

Wer nicht lernen will, muß fühlen!

DORIS BEHRENS – GUSTAV FEICHTINGER – GERNOT TRAGLER, WIEN

Gehören Sie zu den wenigen, die Steuerhinterziehung als Kavaliersdelikt auffassen? Falls ja, gehen Sie damit das Risiko einer Strafverfolgung durch die Finanzbehörden ein und dienen Ihren Freunden und Bekannten im Falle einer Überprüfung als abschreckendes Beispiel für diese Handlungsweise.

Ähnlich verhält es sich auch mit „Unterlassungssünden“ im Straßenverkehr, wie etwa zu „vergessen“, den Sicherheitsgurt anzulegen oder den Sturzhelm aufzusetzen. Die Beobachtung eines Unfalls, möglicherweise mit fatalem Ausgang, wird uns zumindest kurzfristig daran erinnern.

Betrachten wir zu guter letzt noch den Konsum einer Droge, wie etwa Nikotin, Alkohol oder auch Kokain. Vom Gelegenheitskonsum bis zum Abdriften in die schwere Sucht ist es oft nur ein kleiner Schritt. Das mit einer Sucht verbundene physische, psychische, soziale und ökonomische Elend führt uns aber drastisch das beträchtliche Risiko vor Augen, welches man bereits mit dem gelegentlichen Konsum solcher Substanzen eingeht.

Was haben diese Beispiele aus dem täglichen, wenn auch nicht unbedingt persönlichen Leben gemeinsam?

1. Der zugrundeliegende Mechanismus

Die gemeinsamen Wesenszüge der oberhalb skizzierten, potentiell riskanten Verhaltensweisen lassen sich folgenderweise zusammenfassen (siehe auch die schematische Darstellung in Abb. 1).

• Zweistufigkeit

Die Modellierung menschlicher Verhaltensweisen in ihrer gesamten Bandbreite ist sicherlich wünschenswert aber oftmals illusorisch – zumindest für reale, datengestützte Anwendungen. Die hier vorgestellte Alternative zur Approximation heterogenen Verhaltens liefert das „LHY-Modell“ (siehe Abb. 1) mit einer einfachen Unterscheidung zwischen zwei Abstufungen menschlicher Handlungsweisen, wobei die erste Stufe (L) ein bestimmtes Verhalten beschreibt, welches nicht notwendigerweise illegal ist, aber jedenfalls ein erhöhtes Risiko birgt, in einen schädlichen Zustand (H) abzurutschen. (Die ausführliche mathematische Herleitung des LHY-Modells findet der interessierte Leser in [Behrens et al., 2000b].)

Kehren wir für einen Moment zu den eingangs ausgeführten Beispielen zurück. In die Gruppe mit Verhaltensmustern der „Stufe 1“ reihen sich unter anderem Verfasser „kreativer“ Steu-

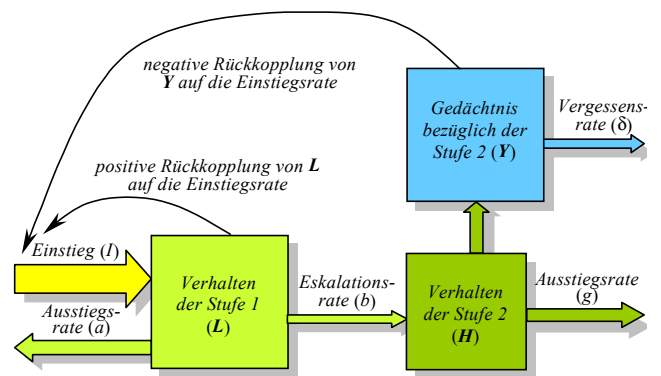


Abb. 1: Flußdiagramm des LHY-Modells

erbescheide, „Genußraucher“, „Gelegenheitstrinker“, etc. und all jene ein, für die eigene Sicherheit im Straßenverkehr nichts mit Gurten oder Helmen zu tun hat. Entsprechende Verkehrsoffer, Suchtkranke und überführte Steuerhinterzieher hingegen gehören zur Gruppe der „Stufe 2-Individuen“ (siehe auch Tab. 1).

Problem	Stufe 1 (riskant)	Stufe 2 (schädlich)	Kontrollmaßnahmen
"Steuer"	Steuerhinterziehung	überführt	Steuerprüfung
"Sicherheitsgurt"	nicht anschnallen	Unfallopfer	Kampagnen, Verkehrskontrollen
"Drogen"	leichter Konsum (nicht süchtig)	süchtig	Prävention, Therapie

Tab. 1: Anwendungsbeispiele für das LHY-Modell

Es ist natürlich möglich, daß die hier beschriebene Zweistufigkeit dem einen oder anderen als sehr grobe Vereinfachung realer Prozesse erscheint. Deshalb sei erwähnt, daß derartige Modelle oftmals – wie auch im nächsten Kapitel beschrieben wird – tatsächliche Vorgänge erstaunlich gut widerspiegeln und sich vor allem auch ökonometrischen Schätzungen nicht entziehen (z.B. mangels ausreichenden Datenmaterials).

- *Eskalation*

Ein bestimmter Anteil der Stufe 1-Individuen „eskaliert“ pro Zeiteinheit mit einer bestimmten Rate b zu Individuen der Stufe 2. In den obengenannten Beispielen erfolgt diese Eskalation durch Prüfung von Seiten der Finanzbehörden, durch das Erleiden eines Verkehrsunfalls oder durch besagtes Abrutschen in die Drogenabhängigkeit.

- *Ansteckung und Abschreckung*

Frei nach dem Motto „Wenn der das hat/kann/tut/riskiert, dann möchte ich das auch“, verbreitet sich das Verhalten der Stufe 1 ähnlich wie ein lästiger Schnupfen in feucht-kühlen Herbsttagen, wobei dieser Ausbreitung jedoch ein zweiter (ebenfalls endogener) Mechanismus entgegenwirkt. Die Tatsache, daß das Verhalten der Stufe 2 – um es vorsichtig zu formulieren – unangenehme Begleiterscheinungen hat, dämpft, anders als bei einer Erkältung, diesen Ansteckungseffekt. Dabei dient nicht nur das unmittelbare Leid von Stufe 2-Individuen als Abschreckung, sondern vor allem auch die Erinnerung daran bzw. die Information darüber (repräsentiert im Zustand Y).

So wird der Einstieg in potentiell riskantes Verhalten (I) in nichtlinearer Weise durch das Verhältnis der beiden Gruppen zueinander (H/L bzw. Y/L) modelliert. Werden beispielsweise Suchtkranke (H) in einem Meer scheinbar glücklicher Gelegenheitskonsumenten (L) begraben und versiegt auch allmählich die Information (Y), die das Risiko bewußt macht, mit einer bestimmten Vergessensrate (δ), so wird die Bereitschaft zu experimentellem Drogenkonsum deutlich höher sein als im umgekehrten Fall.

Der „Ausstieg“ aus der Menge der Protagonisten einer bestimmten Verhaltensweise kann entweder direkt aus der Gruppe der Stufe 1-Individuen erfolgen (a) oder erst später aus H , z.B. durch Verjährung, Therapie, Genesung oder Tod (g).

Das *LHY*-Modell erlaubt den Gewinn von Einsichten über die Entwicklung potentiell riskanten Verhaltens im Laufe der Zeit. Neben der rein deskriptiven Modellierung ist aber oft die Kosten-Nutzen-Analyse ausschlaggebend für die Entscheidungsbildung und Handlungsweise eines zentralen Planers. Dazu hat man die Kontrollkosten gegen den von L bzw. H anfallenden Schaden in jeder Zeitperiode gegeneinander abzuwägen, zu diskontieren und auf die Gegenwart zu beziehen. Im Fall des Sicherheitsgurts kann das Kontrollinstrument in Verkehrskontrollen bzw. Kampagnen bestehen, deren Kosten es gegen jene der Unfallfolgen abzuwägen gilt (siehe die Spalte „Kontrollmaßnahmen“ in Tab. 1 für die beiden anderen Beispiele).

Der folgende Abschnitt faßt eine konkrete Anwendung des *LHY*-Modells mit empirisch geschätzten Parametern im Rahmen eines optimalen Kontrollproblems zusammen.

2. Ein Beispiel: Die U.S.-Kokainepidemie

Die Modellierung der „Drogenproblematik“ und insbesondere die Formgebung der optimalen Steuerung von nachfragebezogenen Gegenmaßnahmen, wie etwa therapeutische Behandlung Drogenkranker oder Einsatz von Präventivmaßnahmen (siehe z.B. [Behrens et al., 2000a, 2002]; vgl. [Caulkins et al., 2000], [Tragler et al., 2001]), basiert in ihren Grundzügen auf einem von Susan S. Everingham und C. Peter Rydell (1994) entwickelten Markov-Modell mit exogen gegebener Einstiegsrate in den Drogenkonsum. Die Heterogenität im „Verbraucherverhalten“ wird durch eine Aufteilung in Gelegenheitskonsum (L wie *light use*) und Sucht (H wie *heavy use*) angenähert.

David F. Musto (1987) stellte die Hypothese auf, daß der Einstieg in den gelegentlichen Gebrauch von Drogen von der Quantität der „Verbraucher“ abhängt, und zwar positiv von der Menge der Gelegenheitskonsumenten (Netzwerkeffekt) und negativ von der Flut Süchtiger. Im Speziellen argumentierte er, daß Drogenkranke sämtliche Nachteile, vor allem aber die irreparablen Schäden, die durch den Mißbrauch süchtigmachender Substanzen hervorgerufen werden, deutlich vor Augen führen und damit mögliche „Neueinsteiger“ nachhaltig abschrecken. Gelegenheitskonsumenten hingegen verbreiten Geschichten über Experimente mit süchtigmachenden Substanzen, die, ob einer gewissen Euphorie, andere regelrecht animieren, besagte Substanz zumindest einmal auszuprobieren. In Folge dessen kommt der zustandsabhängigen Einstiegsfunktion zentrale Bedeutung zu, zumal sie sich auch für den epidemischen Charakter des untersuchten Modells verantwortlich zeigt (siehe Abb. 2).

Die Auswertung des dynamischen *LHY*-Modells erfolgt anhand von Daten der gegenwärtigen Kokainepidemie in den Vereinigten Staaten. Die Ausstiegsrate a und die Eskalationsrate b berechnen sich als zeitkontinuierliche Pendanten der Everingham und Rydell-Werte [Everingham und Rydell, 1994, p.43]. Basierend auf Angaben des *National Institute on Drug Abuse* [NIDA, 1991] schätzten Everingham und Rydell, daß pro Jahr etwa 15% der gelegentlichen Kokainkonsumenten ihre Lebensweise verbessern, während 2.4% in die Sucht (H) abgleiten: $a = -\ln[1 - 0.15] = 0.163$ und $b = -\ln[1 - 0.024] = 0.024$. Aus Gründen, die in Behrens et al. (1999) detailliert ausgeführt sind, wählen wir die Ausstiegsrate aus der Gruppe der Drogenabhängigen als $g = -\ln[1 - 0.06] = 0.062$. Die nichtlineare Einstiegsfunktion (I) beinhaltet im Wesentlichen drei Parameter, nämlich die rohe Ansteckungsrate, s , den Maßstab für die abschreckende Wirkung von Y/L , q , und die Anzahl jener, die aus eigenem Antrieb beginnen, mit Drogen zu experimentieren, ohne von einem Gelegenheitskonsumenten dazu animiert worden zu sein, τ . Auch zur Bestimmung der Parameter s und τ folgen wir der in [Behrens et al., 1999] beschriebenen Prozedur ($s = 0.61$ und $\tau = 50,000$). $s = 0.61$ bedeutet, daß ca. zwei Gelegenheitskonsumenten einen potentiellen „Neueinsteiger“ davon überzeugen, Kokain zumindest einmal zu probieren, wenn man den Einfluß der negativen Erfahrungen in Bezug auf diese Substanz und Informationen darüber außer Acht läßt.

Der „Abschreckungsparameter“ q und die Vergessensrate δ werden durch Kleinstquadratschätzung in Bezug auf modellierte und historische Initiationsdaten eruiert. Der Beobachtungszeitraum

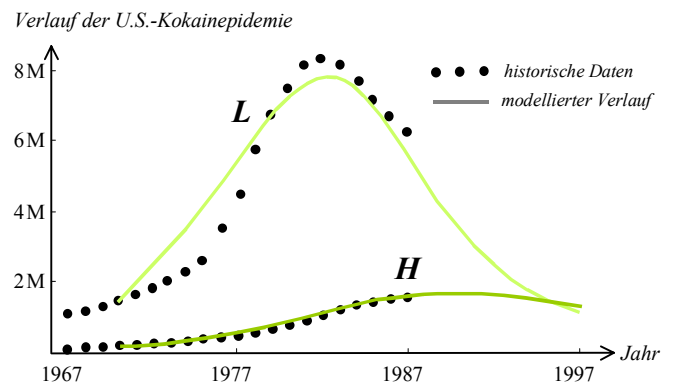


Abb. 2: Beobachteter (Everingham und Rydell, 1994) und modellierter Verlauf der U.S.-Kokainepidemie (für $a=0.163$, $b=0.024$, $g=0.062$, $s=0.61$, $\tau=50,000$, $\delta=0.291$, $q=3.443$; $L_0=1,400,000$, $H_0=130,000$, $Y_0=110,000$).

für das Schätzverfahren umfaßt die Jahre 1971-x, wobei das Jahr x von 1980-1989 variiert. (Eine genaue Beschreibung dieser Schätzprozedur findet sich in [Knoll und Zuba, 2000], wobei sich für die gegenwärtige Kokainepidemie in den Vereinigten Staaten eine lineare Abhängigkeit zwischen den beiden Parametern manifestiert, nämlich $q = 11.83 \delta$.)

Bevor wir nun unser Augenmerk den normativen Modellen zuwenden, möchten wir noch auf eine interessante Eigenschaft des LHY-Modells hinweisen: Epidemien mit einer sehr großen anfänglichen Informationsmenge Y_0 „brennen sehr rasch von selbst aus“. Diese Tatsache könnte erklären, warum weder in Europa noch in kleineren Städten in den Vereinigten Staaten Kokainepidemien jener Größenordnung beobachtet wurden wie in jenen Städten, in denen sich diese Art des Drogenmißbrauchs ausgebreitet hatte (bevor Kokain einen wirklich schlechten Ruf erworben hatte). Möglicherweise dienten die Erfahrungen in jenen Städten (z.B. New York, Los Angeles oder Miami) den kleineren Städten, welche die Kokainepidemie etwas später erlebten, als eine Art Schutz.

Da das quantitative Verhältnis von Suchtkranken zu Gelegenheitskonsumenten – und damit auch die Anzahl der Neueinsteige – im Laufe der Zeit beträchtlich variiert (siehe Abb. 2), ist es plausibel, daß der optimale Einsatz von nachfragebezogenen Gegenmaßnahmen, wie etwa therapeutischer Behandlung Drogenkranker oder Einsatz von Präventivmaßnahmen, über einen längeren Beobachtungszeitraum nicht mit den Methoden statischer Optimierung ermittelt werden kann. Dank des Zugangs über die intertemporale Optimierung erweist sich Prävention als geeignete Maßnahme, wenn es relativ wenige „light users“ gibt, also etwa am Beginn einer Drogenepidemie, während therapeutische Maßnahmen in späteren Phasen einer Epidemie vermehrt an Bedeutung gewinnen (siehe [Behrens et al., 2000a]). Darüber hinaus kann Therapie sogar kontraproduktiv, d.h. schadenserhöhend, sein, wenn – gemeinsam mit einer großen Vergessensrate δ – der relative Anteil der „light users“ an der Anzahl aller Konsumenten sehr groß ist, da die durch die Behandlung Süchtiger erzielte Senkung des konsumbedingten Schadens geringer ist als die Verminderung oben erwähnten Abschreckungseffekts. Demzufolge hängt also die Effizienz der Kontrollinstrumente, insbesondere die der Therapie, vom Einsatzzeitpunkt ab. Behrens et al. (2000a) eruierten die optimale Aufteilung von Budgetmitteln für diese beiden Kontrollausgaben, sowie die Auswirkungen verschiedener Budgetpolitiken in Bezug auf Kosten und Effizienz jener Gegenstrategien. Dies erlaubte die Entwicklung eines Systems zur Entscheidungshilfe, welches zur Politikberatung eingesetzt werden kann.

Weiters zeigt die intertemporale Kosten-Nutzen-Analyse mittels des Kontrollmodells (siehe [Behrens et al., 2002]) deutlich, daß ein erneutes Aufklingen einer bereits „totgesagten“ Epidemie möglich ist, wenn nach einigen Generationen die Problematik von Drogenmißbrauch, mit welcher Väter und Großväter noch in Berührung kamen, vergessen wird. Dies bedeutet nicht nur, daß die Aussage Gültigkeit behält, daß *diejenigen, die aus der Vergangenheit nichts lernen, dazu „verdammte“ sind, sie zu wiederholen*, sondern darüber hinaus, daß dieses Verhalten auch *optimal* (im Sinne einer Reduktion sozialer Kosten) ist! Dies bestätigt auch Mustos (1987) Hypothese bezüglich der Existenz einer „Kette von Kokainepidemien“ in den Vereinigten Staaten.

Untersucht man das Systemverhalten in Abhängigkeit von zwei Parametern, beispielsweise (1) der Diskontrate, r , die einen Gradmesser dafür darstellt, wie zukunftsorientiert sich eine Gesellschaft verhält, und (2) der Vergessensrate, δ , die anzeigt, wie lang- oder kurzlebig deren Erinnerungen sind, so kann man sehen, daß es besonders für gegenwartsorientierte (d.h. kurzsichtige) Gesell-

schaften optimal ist, ihre Vergangenheit zu wiederholen, sollte die Erinnerung zu rasch erlöschen (siehe [Behrens et al., 2002]).

Ein Weg aus diesem Dilemma mittels präventiver Maßnahmen wird in Abb. 3 veranschaulicht. Folgen wir dem vertikalen Pfeil, so sehen wir, daß ein Drosseln der rohen Ansteckungsrate (ein vorrangiges Ziel präventiver Maßnahmen) das erneute Aufblühen einer Kokainepidemie verhindern kann. Folgen wir dem horizontalen Pfeil von links nach rechts (je größer δ , desto schneller verschwinden die Erfahrungen in Bezug auf Drogenmißbrauch, und desto positiver ist der aktuelle Ruf der Droge), so sehen wir, daß rascheres Vergessen zu immer komplizierterem Systemverhalten und letztlich zu stabilen Grenzzyklen führen kann. (Es sei am Rande erwähnt, daß diese Zyklen für die mittels „LHY“ modellierte U.S.-Kokainepidemie eine Periodenlänge von etwa 70 Jahren haben, was auch dem in den U.S.A. beobachteten Verhalten in den letzten beiden Jahrhunderten entspricht [Musto, 1987].) Beobachtet man demnach in einer Gesellschaft einen höheren Grad des Vergessens, so sollte man optimalerweise mit intensiverer Präventionsarbeit darauf reagieren.

Allgemein können wir Bedingungen dafür, daß ein Wiederholen der Vergangenheit im Sinne von wiederkehrenden Drogenepidemien optimal ist, wie folgt angeben:

- die Ansteckungsrate ist hoch, d.h. der Systemparameter s ist groß; oder
- das Wissen über die negativen Folgen schwerer Drogenabhängigkeit wirkt nur gering auf potentielle Einsteiger ein (kleines q), und/oder dieses Wissen wird schnell wieder vergessen bzw. verdrängt (großes δ); oder
- Drogenkonsum zieht sich über lange Zeit hin ($(1+b/g)/(a+b)$ groß), bzw. Abhängigkeit währt lange (g klein), jeweils relativ zur Wirkungsdauer des „Gedächtnisses“ in Bezug auf die negativen Konsequenzen von Drogenmißbrauch.

Umgekehrt können wir das Auftreten von wiederkehrendem Verhalten (Grenzzyklen) ausschließen, sobald wir ein „ausgewogenes“ Verhältnis zwischen der zeitlichen Länge des Drogenkonsums, der Abhängigkeit und des Vergessens vergangener Probleme vorfinden.

Darüber hinaus erlaubt die Analyse der hier beschriebenen Modelle eine Reihe weiterer, höchst interessanter Schlußfolgerungen wie etwa diese: (1) Die mit einer bestimmten konsumierten

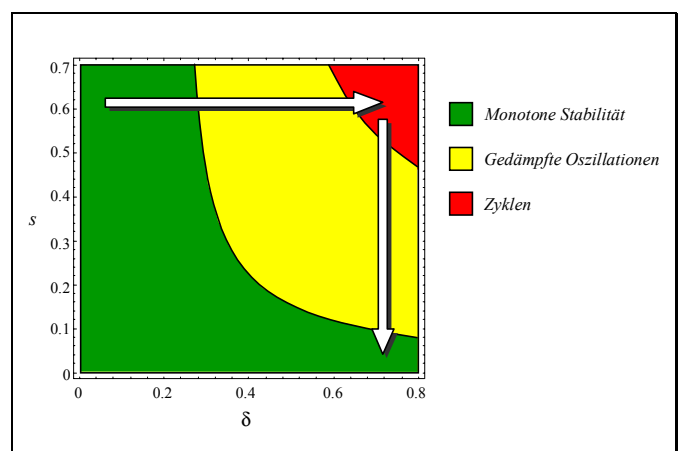


Abb. 3: Stabilitätsverhalten für verschiedene Kombinationen von s - und δ -Werten für $a=0.163$, $b=0.024$, $g=0.062$, $\tau=50,000$ und $q=3.443$.

Menge assoziierten Gesamtkosten, bestehend aus dem monetären Gegenwert des verursachten Schadens im allgemeinem Sinne und den für Kontrollmaßnahmen aufgebrauchten finanziellen Mitteln, steigen mit jeder Verzögerung des Beginns von Gegenmaßnahmen, was deutlich die Notwendigkeit eines „Frühwarnsystems“ aufzeigt; (2) Entscheidungsträger, welche die durch Drogenkonsum verursachten sozialen Kosten als hoch erachten, sollten ein größeres Kontrollbudget bewilligen und einen höheren Prozentsatz dessen in Präventivmaßnahmen investieren; (3) Präventivmaßnahmen kristallisieren sich als bevorzugte Anti-Drogen-Politik weitsichtiger Entscheidungsträger heraus, also jener Politiker, die ihren Handlungen einen längeren Planungshorizont zu Grunde legen.

Vom methodologischen Standpunkt aus betrachtet zeigt diese Analyse auch, daß neben einem klassischen Element des OR (nämlich der intertemporalen Kosten-Nutzen-Analyse) auch die Bifurkationsanalyse eine wichtige Rolle spielt, die ein Eckpfeiler der Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme ist.

3. Konsequenzen für allgemeine Politikentscheidungen

Kehren wir nun wieder zum allgemeinen LHY-Problem zurück. Das Auftreten von stabilen Zyklen – wie in obigem Beispiel beschrieben – ist kein pathologischer Einzelfall. Wie wir nachweisen konnten (siehe [Behrens et al., 2000b]) treten Oszillationen für gewisse Parameterwerte in allen LHY-Modellen auf. Ziehen wir in weiterer Folge alle allgemeinen Erkenntnisse über die Beschaffenheit von LHY-Systemen in Betracht, so sind wir in der Lage, eine Reihe von Hinweisen entscheidungspolitischer Natur zu geben.

- (1) **Prävention.** Obwohl die Effizienz von Präventivmaßnahmen am Anfang einer „Epidemie“ potentiell riskanten Verhaltens nicht zu übertreffen ist, empfehlen sich solcherlei Maßnahmen zu jedem möglichen Zeitpunkt. Durch solcherlei Interventionen kann der gesamte soziale Schaden signifikant verringert werden und/oder läßt sich ein Wiederkehren eines bestimmten menschlichen Verhaltensmusters verhindern.
- (2) **„Resozialisierung“ bzw. „Therapie“ von Stufe 2-Individuen.** Für Epidemien potentiell riskanten Verhaltens mit geringer Vergessensrate empfiehlt es sich, jederzeit Stufe 2-Individuen zu resozialisieren bzw. zu therapieren, wenngleich auch die Effizienz dieser Maßnahmen gegen Ende einer Epidemie steigt. Für Epidemien mit hoher Vergessensrate kann hingegen intensive Resozialisierung bzw. Therapie von Stufe 2-Individuen sogar periodisch wiederkehrendes Verhalten induzieren. Zugegeben klingt das sehr unmenschlich, aber es bedeutet eben nichts anderes, als daß eine Gesellschaft, die ohne weitere Informationskampagnen die Folgeschäden von bestimmten Verhaltensmustern sofort beseitigt (Symptom- statt Ursachenbekämpfung), nicht oder nur schwer in der Lage ist, etwas über deren negative Auswirkungen zu lernen. Die Beziehung zwischen Therapie, Grad des Vergessens und Intensität der Wirkungsweise von Information ist demzufolge vor der Entscheidungsfindung in Bezug auf Resozialisierung bzw. Therapie genauestes zu untersuchen, um einer bekannten Weisheit gerecht zu werden, die da lautet: „Aus Schaden wird man klug“ – aber natürlich nur, wenn man ihn erkennt.
- (3) **Die zeitliche Abfolge von Prävention und Therapie/Resozialisierung.** Wenngleich auch sämtliche auf dem

LHY-Modell basierenden Kontrollmodelle nicht zu dem extremen Resultat kommen, daß primäre Präventionsmaßnahmen und Therapie bzw. Resozialisierung nie gleichzeitig angewandt werden dürfen [Behrens et al., 2000a], ist es ratsam, präventive Maßnahmen eher am Anfang einer Epidemie zu intensivieren, während Resozialisierung bzw. Therapie von Stufe 2-Individuen verstärkt zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt eingesetzt werden sollten.

- (4) **Maßnahmen von Seiten der Exekutive.** Bei Epidemien, die eine hohe Bereitschaft zur Eskalation aufweisen, ist es meist von Vorteil, Maßnahmen einzusetzen, welche die Eskalationswahrscheinlichkeit senken. Eine dieser Maßnahmen ist selbstverständlich durch den Einsatz polizeilicher Interventionen gegeben, welche die potentiellen Sanktionen „verteuern“. Allerdings sollte man dabei mit großem Fingerspitzengefühl vorgehen, da ein Senken der Eskalationswahrscheinlichkeit durch ein höheres Maß an Information ausbalanciert werden muß, um zyklisches Verhalten zu unterbinden.

4. Erweiterungen

Bisher haben wir uns vorwiegend auf (gesundheits)ökonomische Anwendungen beschränkt. Ein weiteres Beispiel aus diesem Bereich bezieht sich auf die Übertragung von HIV und/oder Hepatitis C durch ungeschützten Sexualverkehr. In diesem Fall bezeichnet L die Gruppe derjenigen, die ungeschützten Verkehr hat („riskantes Verhalten“). Die Eskalation von L nach H beschreibt die Infektion auf Grund dieses potentiell gesundheitsgefährdenden Verhaltens, d.h. H beschreibt die Gruppe der HIV- bzw. Hepatitis C-Infizierten („schädlich“). Die Information über derartige Infektionen, repräsentiert im „Gedächtnis“ Y , reduziert das Risikoverhalten in Bezug auf ungeschützten Geschlechtsverkehr (I). Im Unterschied zum Standardmodell hängt die Eskalationsrate (b) in diesem Fall von der Größe der Gruppe H ab.

Das LHY-Modell ist allerdings so allgemein gehalten, daß es auf vielerlei Verhaltensmuster angewandt werden kann, wie beispielsweise auf Modelle im Bereich des Marketing. Betrachten wir dazu den Fall dauerhafter Konsumgüter wie z.B. Autos. Hierzu unterteilen wir die Verbraucher grob in zufriedene (L) und unzufriedene (H) Kunden. Während letztere die Kaufentscheidung potentieller neuer Kunden (I) negativ beeinflussen, verstärken zufriedene Kunden die Kaufneigung in positiver Art und Weise. Die üblichen Marketinginstrumente Qualität, Preis und Werbung einer profitmaximierenden Firma erhöhen I und drosseln den Zuwachs unzufriedener Kunden (bL).

Eine Vielzahl weiterer Anwendungen des LHY-Modells im Bereich des OR ist denkbar, aber wir möchten es – nicht zuletzt aus Platzgründen – hiermit gerne den Lesern überlassen, solche zu finden.

Danksagungen

Die Autoren danken Jonathan P. Caulkins (RAND und H. John Heinz III School of Public Policy and Management, Carnegie Mellon University; beide Pittsburgh, PA, U.S.A.), der wesentliche Beiträge zu den hier besprochenen Arbeiten geliefert hat, wie auch dem FWF (Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung), der diese Arbeit im Rahmen des Forschungsprojekts P14060-OEK finanziell unterstützt hat.

Referenzen

- [Behrens et al., 1999] Behrens, D.A., Caulkins, J.P., Tragler, G., Haunschmied, J.L., und Feichtinger, G. (1999). „A Dynamic Model of Drug Initiation: Implications for Treatment and Drug Control“. *Mathematical Biosciences* 159, pp.1-20.
- [Behrens et al., 2000a] Behrens, D.A., Caulkins, J.P., Tragler, G., und Feichtinger, G. (2000). „Optimal Control of Drug Epidemics: Prevent and Treat – But Not At the Same Time?“. *Management Science* 46(3), pp.333-347.
- [Behrens et al., 2000b] Behrens, D.A., Caulkins, J.P., Tragler, G., und Feichtinger, G. (2000). „Memory, Contagion, and Capture Rates: Characterizing the Types of Addictive Behavior that Are Prone to Repeated Epidemics“. *Forschungsbericht* Nr. 251, Technische Universität Wien, Institut für Ökonometrie, OR und Systemtheorie.
- [Behrens et al., 2002] Behrens, D.A., Caulkins, J.P., Tragler, G., und Feichtinger, G. (1999). „Why Present-Oriented Societies Undergo Cycles of Drug Epidemics“. *Journal of Economic Dynamics and Control* 26, pp.919-936.
- [Caulkins et al., 2000] Caulkins, J.P., Dworak, M., Feichtinger, G., und Tragler, G. (2000). „Price-Raising Drug Enforcement and Property Crime: a Dynamic Model“. *Journal of Economics* 71(3), pp. 227-253.
- [Everingham und Rydell, 1994] Everingham, S.S., und Rydell, C.P. (1994). „Modeling the Demand for Cocaine“. MR-332-ONDCP/A/DPRC, Santa Monica, CA: RAND.
- [Knoll und Zuba, 2000] Knoll, C., und Zuba, D. (2000). „LHY-Modell“. *Projektpraktikumsarbeit*, Technische Universität Wien, Institut für Ökonometrie, OR und Systemtheorie.
- [Musto, 1987] Musto, D.F. (1987). *The American Disease*. New Haven, CT: Yale University Press.
- [NIDA, 1991] National Institute on Drug Abuse (1991). *Overview of the 1991 National Household Survey of Drug Abuse*. Presseausendung, Dezember.
- [Tragler et al., 2001] Tragler, G., Caulkins, J.P., und Feichtinger, G. (2001). „Optimal dynamic allocation of treatment and enforcement in illicit drug control“. *Operations Research* 49(3), pp. 352-362.