



universität
wien

Some Memories of OR at TU Wien

by Richard F. Hartl





Caveat

- Not a balanced survey of work and life at OR institute
- But very biased view
 - » Towards what I remember
 - » And my own contributions
- Done under time pressure
 - » Many things/persons missing or forgotten



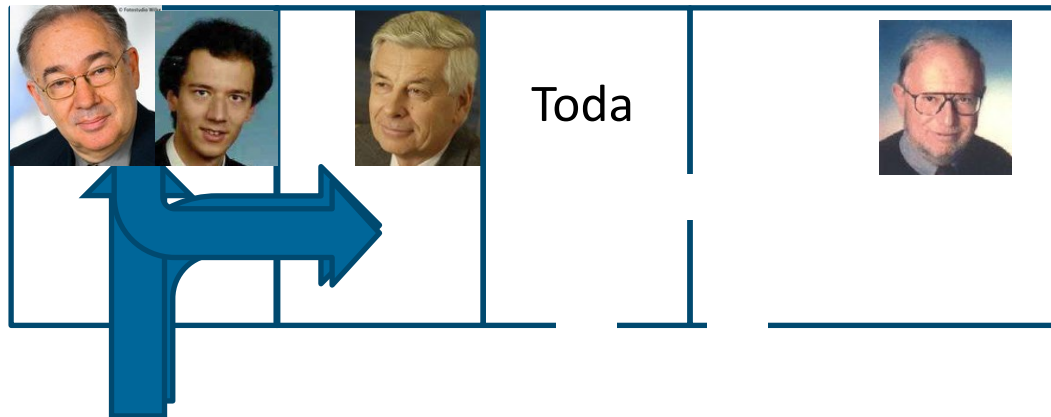
My start at TU

- 16.7.1980 start as Post-Doc
- „Institut für Unternehmensforschung“ consisted of
 - » Gustav FEICHTINGER – Boss
 - » Frau FINK (TODA) – Sekretärin
 - » Alexander (Andi) MEHLMANN - Assistent (Post Doc)
 - » Mikuláš (Miki) LUPTÁČIK – Assistent (Post Doc)
 - » RFH



Topography of the Institute

Paniglgasse



Argentinierstrasse 8

- Mehlmann und RFH as „antechambre“ of Luptáčík
- Luptáčík had hundreds of students (Planungsmathematik)
- Typical flow of persons
- Nevertheless enjoyable and productive time ...



Research Topics during my time

- (Demography) - course, Lexis diagram
- (geometric programming – Luptacik)
- (Manpower planning) – possible topic for master thesis
- Optimal control theory & applications in Econ & MgmtSci
- Differential games / dynamic games
- Analysis of dynamic systems – chaos
- OC with distributed parameters - PDE
- Stochastic OC
- Multi stage systems



Applications of OC

- Inventory management
- Marketing
- Investment
- Applications in economics
- Funny/strange applications (Vampire models, continuors lover)
- Deviant behavior (drug, terrorism, ...)
- Covid and other epidemics
- ...



1st Focus in OC: Saddle Points

- Single state models
- One or more controls
- Objective (Hamiltonian) strictly concave in control

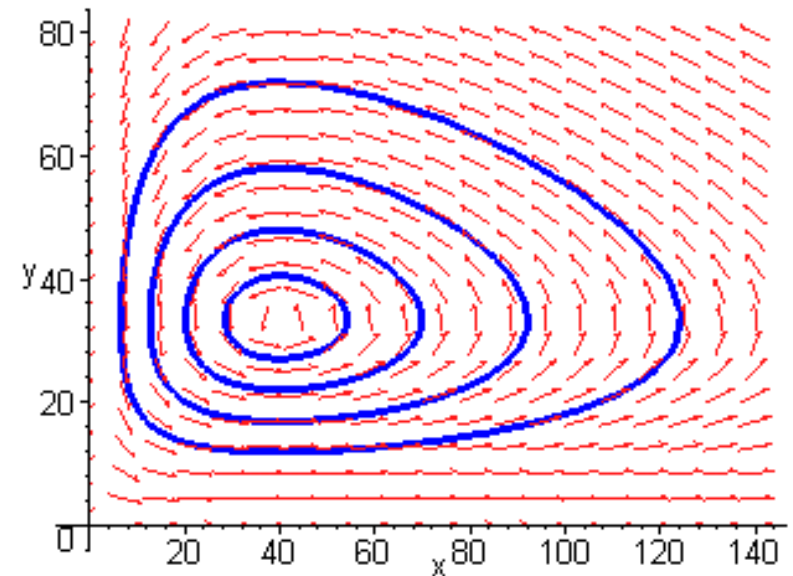
- Convergence to “equilibrium” optimal?
- Steady state of the canonical system – saddle point



Vampire model (1982)

- Isolated Transylvanian valley
 - v ... vampires
 - h ... humans Menschen

Lotka-Volterra Model



- Uncontrolled model: predator-prey system (Lotka – Volterra)

$$\dot{v} = -av + dvh,$$

$$\dot{h} = nh - dvh;$$

- Results in cyclical solutions



Vampire model (1982)

- Now vampire society aims at a sustainable solution where an **optimal bloodsucking rate** per vampire is determined over time

c ... bloodsucking rate per vampire

- Simple transformation:

$x = h/v$... per capita resource



Vampire model (1982)

Future utilities are discounted by r being the rate of time preference. Thus the vampire's objective is to maximize the present value of the utility stream:

$$\int_0^{\infty} e^{-rt} U(c(t)) dt, \quad (2)$$

subject to (1), and the nonnegativity condition $h \geq 0$. This optimal control problem with two state variables (v, h) and one control instrument c can be reduced to the following problem:

$$\text{maximize (2) s. t. } \dot{x} = (n + a - c)x - c, \quad x \geq 0, \quad (3)$$

where x denotes the *humans/vampires ratio* $x = h/v$. Thus we are facing a

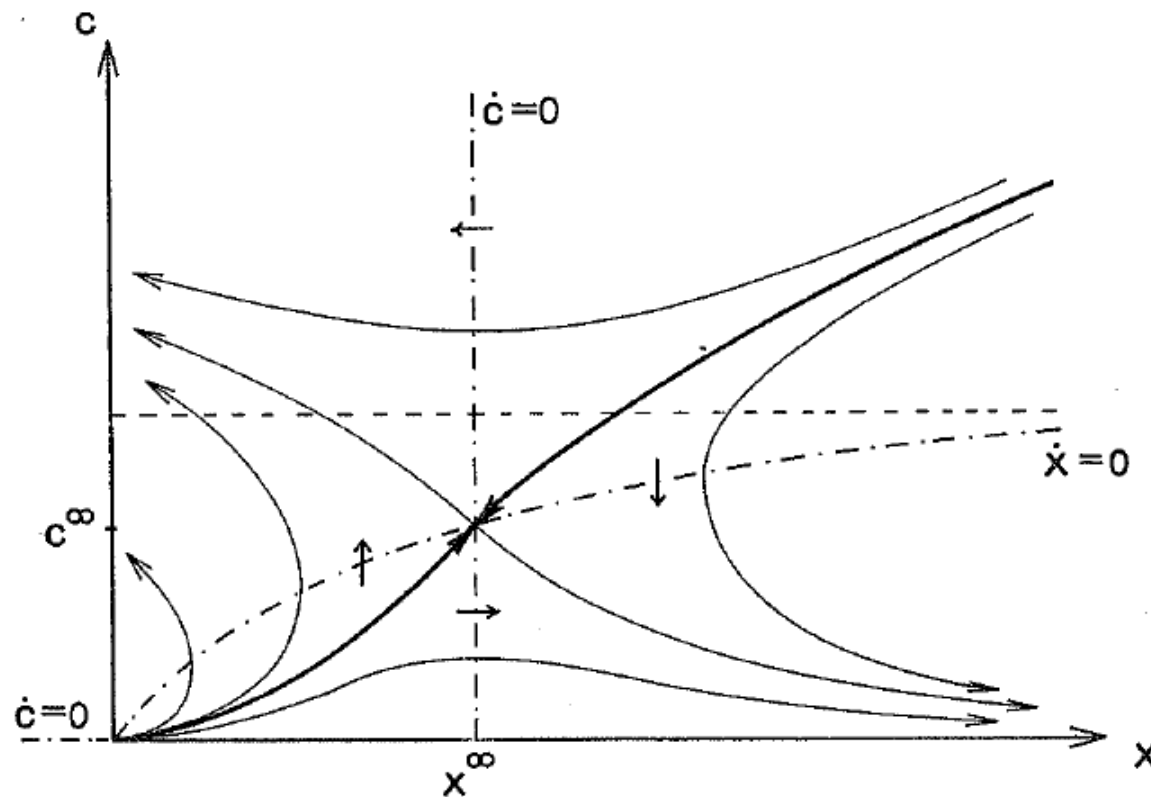


THE TRANSYLVANIAN PROBLEM OF RENEWABLE RESOURCES (*) (1)

by R. HARTL and A. MEHLMANN (2)

Abstract. — *This paper deals with a typical problem of renewable resources described in terms of an optimal control model. The differences in the analysis of the three cases of concave, linear, and convex utility functions are pointed out and optimal solutions are obtained. It is also demonstrated that the size of the discount rate can determine the structure of the optimal policy.*

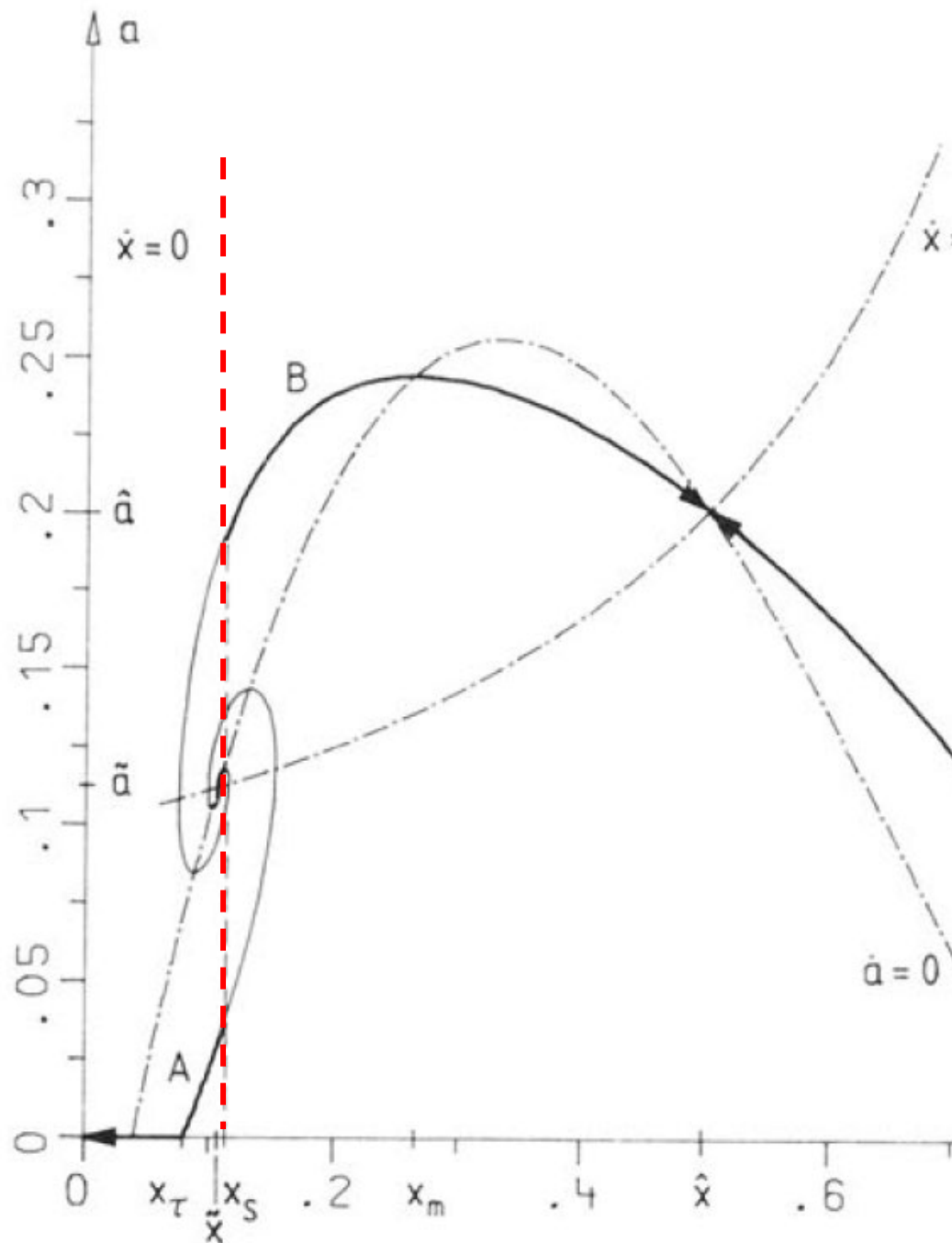
Keywords: maximum principle; phase-plane analysis; bang-bang control; economics of human resources; vampire myth.



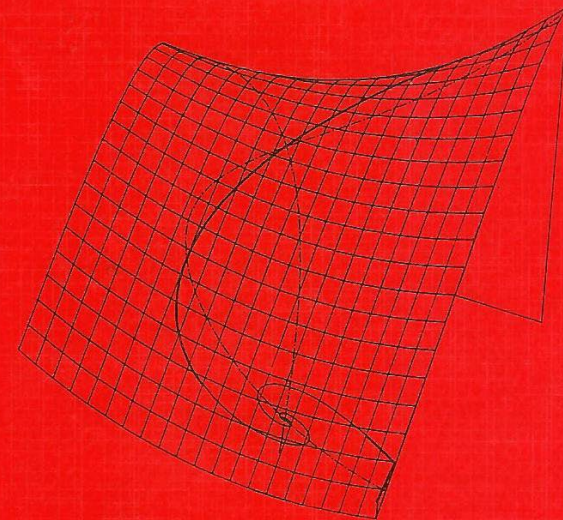


2nd Focus in OC: „Skiba“ Points

- Single (or multi) state models
- One or more controls
- Some complications e.g.
Hamiltonian not concave in state variable
- Then often several steady states exist and are candidates for long run optimal solutions
- Convergence to which “equilibrium” optimal?
- History dependent behavior:
- Thresholds („Skiba“ points or curves) separating basins of attractions of these steady states



Gustav Feichtinger
 Richard F. Hartl
**Optimale
 Kontrolle
 ökonomischer
 Prozesse**



de Gruyter

Optimal Pollution Control with a Nonconstant Exponential Rate of Decay¹

BRUCE A. FORSTER

Department of Economics, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada,

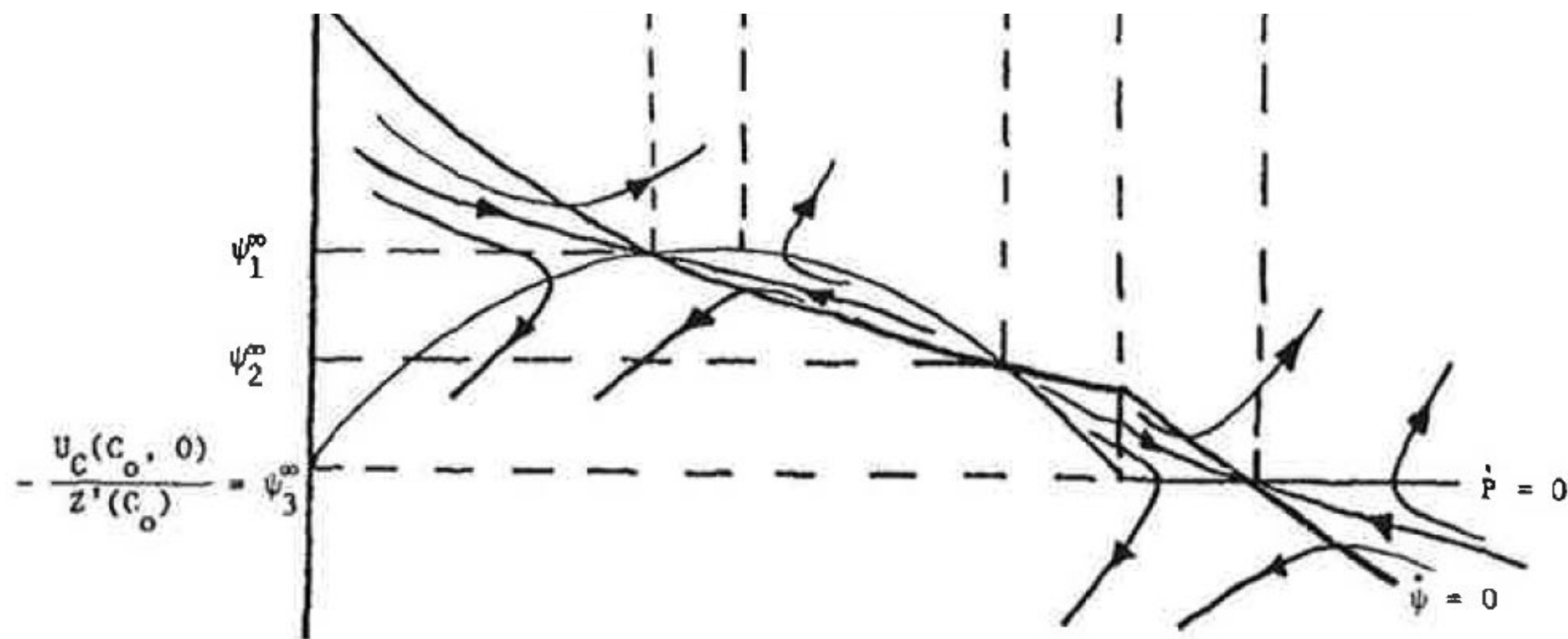


FIG. 2. Free endpoint phase diagram with multiple equilibria.

Weak Skiba in connection with Wine Bottle Holder

- weak Skiba: optimal to stay there
- If starting point a little left/right movement to another *stable* equilibrium:





„Wrong equilibria“ in connection with Wine Bottle Holder





Skiba in Nature?

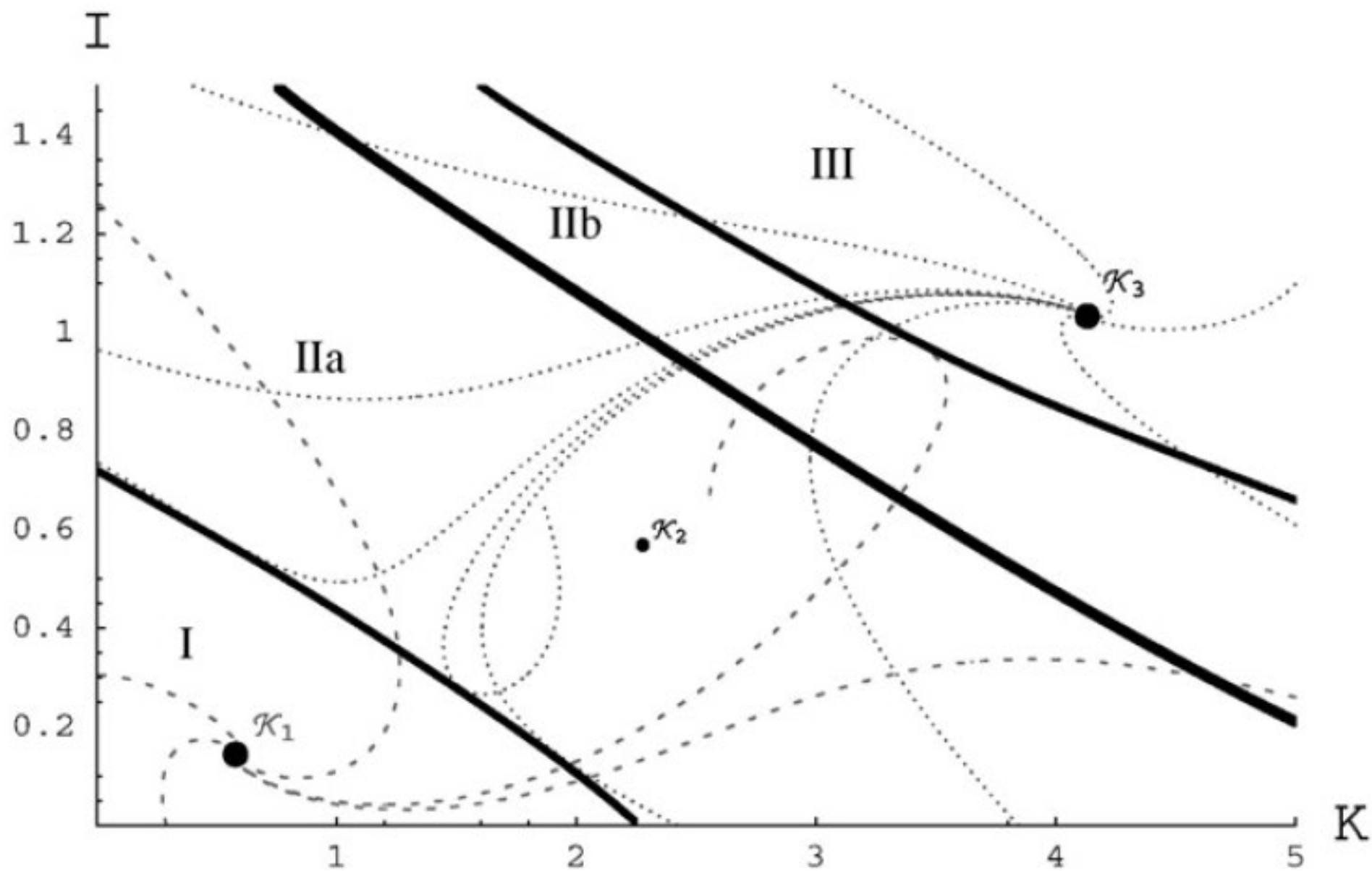
- run in opposite directions to see who your dog loves more y
- run in opposite directions to see who your dog loves more m



3rd (or 2a) Focus in OC: „Skiba“ Curves

- Multi state models
- One or more controls
- Some complications e.g.
Hamiltonian not concave in state variable

- Then often several steady states (attractors) exist and are candidates for long run optimal solutions
- Convergence to which attractor?
- History dependent behavior:
- Threshold curves („Skiba“ curves) separating basins of attractions of these attractors



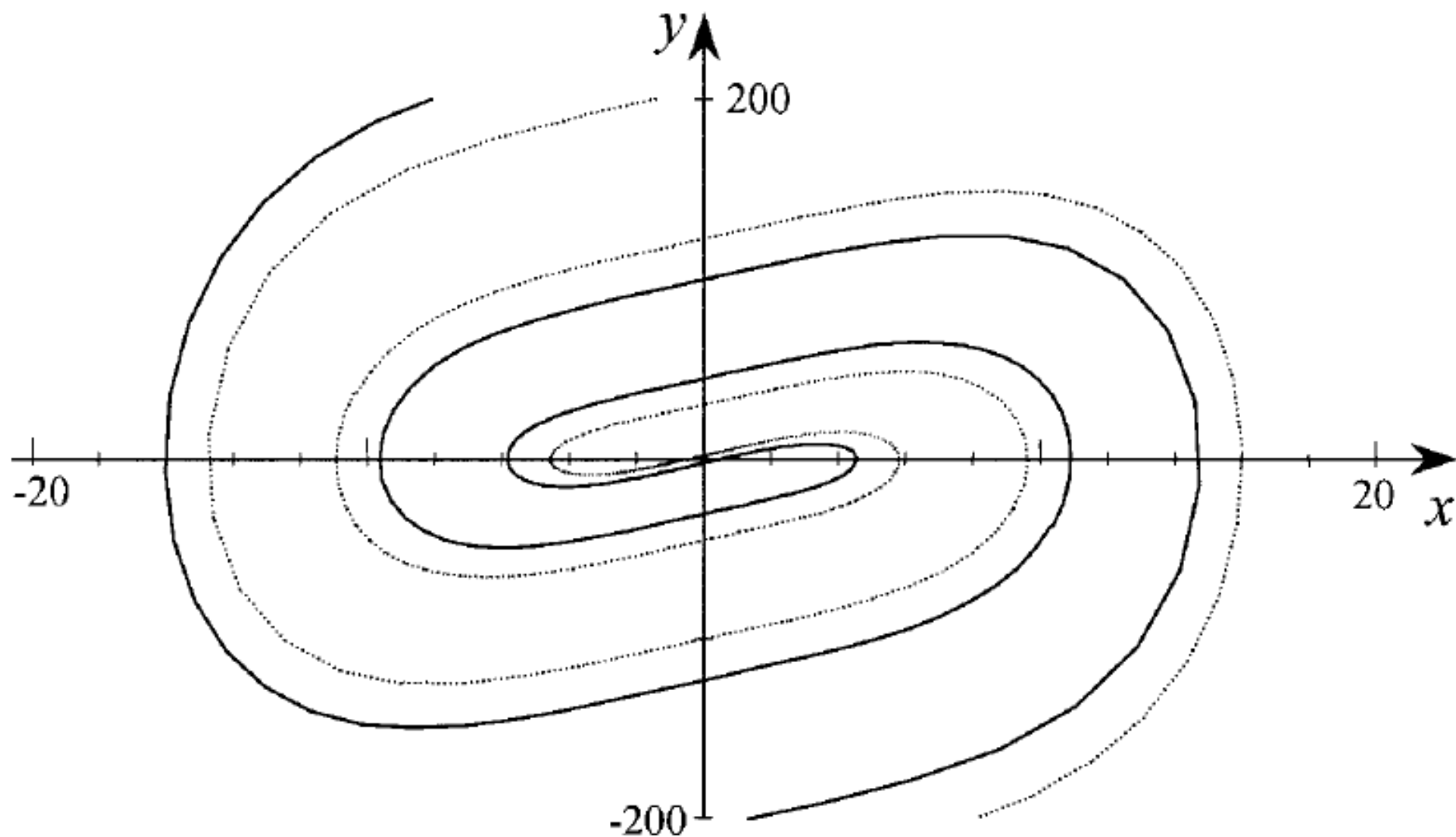


Fig. 5. DNS curves for larger values of x and y . The solid line separates the regions of attraction of the equilibria $x=0$ and $x=+1$, while the dotted line separates the regions of attraction of the equilibria $x=0$ and $x=-1$. The narrow area is the region of attraction of the equilibrium $x=0$.



4th Focus in OC: Limit cycles

- Multi state models
- One or more controls

- The optimal attractors can also be limit cycles
- Can occur also in connection with Skiba curves

European Journal of Operational Research
North-Holland

Theory and Method

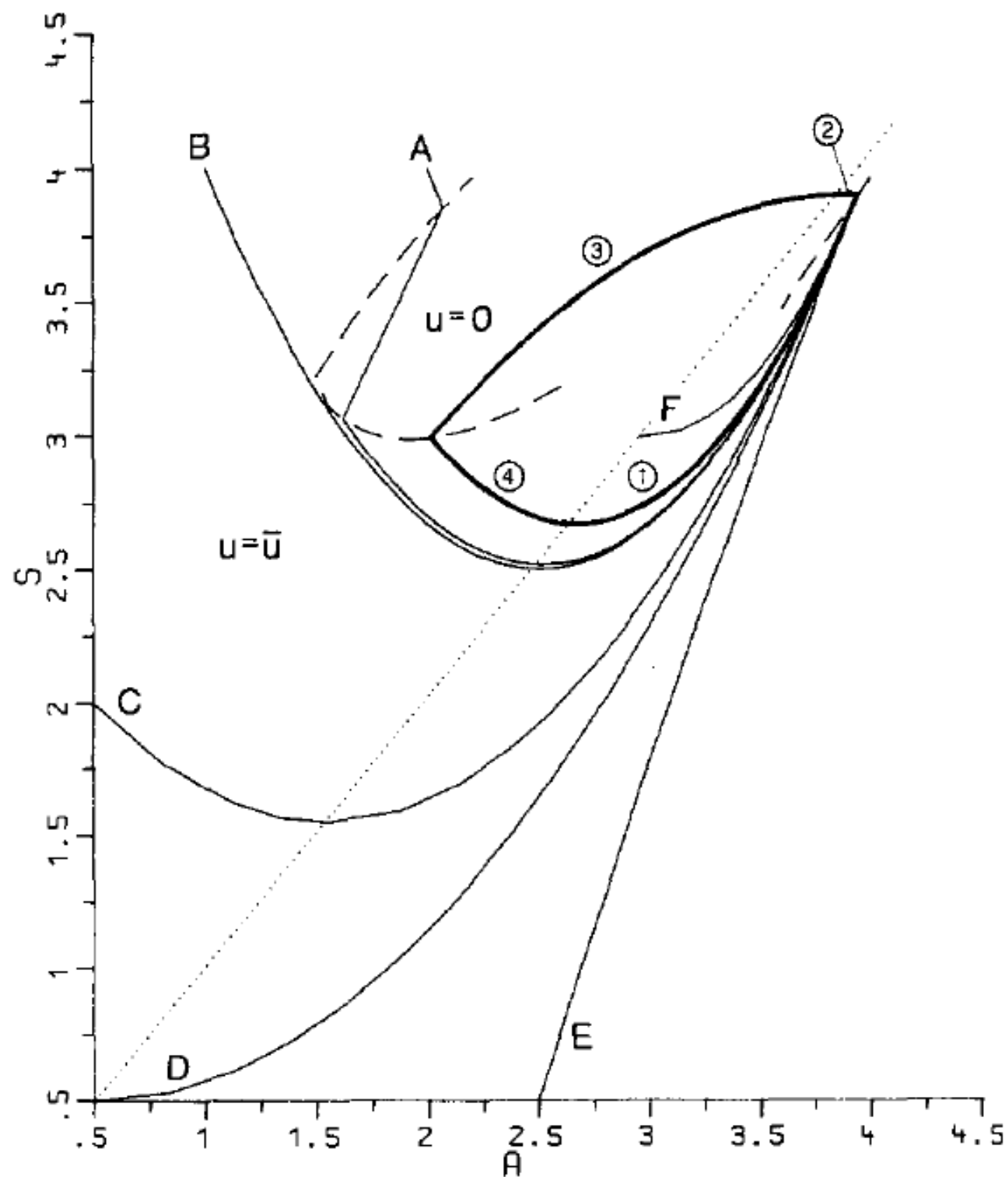
ADPULS in cont

Alfred LUHMER

Department of Business Administration

Alois STEINDL, Gustav FEIC

Department of Operations Research



Cycles of Fear: Periodic Bloodsucking Rates for Vampires

R. F. HARTL,¹ A. MEHLMANN,² AND A. NOVAK³

Communicated by G. Leitmann

Abstract. In this paper, we present a new approach for modelling the dynamic intertemporal confrontation between vampires and humans. It is assumed that the change of the vampiristic consumption rate induces costs and that the vampire community also derives some utility from possessing humans and not only from consuming them. Using the Hopf bifurcation theorem, it can be shown that cyclical bloodsucking strategies are optimal. These results are in accordance with empirical evidence.

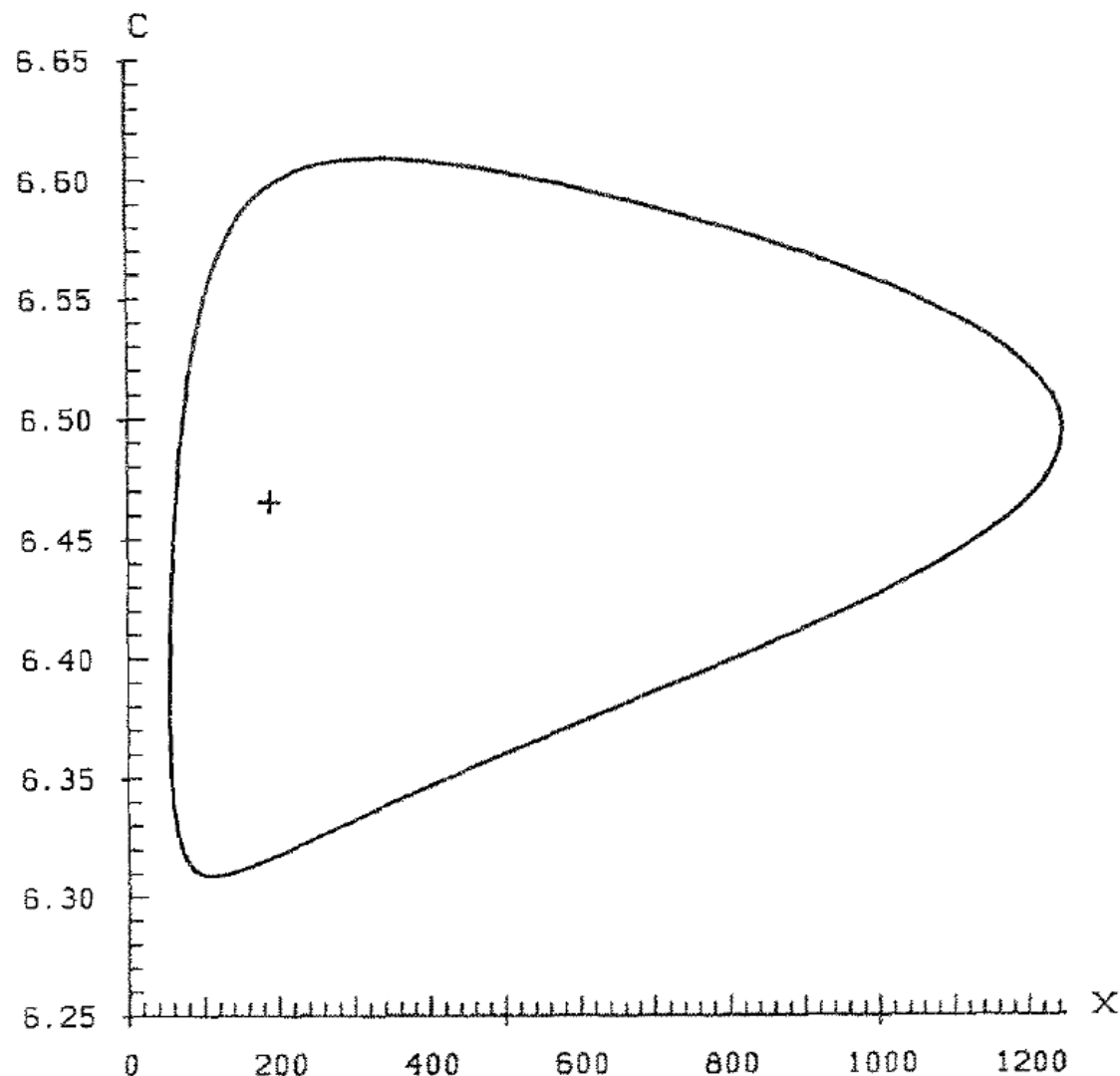
Key Words. Maximum principle, limit cycles, economics of human resources, vampire myths.

“To the feather-fool and lobcock, the pseudo-scientist and materialist, these deeper and obscurer things must, of course, appear a grandma’s tale.”

From *The Vampire in Europe*, by Montague Summers.

1. Introduction

While the behavior of vampires has been studied and documented over long periods of time (see, e.g., Ref. 1), neither the economic significance of vampirism nor the optimality of bloodsucking strategies has been analyzed by means of rational modelling. Vampiristic activities seemed to be of interest only to scholars of anthropology (Ref. 2) or, much more regrettable, to the Hammer Film Productions.



¹Associate Professor, Department of Operations Research, Technische Universität Wien, Wien, Austria.

²Associate Professor, Department of Operations Research, Technische Universität Wien, Wien, Austria.

³University Assistant, Institute of Statistics, Universität Wien, Wien, Austria.



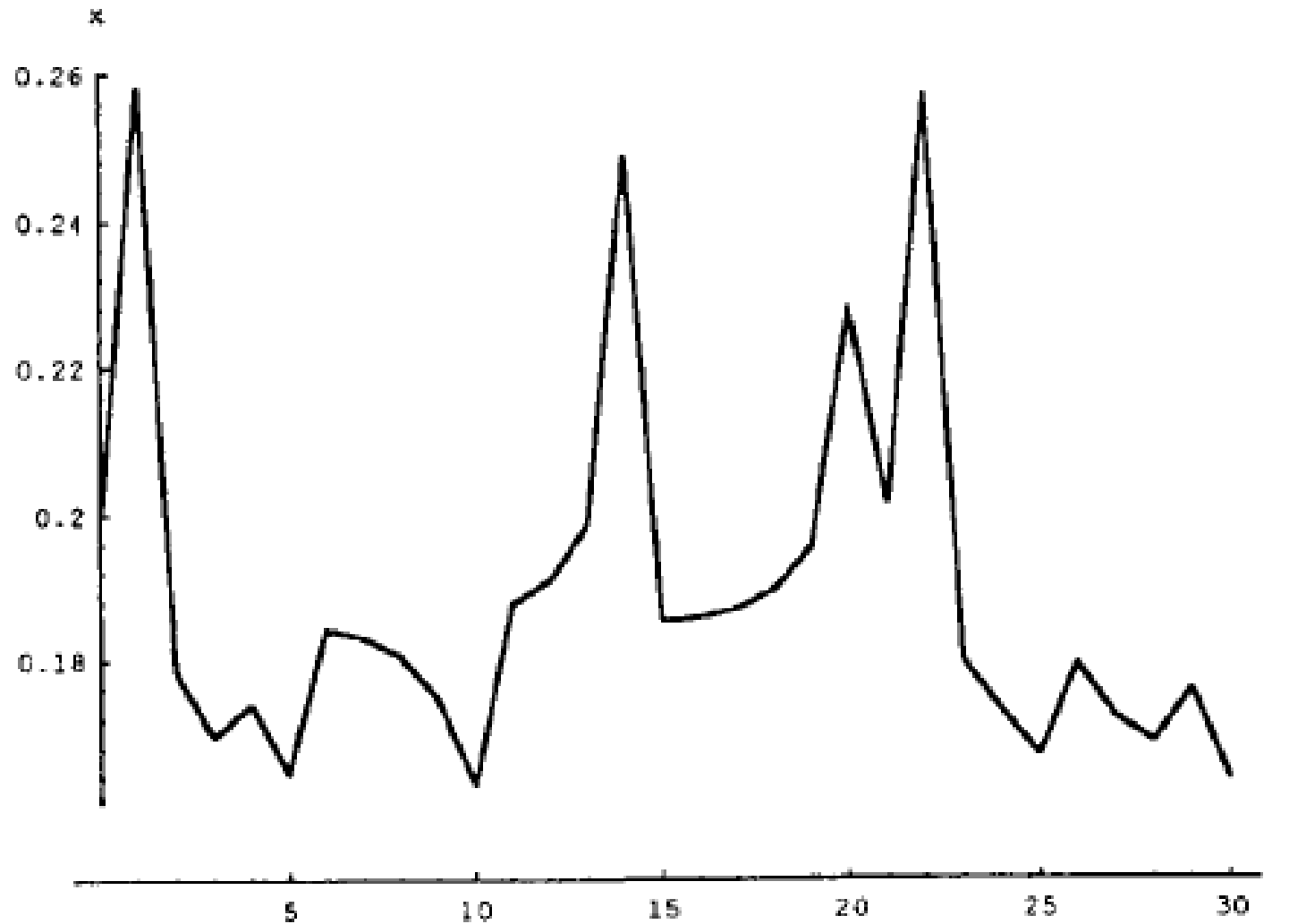
General Interest in dynamical systems

- Gustav on sabbatical at Sante Fe institute
- Brought back a pile of working papers from there
- Chaotic behavior in uncontrolled dynamical systems
 - » Single state when discrete
 - » Multi state also in continuous models
- Many models published by Gustav and coworkers
- Chaos as optimal solution of OC models or DG?

DISCRETE TIME DYNAMIC GAME MODELS FOR ADVERTISING COMPETITION IN A DUOPOLY

GERHARD SORGER

Department of Economics, University of Vienna, Hohenstaufengasse 9, A-1010 Vienna, Austria



Der Herr des Chaos

- Der Südsee Strände sind nun leer.
- Aloa! Abschied fällt so schwer.
- **Nur Wien erstrahlt in stillem Glück:**
- **Der Herr des Chaos kehrt zurück.**

- Andi Mehlmann
will present the whole poem later





OC Application Topics during my time

- Serious applications from economics and MgmtSci (Peter Kort ...)
- Vampire models, continuors lover (Andi Mehlmann ...)
- Optimal slidesmanship (Steffen Jorgensen)
- Video games, open source software (with Andrea Seidl ...)
- Control of deviant behavior like drugs and terrorism (Jon Caulkins ...) - **Memos**

TO: Gustav Feichtinger, Gernot Tragler, Peter Kort, Richard Hartl, Andrea Seidl,
Vladimir Veliov
FROM: Jon Caulkins
DATE: February 11, 2010
SUBJECT: Memo #100 Thoughts on Various Models

ität

Introduction

Below are selected notes on today's conversations about various models. Not everyone cares about every paper, so just skip the sections that are not of interest.

Start Up Company with Takeover Option

Franz liked this model very much. He observed that it is the simplest possible model that can create all of the nice results and thought it might even go to *JET*. He noted several things we'll need to explain well in the write up.

#1: Our $f(K)$ is not monotonically increasing; we'll need to reassure readers that all of the solutions of interest have K small enough that $f(K)$ is still on the increasing side of its maximum (hasn't bent back down)

#2: Conventional wisdom is that when you take-over a company, all you get is their machines; the people (human capital) will walk away. We need to remind readers that we are thinking of a high-tech start-up, so the acquirer also gets (and may care the most about) patents, IP embedded in custom software made on work-for-hire contracts, and sometimes even some of the workers if they have non-compete contracts and/or human capital that is specific to the projects they have been working on, so they are more valuable to the acquiring company than to the labor market generally.

#3: Explain why K appears linearly in the salvage function when acquired even though its value is concave (diminishing returns) in the objective function. Our answer is that the small start up lacks the brand recognition, marketing acumen, and global reach of a big company, so it cannot fully capitalize on the value of its IP. The acquiring company can embed the IP or software in more products and sell to more markets.



Further complications of OC models

- OC with lags/delays (Suresh Sethi ...)
- OC with distributed parameters - PDE
-> **Vladimir Veliov**
- Stochastic OC
- Multi stage systems (Dieter Grass ...)



Last Words

- My time at TU was enjoyable
- And productive
- Fond memories
- Thank you Gustav for providing such an inspiring environment to your coworkers and coauthors



Mikulas Luptacik

- OC and math optimization in environmental economics
 - »Scientific Papers
 - »But also coverage in newspaper „die Presse“
- Geometric optimization
 - »Books ...

Mathematisches Modell für den Wohlstand Bruttonationalprodukt, Umwelt, Konsum

Ein mathematisches Modell, das eine langfristige Verbesserung und Sicherung des Wohlstandes — sowohl was die Umweltqualität als auch den materiellen Wohlstand betrifft — stellte jüngst das Institut für Unternehmensforschung an der Technischen Universität Wien vor. Kern der unter Leitung von Dr. Mikuláš Luptacik betriebenen zukunftsorientierten Forschungen ist die „optimale Verteilung des volkswirtschaftlichen Kuchens“, sprich des Bruttonationalproduktes (BNP).

Sind Wirtschaftswachstum und Umweltschutz notwendigerweise immer einander aufhebende Ziele im magischen Vieleck der Wirtschafts- und Sozialpolitik, oder sind sie gar komplementär, einander ergänzend? Von dieser Frage- oder Problemstellung waren die Erarbeiter des „Wohlstandsmodells“ ausgegangen. Die Eigenschaft zur gegenseitigen Aufhebung der beiden Ziele, so werde gemeinhin argumentiert, ergäbe sich aus der „Raumschiff Erde“-Eigenschaft des ökonomisch-ökologischen Kreislaufs: Darin sei der „output“ (Bruttonationalprodukt) des wirtschaftlichen Systems im ökologischen Gesamtzusammenhang einfach nur ein „throughput“ (vielleicht mit einem Trog vergleichbar), und damit habe ein höheres BNP auch mehr Abfälle und Umweltschäden zur Folge. Dagegen, nämlich gegen die behauptete Substitutionalität von ökonomischen und ökologischen Zielen,

wenden sich nun die „Wohlstands“-Modelltheoretiker.

Sie stellen die sogenannte „Komplementaritätsthese“ auf, die vom Gedanken der „aktiven Umweltpolitik“ ausgeht. Deren Aufgabe ist es, die Umweltschäden zu beseitigen beziehungsweise neue, umweltfreundliche Technologien zu entwickeln und damit die Umweltqualität zu verbessern. Allerdings gehen die Mittel, die für die Erhaltung oder Erhöhung der Umweltqualität aufgebracht werden, für Investitionen und Konsum verloren. Ein vermindertes Wirtschaftswachstum ist von dieser Seite aus betrachtet also ein negativer Faktor der aktiven Umweltpolitik.

Die vorliegende Arbeit versucht zunächst nicht mehr, als einen Beitrag zur Diskussion zu leisten. Dies geschieht durch eine Analyse der Aufteilung des BNP für Konsum, in das (Produktions-) Kapital einer Wirtschaft sowie für die Erhaltung der Umwelt. Dieses — so die Schöpfer des Modells — Problem einer optimalen zwischenzeitlichen Allokation (Anhäufung, Zusammentragung, Ausnützung) von knappen Ressourcen, soll unter Anwendung der Kontrolltheorie behandelt werden.

Die genannte Theorie geht — was das vorliegende mathematische Modell betrifft — davon aus, daß bestimmte Systeme (Wirtschaft, aber auch die regenerierbare Natur) mit ganz bestimmten politischen Ent-

scheidungen kontrollierbar sind.

Etwa: Neue Technologie anwenden, daraus folgt: Anfall von weniger (giftigen) Abfällen.

Eine mögliche Entscheidungshilfe für Politiker ist die These, daß man bei eher niedrigen Emissionsraten („Ausscheidungen“ aus Produktionsmechanismen, die sich auf die Umwelt auswirken) besser zu sparen sei. Mit dem gesparten Kapital könne man dann wesentlich besser investieren. Beispiel: Vorgangweise bei der Reinigung der österreichischen Seen.

Abgesehen davon, daß Anwendbarkeit des Modells für eine quantitative Analyse und Aussagekraft der numerischen Ergebnisse begrenzt sind, den Forschern fehlen in Österreich ganze Bündel von Umweltdaten (Verschmutzung, ökologische Auswirkungen, Emissionen, Immissionen und so weiter). Diesen Wink mit dem Zaunpfahl des Forschers haben jedoch die Politiker und Beamten zu berücksichtigen, um weitere Forschung zu ermöglichen.

Besonders zu kritisieren aber ist die einfache Tatsache, daß bei der — im Rahmen der Veranstaltungsreihe „Die Technische Universität Wien forscht“ präsentierten — Studie sogenannte irreversible Prozesse, darin wieder vor allem der Faktor Mensch, unberücksichtigt blieben. Hier seien sie nur genannt: Überbevölkerung, Klimaänderungen (Abholzungen) oder der Lärm.

„Was geschieht, wenn . . .“

In Wien fand der 6. Europäische Kongreß für Operations Research statt

Knappe 580 Fachleute aus 33 Ländern diskutierten in den vergangenen Tagen - vom 19. bis 21. Juli - an der Technischen Universität Wien, wie man mit Hilfe mathematischer Methoden Entscheidungsabläufe in komplexen Systemen entwickeln kann. Ursprünglich für militärische Zwecke verwendet, hat sich Operations Research (O.R.) wie diese Form der Erarbeitung von Entscheidungsgrundlagen - genannt wird, vor allem in der Wirtschaft und der öffentlichen Verwaltung bemerkenswert vielfältig durchgesetzt.

Das wissenschaftliche Programm des 6. Europäischen Kongresses über O.R. der von EURO - Association of European Operational Research Societies, der Österreichischen Gesellschaft für Operations Research und dem TU-Institut für Ökonometrie und Operations Research veranstaltet wurde, ließ einige Schwerpunkte erkennen, die den Anforderungen der nächsten Jahre entsprechen und gleichzeitig die neuesten theoretischen Entwicklungen wiedergeben. So erregt die Rolle und Verwendung der Mikrocomputer, durch die die „decision support systems“ noch operationeller werden.

Die Erwartungen eines Managers exemplifiziert zum Beispiel der Generaldirektor der Verbundgesellschaft, Walter Fremuth („Top Executives' Expectations of Decision Support Systems in Electric Utility Companies“).

Die immer komplexer werdenden Problemstellungen der Unternehmensführung, die sich vor allem aus wachsendem Planungserfordernis und aus der Ungewissheit der Entwicklungserwartungen ergeben, lassen die Verbundgesellschaft zum Einsatz eines computerspezialisierten Systems für strategische Planung greifen. Damit können die Auswirkungen der angenommenen wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Entwicklungen sowie des eigenen unternehmerischen Handelns auf das Konzernergebnis aufgezeigt werden. Als Simulationsmodell konzipiert, können Fragen, „Was geschieht, wenn . . .“ beantwortet werden. Neben der betrieblichen Vorausschätzung ist es möglich, für die strategische Planung auch Optimierungsmodelle für den Kraftwerksbetrieb zu entwickeln.

Fremuths Anforderungen an Decision Support Systeme, praktisch anwendbare mathematische Methoden zur Lösung von Planungsaufgaben; durchschaubare Modelle, deren Ergebnisse nachvollziehbar sind und eine für das Management geeignete Bedienung und Informationsdarstellung.

Ein weiterer Schwerpunkt der Veranstaltung kristallisierte sich zum Thema Entscheidungsfindung unter Mehrfachzielsetzung heraus, wo nicht nur die neuesten interaktiven Verfahren zur Diskussion standen, sondern ebenso deren ökonomische Anwendung.

Mit neuen Ergebnissen kommen jedoch auch die traditionellen O.R.-Gebiete, wie etwa mathematische Programmierung, Kontrolltheorie, Lagerhaltung, Simulation, aufwarten. In den vergangenen zwei Jahrzehnten hat sich herausgestellt, daß die Kontrolltheorie ein effizientes Instrumentarium zur Analyse intertemporaler ökonomischer Entscheidungsprobleme bietet. Die Modellierung und Optimierung von Entscheidungsprozessen in der Unternehmensplanung wurde deshalb zum Thema einer Reihe von Beiträgen.

In den Tutorials standen Themen wie „Operational Research in Marketing“ von Alan Mercer, University of

IBM-Mitarbeiter Theo Lutz oder „Simulation“ vom Wiener Wirtschaftswissenschaftler Heimo H. Adelsberger auf dem Programm.

Der erste Anstoß zu Operations Research wurde im übrigen während des Zweiten Weltkriegs gegeben; dieses Anwendungsgebiet hat auch zu dieser Bezeichnung geführt, für die es bisher keine deutsche Übersetzung gibt, die sich durchgesetzt hätte (zum Beispiel Unternehmensforschung, Planungsforschung usw.). Entsprechend dem zu unterscheidenden Problem und der daraus resultierenden Struktur des Modells haben sich dann spezielle Teilgebiete des O.R. entwickelt: lineare, nichtlineare und ganzzahlige Programmierung, Kontrolltheorie, Netzplantechnik, dynamische Programmierung, Zuverlässigkeitstheorie usw. Trotz dieser Vielseitigkeit der verwendeten Modelle und Methoden und der relativ selbständigen Entwicklung der einzelnen Teildisziplinen kann man O.R. nicht als eine Sammlung von los zusammenhängenden, mehr oder weniger konkreten Rezepten zur Lösung irgendwelcher Entscheidungsprobleme auffassen.

Ergebnisse sind oft enttäuschend

Der Erfolg eines O.R.-Projektes hängt nämlich nicht nur von der Lösungsmethode des mathematischen Modells, sondern schon von der Formulierung des Modells und der praktischen Implementierung der Lösung ab. Die oft sehr starke Konzentration auf die methodische Seite ist eine der Ursachen, daß so viele Lösungen entweder überhaupt nie verwirklicht werden oder ihre Verwirklichung zu enttäuschenden Ergebnissen führt. Überwachung und Verwirklichung sind nicht nur wichtig für den Erfolg des Projektes, sondern auch eine Bewährungsprobe für die wissenschaftliche Methode.

Bei der Verwirklichung hat man es mit dem schwierigsten Gegenstand zu tun, den es für die Wissenschaft gibt, mit Personen und sozialen Beziehungen. Nicht zufällig findet man in den meisten Lehrbüchern der einzelnen Teilgebiete des O.R. nach Kapitel darüber, wie man eine mathematische Modelle und Methoden „verkauft“ beziehungsweise praktisch implementiert. Auf Grund dieses interdisziplinären und über das Methodische hinausgehenden Charakters ist O.R. weder ein Teilgebiet der Mathematik (wenn auch die mathematischen Modelle und Methoden eine zentrale Rolle spielen) noch irgendeiner anderen Wissenschaft.

Der enge Zusammenhang zwischen Operations Research und Wirtschaftswissenschaften liegt in den beiden Gebieten gemeinsamen Optimierungsgedanken begründet. Probleme der optimalen Allokation von knappen Ressourcen (das ökonomische Prinzip) lassen sich als Modelle der linearen beziehungsweise mathematischen Programmierung formulieren und analysieren. Darüber hinaus hat bei der Entwicklung der Betriebswirtschaftslehre zu einer entscheidungsorientierten Disziplin die Entwicklung und Diskussion von Entscheidungsmodellen, in denen ökonomische Fragestellungen modellartig erfaßt werden, eine besondere Rolle gespielt.

Das erste Modell der linearen Programmierung, das schon im Jahre 1939 von L. V. Kantorovic formuliert und gelöst wurde, ist ein Problem aus der Produktionsplanung. In seiner Monographie unter dem Titel „Mathematische Methoden in der Organi-

Wegen die Rentabilität der Arbeit eines Geschäftes, eines Unternehmens oder eines ganzen Industriezweiges zu vergrößern. Ein Weg besteht in verschiedensten Verbesserungen der Technik, zum Beispiel neuem Zubehör für die einzelnen Maschinen. Änderungen der technischen Prozesse und der Entdeckung neuer, besserer Arten von Rohmaterial. Der andere Weg, der bis jetzt viel weniger benutzt wurde, besteht in der Verbesserung der Organisation der Planung und Produktion: Das schließt solche Fragen ein wie die Arbeitsverteilung zwischen den Einzelmaschinen des Unternehmens oder zwischen Mechanismen, Auftragsverteilung zwischen den Unternehmen, die richtige Verteilung der verschiedenen Arten von Rohstoffen, Brennstoff und anderen Faktoren.“

Die große Bedeutung der linearen Programmierung für die Wirtschaftswissenschaften wurde auch dadurch dokumentiert, daß im Jahre 1975 den Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften an L. V. Kantorovic und T. C. Koopmans für ihre Arbeiten an der linearen Programmierung und der ökonomischen Interpretation der Dualität verliehen wurden.

Parallel mit der Entwicklung der elektronischen Rechenmaschinen (denn ohne diese wäre ein praktischer Einsatz von O.R.-Modellen nicht möglich) wuchsen die Anwendungen des O.R. in der Wirtschaft, in der öffentlichen Verwaltung und in anderen Bereichen des täglichen Lebens. Bekannt sind erfolgreiche Einsätze von O.R.-Modellen in der Mineralindustrie, in Banken, in der Lebensmittelverarbeitungsindustrie, in der Eisen- und Stahlindustrie, in der Metallindustrie, in der chemischen Industrie, in der Landwirtschaft, in der Energiewirtschaft, Transportwesen, Bauwesen und Versicherung. Die Modelle des O.R. beziehen sich auf Probleme der Produktionsplanung, Finanzplanung, Kostenplanung, Marketing, Investitionen, Verschmittloptimierung, Fertigungsplanung und -steuerung, Personalplanung, Absatzplanung usw. In den letzten fünfzehn Jahren hat sich der Anwendungsbereich des O.R. auch auf die Stadt- und Regionalforschung sowie Gesundheitswesen und Ökologie erweitert.

Mikulas Luptacik

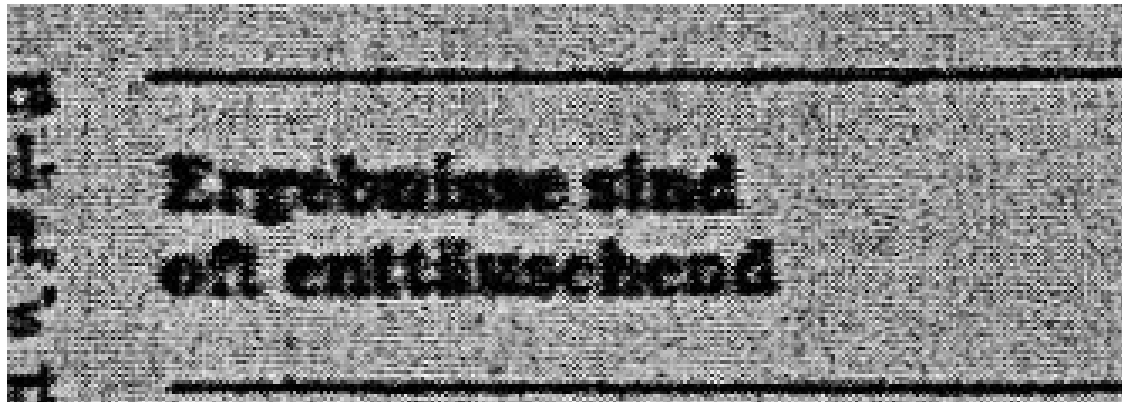
Der Autor ist Dozent an der Technischen Universität Wien.



Photo: Kern

Coverage of EURO VI in „Die Presse“

• By Mikulas Luptacik





Alexander Mehlmann

- Math of literature
 - »Game theoretic analysis of Goethe's Faust
- Literature of maths
 - »Mathematical poems