

Archiv für Psychologie

Archives of Psychology

Herausgeber/Editors O. Ewert, K. Foppa, W. D. Fröhlich, G. Guttman,
H. W. Krohne, H. Thomae

Volume 139 No 2 1987

SONDERDRUCK

Vernon Hamilton

The size, accessibility, and thresholds of semantic networks associated with three personality and motivational dispositions

65

Dr. Michael Trimmel

Hemispheric EEG-DC changes dependent on task and type A/B behavior pattern (EEG Gleichspannungsänderungen in der linken und rechten Frontalregion in Abhängigkeit von der Tätigkeit und dem A/B Verhaltenstyp)

81

Karl-Heinz Bäuml

The effect of a daily information about body weight upon the eating behavior (Die Wirkung einer täglichen Rückmeldung des Körpergewichts auf das Eßverhalten)

95

Manfred Velden and Christoph Wölk

Pain Perception and Cardiac Activity under Hypnosis and Relaxation Training (Schmerzwahrnehmung und kardiale Aktivität unter Hypnose und Entspannungstraining)

107

Josef Kessler, Hans J. Markowitsch and Constanze Bast-Kessler

Memory of Alcoholic Patients, Including Korsakoff's, Tested with a Brown-Peterson Paradigm

115



Die Wirkung einer täglichen Rückmeldung des Körpergewichts auf das Eßverhalten

Karl-Heinz Bäuml

Institut für Psychologie, Universität Regensburg, Universitätsstr. 31, 8400 Regensburg

Eingegangen (Revision): 24. 2. 1987

Zusammenfassung. Ein regelungstheoretischer Ansatz wird auf das tägliche Eßverhalten neun übergewichtiger Vpn und einer idealgewichtigen Vp angewandt. Über 60 Tage werden täglich Nahrungsaufnahme und Körpergewicht der Vpn erhoben. Sechs Vpn erhalten ihr Körpergewicht rückgemeldet. Mittels der Theorie linearer Systeme wird geprüft, ob eine tägliche Rückmeldung des persönlichen Körpergewichts zu einer Hemmung der Nahrungsaufnahme und zu einer Veränderung der Dynamik des Eßverhaltens führt. Bei Rückmeldung des Körpergewichts zeigt sich bei vier von fünf übergewichtigen Vpn ein negativer Zusammenhang zwischen Körpergewicht und Volumenaufnahme, ohne Rückmeldung nur bei einer von vier Vpn. Das Eßverhalten ohne Rückmeldung des Körpergewichts läßt sich als kompensatorisches Verhalten mit Trägheit (Parallelschaltung eines Hochpasses mit einem Tiefpaß) betrachten. Die Rückmeldung des Körpergewichts bedingt im wesentlichen einen Wegfall der Trägheit (Bandpaß im Bereich höherer Frequenzen). Das Eßverhalten ist als geregeltes lineares System beschreibbar.

Schlüsselwörter: Negative Rückkopplung – Kreuzkorrelationsfunktion – lineare Systemtheorie – Frequenzanalyse – Zustandskonzept – geregeltes System.

The effect of a daily information about body weight upon the eating behavior

Summary. Control theory is applied to the daily eating behavior of nine overweight persons and one person of ideal weight. Food intake and body weight of the ten persons are recorded for 60 days. Six persons receive information about their body weight. Linear systems theory is applied to examine whether a daily information about body weight leads to an inhibition of food intake and to a change of the dynamics of the eating behavior. With an information about body weight data of four of the five overweight persons show a negative relationship between body weight and volume intake. Without an information only one out of four persons exhibits such a relationship. The eating behaviour without infor-

mation about body weight can be regarded as a compensatory behavior with inertia (parallel interconnection of a highpass with a lowpass), while an information about body weight essentially leads to a loss of inertia (bandpass at higher frequencies). The eating behavior can be described as a controlled linear system.

Key words: Negative feedback – crosscorrelation function– linear systems theory – frequency analysis – state space concept – controlled system.

Einleitung

Viele Menschen haben Schwierigkeiten, ihre Nahrungsaufnahme auf ein für das ideale Körpergewicht notwendiges Maß zu verringern. In der psychologischen Literatur existieren verschiedene Rezepte zur Verringerung von Übergewicht. Unter diesen Rezepten finden in zunehmendem Maße verhaltenstherapeutische Ansätze Berücksichtigung (vgl. Blöschl, 1979). Einige dieser verhaltenstherapeutischen Ansätze seien im folgenden kurz aufgeführt, wobei jedoch auf eine ausführliche Erörterung verzichtet werden muß. Anschließend wird ein regelungstheoretischer Ansatz zur Verringerung von Übergewicht vorgestellt.

Die in der modernen Verhaltenstherapie zur Veränderung des Eßverhaltens angewandten Behandlungsmethoden lassen sich in zwei Klassen einteilen: Selbstkontrollverfahren und Fremdkontrollverfahren. Bei den Fremdkontrollverfahren finden besonders die vertragliche Kontrolle (Mann, 1972) und die verdeckte Sensibilisierung (Cautela, 1966) Anwendung. Die vertragliche Kontrolle basiert auf dem Prinzip des operanten Konditionierens. Die Person wird entsprechend ihrem Verhalten, das durch den erreichten Körpergewichtsverlust operationalisiert ist, belohnt oder bestraft. Bei der verdeckten Sensibilisierung soll eine Verringerung der Nahrungsaufnahme erreicht werden, indem unerwünscht attraktive Reize durch die Kopplung mit unlustvollen Ereignissen in negativ affektbesetzte Reize umgewandelt werden. Die aversiven Ereignisse werden dabei auf Vorstellungsebene dargeboten.

Das Ziel der Selbstkontrolltechniken besteht in der Befähigung übergewichtiger Personen zu einer Selbstkontrolle ihres Eßverhaltens. Erwähnt seien das Konzept der operanten Selbstkontrolle von Stuart (1966) und das Verhaltensprogramm von Ferster et al. (1962). Innerhalb des Konzepts der operanten Selbstkontrolle wird eine Verringerung von Übergewicht durch eine eigene Kontrolle der Reizbedingungen, die beim Auftreten des Fehlverhaltens vorliegen, angestrebt. Unmittelbar nach dem Auftreten des gewünschten Verhaltens werden zudem Verstärkungen angewandt. Das Verhaltensprogramm von Ferster et al. umfaßt z. B. eine Bestimmung der langfristig negativen Konsequenzen von Übergewicht und Informationen bezüglich des Brennwertgehaltes von Speisen. Ebenso werden eine wöchentliche Körpergewichtsabnahme und ein zeitlicher Ablauf der Mahlzeiten – verbunden mit konkreten Veränderungen des Eßverhaltens – festgelegt.

Zwar konnte in einigen Untersuchungen (z. B. Harris, 1969, Jeffrey, 1977, Wollersheim, 1977) die Überlegenheit verhaltenstherapeutischer Verfahren zur Behandlung von Übergewicht gegenüber anderen psychologischen Methoden der Körpergewichtsverringering gezeigt werden. Insgesamt werden die erzielten Behandlungserfolge jedoch als nicht zufriedenstellend eingestuft (Pudel, 1982). Hinzu kommt, daß sich mit den meisten An-

sätzen der Nachteil einer aufwendigen und für den Betroffenen auch unangenehmen Durchführung verbindet. Einfachere Verfahrensweisen erscheinen deshalb wünschenswert.

Eine einfache Theorie für eine Veränderung des Eßverhaltens ist die Theorie der Regelung (z. B. Sachsse, 1971, Oppenheim, 1983). Das Prinzip der Regelung hat sich als vielfach anwendbares und auch in der Natur anzutreffendes Prinzip erwiesen. Zwar erfolgte seine Entdeckung ursprünglich in der Technik (anlässlich des Problems der Treffsicherheit der Flugzeugabwehr im 2. Weltkrieg durch Norbert Wiener), doch wurde seine Bedeutung alsbald ebenso in der Physiologie und der Biologie vermutet, und dann auch gezeigt (z. B. Wagner, 1955).

Unter einer Regelung versteht man den Vorgang, daß ein System irgendwelche Störungen, die zu einem Abweichen seines Zustandes von seinem systemeigenen Gleichgewichtszustand (Sollwert) führen, kompensiert und diesen wiederherstellt (Sachsse, 1971, S. 64–71). Für das Ingangkommen einer Regelung bei einem System müssen eine Abweichung des Istzustandes vom systemeigenen Sollzustand und eine entsprechende Information über den Istzustand vorliegen. Ist dies der Fall und das System gewichtet diese Information, so kommt es zu einer Rückführung und damit zum Entstehen einer Gegenkraft gegen die Störung.

Überführt man das Regelungsprinzip auf das Eßverhalten, so sollte eine Person bei Abweichung des aktuellen Körpergewichtszustandes von einem bestimmten Idealgewichtszustand und vorliegender Kenntnis über den aktuellen Körpergewichtszustand von sich aus eine Gegenkraft gegen die vorliegende Störung entwickeln, indem sie die Information über ihr persönliches Körpergewicht mittels einer Rückführung gewichtet. Dies würde dann zu einer Bewegung des aktuellen Körpergewichtszustandes hin zum Idealgewichtszustand führen.

Entscheidend für eine Regelung beim Eßverhalten ist, ob eine Information über das aktuelle Körpergewicht von einer Person gewichtet wird. Es wird hier angenommen, daß eine Person eine solche Gewichtung ihres persönlichen Körpergewichts vornimmt und sich wie ein geregeltes System verhält: eine tägliche Rückmeldung des persönlichen Körpergewichts soll bei Nichtvorliegen des persönlichen Gleichgewichtszustandes einen Regelungsvorgang hervorrufen.

Mit dieser Theorie wird nicht übersehen, daß die Beendigung der Nahrungsaufnahme einer Person, bedingt durch körperinterne Rückmeldungen, in der Regel erst bei Sättigkeit erfolgt. Gleiches gilt für das mögliche Vorliegen von Rückmeldungen, hervorgerufen durch Gewohnheiten oder soziale Normen. Diese Arten von Rückmeldung sind nicht Gegenstand der Untersuchung. Es wird die Veränderung des Eßverhaltens bei Vorgabe einer *zusätzlichen* Rückmeldung untersucht.

Für empirische Untersuchungen mit regelungstheoretischem Ansatz bieten sich beim Eßverhalten mehrere zusätzlich rückmeldbare Größen an. So können sowohl das persönliche Körpergewicht als auch die aufgenommene Nahrungsmenge oder der Taillenumfang einer Person zusätzlich rückgemeldet werden. Betrachtet man jedoch eine Verringerung des Körpergewichts als das eigentliche Ziel einer Veränderung des Eßverhaltens und bezieht die mehr oder weniger fehlerhafte Repräsentation des Körpergewichts durch Taillenumfang oder aufgenommene Nahrungsmenge ein, so erscheint das Körpergewicht als die am besten geeignete zusätzlich rückmeldbare Größe.

In der vorliegenden Untersuchung wird geprüft, ob eine (zusätzliche) Rückmeldung des

persönlichen Körpergewichts zu einer Veränderung der Dynamik des Eßverhaltens führt. Gemäß der Theorie der Regelung sollte eine (zusätzliche) Rückmeldung des Körpergewichts eine Hemmung der Nahrungsaufnahme hervorrufen und so eine Veränderung in der Dynamik bedingen. Das Eßverhalten könnte dann als geregeltes System betrachtet werden.

Systemtheoretische Betrachtung des Eßverhaltens

Das Eßverhalten ohne (zusätzliche) Rückmeldung des Körpergewichts läßt sich als System mit Eingabe Nahrungsaufnahme und Ausgabe Körpergewicht betrachten. Dieser systemtheoretische Blickwinkel mit einer Eingabe Nahrungsaufnahme kann nicht mehr aufrechterhalten werden, wenn man eine tägliche Rückmeldung des Körpergewichts beim Eßverhalten einbezieht. Systemtheoretisch stellt eine Rückmeldung des Körpergewichts eine Rückkopplung der Ausgabe des Systems auf seine Eingabe dar. Das Prinzip einer Rückkopplung besteht darin, daß die Ausgabe zur *Kontrolle* der Eingabe verwendet wird, sie jedoch zu keiner Veränderung der Eingabe führen darf (vgl. Oppenheim, 1983, Kap. 11). Eine (zusätzliche) Rückmeldung des Körpergewichts soll jedoch zu einer Veränderung der Nahrungsaufnahme führen. Die Nahrungsaufnahme – als somit vom Körpergewicht abhängige Variable – ist dadurch nicht mehr selbst als Systemeingabe anzusehen. Sie ergibt sich aus dem Zusammenwirken des Rückkopplungsmechanismus und einer – noch zu bestimmenden – Systemeingabe.

Als Systemeingabe – und damit unabhängige Variable für die Nahrungsaufnahme – lassen sich bestimmte Reize der Nahrung betrachten wie Geschmacksreiz, Geruchsreiz oder optischer Reiz. Bei diesen Reizen handelt es sich um physikalische Attribute einer Nahrung. Sie werden hier unter dem Begriff Nahrungsangebot zusammengefaßt und als Eingabe des rückgekoppelten Systems Eßverhalten angesetzt: bei offener Schleife (ohne zusätzliche Rückmeldung) führen sie direkt zu einer bestimmten Nahrungsaufnahme, während bei geschlossener Schleife (mit zusätzlicher Rückmeldung) noch der Einfluß des rückgemeldeten Körpergewichts zu berücksichtigen ist.

Die Nahrungsaufnahme wird als Teilsystem mit Eingabe Volumen und Ausgabe Brennwert (vgl. Bäuml, 1986) angesetzt. Damit wird das Körpergewicht als von der Brennwertaufnahme und die Brennwertaufnahme als von der Volumenaufnahme abhängig betrachtet. Die Volumenaufnahme ist so als vom Nahrungsangebot abhängig ansehbar (Abb. 1).

Als Gleichgewichtszustand des Systems wird der Körpergewichtszustand herangezogen, den die Person selbst als ihr persönliches Idealgewicht ansieht. Damit wird der Erfahrung Rechnung getragen, daß viele Personen das gemäß dem Broca-Index bestimmte – statistische – Normalgewicht (z. B. Ditschuneit et al., 1978) zwar teilweise weit über- oder unterschreiten, trotzdem gerade dieses Körpergewicht als ihr Idealgewicht betrachten.

Das System wird als zeitinvariant und inkrementiell linear (z. B. Oppenheim, 1983, S. 44), d. h. in den Differenzen linear, betrachtet. Linearität ist im Zeitbereich nicht annehmbar, da ein Null-Nahrungsangebot nicht zu einem Null-Körpergewicht führt. Betrachtet man das System jedoch z-transformiert (bzgl. z-Transformation vgl. Padulo & Arbib, 1974, Kap. 4.6) – die Erwartungswerte der einzelnen Prozesse sind dann für das Systemverhalten ohne

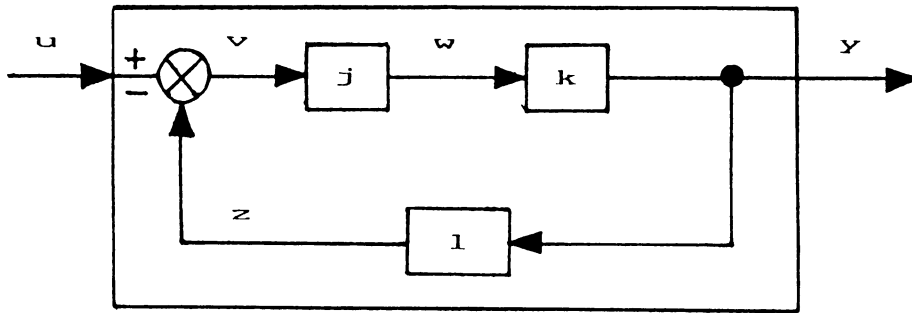


Abb. 1: Systemtheoretische Betrachtung des Eßverhaltens (u Nahrungsangebot; v Volumenaufnahme; w Brennwertaufnahme; y Körpergewicht; z gewichtetes Körpergewicht; j Gewichtung der Volumenaufnahme; k Gewichtung der Brennwertaufnahme; l Gewichtung des Körpergewichts).

Bedeutung – so kann das inkrementielle Glied vernachlässigt und das System als linear angesetzt werden. Ferner ergibt sich aus dem Umstand, daß es sich beim vorliegenden System sicherlich um eine vereinfachte Darstellung des Eßverhaltens handelt, eine stochastische Behandlung des Systems (vgl. Padulo & Arbib, 1974, S. 13, Licklider, 1960).

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Versuchsaufbau

Für eine empirische Analyse müssen Zeitreihen über die Nahrungsaufnahme – Volumen und Brennwert der täglich aufgenommenen Nahrung – und das Körpergewicht mehrerer Vpn vorliegen.

Für die Nahrungsaufnahmedaten werden von Vpn täglich Aufzeichnungen darüber angefertigt, was sie während eines Tages zu sich nehmen. Dabei notieren die Vpn – möglichst genau – Art und Menge der aufgenommenen Nahrung.

Bei denselben Vpn wird täglich – stets zur selben Tageszeit – das Körpergewicht gemessen. Die Messung findet immer an derselben Waage statt und in derselben bzw. ohne Kleidung. Der Meßvorgang wird mit einer geeichten Waage vollzogen, die bis auf 100 Gramm ablesbar ist.

Es werden ferner Angaben der Vpn über ihr persönliches Idealgewicht erhoben. Dabei wird nicht einfach das eigene – vermutlich bekannte – statistische Normalgewicht angegeben, sondern das Körpergewicht, das von der Person als ideal betrachtet wird.

Einige Vpn verzichten darauf, täglich ihr Körpergewicht zu erfahren – ihr Körpergewicht wird stets von einer anderen Person gemessen und notiert – während die anderen täglich davon Kenntnis erhalten.

Die Teilnahmedauer an der Untersuchung beträgt 60 Tage.

Versuchspersonen

An der Untersuchung nehmen 10 Personen – 8 weibliche und 2 männliche – verschiedener Berufe im Alter von 20 bis 48 Jahren teil. Bei 4 der 10 Vpn – davon 1 männliche Vp – er-

folgt keine Rückmeldung des täglichen Körpergewichts. Das Körpergewicht der einzelnen Vpn liegt maximal 10 Kilogramm über ihrem persönlichen Idealgewicht (und maximal 12 Kilogramm über ihrem statistischen Normalgewicht). Nur bei einer (weiblichen) Vp – sie erhält täglich Rückmeldung über das persönliche Körpergewicht – liegt zu Beginn der Teilnahme persönliches Idealgewicht vor.

Versuchsdurchführung

Im allgemeinen hielten die Vpn die aufgestellten Regeln ein. Allerdings mußte bei manchen Vpn ab und zu – etwa wegen Abwesenheit der Vp oder des Wiegers – eine Körpergewichtsmessung ausfallen. Diese fehlenden Daten wurden durch graphische Anpassung geschätzt.

Gewinnung der Volumen- und Brennwert-Daten

Es wird für jede Angabe über eine Nahrungsaufnahme der Vpn eine quantitative Gewichtsschätzung der Nahrung in Gramm vollzogen. Zudem wird – mittels der SOUCI-Tabellen (Souci & Bosch, 1982) oder Packungsaufschriften – für jedes in der Untersuchung vorkommende Nahrungsmittel für ein bestimmtes Gewicht (z. B. pro 100 Gramm) der Brennwert ermittelt. Die geschätzten Gewichte und die damit bestimmbareren Brennwerte der einzelnen Speisen bilden die Daten für Volumenaufnahme und Brennwertaufnahme.

Method

Gemäß der entwickelten Theorie soll – bei Übergewicht – eine (zusätzliche) Rückmeldung von Körpergewicht mittels eines Regelungsvorgangs eine Hemmung der Volumenaufnahme und eine Veränderung der Dynamik des Eßverhaltens bedingen. Entsprechend gilt es zunächst zu prüfen, ob eine (zusätzliche) Rückmeldung des Körpergewichts zu einer negativen Rückkopplung des Körpergewichts auf das Nahrungsangebot und so zu einer Hemmung der Volumenaufnahme führt. Diese Frage läßt sich nach Berechnung der Kreuzkorrelationsfunktion zwischen Volumen und Körpergewicht beantworten. Das Vorherrschen einer negativen Korrelation bei Zeitverschiebung 0 oder geringfügig niedrigeren Zeitverschiebungen erweist sich als kritisch für das Vorliegen einer Rückkopplung (z. B. Box & MacGregor, 1974). Liegt eine Rückkopplung vor, so läßt sich durch Berechnung und Vergleich der Systemfunktion bei geschlossener Schleife (mit zusätzlicher Rückmeldung) gegenüber offener Schleife (ohne zusätzliche Rückmeldung) die durch die zusätzliche Rückmeldung bedingte Veränderung der Dynamik des Systems beschreiben.

Es wird die Theorie linearer Systeme angewandt. Die einzelnen Analysen werden aufgrund des Komplexitätsgrades einer Analyse im Zeitbereich im Frequenzbereich durchgeführt (z. B. Jenkins & Watts, 1968, Schlittgen & Streitberg, 1984). Dabei läßt sich jedes System vollständig durch eine (komplexwertige) Systemfunktion beschreiben, die Information über das Leistungsspektrum (und das Phasenspektrum) des Systems beinhaltet. Das Leistungsspektrum gibt Auskunft darüber, welche Frequenzen vom System passiert und welche, wie stark, unterdrückt werden (Amplitude der einzelnen Frequenzen). Läßt ein

System nur tiefe Frequenzen passieren und unterdrückt mittlere und höhere, so wird es als Tiefpaß bezeichnet. Die Unterdrückung tiefer und mittlerer Frequenzen bei Passieren hoher Frequenzen heißt Hochpaß. Die Unterdrückung tiefer und hoher bei Passieren mittlerer Frequenzen wird Bandpaß genannt (z. B. Oppenheim, 1983).

In Bezug auf das vorliegende System meint ein Tießpaßverhalten somit, daß sich nur Schwingungen des Nahrungsangebots mit langen Perioden (tiefen Frequenzen) im Körpergewicht niederschlagen. Ein Hochpaßverhalten bezieht sich darauf, daß das Körpergewicht nur von kurzen Schwingungen (hohen Frequenzen) im Nahrungsangebot bestimmt wird, während ein Bandpaßverhalten die Abhängigkeit des Körpergewichts von mittellangen Schwingungen (mittellangen Frequenzen) im Nahrungsangebot meint.

Es wird von der oben beschriebenen Beziehung der Variablen Volumen, Brennwert und Körpergewicht (vgl. Abb. 1) ausgegangen. Für die einzelnen Berechnungen wird entsprechend nur die Beziehung Volumen-Körpergewicht betrachtet.

Zur Schätzung der Systemfunktion bei offener Schleife wird für jedes System neben der Kreuzkorrelationsfunktion zwischen Volumenaufnahme und Körpergewicht noch die Autokorrelationsfunktion der Volumenaufnahme bestimmt. Beide werden anschließend mittels dem Bartlett-Priestley-Fenster Fourier-transformiert und in Relation zueinander gebracht (z. B. Jenkins & Watts, 1968, Bendat & Piersol, 1971).

Zur Schätzung der Systemfunktion bei geschlossener Schleife wird die Methode von Box & MacGregor (1974) – auf das vorliegende System transformiert – angewandt. Die Prozeßstrukturen von Nahrungsangebot und Volumenaufnahme bei offener Schleife werden als identisch angesetzt. Es wird somit davon ausgegangen, daß die (zusätzliche) Rückmeldung des Körpergewichts keine Veränderung des Nahrungsangebots bedingt und nur die Volumenaufnahme beeinflusst (vgl. Abb. 1). Diese Annahme über das Nahrungsangebot wird gemacht, da eine experimentelle Variation des täglichen Nahrungsangebots bei Vpn nicht möglich ist. Im Gegensatz zu Tierexperimenten, in denen eine solche Variation durchführbar ist, läßt sich die Abhängigkeit des Körpergewichts vom Nahrungsangebot bei Vpn nur über eine derartige Annahme untersuchen. Ich bin mir bewußt, daß die Ergebnisse über das Systemverhalten bei zusätzlicher Rückmeldung von der Richtigkeit dieser Annahme beeinflusst wird.

Nach einer Schätzung der Systemfunktionen im Frequenzbereich wird noch eine Fourier-Rücktransformation der identifizierten Systemfunktion vorgenommen und auf diese Weise die Impulsantwortfunktion des Systems (z. B. Oppenheim, 1983) bei geschlossener gegenüber offener Schleife bestimmt. Dieses Analogon der Systemfunktion im Zeitbereich gibt an, wie stark und mit welchem Vorzeichen vergangene Eingaben und die aktuelle Eingabe vom System gewichtet werden.

Ergebnisse

Die Kreuzkorrelationsfunktionen des Volumen-Körpergewicht-Prozesses zeigen bei (zusätzlicher) Rückmeldung des Körpergewichts bei 4 von 5 übergewichtigen Vpn höhere negative Werte zwischen Zeitverschiebung 0 und Zeitverschiebung -2. Bei 2 Vpn sind diese Korrelationen gemäß dem Bartlett-Band mit einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0.05$ signifikant, bei den anderen beiden liegen sie knapp – um 0.010 bzw. 0.015 – unter der Signi-

fikanzgrenze ($| 0.258 |$). 3 der 4 Vpn ohne zusätzliche Rückmeldung und die idealgewichtige Vp weisen keine derartigen höheren negativen Korrelationen auf, bei einer Vp ohne zusätzliche Rückmeldung zeigt sich eine höhere, jedoch nicht signifikante Korrelation (vgl. Tab. 1). Eine vergleichende Berechnung der Kreuzkorrelationsfunktion des Brennwert-Körpergewicht-Prozesses ergibt, daß bei allen 5 Vpn mit höheren negativen Werten in der Kreuzkorrelationsfunktion des Volumen-Körpergewicht-Prozesses diese Korrelationen höher ausfallen als diejenigen des Brennwert-Körpergewicht-Prozesses. Dasselbe Bild zeigt sich – bei insgesamt niedrigeren negativen Korrelationen – mit Ausnahme einer Vp auch bei den restlichen Vpn (vgl. nochmals Tab. 1).

Tab. 1: Kreuzkorrelationen des Volumen-Körpergewicht-Prozesses der übergewichtigen Vpn bei Zeitverschiebung 0 (oder -1 oder -2) (vgl. Text). In Klammern der entsprechende Wert der Kreuzkorrelationsfunktion des Brennwert-Körpergewicht-Prozesses.

Vp	mit Rückmeldung	Vp	ohne Rückmeldung
1	-.302 (-.268)	7	-.244 (-.173)
2	-.321 (-.067)	8	-.100 (-.057)
3	-.248 (-.181)	9	-.173 (-.081)
4	-.243 (-.049)	10	-.156 (-.018)
5	-.111 (-.119)		

Die Schätzung der Systemfunktion bei offener Schleife zeigt bei 3 der 4 Vpn ein Systemverhalten, das ganz tiefe und die höheren Frequenzen passieren läßt (Abb. 2). Bei der Vp mit einem höheren negativen Wert in der Kreuzkorrelationsfunktion des Volumen-Körpergewicht-Prozesses werden zudem noch mittlere Frequenzen passiert. Die Funktionen der 3 Vpn lassen sich durch eine Parallelschaltung eines Tiefpasses (rekursiver Tiefpaß; vgl. Oppenheim, 1983) mit einem Hochpaß (Moving-Average-Hochpaß 1. Ordnung; vgl. Box & Jenkins, 1970) identifizieren. Es ergibt sich somit folgende – aufgrund der Zeitverschiebung zwischen Nahrungsaufnahme und Körpergewicht um einen Tag (Bäumli, 1986) noch mit einem Zeitverzögerer reihengeschaltete – theoretische Systemfunktion:

$$I(z) = \left[\frac{\varepsilon}{1 - \alpha z^{-1}} + \eta (1 + \beta z^{-1}) \right] z^{-1}.$$

Die durch eine Fourier-Rücktransformation der identifizierten Systemfunktion gewonnene Impulsantwortfunktion zeigt eine – mit zunehmender Zeitverschiebung geringer werdende – positive Gewichtung aller vergangenen Eingaben. Die Eingabe bei Zeitverschiebung 2 geht aufgrund der Hochpaßeigenschaft nur gering in die Gewichtung ein.

Die Schätzung der Systemfunktion bei geschlossener Schleife zeigt bei 4 der 5 übergewichtigen Vpn das Systemverhalten eines Bandpasses, der in der oberen Hälfte des Spektrums angesiedelt ist (Abb. 3). Die Systemfunktionen dieser Vpn lassen sich durch einen

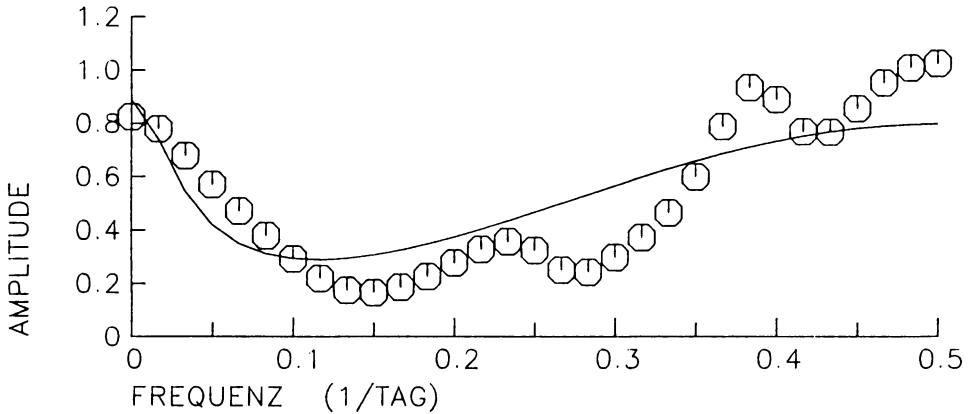


Abb. 2: Systemfunktion einer Vp bei offener Rückkopplungsschleife (ohne zusätzliche Rückmeldung)
 (..... geschätzte Systemfunktion
 (O) identifizierte Systemfunktion)

autoregressiven Filter 2. Ordnung (vgl. Box & Jenkins, 1970) identifizieren. Reihengeschaltet mit einem Zeitverzögerer ergibt sich folgende theoretische Systemfunktion:

$$H(z) = \frac{\xi z^{-1}}{(1 - \alpha_1 z - \alpha_2 z^2)^2}$$

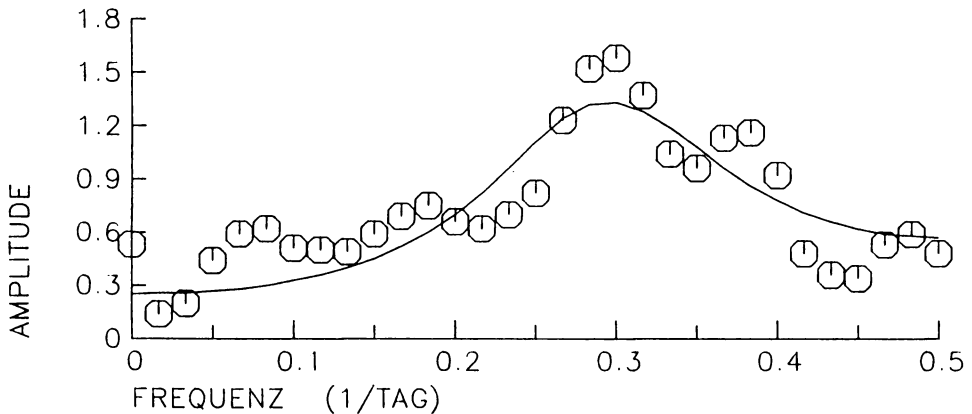


Abb. 3: Systemfunktion einer Vp bei geschlossener Rückkopplungsschleife (mit zusätzlicher Rückmeldung)
 (..... geschätzte Systemfunktion
 (O) identifizierte Systemfunktion)

Die Impulsantwortfunktion zeigt bei diesen Vpn eine negative Gewichtung der Systemeingaben bei Zeitverschiebung 2 und Zeitverschiebung 3, während bis auf die Eingabe

bei Zeitverschiebung 4 – sie wird gering positiv gewichtet – kaum mehr andere Eingaben in die Gewichtung eingehen.

Das Systemverhalten des Rückkopplungsuntersystems zeigt bei den 4 Vpn eine Unterdrückung aller bis auf sehr tiefe und sehr hohe Frequenzen und kann als Parallelschaltung eines rekursiven Tiefpasses mit einem rekursiven Hochpaß identifiziert werden. Bei zwei Vpn ist dabei das Tiefpaßverhalten deutlich stärker ausgeprägt als das Hochpaßverhalten.

Diskussion

Eine (zusätzliche) Rückmeldung des Körpergewichts führt zu einer negativen Rückkopplung des Körpergewichts auf das Nahrungsangebot und so zu einer Hemmung der Volumenaufnahme. Eine solche Wirkung zeigt sich bei 4 der 5 übergewichtigen Vpn, während sie bei der Vp mit Idealgewicht erwartungsgemäß – aufgrund des vorliegenden Gleichgewichtszustandes – nicht vorliegt. Das knappe Nichterreichen der Signifikanzgrenze bei 2 Vpn ist dabei mit der künstlichen Verrauschtheit des Nahrungsaufnahme-Prozesses zu erklären, die durch die Schätzung der Nahrungsaufnahme-Daten aus den qualitativen Aufzeichnungen der Vpn entsteht. Diese künstliche Verrauschtheit führt allgemein zu niedrigeren Korrelationswerten in der Funktion; Korrelationswerte, die nur knapp unter der Signifikanzgrenze liegen (Vp 3, Vp 4, Vp 7), sind entsprechend nicht als Fehlen einer negativen Rückkopplung zu interpretieren. Ohne eine (zusätzliche) Rückmeldung des Körpergewichts ergibt sich – mit Ausnahme einer Vp (Vp 7) – keine negative Rückkopplung. Mit dem Vorfinden einer Rückkopplung des Körpergewichts auf das Nahrungsangebot bei (zusätzlicher) Rückmeldung des Körpergewichts wird die innerhalb der systemtheoretischen Betrachtungsweise angesetzte Rückkopplungsschleife (vgl. Abb. 1) bekräftigt.

Das Fehlen einer negativen Rückkopplung bei einer Vp mit zusätzlicher Rückmeldung (Vp 5) ist möglicherweise mit dem Umstand erklärbar, daß diese Vp seit vielen Jahren immer wieder ihr Körpergewicht erfolgreich durch ein Überwachen des Brennwertgehaltes ihrer Nahrung verringert und dieses Verhalten einer Gewichtung des Körpergewichts entgegenstehen könnte. Das Vorliegen einer negativen Rückkopplung bei einer Vp ohne zusätzliche Rückmeldung (Vp 7) kann mit dem Einfluß einer nicht-kontrollierten Variable in Verbindung gebracht werden. Die Vp gibt – im Gegensatz zu den anderen Vpn ohne zusätzliche Rückmeldung – an, öfters die Notizen über die eigene Nahrungsaufnahme studiert zu haben. Sie könnte auf diese Weise die Wirkung einer zusätzlichen Rückmeldung hervorgerufen haben.

Die Dynamik des Eßverhaltens bei (zusätzlicher) Rückmeldung des persönlichen Körpergewichts unterscheidet sich von der ohne eine (zusätzliche) Rückmeldung des Körpergewichts. Beim Eßverhalten ohne tägliche Rückmeldung des Körpergewichts erweist sich – bei den 3 Vpn ohne eine Rückkopplung des Körpergewichts – das Körpergewicht des nächsten Tages als abhängig vom aktuellen Körpergewicht (rekursiver Tiefpaß) und von der Differenz zwischen dem aktuellen und dem gewichteten vortägigen Nahrungsangebot (Moving-Average-Hochpaß 1. Ordnung). Während sich in der Rekursivität eine Trägheit des Verhaltens widerspiegelt, läßt sich die Differenzbildung als kompensatorisches Verhalten interpretieren: mit der Differenzbildung verringert sich der Einfluß des aktuellen

Nahrungsangebots auf das Körpergewicht, indem die aktuelle Volumenaufnahme umso stärker gehemmt wird, je größer das vortägige Nahrungsangebot und damit die vortägige Volumenaufnahme war. Trägheit und kompensatorisches Verhalten zusammen gewährleisten dem Eßverhalten eine gewisse Stabilität, indem die kompensatorische Komponente langfristige und die Trägheit kurzfristige Veränderungen im Verhalten unterdrückt.

Beim Eßverhalten mit täglicher Rückmeldung des Körpergewichts zeigt sich das Körpergewicht des nächsten Tages – bei den 4 Vpn mit einer Rückkopplung des Körpergewichts – als abhängig vom aktuellen Nahrungsangebot und dem aktuellen und vortägigen Körpergewicht (Autoregressiver Prozeß 2. Ordnung). Dabei erfährt der Einfluß des aktuellen Nahrungsangebots sowohl durch das aktuelle als auch das vortägige Körpergewicht eine Hemmung. Die hemmende Wirkung des aktuellen Körpergewichts ist dabei direkt mit dessen aktueller Rückmeldung erklärbar, während die hemmende Wirkung des vortägigen Körpergewichts durch die Trägheit des Rückkopplungsverhaltens (Tiefpaßeigenschaft) bedingt ist.

Die (zusätzliche) Rückmeldung von Körpergewicht führt somit zu einer Veränderung des Systemverhaltens. Während die bei Nicht-Vorliegen von zusätzlicher Rückmeldung vorherrschende (kompensatorische) Hemmung der Volumenaufnahme bei zusätzlicher Rückmeldung in ihrer Stärke kaum verändert wird, bedingt das Schließen der Rückkopplungsschleife einen fast vollständigen Wegfall der Trägheit des Verhaltens. Mit diesem Wegfall der Trägheit werden kurzfristige Veränderungen im Verhalten erleichtert, so daß die gleichzeitig vorliegende Hemmung eine Verringerung der Volumenaufnahme bedingt. Kann ein systematischer Einfluß unkontrollierter Variablen vermieden werden, so führt dieses Verhalten auch zu einer Verringerung des Körpergewichts.

Der Umstand, daß im Falle einer negativen Rückkopplung die negativen Korrelationen des Volumen-Körpergewicht-Prozesses stets höher ausfallen als die des Brennwert-Körpergewicht-Prozesses bekräftigt die angesetzte Abhängigkeit der Brennwertaufnahme von der Volumenaufnahme (vgl. Abb. 1). Mit diesem Ergebnis wird gezeigt, daß die (zusätzliche) Rückmeldung des Körpergewichts zu einer Hemmung der Volumenaufnahme führt, und eine Hemmung der Brennwertaufnahme erst durch diese bedingt wird. Die Ergebnisse der Vpn ohne (zusätzliche) Rückmeldung und ohne negative Rückkopplung des Körpergewichts bekräftigen ebenfalls die angesetzte Beziehung zwischen Volumenaufnahme und Brennwertaufnahme. Die negativen Korrelationen für Volumen fallen bei allen drei Vpn deutlich höher aus als für Brennwert. Nur bei Vp 3 liegt der negative Korrelationswert für den Brennwert (knapp) über dem für Volumen; die Überwachung des Brennwertgehaltes der Nahrung von seiten dieser Vp bietet sich dabei wiederum als mögliche Erklärung für diesen Umstand an. Insgesamt weisen die Ergebnisse also darauf hin, daß die Brennwertaufnahme als von der Volumenaufnahme abhängig betrachtet werden kann. Sie stehen damit in Einklang mit der (oben zitierten) Untersuchung von Bäuml. Die innerhalb der systemtheoretischen Betrachtungsweise angesetzte Regelstrecke (vgl. Abb. 1) erfährt somit eine Bekräftigung.

Die Definition des persönlichen Idealgewichts – anstelle des statistischen Normalgewichts – als Gleichgewichtszustand einer Person beim Eßverhalten hat sich bewährt. Es zeigt sich bei allen Vpn, daß nur dann eine negative Rückkopplung vorliegt, wenn das Körpergewicht das persönliche Idealgewicht überschreitet; ein gleichzeitiges Überschreiten des statistischen Normalgewichts muß nicht vorliegen.

Mit den vorliegenden Ergebnissen läßt sich das tägliche Eßverhalten als geregeltes System betrachten. Unter Einführung des Zustandskonzepts der Systemtheorie (Padulo & Arbib, 1974) kann es als eindimensionales geregeltes System beschrieben werden mit Eingabe Nahrungsangebot, Ausgabe Körpergewicht und Zustand Brennwertaufnahme (vgl. Bäuml, 1986).

Eine Anwendung dieses regelungstheoretischen Ansatzes für die Verringerung von Übergewicht bietet sich aufgrund der durch seine Einfachheit bedingten großen Vorteile bei einer praktischen Durchführung durchaus an. Mit den vorliegenden Ergebnissen stellt er eine Alternative zu den üblichen Verfahrensweisen dar. Die entsprechende Anwendbarkeit des Ansatzes bei Untergewicht – das Körpergewicht liegt unter dem persönlichen Idealgewicht – bleibt vorerst noch offen.

Literatur

- Bäuml, K.-H. (1986): Der Brennwert als Zustandsbegriff des Systems Nahrungsaufnahme-Körpergewicht. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 43, 519–529.
- Bendat, J. S., Piersol, A. G. (1971): *Random data: Analysis and measurement procedures*. New York: Wiley.
- Blöschl, L. (1979): *Grundlagen und Methoden der Verhaltenstherapie*. 5. Auflage. Bern: Huber.
- Box, G. E. P., Jenkins, G. M. (1970): *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. San Francisco: Holden-Day.
- Box, G. E. P., MacGregor, J. F. (1974): The analysis of closed-loop dynamic-stochastic systems. *Technometrics*, 16, 391–398.
- Cautela, J. R. (1966): Treatment of compulsive behavior by covert sensitization. *Psychological Record*, 16, 33–41.
- Ditschuneit, H. H., Jaus, E., Jäger, H. & Ditschuneit, H. (1978): Klassifizierung der Fettsucht. *Kliniker*, 7, 103–108.
- Ferster, C. B., Nurnberger, J. J., Levitt, E. B. (1962): The control of eating. *Journal of Mathematics*, 1, 87–109.
- Harris, M. B. (1969): Self-directed program for weight control: A pilot study. *Journal of Abnormal Psychology*, 74, 263–270.
- Jeffrey, D. B. (1977): A comparison of the effects of external control in the modification and maintenance of weight. In: Foreyt, J. P. (ed.): *Behavioral Treatment of Obesity*. Oxford: Pergamon Press.
- Jenkins, G. M., Watts, D. G. (1968): *Spectral Analysis and its Applications*. San Francisco: Holden-Day.
- Licklider, J. C. R. (1960): Quasi-linear operator models in the study of manual tracking. In: Luce, R. D. (ed.): *Developments in Mathematical Psychology*. Illinois: The Free Press.
- Oppenheim, A. V. (ed.) (1983): *Signals and Systems*. Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall.
- Padulo, L., Arbib, M. A. (1974): *System Theory: A unified state space approach to continuous and discrete systems*. Philadelphia: Saunders.
- Pudel, V. (1982): *Zur Psychogenese und Therapie der Adipositas*. Berlin: Springer.
- Sachsse, H. (1971): *Einführung in die Kybernetik*. Braunschweig: Vieweg.
- Schlittgen, R., Streitberg, H. J. (1984): *Zeitreihenanalyse*. München: Oldenbourg Verlag.
- Souci, S. W., Bosch, H. (1982): *Lebensmittel-Tabellen für die Nährwertberechnung*. 3. Auflage. Stuttgart: WVG.
- Stuart, R. B. (1967): Behavioral control of overeating. *Behavioral Research & Therapy*, 5, 357–365.
- Wagner, R. (1955): *Probleme und Beispiele biologischer Regelung*. Stuttgart: Thieme.
- Wollersheim, J. P. (1977): The effectiveness of group therapy based upon learning principles in the treatment of overweight. In: Foreyt, J. P. (ed.): *Behavioral treatment of obesity*. Frankfurt: Pergamon Press.