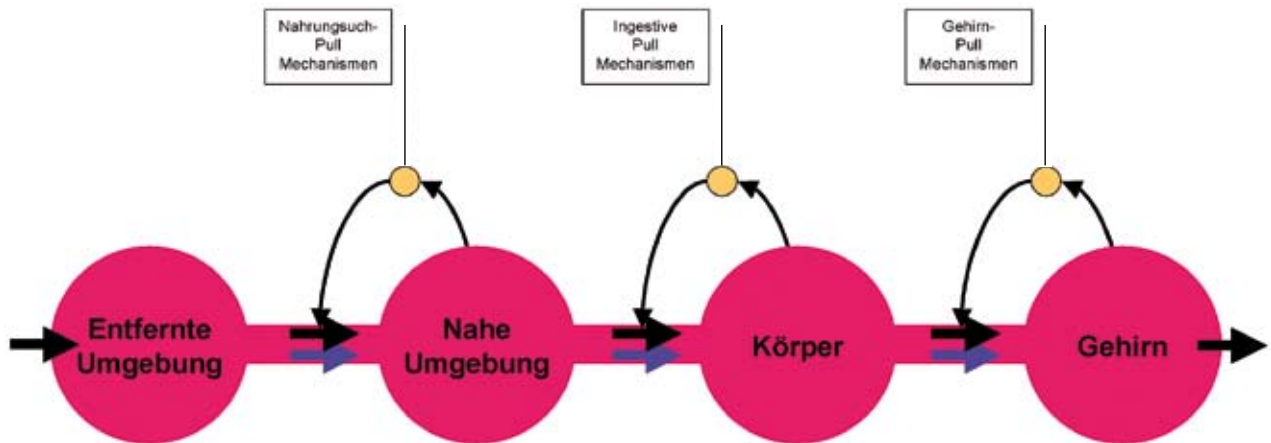
Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten klinischen Forschergruppe getan, die 2004 unter Leitung von Prof. Achim Peters ins Leben gerufen worden war.

Die Regulierung der Gehirnversorgung (Axiom 1) untersuchten die Lübecker Forscher Prof. Andreas Moser aus der Klinik für Neurologie, Prof. Kerstin Oltmanns vom Institut für Neuroendokrinologie und Dr. Uwe Melchert vom Institut für Neuroradiologie. Moser zeigte mit seinen Experimenten an Schnitten von Rattenhirnen, dass die erwarteten ATP-abhängigen Schalter im Gehirn zu finden sind. „Er hat molekular aufgelöst gezeigt, was mit der Theorie vorhergesagt worden war“, ergänzt Peters. Prof. Kerstin Oltmanns und Dr. Uwe Melchert hatten mit der Magnetresonanztomographie an gesunden Freiwilligen gemessen, wie der ATP-Gehalt in Gehirn und Muskelzellen vom Blutzucker abhängt. Sie erhöhten und erniedrigten künstlich den Glukosegehalt im Blut ihrer Probanden. Dazu Peters: „In beiden Fällen hat man eine Energieverschiebung zu Gunsten der Gehirnzellen gesehen. Das ist neu, dass das Gehirn anders reagiert als die Muskeln.“

Die Experimente rund um das 2. Axiom führte Peters mit seinen Mitarbeitern durch. Sie brachten die Stresssysteme verschiedener Probanden über die Injektion von Hormonen, die eigentlich im Gehirn ausgeschüttet werden, aus dem Gleichgewicht. Anschließend beobachteten sie, wie die Stresssysteme wieder in ihre Ruhelage zurückkehrten. Diese Daten entsprachen den berechneten Vorhersagen der Theorie. Sie fanden auch heraus, dass das Stresssystem bei Normal- und Übergewichtigen unterschiedlich reagiert.

Zurzeit arbeitet Peters mit seiner klinischen Forschergruppe an der Erweiterung der Selfish-Brain-Theorie, um den Ursachen für Übergewicht noch näher zu kommen. Stand beim bisherigen Modell die Analyse der Regulation des Stoffwechsels im Vordergrund, werden in der erweiterten Theorie die Energieflüsse bei der Nahrungssuche, Nahrungsaufnahme und bei der Zuteilung der Energieressourcen zum Gehirn wie die Güterflüsse einer Lieferkette betrachtet. Das Gehirn steht dabei am Ende und fordert an; es zieht (engl. pull) Energie, die anderen Teile der Lieferkette reagieren.

„Die Betrachtung des Stoffwechsels als Lieferkette ist dasselbe wie vorher,



Lieferkette des menschlichen Gehirns: Energie aus der entfernten Umgebung wird in die unmittelbare Umgebung gebracht, wird in den Körper aufgenommen und von da gelangt ein großer Teil ins Gehirn. In den Lieferketten logistischer Systeme kann der Energiefluss prinzipiell durch den Anbieter (vorhergehender Schritt) oder den Empfänger (nachfolgender Schritt) bestimmt werden. Der Anteil des Flusses, durch den der Anbieter bestimmt wird, heißt Push-Komponente (blauer Pfeil), der Anteil, der durch den Empfänger bestimmt wird, heißt Pull-Komponente (schwarze Pfeile). Abb. Prof. A. Peters

aber ein Abstraktionsniveau höher“, erläutert Prof. Achim Peters. „Durch diese Betrachtungsweise wird alles ein bisschen einfacher.“ Zusammen mit dem Mathematiker Prof. Dirk Langemann, einem erfahrenen Analytiker auf dem Gebiet der Lieferketten, schaut er aus dieser neue Perspektive auf den menschlichen Energiestoffwechsel. Laut Peters könne man mit dem erweiterten Modell die Hypothesen testen, dass, erstens, das Ziehen der Energie (Pull-Komponente) notwendig ist, um in schlechten Zeiten zu überleben, und zweitens Übergewicht nur dann entsteht, wenn diese Pull-Komponente kaputt ist. Letzteres hieße für einen gesunden Menschen: Eine kurzfristige Völlerei führt vorübergehend zu Spannungsempfinden im Hosenbund, langfristig pendelt sich das Gewicht aber wieder bei einem normalen Wert ein.

Selbstverständlich ist die Pull-Komponente bei der Energieversorgung des Gehirns nicht. „Es gibt erstzunehmende Wissenschaftler, die die Notwendigkeit in Frage stellen“, so Peters. Daher arbeite er mit Langemann an einem „Daten unterstützenden Beleg“, dass dieser Mechanismus vorhanden sein muss.

Essen, das tröstet

Neben der Grundlagenforschung hat Peters in Kooperation mit Prof. Ulrich Schweiger aus der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie basierend auf den Prinzipien der Selfish-Brain-Theorie ein

Therapiekonzept gegen Übergewicht abgeleitet. „Train the Brain“, Gehirntaining, nennen es die Forscher. Ist das Übergewicht auf einen Regulationsfehler im Gehirn zurückzuführen, der durch eine Fehlprogrammierung verursacht worden ist, soll das Programm greifen. Es handele sich hierbei aber nicht um eine Diät, betont Peters. „Es gibt zwar ein riesiges Spektrum, in der Regel meint man mit Diät aber eine Kalorienrestriktion. Das führt nur dazu, dass der Hirnstoffwechsel unter Last gesetzt wird, die Menschen fühlen sich schlecht und geben dann irgendwann auf.“ Train the Brain sei etwas völlig anderes.

Um zu verstehen, was in dem Programm verändert werden soll, ein Beispiel, wie sich ein Normalgewichtiger verhält: Ein Student hat eine wichtige Prüfung. Er ist aufgeregt, bringt volle Leistung, das Gehirn arbeitet auf Hochtouren. Nach der erfolgreich bestandenen Prüfung fährt er runter, fühlt sich gut, füllt die Körperspeicher mit einer Portion Pasta bei seinem Lieblingsitaliener wieder auf. Danach erholt sich sein Körper, die anschließende Nacht schläft er gut und sein Gehirn speichert die Situation als Erfolg ab.

„Das ist die normale Situation: Zum richtigen Zeitpunkt essen und zum richtigen Zeitpunkt Höchstleistung mit Energie aus dem Körper“, erklärt Peters. „Die Zuteilung funktioniert dann gut, wenn dieses Programm komplex ist. Das Programm ist im Kortex, der Großhirnrinde

abgespeichert. Für jede Situation, wie etwa Prüfung, Liebe, Wettkampf, Streit usw., gibt es eine spezifische Antwort, wann wieviel Energie aus dem Körper angefordert wird.“

Wenn man dieses Programm aber vereinfacht- also komplexe Ausgangssituation, aber immer die gleiche Antwort, nämlich essen- führe das früher oder später zu Übergewicht, meint Peters. So wie beim eingangs geschilderten schwiegemütterlichen Telefonkonflikt. Dort liegt die Ursache in einer falschen Gewohnheit bei permanentem Stress. Essen hat einen lindernden Effekt, der Mensch fühlt sich bei diesem Stress nicht mehr so schlecht. Das Gehirn lernt dabei die Energie von außen anzufordern.

„Man muss bei den Menschen, die dieses Comfort-Food-Verhalten (tröstendes Essen) zeigen, die Fähigkeit des Gehirns trainieren, Energie wieder aus dem Körper zu bestellen“, beschreibt Peters die Idee hinter dem Programm. Dazu werden Stresssituationen analysiert und das Verhalten umgestellt. „Das ist extrem schwer und sehr langwierig“, so Peters. Das, was das Gehirn über Jahre oder sogar Jahrzehnte gelernt hat, muss mühevoll umgelernt werden. Stress bewältigen, ohne beim Telefonieren mit Bonbonpapier zu knistern.

Geschichte der Selfish-Brain-Theorie

1998: Der frisch habilitierte Oberarzt Dr. Achim Peters arbeitet an der Klinik für Innere Medizin der Uni Lübeck. Anhand eigener Ergebnisse und Literaturdaten geht er der Frage nach, wie die Regelung des Zuckerstoffwechsels von Gehirn und Muskel funktioniert. Peters will sich einen Überblick verschaffen. Rund zwei Jahrzehnte Wissenschaft liegen schon hinter ihm. Seit Beginn der 80er Jahre forscht er über Diabetes, die letzten zehn Jahre hat er sich speziell der Unterzuckerung gewidmet. Peters steht vor einem Problem: Je mehr Daten er berücksichtigt, desto unklarer und unübersichtlicher wird das Bild. Doch dann findet er die Lösung in einem Buch über Regelungstechnik, mit dem er elf Jahre zuvor bei einem Forschungsaufenthalt in Toronto (Kanada) gearbeitet hatte. Damals entwickelte er intelligente Steuerungsprogramme für einen lernfähigen Taschencomputer, der an Diabetes erkrankten Menschen bei der Dosierung ihres Insulins helfen sollte. Peters, der schon seit Beginn seiner wissenschaftlichen Karriere Medizin mit Mathematik und Ingenieurwissenschaften kombiniert hat, entdeckt in diesem Buch die Ampelregelung einer Kreuzung. Inspiriert durch das Konzept des Regelungsschemas, betrachtet er nun den Stoffwechsel von Gehirn und dem Rest des Körpers getrennt (siehe Abb.). Die Grundidee der Selfish-Brain-Theorie ist geboren.

Bis hierhin arbeitet Peters alleine, integriert das bekannte Wissen

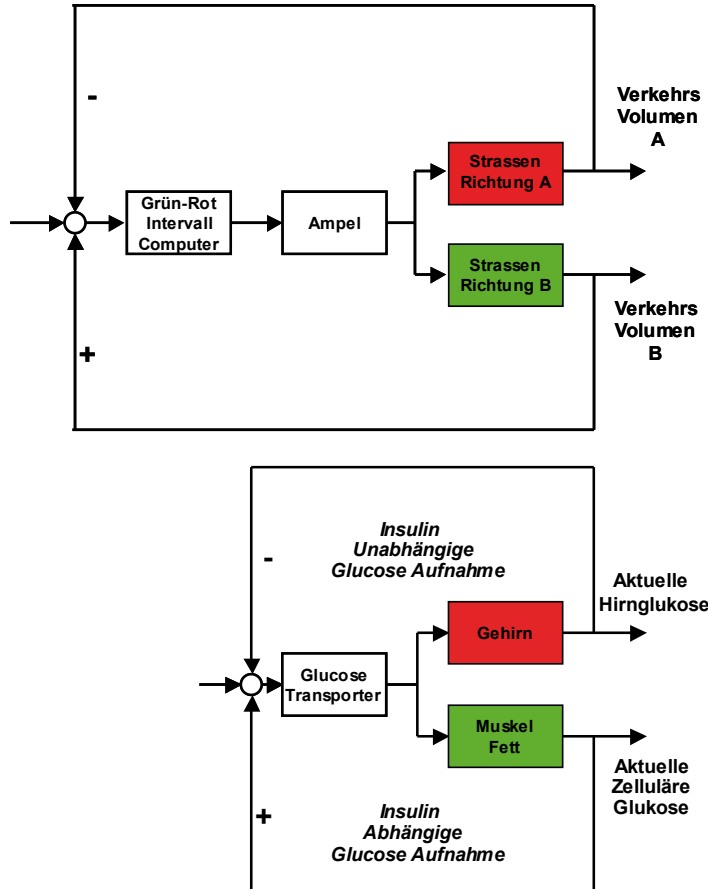
der Inneren Medizin, Endokrinologie und Diabetologie in sein theoretisches Rahmenkonzept mit dem Gehirn im Mittelpunkt. Jetzt braucht er Experten

Expertise auf dem Gebiet des Neuro-metabolismus die Expertenrunde.

2004 veröffentlicht Prof. Achim Peters eine Arbeit zur Begründung der Selfish-Brain-Theorie, die auf Datensätzen aus rund 5.000 Artikeln basiert. Unterstützt wird er dabei von dem Mathematiker Dirk Langemann. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) gibt grünes Licht für die Klinische Forschergruppe „Selfish Brain: Gehirnglukose und Metabolisches Syndrom“, deren Leitung Peters übernimmt. Neben den Lübecker Forschern, die Peters bereits kontaktiert hat, gehören zu der Gruppe nun auch Pellerin und Langemann. Auf einer Sommerakademie-Veranstaltung der Studienstiftung des Deutschen Volkes im Jahr 2005, bei der Peters seine Theorie vorstellt, weist eine Studentin auf die Ähnlichkeit der Selfish-Brain-Struktur mit Produktions-Lieferketten in der Industrie hin. Zusammen mit Langemann, der zuvor mit der mathematischen Beschreibung solcher Lieferketten befasst war, arbeitet Peters diesen Gedanken in die

Selfish Brain-Theorie ein und veröffentlicht 2007 einen weiteren grundlegenden Aufsatz, der Übergewicht als 'Stau in der Lieferkette' beschreibt.

2008 verlängert die DFG die Forschergruppe bis 2010. Zurzeit arbeiten mehr als 40 Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen an Fragen rund um das egoistische Gehirn. Den Geltungsbereich seiner Theorie hat Peters an mehr als 10.000 wissenschaftlichen Publikationen geprüft. Studien der Lübecker Forschergruppe „Selfish Brain“ haben mittlerweile die Grundlagen der Theorie experimentell belegt.



aus benachbarten Fachgebieten, die ihm beratend zur Seite stehen und seine Ideen prüfen. 1999 nimmt er mit Prof. Ulrich Schweiger von der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie Kontakt auf, um Aspekte psychischer Erkrankungen im Zusammenhang mit Übergewicht zu erörtern. Einer wissenschaftlichen Plausibilitätsprüfung wurde Peters Konzept in intensiven Diskussionen mit Prof. Horst Lorenz Fehm, damals Direktor der Klinik für Innere Medizin, und Prof. Jan Born, Professor für Neuroendokrinologie, als Fachleute für Neuroendokrinologie unterzogen. 2002 erweitert der Biochemiker Prof. Luc Pellerin aus Lausanne mit seiner

Literatur

Peters A., Schweiger U., Pellerin L. et al. (2004) The selfish brain: competition for energy resources, *Neurosci Biobehav Rev* 28:143-180

Peters A., Pellerin L., Dallman M.F. et al. (2007) Causes of obesity: looking beyond the hypothalamus. *Prog Neurobiol* 81:61-88

Peters A., Conrad M., Hubold C. et al. (2007) The principle of homeostasis in the hypothalamus-pituitary-adrenal system: new insights from positive feedback. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 293:R83-R98

Steinkamp M., Li T., Fuellgraf H. & Moser A. (2007) K(ATP)-dependent neurotransmitter release in the neuronal network of the rat caudate nucleus. *Neurochem Int* 50:159- 163

Oltmanns K.M., Melchert U.H., Scholand-Engler H.G. et al. (2008) Differential energetic response of brain vs. skeletal muscle upon glycemic variations in healthy humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 294:R12-R16

Links

Webseite der Selfish-Brain Forschergruppe URL: www.selfish-brain.net

Wikipedia-Artikel über Selfish-Brain-Theorie URL: http://de.wikipedia.org/wiki/Selfish_Brain-Theorie

Nationalen Verzehrsstudie II vom Bundesministerium für Verbraucherschutz URL: http://www.was-esse-ich.de/uploads/media/NVS_Presseunterlagen__Jan08.pdf

Daten zu Diabetes Typ II der Deutschen Diabetes Gesellschaft URL: <http://www.deutsche-diabetes-gesellschaft.de/redaktion/pressemitteilungen/Herbsttagung.php>

Thorsten Biet

Dr. rer. nat.
Institut für Chemie
Universität zu Lübeck
Tel: 0451/500 4806
thorsten.biet@chemie.uni-luebeck.de

■ Impressum

FOCUS uni-luebeck

Zeitschrift für Wissenschaft, Forschung und Lehre an der Universität zu Lübeck

Herausgeber: Das Präsidium der Universität zu Lübeck

Schriftleitung: H.-P. Bruch, W. Kühnel, Th. Martinetz, P. Schmucker

Wissenschaftlicher Beirat: R. Birngruber, C. Borck, S. Bulfone-Paus, T. Buzug, K. Diedrich, P. Dominiak, W. Dosch, J. Dunst, A. Ch. Feller, G. Gillessen-Kaesbach, S. Grisanti, W. Gross, E. Hartmann, M. Herczeg, E. Herting, R. Hilgenfeld, F. Hohagen, C. Hübner, W. Jelkmann, D. Jocham, R. Kessel, J. Köhl, D. Kömpf, H. Lehnert, V. Linnemann, E. Maehle, P. Mailänder A. Mertins, , D. O. Nutzinger, Th. Peters, D. Petersen, J. Prestin, H.-H. Raspe, K. R. Reischuk, F. Schmielau, H. Schunkert, A. Schweikard, G. Sczakiel, H. H. Sievers, W. Solbach, N. Tautz, V. Tronnier, J. Westermann, B. Wollenberg, P. Zabel, D. Zillikens (alle Universität zu Lübeck)

Redaktion: R. Labahn, Telefon (04 51) 500 3004 - E-mail: labahn@zuv.uni-luebeck.de

Produktion und Gestaltung: René Kube, Telefon (0451) 500 3646 - Fax: (0451) 500 5718 • E-mail: kube@zuv.uni-luebeck.de

Anschrift: Universität zu Lübeck, Ratzeburger Allee 160, 23562 Lübeck

Auflage: 2.500 Exemplare

Anzeigen: Hansisches Verlagskontor Lübeck, Mengstr. 16, 23552 Lübeck, Christiane Kermel, Telefon (04 51) 7031-279, Claudia Schmidt, Telefon (04 51) 7031-243

Druck: Druckhaus Schmidt-Römhild, Reepschlägerstr. 21-25, 23566 Lübeck, Telefon (04 51) 7031-01

Erscheinen: FOCUS uni-luebeck erscheint halbjährlich

Redaktionsschluss: 6 Wochen vorher

FOCUS uni-luebeck online: <http://www.uni-luebeck.de/aktuelles/focus.php>

ISSN 0940-9998