Zeitschrift: Mitteilungen / Vereinigung Schweizerischer Versicherungsmathematiker = Bulletin / Association des Actuaires Suisses = Bulletin / Association of Swiss Actuaries

Herausgeber: Vereinigung Schweizerischer Versicherungsmathematiker

Band: 71 (1971)

Artikel: Die Mathematisierung der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften im XX. Jahrhundert

Autor: Kaiser, Ernst

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-967164

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 04.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Mathematisierung der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften im XX. Jahrhundert

Von Ernst Kaiser, Bern

(Ergänzte Fassung der Vorlesung vom 18. Februar 1971, gehalten an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich im Rahmen des Seminars über «Neuere Geschichte der Mathematik»)

Die im Titel erscheinenden Begriffe weisen darauf hin, dass es sich hier um die Anwendung der Mathematik auf ein spezielles Gebiet handelt, nämlich auf die Wissenschaften der menschlichen Gesellschaft. Es geht um die *mathematische Erforschung der Massenvorgänge* innerhalb des Gesellschaftskörpers, d.h. um die Messung der entsprechenden Strukturen und Entwicklungen.

Im wesentlichen sind drei Aspekte zu betrachten, erstens die Zusammensetzung der Bevölkerung, sodann die wirtschaftliche Tätigkeit, welche der Gesellschaft die primäre Existenzsicherung gewährleistet, und schliesslich die sozialen Massnahmen, deren Zweck es ist, die sekundäre Existenzsicherung bei den Wechselfällen des Lebens bereitzustellen. Ganz natürlich entsprechen diesen drei Aspekten der menschlichen Gesellschaft drei Messungsarten, d.h. *drei Metrien*, nämlich die Demometrie, die Ökonometrie und die Sekurimetrie. Wir sprechen also nicht von der vorwiegend beschreibenden Demographie, wir deuten Ökonometrie im weiten Sinne des Wortes als Wirtschaftsmessung und bedienen uns des vielleicht nicht schönen, aber eindeutigen Neologismus der Sekurimetrie, welche nicht nur die öffentlichen Sicherungsmassnahmen der Sozialversicherung, sondern auch jene der Privatassekuranz zu messen hat.

Es soll eine kurze Gesamtschau der *neueren Geschichte dieses Anwendungsgebietes der Mathematik* geboten werden. Namhafte Wissen-

schafter haben sich schon mit dem gleichen Thema beschäftigt, so Hans Loeffel[1]), der anlässlich seiner Antrittsvorlesung an der Hochschule St. Gallen vorwiegend die methodologische Seite dieses speziellen Geschichtsauszuges beleuchtet hat. Nicht nur Mathematiker, sondern auch Historiker sind an unserer Frage interessiert; Beweis dafür die kürzlich erschienene Schrift von Herbert Lüthy[2]), worin, nicht zu Unrecht, ein sehr kritischer Ton angeschlagen wird; vielleicht darf am Ende unserer Ausführungen eine etwas mildere Beurteilung erwartet werden.

I. Vorgeschichte

1. Einige Namen und Daten

Es wäre zunächst viel zu sagen über die *Vorgeschichte der Methoden.* Dazu gehört aber die ganze Mathematik, insbesondere die Wahrscheinlichkeitsrechnung und die mathematische Statistik, welche Zweige für unser Gebiet bahnbrechend waren. Über ihre spezifische Vorgeschichte ist aber bereits so viel geschrieben worden[3]), dass es den Rahmen dieser Vorlesung sprengen würde, näher darauf einzutreten. Vielleicht darf noch daran erinnert werden, dass die maschinelle «ars computandi» schon mit Blaise Pascal im XVII. Jahrhundert begonnen, und dass die «ars conjectandi» mit Jakob Bernoulli bereits zu Beginn des XVIII. Jahrhunderts ihre ersten Blüten entfaltet hat.

Wir stellen die *Geschichte der Probleme* in den Vordergrund. Dabei halten wir uns konsequent an unsere Messungs-Trilogie und werfen zunächst einen Blick auf die ältere Geschichte der *Demometrie.* Im XVIII. Jahrhundert begegnen wir u. a. den Namen von Halley als Pionier der Sterblichkeitsmessung und von Euler als solchem der Bevölkerungstheorie mit seinem Exponentialgesetz für Bevölkerungsprognosen, das allerdings die Kritik von Malthus hervorrief. Aus dem XIX.

---

[1]) «Die Mathematik in der modernen Gesellschaft» (Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, Dez. 1970).

[2]) «Die Mathematisierung der Sozialwissenschaften» (Verlag Arche, Zürich 1970).

[3]) Vgl. z. B. Hans Bühlmann, «Die Geburtsstunde der mathematischen Statistik» (Vierteljahrschrift der naturforschenden Gesellschaft Zürich, September 1964).

Jahrhundert möchten wir vor allem drei Forscher erwähnen: Quetelet mit seiner «Physique sociale», Karup als Theoretiker der zusammengesetzten Ausscheideordnungen und Lexis, der sich als Bevölkerungsstatistiker mit seiner Theorie der Massenerscheinungen einen Namen geschaffen hat und dessen «Alter-Zeit-Schema» heute erneut wertvolle Dienste erweist.

Mindestens so viele Namen müssen aus der Vorgeschichte der *Ökonometrie* zitiert werden. Wie schon angedeutet, geht es nicht um Ökonometrie im engern Sinne des Wortes, wie die Anglo-Sachsen die Anwendung statistischer Methoden auf die Volkswirtschaft nennen, sondern um allgemeine Wirtschaftsmessung. Schon im XVII. Jahrhundert treffen wir auf einen genialen Vorläufer, den grossen Leibniz, der sich nicht gescheut hat, sich mit Fragen der einfachen Zinsrechnung zu befassen und der bereits auf das Problem der ständigen Geldentwertung hingewiesen hat. Sodann einige Spitzen aus dem XVIII. Jahrhundert. Als Vorläufer der nationalen Buchhaltung darf wohl der Leibarzt von Louis XIV, F. Quesnay, angesprochen werden, der mit seinem «tableau économique» noch auf Lenin einen nachhaltigen Eindruck gemacht hat. Alsdann ist Daniel Bernoulli als Vorläufer der Nutzentheorie zu erwähnen und schliesslich der Klassiker Adam Smith mit seinem grossen Werk «Wealth of Nations», dem scheinbar Formeln nicht fremd waren. Auch drei Namen aus dem XIX. Jahrhundert, nämlich die beiden der Lausanner Schule: Walras und Pareto und ebenso der französische Mathematiker Cournot, der sich bereits mit dem Problem der Gewinnmaximierung befasst hat (Cournot-Punkt).

Auch die *Sekurimetrie* hat ihre Vorgeschichte, welche natürlich unzertrennbar mit der bereits erörterten biometrischen Theorie der Sterblichkeitsmessung verbunden ist. Hier sind die Namen zweier der grössten Mathematiker zu finden, Euler und Gauss; aber durch ihre versicherungswissenschaftliche Tätigkeit allein wären sie nicht berühmt geworden, handelt es sich doch vorwiegend um die Erstellung von Gutachten über Witwen- und Waisenkassen. Eine Sonderstellung verdient das französisch-englische Dreigestirn aus dem XVIII. Jahrhundert, de Moivre-Dodson-Simpson, dem nicht nur die mathematische Fundierung der Lebensversicherung, sondern vor allem die Begründung des individuellen Äquivalenzprinzips gelungen ist. Sodann darf wohl auch Heym genannt werden, der sich mit den mathematischen Grundlagen der Krankenversicherung befasst hat.

2. *Von der verbalen zur mathematischen Methode*

Schon die Betrachtung der Vorgeschichte lehrt eines, nämlich den irreversiblen Zug von der verbalen zur mathematischen Betrachtungsweise. Wohl ist er noch weniger ausgeprägt bei den rein wirtschaftlichen Disziplinen als bei den andern. Aber diese *stufenweise Entwicklung* liegt in der Natur der Sache, was den amerikanischen Wirtschaftswissenschafter Irving Fisher[4]) bewogen hat zu schreiben: «It seems to be true that sooner or later, every science tends to become mathematical. The social sciences are simply a little later to be reached than astronomy, physics and chemistry, while the biological sciences are later still.» Dieser irreversible Zug zur Mathematisierung wird noch akzentuiert durch die sukzessive Verdrängung der Schularithmetik durch anspruchsvollere mathematische Methoden[5]).

Der Übergang von der verbalen zur mathematischen Methode hätte sich wohl noch rascher vollzogen, wäre nicht während dieser Vorgeschichte ein *systematisches Fernhalten der «reinen» Mathematiker* von der Wirtschaftswissenschaft festzustellen. So schreibt denn auch Oskar Morgenstern[6]): «Das war nicht ganz richtig; besser wäre gewesen, hätte man sich, statt sich hochmütig fern zu halten, mehr mit diesem Gebiet beschäftigt und diese Möglichkeiten für die Mathematik erkannt.» Glücklicherweise ist dem nicht mehr so; bekannte Mathematiker beginnen sich mit unserm Anwendungsgebiet zu befassen.

An die Spitze der Mathematisierung der Sozialwissenschaften kann wohl die *Lebensversicherungsmathematik* gestellt werden. Hier dürfte der Vorwurf Morgensterns kaum zutreffen, waren doch namhafte Algebraiker auf diesem Anwendungsgebiet schon seit einiger Zeit am Werk. Nicht verwunderlich, dass der erste internationale Kongress der Versicherungsmathematiker bereits im Jahre 1895 in Bruxelles stattfand.

---

[4]) Vgl. hiezu J. Gordesch/M. Streit, «Zur Anwendung der Mathematik in der Nationalökonomie» (Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, März 1968).

[5]) E. Kaiser, «Von der politischen Arithmetik zur Wirtschafts- und Sozialmathematik» (Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, Dezember 1967).

[6]) «Spieltheorie und Wirtschaftswissenschaft» (Oldenburg, Wien 1963).

II. Strömungen des XX. Jahrhunderts

3. Geschichte der Methoden

Manches Missverständnis könnte vermieden werden, wenn *Problematik und Methodik* klarer auseinandergehalten würden. Das Wesen jeder Wissenschaft liegt in ihren spezifischen Problemen und keineswegs in den Methoden, welche mit mehr oder weniger Erfolg zur Lösung dieser Aufgaben herangezogen werden. Oft nehmen Forscher allzu oberflächlich Notiz von den sich stellenden Problemen und stürzen sich voreilig auf Lösungsmethoden, die der Problematik nicht immer gerecht werden. Gerade diese Überlegungen mögen aber zeigen, wie wichtig es ist, beides zu kennen, die Probleme und die Methoden.

Die edelste und wirksamste Hilfe für unser Gebiet stammt naturgemäss aus der reinen Mathematik. Zur Methodengeschichte gehört denn eigentlich die ganze *Geschichte der reinen Mathematik,* worüber in diesem Vorlesungszyklus von berufener Seite gar manch Interessantes zu vernehmen war. Es ist bekanntlich schwer, die reine Mathematik von der nachstehend erörterten angewandten Mathematik scharf abzugrenzen, auch wenn dafür anschauliche Bezeichungen wie mönchische oder legislative Mathematik verwendet werden. Der Beizug mathematischer Methoden beschränkt sich vorderhand noch auf einige wichtige Grundlehren der Mathematik, insbesondere die reelle Analysis und die lineare Algebra. Doch setzt sich der Ruf von T. C. Koopmans[7]: «New tools for old problems», langsam durch; mengentheoretische Überlegungen überwiegen in gewissen Abhandlungen und auch einige Ansätze zur Verwendung der Topologie sind festzustellen. Auch darf die starke Position der Wahrscheinlichkeitsrechnung nicht unerwähnt bleiben, hat doch vor allem die Theorie der stochastischen Prozesse ein wirksames neues Hilfsmittel bereitgestellt.

Viel spektakulärer, aber doch nicht wichtiger ist der Beizug der *angewandten Mathematik,* treffender weltliche oder exekutive Mathematik genannt. Das stürmische Eingreifen solcher Methoden in die Wirtschafts- und Sozialwissenschaften ist seit einiger Zeit derart akzentuiert, dass die Methoden die Problematik überschatten, und es

---

[7]) «Three essays on the state of economic science» (McGraw-Hill, New York 1957).

ist nicht zu verwundern, dass Herbert Lüthy[2]) beängstigt unsere Aufmerksamkeit auf diese Entwicklung lenkt. Diese an sich herrlichen Methoden können etwa wie folgt gruppiert werden:

- Die *mathematische Statistik* mit ihren hochentwickelten Testtheorien und mit dem Ausbau der Korrelationsrechnung, welche das Fundament mancher empirisch-wissenschaftlicher Modelle liefert, deren Erkenntniswert aber nicht immer unwidersprochen bleiben kann. Aus diesem Wissenszweig stammen aber auch zwei der markantesten Begriffe, welche die gesamte Sozial- und Wirtschaftsmathematik dominieren, nämlich die strukturierenden Verteilungen und die chronologischen Entwicklungen.
- Die *Computer-Wissenschaft* als Gipfelpunkt der numerischen Methoden, welche nichts weniger als eine Revolution für unsere moderne Gesellschaft bedeutet. Die technologische Revolution bringt äusserst viel Konstruktives mit sich, aber glaubt man nicht allzu leicht, dass sich das Denken durch maschinelles Temporechnen und virtuoses Modellexerzieren ersetzen lässt?
- Die *Verfahrensforschung* (operations research), welche, wenigstens mikroökonomisch gesehen, wichtige Erfolge in der mathematischen Ökonomie und in der Versicherungslehre zeitigen kann. Es genügt, hier auf drei grosse Namen der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts hinzuweisen, welche zugleich drei wichtige Untergebiete kennzeichnen: J. von Neumann (Spieltheorie), A. Wald (Entscheidungstheorie) und N. Wiener (Kybernetik).

4. Geschichte der Probleme

Was kann eklatanter die Vielfalt der sich der Mathematisierung anbietenden Probleme der menschlichen Gesellschaft illustrieren als ein kurzer Einblick in bereits erzielte Ergebnisse. Vergessen wir nämlich nicht einen leicht abgewandelten Ausspruch der Bourbaki-Schule: «Die wirkliche Rechtfertigung einer Theorie beruht in ihren Erfolgen.» So wollen wir denn zunächst einige *Resultate der Mathematisierung von Einzelgebieten* an uns vorbeiziehen lassen, um anschliessend von einigen Ergebnissen der Gesamtanalyse Kenntnis zu nehmen.

---

[2]) Loc. cit.

4.1. Demometrie

Die begrifflichen Zusammenhänge der Strukturen und Entwicklungen einer Bevölkerung ergeben sich aus den *direkten Problemen der Bevölkerungsvorausberechnung* mittels Anfangsbeständen sowie Zugangs- und Abgangsintensitäten (Geburten, Sterblichkeit, Wanderung), was zur Betrachtung der Bevölkerungsfläche $L(t, x)$ führt, mit t als chronologischer und x als biologischer Zeit (Alter). Man möge dabei aber nicht Prophezeiung mit kausalen Zusammenhängen verwechseln.

In dieses Gebiet gehören einige fundamentale *Integralgleichungen*, welche sich z. T. aus Umkehrproblemen ergeben. Es seien erwähnt:

- Die *Integralgleichung der Bevölkerungstheorie*, welche die Ermittlung der Geburtenzahl G aus der Überlebenswahrscheinlichkeit p neugeborener Mädchen sowie der Fruchtbarkeit f der y-jährigen Frauen gestattet. Es geht um eine Gleichumg vom Fredholmschen Typ, in der z die Geburtszeit bedeutet. Dermassen erscheinen dank $y = t - z$ Faltungskerne, sofern die Generationsunabhängigkeit von p vorausgesetzt wird. Die so vereinfachte Gleichung lautet:

$$G(t) = \int_{z_1}^{z_2} G(z)\, p(0, y)\, f(y)\, dz\,.$$

- *Integralgleichungen der Erneuerung.* Es gibt deren viele. Die *klassischen Gleichungen* haben zu Beginn dieses Jahrhunderts ihren Anfang mit dem Berner Christian Moser genommen; es sind Volterra-Gleichungen 2. Art, deren Betrachtung im Lehrbuch von Walter Saxer[8]) einen Höhepunkt erreicht hat. Neulich befasst man sich mit *globalen Erneuerungsgleichungen*, in denen ein gewisser Verlauf der nicht aus der Eintrittsgeneration stammenden Bevölkerung $B(t)$ vorgegeben wird und die Erneuerungszahl $N(z)$ gesucht wird, welche die Erhaltung der vorgegebenen Bestände gewährleistet. Dabei werden die generationsabhängigen Veränderungsintensitäten λ betreffend Sterblichkeit und Wanderung als bekannt vorausgesetzt. Solche Gleichungen erlangen insbesondere in der Pensionsversicherung praktische Bedeutung, wo dann z den Sinn

---

[8]) «Versicherungsmathematik» (Springer, Berlin 1958).

einer Eintrittszeit hat. Als Muster führen wir folgende Volterra-Gleichung erster Art auf:

$$B(t) = \int_0^t N(z) \left[\exp \int_{x_0}^{x} \lambda(\xi; z)\, d\xi\right] dx\,, \qquad \text{dies mit } x = t - z\,.$$

Analoge Gleichungen ergeben sich für die Bestimmung der *Wanderungskomponente W*, welche z. B. zur Erhaltung eines vorgegebenen Gastarbeiterbestandes notwendig sind.

Auch die *Theorie der individuellen Einkommensverteilung* beinhaltet ein Struktur- und Entwicklungsproblem der aktiven Bevölkerung. So ist es z. B. unter gewissen Voraussetzungen möglich, die zur Zeit t durch die Dichtefunktion f gekennzeichnete Verteilung der Aktiven nach ihrem Einkommen u aus einer Verteilung der Dichte g im Zeitpunkt t_0 abzuleiten, sofern ein umkehrbares Zuordnungsgesetz der Einkommen $u(v)$ definiert werden kann. Es gilt dann:

$$f(u; t) = g(v; t_0)\, v'(u)\,, \quad \text{mit dem Spezialfall } v' = 1/s\,,$$

worin der durchschnittliche Lohnindex $s(t)$ erscheint.

4.2. Ökonometrie

Hier greifen wir lediglich einige Beispiele aus der *klassischen Dreiteilung der Wirtschaftstheorie* in Konsumtion, Produktion und Zirkulation heraus.

In der *Konsumtion* wären zunächst die bahnbrechenden Theorien von Keynes über Konsum- und Sparfunktion zu erwähnen. Der Konsum wird weitgehend durch den Nutzen beeinflusst, wofür wir als Beispiel eine neulich konzipierte globale *Nutzenfunktion*[9]) zitieren:

$$U = \int_0^T e^{-\delta t}\, u[X(t)]\, dt$$

Es handelt sich um einen mittels des Abzinsungsfaktors $e^{-\delta t}$ aktualisierten globalen Nutzen U, welcher sich aus den verschiedenen

---

[9]) L. Stoleru, «L'équilibre et la croissance économiques» (Dunod, Paris 1969).

Nutzen u ergibt, die aus dem zeitabhängigen Konsum der Gütermengen $X(t)$ resultieren. Die Optimierung des globalen Nutzens U führt aber unmittelbar auf ein Problem der Variationsrechnung, denn es gilt, das einschlägige Funktional $X(t)$ zu finden, das den Nutzen maximiert.

In der *Produktionstheorie* dominieren die *Produktionsfunktionen.* Neben der bekannteren Cobb-Douglas-Funktion dürfte die vor 10 Jahren von Arrow und Solow eingeführte linear-homogene CES-Funktion (Constant-Elasticity-Substitution) auf spezielles Interesse stossen. Sie wird wie folgt geschrieben, wobei x die produzierte Gütermenge, a_1 und a_2 die beiden erzeugenden Güter (Produktionsfaktoren, z. B. Arbeit und Kapital) sowie γ, δ, ϱ Parameter bedeuten:

$$x = \gamma\left[\delta\, a_1^{-\varrho} + (1-\delta)\, a_2^{-\varrho}\right]^{-\frac{1}{\varrho}} .$$

Auch hier stellen sich interessante Probleme, wie z. B. das der Ermittlung *minimaler Gesamtkosten* bezüglich einer gegebenen Produktionsfunktion $f(a_1, \ldots, a_n)$. Als Bedingung ergibt sich die bekannte Proportionalität zwischen den Marginalprodukten f_i' und den Faktorenpreisen q_i.

Zahlreich sind die mathematischen Erfolge auf dem Gebiet der *Waren- und Geldzirkulation.* Wir erinnern lediglich an die Angebots- und Nachfragegleichungen sowie an die sogenannte Verkehrsgleichung. Von besonderer Wichtigkeit ist die marktbedingte Preistheorie, welche in manchen Fällen auf strategische Probleme führt[10]). Als Beispiel erwähnen wir den Fall der *Oligostrategie,* bei welcher lediglich zwei Produzenten des Gutes x den Markt beherrschen, indem dieses Gut von ihnen in der Menge x_1 bzw. x_2 hergestellt wird. Es seien p der Preis dieses Gutes, K die Produktionskosten, V der Verkaufsumsatz und G der entsprechende Gewinn. Es gelten dann folgende Ausgangsgleichungen:

$$p = \varphi(x_1 + x_2) \qquad \text{für die Gesamtnachfrage und}$$

$$G_i = V_i(x_1, x_2) - K_i(x_i) \qquad \text{für den Gewinn eines Produzenten,}$$

---

[10]) Vgl. die ETH-Diplomarbeit von Heinz Müller, für welche erstmals am 11. Februar 1971 der Versicherungs-Hochschulpreis von Zürich verliehen wurde.

woraus sich durch Ableitung folgendes Gleichungssystem ergibt:

$$\frac{dG_i}{dx_i} = \frac{\partial G_i}{\partial x_i} + \frac{\partial G_i}{\partial x_j} \frac{dx_j}{dx_i} = 0 .$$

Es ist nämlich für jeden Produzenten diejenige Gütermenge x_i zu ermitteln, welche ihm den optimalen Gewinn einbringt. Dabei spielen die Reaktionskoeffizienten dx_j/dx_i eine entscheidende Rolle.

4.3. Sekurimetrie

Hier wären einmal die bemerkenswerten Erfolge der *privaten Lebens- und Sachversicherung* zu erwähnen, worüber PD Ammeter in dieser Vorlesungsreihe schon eingehend gesprochen hat. Es geht daraus hervor, dass die *Risikotheorie* mehr und mehr ins Zentrum dieser Wissenszweige rückt. Sie hat ihre grössten Erfolge in der Sachversicherung gezeitigt, was im Jahre 1957 die Gründung der internationalen Vereinigung «ASTIN» zur Folge hatte.

Ziemlich parallel zur Sachversicherungstheorie hat sich die *Mathematik der Sozialversicherung,* allgemeiner der Sozialen Sicherheit, entwickelt. Dies erhellt schon daraus, dass die erste internationale Konferenz der Mathematiker und Statistiker der Sozialen Sicherheit im Jahr 1956 in Brüssel stattgefunden hat; die fünfte wird im September dieses Jahres in Bern folgen. Bekannte Forscher wie Consael, Coppini, Féraud, Netter, Thullen, Wolff, Wünsche, Zelenka u.a.m. sind hier am Werk. Wir möchten nur zwei Beispiele aus diesen neulich entwikkelten Theorien geben:

- *Das Problem der Indexierung und Dynamisierung der Renten.* Es handelt sich um die Anpassung der Renten an die wirtschaftliche Entwicklung. Indexierung heisst Anpassung an die Preisbewegung und Dynamisierung Anpassung an die Lohnbewegung. Zunächst kann direkt untersucht werden, welche Reduktion des lohnprozentualen Beitragssatzes erreicht werden kann, falls zwar die Neurenten der Lohnbewegung, die Altrenten dagegen der Preisbewegung angepasst werden. Daraus ergibt sich ein wichtiges Umkehrproblem, indem die ökonomisch mögliche Entwicklung des Beitragssatzes gegeben und versucht wird, hieraus den Anpas-

sungssatz der Altrenten abzuleiten, welcher dann grösser oder kleiner als die Intensität der Preisbewegung ausfallen kann. Wir gelangen so zur *Integralgleichung der Rentenanpassung*, deren unbekannte Funktion

$$\varphi(t) = \exp \int_0^t (\eta - \varkappa)\, d\tau$$

neben der gegebenen Lohnentwicklungsintensität η die gesuchte Entwicklungsintensität $\varkappa(t)$ der Altrenten enthält. Die gegebene Kernfunktion K umfasst neben den Beitragssätzen insbesondere die demographischen Entwicklungsintensitäten, F dagegen lediglich Beitragssätze. Die einschlägige Volterra-Gleichung 2. Art sieht dann so aus:

$$\varphi(t) = \int_0^t K(t-z, z, t)\ \varphi(z)\, dz + F(t)\,.$$

– Die *Finanzierungsgleichung* verbindet ausschliesslich in Lohnprozenten ausgedrückte zeitabhängige Grössen. Zunächst sind es der Ausgabensatz α, der Beitragssatz β und der Reservesatz γ; sodann spielt die Differenz $\delta - \varepsilon$ zwischen der Zinsintensität δ und der Veränderungsintensität ε der Lohnsumme eine entscheidende Rolle. Folgende lineare Differentialgleichung erklärt den Finanzhaushalt einer Versicherung in jedem Zeitpunkt $0 \leqq t < \infty$:

$$\alpha(t) = \beta_{ij}(t) + [\delta(t) - \varepsilon(t)]\,\gamma_{ij}(t) - \gamma'_{ij}(t)\,.$$

Die Sätze β und γ sind vom gewählten *Finanzierungsverfahren* (i, j) abhängig, wogegen die Ausgabenentwicklung α durch ein solches Verfahren nicht beeinflusst wird. Es darf bemerkt werden, dass die *Theorie der Finanzierungsverfahren* erst seit knapp 10 Jahren axiomatisch untermauert ist. Es gibt nämlich eine doppelt-unendliche Mannigfaltigkeit (i, j) von Verfahren, wobei die Verfahrensparameter (i, j) zwischen den Extremen $(0, 0)$ des Umlageverfahrens und $(1, 1)$ des Deckungskapitalverfahrens schwanken. Obige Gleichung gilt natürlich auch für die sogenannten Durchschnittsverfahren. In allen Fällen lässt sich so der Reservesatz γ retrospektiv oder prospektiv durch ein entsprechendes Integral darstellen.

Wenden wir uns nun einigen *Ergebnissen der Gesamtanalyse* zu, welche vorwiegend in der Form von *makroökonomischen Distributions- und Evolutionsmodellen* auftreten. Der Hauptakzent liegt natürlich auf den wirtschaftlichen Auswirkungen, wobei jedoch die demometrischen Aspekte, wie die Beschäftigtenzahl, sowie die sozialen Anliegen des Vorsorgesektors eine wichtige Rolle spielen. Es handelt sich wirklich um Gesamtmodelle.

4.4. Empirisch-ökonometrische Modelle

Diese Art von Gesamtanalysen steht vorwiegend bei den Wirtschaftstheoretikern im Vordergrund. Man geht dabei von grundlegenden wirtschaftlichen Identitäten aus und ergänzt sie durch Regressionsgleichungen, deren Parameter durch die Beobachtung der Praxis ermittelt werden. In den hochentwickelten Industrieländern von Amerika und Westeuropa sind solche Modelle schon seit einiger Zeit aufgestellt und durchexerziert worden. Ein analoges *schweizerisches Modell* liess lange auf sich warten und wurde erst kürzlich von seinen hauptsächlichsten Urhebern veröffentlicht[11]). Die Arbeit ist mit Hilfe der OECD (Organisation der Europäischen wirtschaftlichen Zusammenarbeit) in Paris zustande gekommen und dient gegenwärtig dem ETH-Institut für Wirtschaftsforschung als Ausgangspunkt wichtiger Untersuchungen.

Wir können nur die Quintessenz des Modelles äusserst summarisch darstellen. Es geht im wesentlichen um ein *Gleichungssystem von 108 Gleichungen mit 108 endogenen Variablen*, welch letztere es zu bestimmen gilt, z. T. mit Hilfe von 36 exogen gegebenen Grössen. Nicht alle Gleichungen sind linear. Zu 74 wirtschaftlichen Identitäten und Semiidentitäten treten noch 34 Regressionsgleichungen, durch welche eine zeitabhängige wirtschaftliche Grösse $y(t)$ durch n erklärende Grössen $x_i(t)$ im Durchschnitt bestimmt werden; diese stochastischen Beziehungen haben die Form:

$$y(t) = a_1 x_1(t) + \ldots + a_n x_n(t) + z(t) \; ;$$

---

[11]) C. Lambelet/K. Schiltknecht, «A Short-Term Forecasting Model of the Swiss Economy» (Schweizerische Zeitschrift für Volkswirtschaft und Statistik, September 1970).

deren Parameter werden in der Regel aus den Beobachtungen durch die Methode der kleinsten Quadrate ermittelt. Die Lösung solcher Systeme – eine typische Computer-Aufgabe – kann natürlich Zusammenhänge aufdecken, die ohne sie nicht ersichtlich wären, und darin liegt vor allem ihr Erkenntniswert. Man verspricht sich auch einige Erfolge für die kurzfristige Wirtschaftsplanung in der Schweiz.

4.5. *Input-Output-Modelle*

Die Grundidee solcher den Mathematikern speziell zusagender Modelle geht auf die *interindustrielle Kostenmatrix von Leontief* zurück, die er im Jahre 1953 in den USA veröffentlicht hat. Seither ist dieses Konzept nach vielen Richtungen ausgebaut worden; in einem kürzlich veröffentlichen Lehrbuch[12]) erschienen nicht weniger als 12 statische und dynamische Modelle deterministischer und programmierter Art. Hier kann u.a. die Anwendung der Theorie konvexer Mengen voll zur Geltung kommen.

Eine summarische *Beschreibung des einfachsten Modelles in Matrixform* stützt sich auf folgende Symbole. Es wird die Herstellung von n Gütern x_i betrachtet, was den Output-Vektor $x = (x_i)$ definiert. Zur Herstellung von x_i braucht es Input-Mengen a_{ij} verschiedener mit j numerierten Faktoren, woraus die Imput-Matrix $\mathcal{A} = (a_{ij})$; die inverse Matrix heisse $\mathcal{A}'$. Werden noch folgende Bezeichungen eingeführt: $d = (d_i)$ die Konsummengen der Güter, $p = (p_i)$ deren Preise und $v = (v_i)$ den durch die Faktoren Kapital und Arbeit erzeugten Wertzuwachs, ergibt sich folgendes duales System:

$$\left.\begin{aligned} x - \mathcal{A}x &= d \\ p - \mathcal{A}'p &= v \end{aligned}\right\} \Rightarrow \sum d_i p_i = \sum v_j x_j \equiv Y ,$$

was nicht nur die Bestimmung der Mengen x_i und der Preise p_i gestattet, sondern auch das Sozialprodukt bzw. das Volkseinkommen Y grundsätzlich erklärt.

---

[12]) J. Schumann, «Input-Output-Analyse» (Springer, Berlin 1968).

4.6. Wachstumsmodelle

Es geht darum, das seit einigen Jahrzehnten anhaltende wirtschaftliche Wachstum ausgehend von einigen grundlegenden wirtschaftlichen Zusammenhängen zu erklären. Das in den Jahren 1939–1946 konzipierte einfache *Modell von Harrod-Domar* beruht auf der Betrachtung des jährlichen Sparvolumens S und der daraus resultierenden Investition I. Im Zusammenhang mit dem Volkseinkommen Y und dem Kapitalstock K, ergeben sich die beiden Quoten $s = S/Y$ (Sparquote) und $k = K/Y$ (Kapitalkoeffizient). Da die Zuwachsintensität ε des Volkseinkommens durch die logarithmische Abteilung Y'/Y definiert wird, gelten für konstante Quoten s und k:

$$\left.\begin{aligned} S = I = K' &= sY \\ K &= kY \end{aligned}\right\} \Rightarrow \varepsilon = \frac{s}{k}\,.$$

Die beiden erwähnten Modell-Autoren konnten gar nicht ahnen, wie nahe sie am *allgemein gültigen Gesetz* $\varepsilon = (s-k')/k$ vorbei gingen, das sich sehr einfach aus der nationalen Buchhaltung ableiten lässt[13]) und allgemeinen, historisch bleibenden Erkenntniswert hat.

Ähnlich einfache – bisher nie hervorgehobene – Zusammenhänge ergeben sich aus der *Relation von Weintraub* aus dem Jahre 1959. Er stellte statistisch fest, dass das Nationalprodukt PX (P Durchschnittspreise, X produzierte Mengen) ein konstantes Vielfaches k des Lohnvolumens LW (L Beschäftigte, W Durchschnittslohn) darstellt. Durch einfache logarithmische Ableitung ergibt sich aber hieraus der grundlegende Zusammenhang zwischen drei Veränderungsintensitäten $\eta = \pi + \chi$, was nichts anderes heisst, dass sich die Lohnveränderung η unter gewissen Voraussetzungen tatsächlich genau durch die Summe von Preisveränderung π und Produktivitätsveränderung χ erklären lässt. Von diesem Zusammenhang wird oft gesprochen, mathematisch ist er aber nie genau untermauert worden.

Viel kompliziertere Modelle wurden auf diesem Gebiete ausgedacht, die aber kaum wesentlichere Zusammenhänge aufdecken als oben dargelegt. So spricht man von Modellen des «*Neumann-Pfades*»

---

[13]) E. Kaiser, «Problèmes centraux d'économétrie sociale» (AISS, Etudes et Recherches, Vol. I, Genève 1970).

(Wachstumsoptimierung) und jene des «*Pontryagin-Pfades*» (Nutzen optimierung). Im ersten Fall kommt man zur goldenen Regel $\varepsilon = \delta$, die optimales Wachstum genau dann ergibt, wenn die Wachstumsintensität ε des Volkseinkommens mit dem makroökonomischen Zinssatz δ zusammenfällt. Auch hier liefert die Mathematisierung der nationalen Buchhaltung allgemeinere Zusammenhänge.

4.7. Finanzierungsgleichungen der Nationalen Buchhaltung

Die Nationale Buchhaltung ist verhältnismässig jung. Die heute allgemein verwendete Darstellung resultiert aus internationaler Zusammenarbeit, insbesondere zwischen den EWG-Staaten. In der Schweiz hat sie sich erst seit den Jahren 1963/64 entwickelt und wird seit kurzem auch in Matrixform veröffentlicht. Diese Form hat nun Anlass zur *Mathematisierung der Nationalen Buchhaltung* gegeben[13]). Tatsächlich handelt es sich um eine Matrix (X_{ij}), worin die jährlichen Strömungsgrössen X_{ij} von einem makroökonomischen Sektor i zu einem andern Sektor j festgehalten werden; dermassen erscheint X_{ij} für den Sektor i als Ausgabe und für den Sektor j als Einnahme. In der Regel werden sechs Sektoren betrachtet: Unternehmen, Staat, soziale Sicherheit, Haushalte, Aussensektor und das Kapitalveränderungskonto. So können sechs Identitätsgleichungen betreffend die Sektorengleichgewichte aufgestellt werden, wovon deren eine aus den fünf andern abgeleitet werden kann; eine Matrixzeile wird einer entsprechenden Matrixspalte gleichgesetzt:

$$\sum_{(j)} X_{ij} = \sum_{(j)} X_{ji} .$$

Werden diese Gleichungen bezogen auf das Volkseinkommen Y ausgedrückt, so können *5 unabhängige relative Finanzierungsgleichungen* daraus hergeleitet werden, die im wesentlichen die Struktur der unter Ziff. 4.3. aufgezeigten Finanzierungsgleichung der sozialen Sicherheit aufweisen und folgende Form annehmen.

$$a_i - b_i + k_j \delta + k_i \varepsilon + k'_i = 0 , \qquad (k_j = -k_i \text{ für } i \neq 1, \; i = 1 \text{ Unternehmen}).$$

---

[13]) Loc. cit.

Darin bedeuten a und b die Ausgaben- bzw. die Einnahmenquoten des Sektors, k die Kapitalkoeffizienten, δ und ε wie üblich die Zinsintensität bzw. die Veränderungsintensität des Volkseinkommens. Je nach der Wahl der Unbekannten, liegt ein Differential- oder ein algebraisches Gleichungssystem vor: Aufsuchen der *sektoriellen Kapitalbildung* k_i bzw. eines *kausalen Zusammenhanges* $\varepsilon = f(\delta)$ zwischen den grundlegenden Intensitäten, was eine reichere Erkenntnis liefert als die goldene Regel $\varepsilon = \delta$.

Solche allgemeine Erkenntnisse wie auch die schon erwähnte allgemeine Wachstumsregel $\varepsilon = (s-k')/k$ können nicht nur der *Wirtschaftsplanung* neue Wege öffnen, sondern gestatten z. B. auch eine korrekte Beurteilung der Auswirkung des *Dreisäulen-Prinzips der schweizerischen Altersvorsorge* auf die Volkswirtschaft. So kann eine richtige Harmonisierung zwischen den Wirtschafts- und Sozialsektoren erreicht werden.

III. Blick in die Zukunft

5. Aufgabe der Wissenschafter

Wenn wir uns gestatten, einen Blick auf die noch zu machende Geschichte der verbleibenden Dezennien dieses XX. Jahrhunderts zu werfen, so darum, weil wir die *Rolle der Geschichte als Lehrmeister* nicht vergessen dürfen. Ihren Lehren haben zwei Kategorien von Wissenschaftern Beachtung zu schenken, die Spezialisten der Wirtschaft und des Sozialen sowie die Mathematiker.

Sie haben dies z. T. auch schon gemacht, durften doch drei Wirtschaftswissenschafter vorwiegend mathematischer Richtung in den Jahren 1969 und 1970 den *Nobelpreis* erhalten: Jan Tinbergen, Ragnar Frisch und Paul Samuelson. Mit ihnen zeichnet sich nämlich ein neuer Typ von Wissenschaftern ab: die Wirtschafts- und Sozialmathematiker, und sie weisen so auf eine Synthese der beiden Wissenszweige hin.

Um eine echte Synthese zu ermöglichen, soll zunächst die *Aufgabe der Wirtschafts- und Sozialwissenschafter* auf diesem Gebiete von allen klar erkannt werden. Sie allein sind in der Lage, die echten Probleme der Praxis zu formulieren. Dabei ist es erfreulich, festzustellen, wie die

mathematische Sprache immer mehr von diesen Spezialisten gehandhabt wird und sie so den Kontakt mit den Mathematikern erleichtern. Kein Wunder übrigens, die mathematischen Grundlehren gehören immer mehr zum propädeutischen Unterricht an den einschlägigen Fakultäten; überdies sind nicht weniger als ein Dutzend Lehrbücher der Mathematik für Ökonomen seit knapp 10 Jahren erschienen.

So können zwei Dinge erreicht werden. Erstens eine immer mehr verbreitete und sauberere Formulierung der wirtschaftlichen und sozialen Probleme in mathematischer Sprache, was die grundlegenden Zusammenhänge einfacher und deutlicher zur Geltung bringt. Zweitens dürfte so auch die allzu eingefleischte Angst der Ökonomen vor mathematischen Gedankengängen über kurz oder lang überwunden werden, was dazu führen wird, die *Wirksamkeit mathematischer Methoden* besser zu erkennen. Wohl ist die Mathematik im wesentlichen geprägt durch tautologische Umformungen, darin liegt aber gerade das Schöpferische. Ja, tautologische Umformungen eines Differentialgleichungs-Systems haben sogar den Weg zur Weltraumfahrt eröffnet! Warum sollte Mathematik nicht auch auf andern Gebieten bahnbrechend wirken?

Mit diesen Bemerkungen sind wir aber bereits bei der *Aufgabe der Mathematiker* angelangt. Zunächst sollte es nicht so sein, dass sie sich nur dann dazu herbeilassen, sich mit wirtschaftlichen und sozialen Problemen zu befassen, wenn elegante mathematische Theorien gleichsam als magische Köder damit verbunden sind. Vielmehr sollten die Elementartheorien aus Volkswirtschaft und Sozialem zur Allgemeinbildung eines Mathematikers gehören, genau so wie die Grundtheorien der Experimentalphysik. Schon auf diesem Elementarniveau können einfache algebraische Formulierungen befruchtend wirken.

Damit sind die Mathematiker aber schon ausgerüstet, um auf die Anliegen der Spezialisten einzugehen und *sinnvolle mathematische Instrumente* anzubieten, die allein auf Verständnis stossen können. In diesem Zusammenhang zitieren wir O. Morgenstern[6]): «Statt also – pour épater le bourgeois – weit hergeholte Zweige der Mathematik anzuwenden, sollte man das wirtschaftliche Problem auf möglichst einfachem analytischen Niveau behandeln: eine keineswegs geringe Aufgabe, die oft grosse geistige Anstrengung erfordert.» Also «new tools for old problems»[7]) nur dann, wenn dadurch neue Erkenntnisse zutage

[6]) Loc. cit.

[7]) Loc. cit.

treten oder wenn so die Zusammenhänge verständlicher und präziser formuliert werden können.

Falls die Mathematiker ihre richtige Aufgabe auf diesem Gebiet erkennen, dürften die vielversprechenden *Wechselwirkungen* nicht ausbleiben. Wer weiss, ob das Anwendungsgebiet nicht auf neuartige mathematische Probleme führt. So hätte z.B. das rechtzeitige Erkennen des Erneuerungsproblems ebensogut zur Begründung der Theorie der Integralgleichungen führen können wie die physikalischen Probleme von Saiten- und Membranschwingungen.

6. Echte Probleme – optimale Methoden

Wir haben schon gesagt, nur *Anliegen der Praxis* können auf echte Probleme führen, und es sind vorwiegend die Spezialisten der Anwendungsgebiete, welche solche Probleme als erste erkennen sollten. Es ist also nicht an den Mathematikern, «Laboratoriumsprobleme» herauszufinden, welche nur entfernt den Beobachtungen entsprechen. Das Anwendungsgebiet hat Anspruch darauf, mathematisch saubere Antworten auf konkrete Probleme zu erhalten. Wir hoffen bewiesen zu haben, dass es genügend praktische Probleme nicht nur der Einzelgebiete sondern auch der Gesamtanalyse gibt, welche nach Mathematisierung rufen.

Es gibt auch eine richtige *Hierarchie der Probleme.* Um mit Stoleru[9]) zu sprechen, sind es der Reihe nach Aufgaben des Möglichen, des Wirksamen und des Wünschbaren. Nicht zuletzt hängt diese Hierarchie vom politischen Raum ab, in welchem sich die Probleme stellen. Nicht erstaunlich, dass die *mikroökonomischen Probleme* besonders in den kapitalistischen Ländern und die *makroökonomischen Probleme* in den sozialistischen Staaten im Vordergrund stehen. Ein osmotischer Effekt sorgt glücklicherweise dafür, dass sich allmählich beide Lager mit beiden Problemen befassen.

Das wichtigste Problem, das es unseres Erachtens in absehbarer Zukunft zu ergründen gilt, dürfte die *Aufdeckung allgemein gültiger Zusammenhänge* sein. Solche existieren, und sie sind nicht mit momentanen historischen Strömungen verknüpft[2]). Wir erinnern an

[9]) Loc. cit.

[2]) Loc. cit.

das erstaunlich einfache Entwicklungsgesetz der gesamten Volkswirtschaft, das wir unter Ziff. 4.6. erwähnt haben. Solche allgemeine Gesetze gibt es noch viele. Ein Teil davon ist den Volkswirten wohl bekannt, aber ihre genaue mathematische Formulierung fehlt noch oft; wahrscheinlich kann die Mathematisierung der Nationalen Buchhaltung hier rettend eingreifen.

Damit stellt sich aber bereits die Frage nach der *optimalen Methodenwahl.* Man spricht heute viel von Optimierung, vergisst dabei aber meistens die Optimierung der wissenschaftlichen Methoden. Dies gilt vor allem für die Gesamtanalyse der gesellschaftlichen Vorgänge. Wohl haben z.B. empirisch-ökonomische Methoden wie das Ad-hoc-Suchen nach geeigneten Wachstumsmodellen teilweise ihre Berechtigung, aber allgemeine Zusammenhänge werden solche Methoden kaum herausbringen. Wir sind versucht mit dem Dichter zu sagen: «Warum denn in die Ferne schweifen, das Gute liegt so nah!» Ist denn das Durchdenken korrekter Input-Output-Modelle oder die Mathematisierung der Nationalen Buchhaltung nicht erfolgversprechender als die Verwendung von empirischen Methoden?

Warum dies? Ganz einfach deshalb, weil diese Methoden auf den in der Natur der Sache liegenden *Isomorphismen von Theorie und Praxis* beruhen. Hier liegt denn auch eine wahre Fundgrube für mathematisch begabte junge Forscher, welche zugleich den notwendigen Sinn für das wirtschaftliche und soziale Anwendungsgebiet mit sich bringen. Damit dürfte die wahre Synthese zwischen Mathematik sowie Wirtschafts- und Sozialwissenschaften in die Wege geleitet sein und noch in diesem XX. Jahrhundert grosse Erfolge zeitigen. Solche Forscher können dann nicht mehr des «Furors der Mathematisierung am falschen Ort»[2]) oder gar «mathematischen Narzissmus» bezichtigt werden.

7. Humanmathematik – ein neuer Wissenszweig

Sonderbar, dass die an der Mathematisierung der einschlägigen Probleme der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften beteiligten Wissenschafter sich der *Einheit ihres Wissenszweiges* nicht richtig bewusst werden. Sind denn die Wissenschaften der Gesellschaft nicht eben so

---

[2]) Loc. cit.

innerlich verbunden wie jene der Materie, d.h. wie Physik, Chemie und Astronomie? Mag sein, dass die von Irving Fisher[4]) erwähnte Phasenverschiebung in der Entwicklung daran schuld ist. Tatsächlich haben die Wissenschaften der Materie z.T. bereits das vierte Entwicklungsstadium erreicht, das durch die Kette «empirisch – experimental – analytisch – axiomatisch» bestimmt ist, wogegen die Mathematisierung der Gesellschaftswissenschaften z.T. sogar noch im ersten Stadium steht und nur einige davon die Stufe des analytischen langsam überschreiten.

Wird diese Einheit einmal richtig erkannt, sind die Voraussetzungen für eine korrekte *Definition der Wirtschafts- und Sozialmathematik* erfüllt. Dann sind aber auch die notwendigen *Querverbindungen* leichter herzustellen. Haben z.B. die dynamischen Prognosen der Sozialversicherung nicht schon ein mathematisches Stadium erreicht, das bei den dynamischen Problemen der Wirtschaftsentwicklung ebenfalls angestrebt werden sollte?

Die *Einteilung des neuen Wissenszweiges* ist von Natur aus gegeben und liegt einerseits in der sich durch diese ganze Vorlesung hindurchziehenden Trilogie «Demometrie – Ökonometrie – Sekurimetrie» und anderseits in der Modellanalyse der gesellschaftlichen Vorgänge.

Dieser neue Wissenszweig könnte an allen Hochschulen gepflegt werden. Hiefür sind die Voraussetzungen an der *Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich* besonders günstig. Besteht doch neben dem Institut für Wirtschaftsforschung (Prof. Würgler) in der Abteilung IX für Mathematik und Physik eine rege Lehrtätigkeit in Versicherungslehre und mathematischer Ökonomie (Prof. H. Bühlmann, E. Specker und H. Wyss sowie PD Ammeter und Kaiser), dies abgesehen von einer einzigartigen Ausbildungsmöglichkeit in der mathematischen Methodik reiner und angewandter Richtung. An dieser Abteilung ist die Richtung A durch Mathematik, die Richtung B durch Physik geprägt. Die Reichhaltigkeit der mathematischen Probleme, welche sich seitens der menschlichen Gesellschaft stellen, dürfte über kurz oder lang zu einer Richtung C mit Humanmathematik in ihrem Zentrum führen. Mit diesem Wunschtraum darf ich, meine Damen und Herren, nicht nur die heutige Vorlesung, sondern auch die ganze Vorlesungsreihe über die neuere Geschichte der Mathematik schliessen.

---

[4]) Loc. cit.

Zusammenfassung

Die in der Vorgeschichte der Mathematisierung der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften erwähnten Namen und Daten lassen eindeutig den Zug von der verbalen zur mathematischen Methode erkennen. Die Betrachtung der Strömungen des XX. Jahrhunderts beginnt mit der Geschichte der Methoden (reine und angewandte Mathematik), um anschliessend in der Geschichte der Probleme einige wichtige Ergebnisse aus Einzelgebieten (Demometrie, Ökonometrie und Sekurimetrie) sowie aus der gesamten Modellanalyse (empirisch-ökonometrische Modelle, Input-Output-Modelle, Wachstumsmodelle, Finanzierungsgleichungen der Nationalen Buchhaltung) zu erörtern. Zum Schluss wird ein Blick in die Zukunft geworfen, in welcher die zentralen Aufgaben der Wissenschafter zu umreissen sind, mit dem Ziel, die echten Probleme der Praxis sowie die optimalen Lösungsmethoden zu erkennen, welche beide Gegenstand eines neuen Wissenszweiges, der Humanmathematik, werden sollten.

Summary

The preliminary history shows a typical trend from verbal to mathematical methods used in economic and social sciences. This trend is strongly emphazised during our XXth century. First, the recent developments of methods (theoretical and practical mathematics) are mentioned. Then, some important results are given as well for the specific branches (demometrics, econometrics and securimetrics) as for the global analysis (empirical models of classical econometrics, input-output-models, models of economic growth, financial equations of national income analysis). Finally an outlook to future tasks is given: necessity for men of science to solve very practical problems by optimal methods. Thus, a new branch of science may be faced with: the human mathematics.

Résumé

L'histoire préliminaire de la mathématisation des sciences économiques et sociales laisse apparaître d'une manière très nette la tendance qui mène des méthodes verbales aux méthodes mathématiques. Les courants du XXe siècle ne révèlent pas seulement des progrès étonnants dans les méthodes (mathématiques pures et appliquées), mais avant tout ceux réalisés dans la résolution des problèmes, soit dans les domaines spécifiques (démométrie, économétrie, sécurimétrie), soit dans l'analyse d'ensemble des phénomènes économiques et sociaux (modèles économétriques d'essence empirique, modèles «input-output», modèles de croissance, équations financières de la comptabilité nationale). En terminant, on regarde vers l'avenir: quelle sera la tâche essentielle des hommes de science, quels seront les véritables problèmes à résoudre et quelles méthodes optimales devront être préconisées? Ainsi se créera une nouvelle discipline des sciences: les mathématiques humaines.

Riassunto

La storia preliminare della matematisazione delle scienze economiche e sociali lascia apparire chiaramente la tendenza conducendo dal metodo verbale al metodo matematico. Le correnti del secolo ventesimo rivelano non solamente dei progressi stupendi nei metodi di matematica pura ed applicata, ma anzitutto quelli realizzati nella soluzione dei problemi, sia nei campi specifici (demometria, econometria, securimetria), sia nell'analisi globale dei fenomeni economici e sociali (modelli econometrici di essenza empirica, modelli «input-output», modelli die crescenza, equazioni finanziarie della contabilità nazionale). Finalmente, si volge 1osguardo verso l'avvenire in cui gli essenziali impegni degli uomini di scienza dovranno essere definiti a fine di riconoscere i veri problemi della pratica nonchè i metodi migliori per risolverli. In questo modo ci troveremo a confronto con una nuova disciplina delle scienze, a sapere le matematiche umane.