

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 87 (1969)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Wasser für Thessalien: ein Beispiel moderner Entwicklungsplanung  
**Autor:** Probst, Peter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-70581>

### **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:** 29.04.2026

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

Seine Kritik am «restlos veralteten Apparat» und den mangelnden Grundlagen für die Planung und Vorbereitung des Bauens bestätigte die Forderung der Zentralstelle nach einer Gesamtkonzeption des Wohnungsbaues. Eine solche ist im Gutachten «Wohnungsmarktpolitik in der Schweiz» zu sehen, mit dem die Zentralstelle Prof. Dr. K. Kleps beauftragt hat (SBZ 1968, H. 42, S. 746).

R. E. Hatt verlangte auch in der Subventionsfrage eine volkswirtschaftliche Gesamtschau und eine Bewertung des Gesamtwirkungsgrades (statt des Lobs der Subventionen aus der Sicht einiger weniger Privilegierter). Dagegen machten die Verteidiger der Subventionen, O. Nauer und A. Maurer, die wohlthätigen sozialen Auswirkungen dieser helfenden Interventionen unmittelbar

## Wasser für Thessalien Ein Beispiel moderner Entwicklungsplanung

Von Dr. oec. P. Probst, Zürich

Für die Provinz Thessalien (Griechenland) ist kürzlich ein umfassender Entwicklungsplan<sup>1)</sup> fertiggestellt worden, dessen Schwergewicht auf dem Bau von grossen Bewässerungsanlagen und der Intensivierung der landwirtschaftlichen Produktion liegt. Vorgeschlagen werden fünf Stauseen mit insgesamt 1400 Mio m<sup>3</sup> Stauvolumen, ferner 230 km Hauptkanäle, 33 grosse Pumpstationen mit einer installierten Leistung von insgesamt 85 MW sowie rund 5000 kleinere, lokale Pumpanlagen zur Nutzbarmachung der Grundwasservorkommen. Stauseen und erschlossene Grundwasserbecken werden der Landwirtschaft jährlich rund 1660 Mio m<sup>3</sup> Wasser zur Verfügung stellen. Unter Berücksichtigung der Verdunstungs- und Versickerungsverluste kann mit dieser Menge eine Fläche von 270 000 ha bewässert werden. Die gesamten Kapitalkosten der Bewässerungsanlagen werden auf 14,5 Mld Drachmen oder 483,3 Mio US \$ veranschlagt<sup>2)</sup>. Sollte dieses Bewässerungsvorhaben im geplanten Ausmass verwirklicht werden, so dürfte es sich unter die allergrössten Projekte dieser Art in Europa einreihen. Sicher würde es das grösste umfassende Bewässerungsprojekt in Griechenland sein. In Anbetracht des Interesses, das ein Vorhaben solchen Ausmasses verdient, rechtfertigen sich einige erläuternde Angaben insbesondere über die verfolgten Ziele, die Planungsmethoden und den vorgelegten Entwicklungsplan.

Es muss hier vorangestellt werden, dass sich eine Bewässerungsplanung nicht auf das engere Gebiet des Entwurfs und der

<sup>1)</sup> Der Plan wurde ausgearbeitet von der Elektro-Watt Ingenieurunternehmung AG, Zürich/Athen, in Zusammenarbeit mit der Operations Research-Gruppe der Fides Treuhand-Vereinigung, Zürich. Auftraggeber war das Ministerium für Öffentliche Arbeiten des Königreiches Griechenland.

<sup>2)</sup> 30 Drachmen = 1 US \$.



Bild 1. Lageplan von Thessalien

nach den Kriegsjahren geltend und deren auch heute noch unverminderte Bedeutung für wirklich Bedürftige. Erfreulich war die grundsätzliche Übereinstimmung in der positiven Bewertung einer gewissen Neuorientierung behördlicher Initiativen (Erschliessungsförderung statt direkte Subventionierung). In der Frage «Subventionierung des Objekts» oder «Subventionierung des Mieters» (im Sinne gezielterer Hilfe) konnte keine Annäherung erzielt werden.

Die Zentralstelle für die Förderung des Wohnungsbaues wünscht, dass solche «Gespräche zwischen den Fronten» wiederholt werden. Bei aller kritischen Offenheit und entschiedenen Vertretung der beiderseitigen Standpunkte kann dadurch die Wohnbau-Diskussion im Interesse der Sache selbst entpolitisiert werden.

DK 626.81/85 (495.3)

Administration von Bewässerungssystemen beschränkt. Sie umfasst vielmehr die wasserwirtschaftliche und die landwirtschaftliche Gesamtplanung einer Region; denn es gilt, aus den hohen Investitionen in Bewässerungsanlagen ein Maximum an Ertrag herauszuwirtschaften. Dieses Ziel kann nur über eine rationell gegliederte und wirtschaftlich produzierende Landwirtschaft, über ein modernes Beratungs- und Versuchswesen sowie über wohlorganisierte Bezugs- und Absatzwege erreicht werden. Des Umfanges eines solchen Entwicklungsplanes wegen kann in den folgenden Ausführungen nur auf die Bewässerungsplanung im engeren Sinne eingegangen werden, die indessen im Falle der Entwicklung Thessaliens einen zentralen Platz einnimmt. Bild 2 zeigt das Funktionsschema der Bewässerungsstudie.

### Die Ausgangslage

Thessalien ist mit 14 000 km<sup>2</sup> und 700 000 Einwohnern nach Mazedonien und dem Peloponnes die drittgrösste Provinz Griechenlands. Die wichtigste Einkommensquelle ist die landwirtschaftliche Produktion. Rund 85 % der werktätigen Bevölkerung sind in ihr sowie im landwirtschaftlichen Handel beschäftigt; rund 70 % des regionalen Brutto-Sozialproduktes und praktisch der gesamte regionale Export werden von diesen Wirtschaftszweigen hervorgebracht.

Der heutige Entwicklungsstand der thessalischen Landwirtschaft ist durch Miniaturbetriebe, starke Parzellierung und das Vorherrschen extensiver Getreidekulturen gekennzeichnet. Die durchschnittliche Betriebsgrösse beträgt knapp sechs Hektar Nutz-

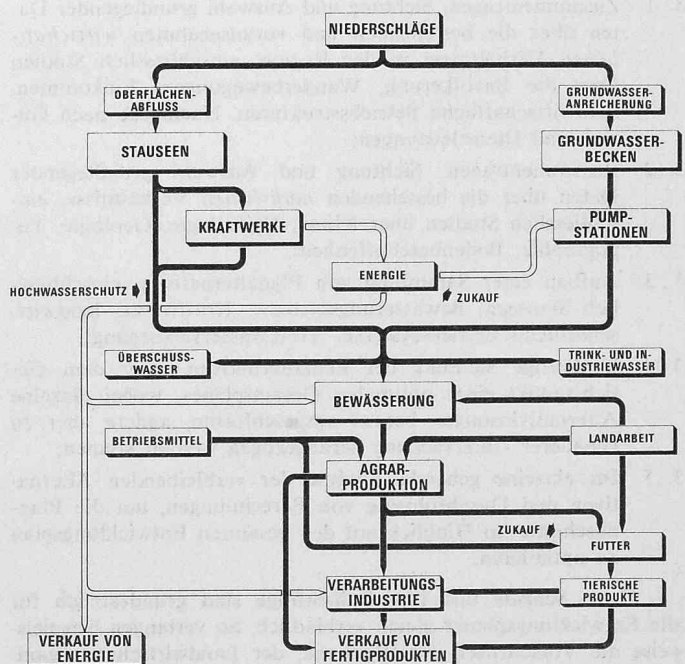


Bild 2. Funktionsschema

fläche. Grösstes Hindernis für eine volle Entfaltung der landwirtschaftlichen Produktionsmöglichkeiten ist indessen die grosse Trockenheit im Sommer, welche einer Bewirtschaftung mit Intensivkulturen enge Grenzen setzt. Wasser ist in Thessalien an und für sich in genügender Menge vorhanden, doch fällt es zum überwiegenden Teil in den Wintermonaten an und ist für die Landwirtschaft von geringem Nutzen. Die Folgen dieser ungünstigen wirtschaftlichen und hydrologischen Verhältnisse sind Einkommen von nur 2,30 bis 3,50 \$ je Vollarbeitskraft und Tag, Arbeitslosigkeit im Herbst und Winter sowie eine ausgeprägte Abwanderung der jungen Landbevölkerung nach Athen und ins Ausland.

Schon früh wurden die Probleme dieser Provinz erkannt, doch fehlten bisher die Mittel, um ein so grosses Entwicklungsvorhaben an Hand nehmen zu können. Heute ist man bereit, den entscheidenden Schritt zu tun. Man ist sich dabei bewusst, dass die grösste Aufgabe im Bau von Bewässerungsanlagen besteht wird, d. h. in der Fassung der Winterniederschläge, in ihrer Speicherung bis in die Trockenzeit und in ihrer Verteilung auf die Felder.

### Grundsätze der Entwicklungsplanung

Die Entwicklungsplanung hat in den letzten Jahren beachtliche Wandlungen durchgemacht. Die während langer Zeit befolgte Maxime: «Fortschritt um jeden Preis» ist einem verfeinerten wirtschaftlichen Denken gewichen. In den Zielsetzungen scheidet man genauer aus, und in der Methodik geht man heute Wege, die noch vor zehn Jahren als revolutionär gegolten hätten. Diese Entwicklung ist zum grossen Teil den Fortschritten der mathematischen Ökonomie und der elektronischen Datenverarbeitung zuzuschreiben, welche beide klare Definitionen betreffend Ziele und Abhängigkeitsverhältnisse voraussetzen.

Den Erklärungen zum Thessalien-Projekt seien kurz einige grundsätzliche Überlegungen vorangestellt. Ein makroökonomischer Entwicklungsplan wird implizite oder explizite stets in vier Schritten konzipiert:

1. Festlegung der generellen Zielsetzung;
2. Übertragung dieser Zielsetzung in klar abgegrenzte Planziele;
3. Aufstellung eines Entwicklungsplanes, welcher die Planziele und im weiteren Sinne die generelle Zielsetzung im bestmöglichen Masse erfüllt;
4. Wirtschaftliche und finanzielle Bewertung des Entwicklungsplanes.

Der wichtigste und arbeitsaufwendigste Teil der Planung ist der Schritt 3, denn er umfasst die Analyse einer Vielzahl von Teilgebieten, welche für die Formulierung eines umfassenden und optimalen Gesamtplanes von Bedeutung sind. Darunter fallen

- 3.1 Zusammentragen, Sichtung und Auswahl grundlegender Daten über die bestehenden und vorausgeahnten *wirtschaftlichen* Verhältnisse in der Region, einschliesslich Studien über die Bevölkerung, Wanderbewegungen, Einkommen, landwirtschaftliche Betriebsstrukturen, Nachfrage nach Gütern und Dienstleistungen;
- 3.2 Zusammentragen, Sichtung und Auswahl grundlegender Daten über die bestehenden *natürlichen* Verhältnisse, einschliesslich Studien über Klima, Hydrologie, Geologie, Topographie, Bodenbeschaffenheit;
- 3.3 Aufbau einer Sammlung von Planalternativen, einschliesslich Stauseen, Bewässerungssysteme, Kraftwerke, landwirtschaftliche Betriebssysteme, Trinkwasserversorgung;
- 3.4 Vorläufige Sichtung der Planalternativen unter dem Gesichtspunkt eines optimalen Gesamtplanes, wobei einzelne Alternativlösungen bereits ausgeschlossen, andere aber zu genauerer Untersuchung herangezogen werden können;
- 3.5 Ins einzelne gehende Analyse der verbleibenden Alternativen und Durchführung von Berechnungen, um die Planabschnitte im Hinblick auf den gesamten Entwicklungsplan zu optimieren.

Diese Schritte und ihre Reihenfolge sind grundsätzlich für alle Entwicklungsplaner gleich verbindlich. So verlangen beispielsweise die Vorschriften der Weltbank, der Landwirtschaftsorganisationen der Vereinten Nationen (Food and Agriculture Organization, FAO), der Agency for International Development (AID)

mehr oder weniger ausdrücklich einen derartigen Aufbau der Studien. In der Methodik der Berechnungen sind indessen dem Einzelnen noch grosse Entscheidungsfreiheiten belassen. Wie ein Blick auf bestehende Studien zeigt, ist die Vielfalt der Methoden besonders gross bei der Bestimmung, Kombination und Abstimmung der Planalternativen im Rahmen eines optimalen Gesamtplanes (Schritt 3). Die meisten bisher durchgeführten Planungsstudien beschränkten sich auf eine mehr oder weniger intuitive Sichtung von Alternativlösungen, wobei auf Grund der Erfahrung mit ähnlichen Projekten «von Hand» eine Optimierung des Gesamtplanes angestrebt wurde. Ein solches Vorgehen konnte nicht in jeder Beziehung befriedigen. Der Intuition und damit der Irrtumsmöglichkeit war noch zuviel Spielraum belassen. Es ist deshalb verschiedentlich versucht worden, die Berechnungen einen Schritt weiterzutreiben und eine *mathematische Optimierung* des Entwicklungsplanes durchzuführen. Dabei verwendete man mathematische Programmierungsmethoden, d. h. Modellrechnungen, welche die ökonomischen und natürlichen Verhältnisse einer Region in einem System mathematisch formulierter Einschränkungen und Zwischenbeziehungen widerspiegeln. Derartige computerorientierte Modellrechnungen sind bisher hauptsächlich von wissenschaftlichen Forschungsgruppen auf experimenteller Grundlage durchgeführt worden<sup>3)</sup>. Im Falle von Thessalien wurden makroökonomische Modellrechnungen mit Erfolg auch in der Praxis angewandt.

### Die Entwicklungsziele

Eine volkswirtschaftliche Planung wird in Griechenland nur auf nationaler Ebene vorgenommen. Eine regionale Entwicklungsplanung ist erst in Ansatzpunkten vorhanden. Dieser Umstand erschwert die Aufgabe unabhängiger Planer, denn die Entwicklungsziele der in Frage stehenden Regionen müssen zuerst erarbeitet werden. In solchen Fällen wird meistens auf die nationalen Ziele als grobe Richtungsweiser zurückgegriffen, wobei gelegentlich die Bewertung etwas verschoben und dem einen oder andern Ziel grösseres Gewicht zugestanden wird.

Die griechischen Fünfjahrespläne richten sich vor allem nach den folgenden generellen Zielen aus:

- Hebung des Volkseinkommens
- Verminderung der Arbeitslosigkeit
- Entlastung der Zahlungsbilanz durch Förderung der Exporte und Substitution von Importen
- «gerechtere» Einkommensverteilung zwischen den Wirtschaftssektoren und Bevölkerungsschichten.

Diese Ziele sind, wie erwähnt, eher als Richtungsweiser denn als handfeste Anhaltspunkte für ein bestimmtes Projekt zu werten. Es gilt darum, die Zielsetzungen enger zu fassen und auf die praktische Anwendung, auf Planziele auszurichten.

Im Falle von Thessalien beschränkte man sich auf zwei primäre Planziele:

- a) Das Einkommen der regionalen Bevölkerung soll verbessert und der allgemeine Lebensstand gehoben werden. Da die Möglichkeiten einer Industrialisierung sehr begrenzt sind, wird der direkteste Weg zu diesem Ziel über die Modernisierung der landwirtschaftlichen Produktionsstruktur und die Erweiterung der landwirtschaftlichen Produktionskapazität führen.
- b) Das für diesen Zweck zur Verfügung gestellte Kapital muss derart investiert werden, dass sich ein möglichst grosser volkswirtschaftlicher Nutzen ergibt. Diese Forderung leitet sich aus der Tatsache ab, dass in Griechenland das «Kapital» der knappste Produktionsfaktor ist und folglich mit ihm sehr sorgfältig umgegangen werden muss.

Wie ersichtlich, können nicht alle nationalen Zielsetzungen gleichermassen berücksichtigt werden. «Hebung des Volkseinkommens» und «Importsubstitution» beispielsweise sind Ziele, die unter Umständen gegeneinander wirken. Sie werden deshalb einer Prioritätsordnung unterstellt. Die Importsubstitution wird zugunsten des Volkseinkommens zurückgestellt.

<sup>3)</sup> A. Maass, M. M. Hufschmidt, R. Dorfman, H. A. Thomas, S. A. Marglin and G. M. Fair: Design of Water Resource Systems: New Techniques for Relating Economic Objectives, Engineering Analysis, and Governmental Planning, London, 1962.

Alle jene nationalen Ziele, die in den Planzielen keine Berücksichtigung finden, werden bei der abschliessenden Bewertung des Entwicklungsplanes als sekundäre Massstäbe herangezogen. Somit werden Wirkungen des Planes, die ein sekundäres Ziel erfüllen, als eine Art «Nebenprodukt» des Projektes angesehen und bewertet.

#### Ausgangspunkt der Berechnungen

Zur möglichst guten Erfüllung der beiden Planziele muss zur Fiktion des Angebotsmonopols gegriffen werden. Alle landwirtschaftlichen Betriebe werden zu einer Einheit unter dem Titel «landwirtschaftliche Produktion» zusammengefasst. Die Aufgabe kann damit auf einen relativ einfachen Nenner gebracht werden, nämlich auf die Maximierung des Nettoertrages des Monopols, d. h. der landwirtschaftlichen Produktion.

Bei Durchführung der Berechnungen mit Hilfe des Computers können die Planziele schrittweise verwirklicht werden, indem

- die Produktionskosten für jede Produktionsstruktur und jede Produktionsmenge möglichst klein werden,
- die Produktionsstruktur so gewählt wird, dass der gesamte Nettoertrag bei jeder Produktionsmenge möglichst gross ausfällt,
- die Produktion auf eine Menge begrenzt wird, bei welcher der gesamte Nettoertrag am höchsten ist <sup>4)</sup>.

Im vorliegenden Fall - bei dem der Ausdruck von «Produktionsmenge» durch den der «bewässerten Fläche» ersetzt wird - bedeutet dies folgendes:

- die Kosten des Wassers (= der Bewässerungsanlagen) und die übrigen landwirtschaftlichen Produktionskosten müssen für jede Anbaustruktur und jede bewässerte Fläche möglichst klein sein,
- die Anbaustruktur muss so gewählt werden, dass der gesamte landwirtschaftliche Nettoertrag (Rohertrag minus Produktionskosten) bei jeder bewässerten Fläche möglichst gross ist,
- die bewässerte Fläche wird so gross bemessen, dass der gesamte landwirtschaftliche Nettoertrag - die Differenz zwischen Produktionskosten (einschliesslich Wasserkosten) und Rohertrag - am höchsten ist.

Erklärend sei dazu bemerkt, dass Kosten- wie Ertragsfunktionen nicht linear verlaufen, sondern einen exponentialen Charakter aufweisen. Bei Ausdehnung der bewässerten Fläche und gesteigertem Wasserbedarf müssen neue, ungünstiger gelegene Stauseen herangezogen werden, und die Kanäle werden breiter und länger. Es entsteht damit eine Kostensteigerung, während sich gleichzeitig der Ertragszuwachs infolge Marktsättigung und Preisnachteilen abschwächt.

Die Frage, inwieweit durch Annahme einer monopolistischen Lage von der volkswirtschaftlich optimalen Faktorenkombination abgewichen wird, kann hier nicht eingehend behandelt werden. Theoretisch dürfte bei Vorliegen eines monopolistischen Gleichgewichts nicht von einem volkswirtschaftlichen Optimum gesprochen werden. Die Voraussetzungen für eine optimale Faktorenkombination sind erst bei freier Konkurrenz auch auf der Anbieterseite gegeben. Das gewählte Vorgehen kann aber mangels besserer Vorschläge gerechtfertigt werden: Numerische Untersuchungen wären nicht möglich, wenn von einer Lage ausgegangen würde, in welcher eine grosse Zahl von Anbietern einer grossen Zahl von Nachfragern gegenüberstünde. Durch sorgfältige Bestimmung der Eingabepreise und -kosten nach volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten lassen sich einige theoretische Einwände gegenüber dem eingeschlagenen Weg entkräften <sup>5)</sup>.

#### Die Modellrechnungen

Mit Hilfe mathematischer Programmierung ist es gelungen, das gesuchte Optimum unter der erwähnten Annahme des Angebotmonopols in relativ kurzer Zeit festzulegen. Da die verwendeten Methoden ziemlich komplex sind und tief in den Bereich der Mathematik hineingreifen, kann die Modellrechnung

<sup>4)</sup> Oder in den Worten der Grenznutzentheorie: ... bei welcher sich Grenzkosten- und Grenzertragskurven schneiden.

<sup>5)</sup> Siehe dazu: A. R. Prest and R. Turvey: Cost-Benefit Analysis: a Survey; in: Surveys of Economic Theory, Vol. III, London/Melbourne/Toronto, 1968.

an dieser Stelle nur gestreift werden. Eine umfassende mathematische Darstellung wird von kompetenter Seite später erfolgen <sup>6)</sup>.

Mathematische Modelle bestehen im Prinzip aus folgenden Teilen:

1. der Zielfunktion, welche das Berechnungsziel in einer Funktion zusammenfasst (im vorliegenden Fall: Rohertrag - Gesamtkosten → Maximum);
2. den Restriktionen (Einschränkungen), welche den Berechnungen quantitative Begrenzungen auferlegen. Im Falle eines Bewässerungsprojektes können diese in zwei Gruppen unterteilt werden, nämlich in die *natürlichen* Gegebenheiten, wie Verfügbarkeit von Wasser, von bewässerbarem Land, Grundwasserzonen, Dammbaustellen, sowie in die *wirtschaftlichen* Einschränkungen, wie maximale oder minimale Mengen eines zu erzeugenden Gutes, maximale oder minimale Tierbestände, Arbeiterpotential der Region.

Ferner benötigt das Modell zahlreiche Eingabedaten, welche die Beziehungen zwischen den einzelnen Grössen bestimmen. Als wichtigste sind zu erwähnen: Wahrscheinlichkeitsverteilung der Niederschläge, Kosten zahlreicher Speicher- und Kanalalternativen, quantitativer Ertrag je Ackerfrucht und Hektar, Wasserbedarf der Pflanzen, Futterbedarf der Tiere, Produktionskosten je Ackerfrucht und Hektar, Verkaufspreise. Im Sinne einer grösseren Übersichtlichkeit und Anpassungsfähigkeit wurde das mathematische System in drei Teilmodelle aufgebrochen, welche nacheinander durchgerechnet wurden.

Das *stochastische Modell* zielt auf die wirtschaftlichste Grösse der Stauseen. Sein hervorstechendes Merkmal besteht darin, dass es die Speichergrössen im Hinblick auf die zwischenjährigen Niederschlagsschwankungen optimiert. Das Ergebnis der Rechnung sind Stauseen, die nicht nur hinsichtlich eines durchschnittlichen hydrologischen Jahres als optimal gelten können, sondern auch hinsichtlich der Niederschlagsschwankungen über eine Reihe von Jahren hinweg. Als Eingabegrössen sind zu erwähnen: die Wahrscheinlichkeitsverteilung der Niederschläge, beziehungsweise der Abflüsse, die jährlichen Kosten <sup>7)</sup> der Stauseen für verschiedene Ausbaugrössen und der landwirtschaftliche Ertragsausfall bei Eintritt eines Wassermankos (in \$ je m<sup>3</sup>). Als Ausgabe liefert das Modell die optimale Ausbaugrösse eines jeden Speichers in Funktion der Wasserentnahme. Optimal ist diejenige Ausbaugrösse, für welche die Summe der jährlichen Kosten und des erwarteten Ertragsausfalles infolge Wassermangel möglichst klein ist.

Das *wasserwirtschaftliche Modell* umfasst Stauseen, Pumpstationen und Hauptkanäle. Es hat zum Ziele, die Bewässerungszonen den einzelnen Stauseen in einer Weise zuzuordnen, damit die Summe der Speicherkosten, des erwarteten Ertragsausfalles infolge Wassermankos und der Kanalkosten möglichst klein wird. Die Eingabe (Input) besteht aus den Speicherkosten in Funktion der Wasserentnahme (vom stochastischen Modell übernommen) sowie den Kanalkosten in Funktion der Durchflussmenge. Parameter des Modells sind (1) die bewässerte Fläche, welche in Schritten von 5000 ha ausgedehnt wird, und (2) die Bewässerungsdichte, welche in Schritten von 80 mm variiert wird. Dieses dynamische Programmierungsmodell vermittelt somit die minimalen Wasserkosten in Funktion der bewässerten Fläche und der Bewässerungsdichte und - davon abgeleitet - die günstigste Anordnung und Bemessung des Bewässerungssystems für jede bewässerte Fläche und Bewässerungsdichte.

Das *landwirtschaftliche Modell* hat zwei Aufgaben zu erfüllen: Es ist (1) die günstigste Produktionsstruktur und - davon

<sup>6)</sup> Anlässlich des 7. Kongresses der Internationalen Kommission für Bewässerung und Drainage. Dieser Kongress findet vom 12. bis 23. April 1969 in Mexico-City statt. Die Darstellung wird unter der folgenden Referenz veröffentlicht werden: Prof. Dr. D. Onigkeit, dipl. Ing. Chr. Kim, B. Schmid: Optimal Design of an Irrigation System (in Vorbereitung).

Siehe ferner: W. Landis: Dynamische und lineare Programmierung zur optimalen Dimensionierung eines Bewässerungsprojektes. Dissertation Universität Zürich, 1968.

<sup>7)</sup> Die jährlichen Kosten enthalten den Zins (6%) auf dem eingesetzten Investitionskapital, eine gleichmässige Amortisationsquote, welche das Investitionskapital in 50 Jahren wieder einbringt, und die durchschnittlichen jährlichen Betriebs- und Unterhaltskosten der Anlagen.

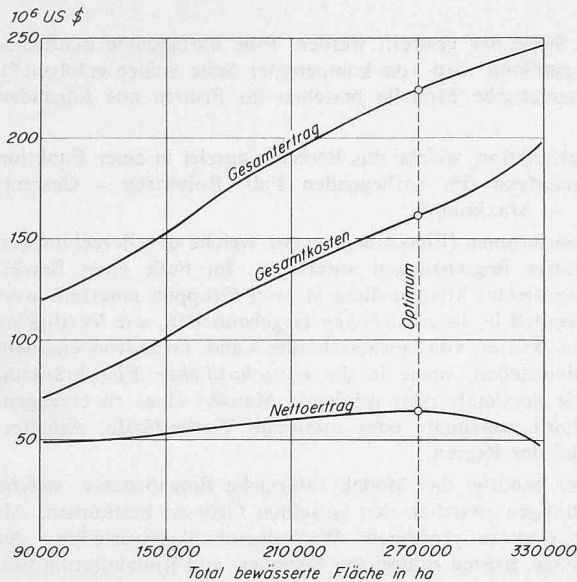


Bild 3. Bestimmung der bewässerten Fläche

abgeleitet – der Bewässerungsbedarf pro Hektar zu bestimmen, und es ist (2) der Umfang der gesamthaft zu bewässernden Fläche festzulegen. Die bewässerte Fläche setzt sich hier aus der durch Oberflächenwasser und Grundwasser bedienten Fläche zusammen. Dieses lineare Programmierungsmodell erfordert eine grosse Zahl von Eingabegrössen. Erwähnt seien hier nur die wichtigsten Gruppen: maximale oder minimale Mengen eines zu produzierenden Produktes, verschiedene, den Verhältnissen angepasste Fruchtfolgearten, landwirtschaftliche Produktionskosten, quantitative Erträge, Verkaufspreise. Es sei daran erinnert, dass die Wasserkosten in Funktion des Bewässerungsbedarfes direkt vom wasserwirtschaftlichen Modell übernommen werden können. Die Wasserkosten sind die einzigen variablen Eingabekosten des Modells. Parameter ist die bewässerte Fläche, welche in Schritten von 30 000 ha ausgedehnt wird. Durch solche Iterationen können jeweils der gesamte Rohertrag und die gesamten Produktionskosten in Funktion der bewässerten Fläche bestimmt werden. Als optimale bewässerte Fläche wird diejenige Fläche bezeichnet, für welche der gesamte landwirtschaftliche Nettoertrag (Rohertrag – Produktionskosten) am höchsten ist, Bild 3.

Richtmengen für jedes zu produzierende Gut werden aus Gründen der Vielfalt der landwirtschaftlichen Produktion eingeführt. Die Anbaustruktur soll den Bedürfnissen des Familienbetriebes Rechnung tragen und nicht auf kommerzielle Monokulturen ausgerichtet sein. Ferner muss eine starke Ausweitung einzelner Kulturen aus absatzpolitischen Erwägungen vermieden werden (Übersättigung der Märkte und Preiszerfall). Die Richtmengen haben zur Folge, dass die Gesamterträge nicht linear mit der bewässerten Fläche steigen.

#### Betrachtungen zur Modellrechnung

Die Vorteile von Modellrechnungen gegenüber dem traditionellen Vorgehen (Trial-and-Error-Methoden) sind gross. Nicht nur die rechnerische Genauigkeit der Resultate, sondern auch der Zwang zur detaillierten Analyse der Ziele und zur Klärung aller Zusammenhänge und Abhängigkeitsverhältnisse im Rahmen des Entwicklungsplanes sind als vorteilhaft zu bewerten. Ein derartiges analytisches Vorgehen lässt grundsätzliche Fehlüberlegungen eher vermeiden. Modellrechnungen enthalten aber auch Gefahren, dann etwa, wenn der Methode eine zu grosse Selbständigkeit zugestanden, wenn sie nicht streng auf die Ziele der Untersuchung und auf den erforderlichen Genauigkeitsgrad ausgerichtet wird. In der Praxis ist oft zu beobachten, dass Modellrechnungen zu umfassend und zu ausführlich durchgeführt werden, d. h. dass sie nicht mehr Hilfsmittel für die Planung sind, sondern zum Selbstzweck werden. In diesem Falle steht der Aufwand in keinem vernünftigen Verhältnis mehr zum Nutzen.

Den oft gehörten Einwand, dass Optimierungsrechnungen angesichts oft ungenauer Eingabedaten keine Berechtigung hätten, halten wir nicht für stichhaltig. Die Ausgangsdaten, mit denen gerechnet wird, sind zugegebenermassen oft nicht über alle Zwei-

fel erhoben. Doch ist es bedeutend besser, mit approximativen Zahlen eine genaue Rechnung durchzuführen, als eine bloss Schätzung vorzunehmen und damit ein zusätzliches Fehlermoment einzuführen. Dazu kommt, dass Modellrechnungen die Durchführung von Empfindlichkeitsanalysen erlauben. Dies geschieht, indem man einzelne Eingabegrössen (etwa Preise, Kosten, Wirkungsgrade) variiert und an den Ergebnissen abliest, wie «stabil» eine Berechnung ist, d. h. wie gross eine Fehlermarge bei den Eingabegrössen sein darf, bevor der berechnete optimale Plan eine grundlegende Änderung erfährt. Solche Analysen erlauben die Auffindung kritischer Stellen im Plan, denen in der Folge besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.

#### Merkmale des Bewässerungsprojektes Thessalien

Die Optimierungsrechnung hat gezeigt, dass der maximale Nettoertrag bei Bewässerung von 270 000 ha erzielt wird. Er beträgt für diese Fläche 60,6 Millionen Dollar pro Jahr. Die weiteren Ergebnisse lassen sich wie folgt kurz zusammenfassen:

Von der gesamthaft bewässerten Fläche werden 132 000 ha durch Wasser bedient, das in fünf künstlichen Speichern gesammelt und durch Hauptkanäle von 230 km Länge in die verschiedenen Bewässerungszonen geleitet wird. Das gesamte Nutzvolumen der fünf Speicher beträgt 1,4 Mld m<sup>3</sup>, wovon rund 850 Mio m<sup>3</sup> zur Auffangung der Winterniederschläge und 550 Mio m<sup>3</sup> zur Kompensation zwischenjährlicher Niederschlagsschwankungen bestimmt sind. Die jährliche Wasserentnahme aus diesen Speichern beträgt 960 Mio m<sup>3</sup>. Davon werden 30 Mio m<sup>3</sup> für Trink- und Industrierwasser benötigt, 60 Mio m<sup>3</sup> zur Anreicherung des Grundwassers, 770 Mio m<sup>3</sup> für Bewässerungszwecke. Die verbleibenden 100 Mio m<sup>3</sup> gehen durch Versickerung oder Verdunstung in Speichern und Kanälen verloren.

Die verbleibenden 138 000 ha können aus dem Grundwasser bewässert werden. 5160 kleinere Brunnen (Pumpanlagen) mit einer installierten Leistung von insgesamt 150 MW werden die benötigten 790 Mio m<sup>3</sup> zur Verfügung stellen. Von den 270 000 ha werden 218 000 ha beregnet und 52 000 ha berieselt.

Die landwirtschaftliche Anbaustruktur lässt sich wie folgt umreissen (in % der Nutzfläche):

Luzerne und Klee	27 %
Baumwolle	26 %
Mais	12 %
Zuckerrüben	7 %
Tomaten und Melonen	7 %
Fruchtgärten (Äpfel, Birnen, Pfirsiche, Trauben)	7 %
Hülsenfrüchte, Tabak	6 %
Unbewässert (Brachland)	8 %

Wie aus dieser Aufstellung ersichtlich ist, nimmt der Futterbau – und damit die Tierhaltung – einen wichtigen Platz ein. Der Tierbestand kommt umgerechnet auf 201 000 Grossvieheinheiten (GVE) zu stehen. Das ergibt 0,7 GVE pro Hektar. Der Nettowasserbedarf dieser Anbaustruktur beträgt rund 1550 Mio m<sup>3</sup> pro Bewässerungsperiode (April bis September). Das entspricht einem mittleren saisonalen Nettobedarf von rund 7000 m<sup>3</sup> je Hektar berieseltes und 5700 m<sup>3</sup> je Hektar beregnetes Land.

Die gesamten Kapitalkosten des Projektes, einschliesslich Bauzinse, werden auf 563 Mio \$ veranschlagt, wovon 484 Mio auf die eigentlichen Bewässerungsanlagen (Dämme, Kanäle, Rohre, Pumpen, Regner) und 79 Mio auf die Modernisierung der landwirtschaftlichen Betriebe (Maschinen, leistungsfähige Kühe, Fruchtgärten) entfallen. An die Kosten des Bewässerungssystems wird der Staat rund 200 Mio \$ in Form von Subsidien beitragen. Der Rest wird durch den Staat finanziert, muss aber von den Bauern im Laufe der Jahre zurückbezahlt werden.

Die jährliche Kosten- und Ertragsrechnung des gesamten Projektes ist in Tabelle 1 wiedergegeben.

Bei einem Rohertrag von durchschnittlich 881 \$ je Hektar und Kosten von 434 \$ (ohne Arbeit) ergibt sich im Bewässerungsperimeter ein landwirtschaftliches Betriebseinkommen von 447 \$ je Hektar. Das sind 7,30 \$ je geleisteter Vollarbeitstag oder rund 240 % des heutigen Durchschnittseinkommens. Dank der intensiven Tierhaltung kann die Unterbeschäftigung im Herbst und im Winter stark verringert werden.

Die durchschnittlichen Kosten des Bewässerungswassers (= der Bewässerungsanlagen) betragen ab Tertiärkanal oder

Tabelle 1. Jährliche Kosten und Erträge

Kosten oder Ertragsarten	Total in Mio US \$	Per Hektar (in \$)		
		Berechnet mit Grund- wasser	mit Ober- flächen- wasser	Berieselt mit Ober- flächen- wasser
Bewässerte Bruttofläche (in ha)	270 000	132 000	86 000	52 000
Rohrertrag	238,0	888	888	865
Projektkosten <sup>1)</sup> :				
– Dämme	7,5		48	69
– Hauptzuleiter	2,2		15	19
– Brunnen	8,3	60		
– Feldbewässerungsanlagen <sup>2)</sup>	22,3	58	115	98
– Elektrizität	3,4	16	15	
Landwirtschaftl. Betriebskosten:				
– Pflanzenproduktion	59,3	222	222	216
– Tierische Produktion	12,7	47	47	46
Erwarteter Ertragsausfall infolge Wassermankos <sup>3)</sup>	1,6		10	16
Landw. Betriebseinkommen	120,7	485	416	401
Landwirtschaftl. Arbeitskosten	60,1	224	224	218
Nettoertrag	60,6	261	192	183

<sup>1)</sup> Umfassen konstante Annuität zu 6% und 50 Jahren der ursprünglichen Kapitalkosten (inklusive Bauzinse) und des kapitalisierten periodischen Ersatzes der elektro-mechanischen Ausrüstung sowie jährliche Betriebs- und Unterhaltskosten.

<sup>2)</sup> Umfassen Bewässerungskanäle, Pumpstationen, Rohrleitungen, Entwässerungskanäle, landwirtschaftliche Strassen, Planierungsarbeiten.

<sup>3)</sup> Ist im Grunde genommen keine Kostenart, sondern eine Ertrags- einbusse. Die Wahrscheinlichkeit eines Wassermankos beträgt 0,14.

Regner 2,3 cents/m<sup>3</sup> für Oberflächenwasser und 1,6 cents/m<sup>3</sup> für Grundwasser.

An dieser Stelle muss eine Einschränkung im Hinblick auf die Aussagekraft der Modellrechnung angebracht werden. Diese Rechnung lässt die «Einlaufzeit» des Projektes ausser Betracht. Bei Einführung neuer Betriebssysteme ergibt sich in der Praxis stets eine gewisse zeitliche Verzögerung, bis die vollen Erträge anfallen. Die Bauern müssen zuerst Erfahrungen mit neuen Betriebssystemen sammeln. Ferner wachsen die Fruchtplantagen und die aufziehenden Leistungstiere erst nach Jahren in die volle Ertragskraft hinein. Die in Rechnung gestellten Erträge werden also erst ungefähr 15 Jahre nach Fertigstellung der Anlagen erzielt werden können. Diese Einschränkung, welche natürlich einen Druck auf die Rentabilität des Projektes ausübt, muss in der finanziellen Analyse des Projektes gebührend berücksichtigt werden.

### Investitionsrechnung

Als letzter Schritt der Planung müssen die Grössen herausgearbeitet werden, die einen Anhaltspunkt über die Berechtigung des Projektes im volkswirtschaftlichen Rahmen vermitteln. Oder in andern Worten: Es muss untersucht werden, wie sich die Rentabilität der Investition im Vergleich mit andern nationalen Investitionsprojekten ausnimmt. Die Ergebnisse eines solchen Vergleiches werden indessen in der Praxis nicht so weitgehend ausgewertet, dass ein Projekt, das die Rentabilität eines Alternativprojektes in einem andern Landesteil nicht erreicht, stets klang- und sanglos aufgegeben würde. Ein wichtiges nationales Ziel ist die Einebnung der regionalen Einkommensunterschiede, und zugunsten dieses Zieles müssen ab und zu Abstriche vom Grundsatz des wirtschaftlichsten Einsatzes der öffentlichen Investitionsmittel gemacht werden. Die letzte Entscheidung über die Verwirklichung eines Infrastrukturprojektes wird deshalb stets auf höchster nationaler Ebene erfolgen, wo wirtschaftliche und sozialpolitische Gesichtspunkte gleichermaßen zur Geltung gelangen.

Im Falle des Thessalien-Projektes wurde die Bewertung unter Zuhilfenahme der Barwert-Methode («Discounted Cash Flow»-Methode) durchgeführt. Insbesondere wurde das Kosten-Ertragsverhältnis und der interne Ertragssatz als Kriterien gewählt. Beim

Kosten-Ertragsverhältnis werden die Projektkosten und die Erträge zur Gegenwart diskontiert und in eine konstante Annuität umgelegt und einander gegenüber gestellt. Die Annuität der Projektkosten umfasst die Verzinsung des Investitionskapitals zu 6%, eine Amortisationsquote (sinking fund), welche das Kapital in 50 Jahren wieder einbringt, sowie die durchschnittlichen jährlichen Betriebs- und Unterhaltskosten. Unter Ertrag ist hier das landwirtschaftliche Einkommen – und zwar das durch das Projekt *zusätzlich* bewirkten Einkommen – zu verstehen. Mit andern Worten: Als Ertrag wird die Differenz zwischen dem landwirtschaftlichen Einkommen ohne den Entwicklungsplan und demjenigen mit dem Entwicklungsplan verstanden.

Zur Berechnung des internen Ertragssatzes werden die jährlichen Einnahmen und Ausgaben (cash flow) des Projektes über eine Periode von 50 Jahren zur Gegenwart diskontiert, wobei man den Zinssatz parametrisch variiert. Der interne Ertragssatz entspricht dann demjenigen Zinssatz, bei welchem sich die Summen der diskontierten Ausgaben und Einnahmen die Waage halten (d. h. der diskontierte Nettoertrag gleich null ist). Er kann als die effektive Rendite der Investition angesprochen werden. Derartige Rechnungen lassen sich innerhalb vernünftiger Fristen nur mit Computern durchführen.

Das Kosten-Ertragsverhältnis des Thessalien-Projektes wurde zu 1 : 2,0 und der interne Ertragssatz zu 13,6 % berechnet <sup>8)</sup>.

Entscheidend für die wirtschaftliche Tauglichkeit eines Entwicklungsplanes ist ferner die Schuldentilgungskapazität der Nutznießer. Es wurde berechnet, dass die Bauern ihre Schulden unter Berücksichtigung eines Moratoriums von fünf Jahren in ungefähr 15 Jahren tilgen können. Das ist ein beachtliches Ergebnis, wenn man in Rechnung stellt, dass die Investitionen erst nach 15 Jahren ihre vollen Erträge abwerfen.

Ein weiterer wichtiger Punkt bleibt abschliessend zu erwähnen: die Ausarbeitung eines Bauprogrammes. Die Bewässerung von 270 00 ha ist ein zu grosses Unterfangen, um in einem einzigen Anlauf bewältigt werden zu können. Um den effektiv für Bewässerungs- und landwirtschaftliche Entwicklungsvorhaben zur Verfügung stehenden Kreditplafond sowie realistische Baukapazitäten gebührend in Rechnung zu stellen, musste das Gesamtprojekt in vier Oberflächen- und vier Grundwasserprojekte aufgeteilt werden. Mit Ausnahme eines grossen Oberflächenwasser-Projektes können alle Teilprojekte in einer Zeitspanne von ungefähr fünf Jahren gebaut werden. Das Gesamtprojekt dürfte dabei nach einer totalen Bauzeit von ungefähr 20 bis 25 Jahren verwirklicht sein. In diesem Zusammenhang muss besonders die Wichtigkeit einer straffen Bauplanung hervorgehoben werden. Wie es sich in der Praxis leider oft erweist, führen Verzögerungen beim Bau und damit in der Inbetriebnahme der Anlagen zu einer starken Beeinträchtigung der Rentabilität von Infrastruktur-Projekten. Die grosse Zinslast kumuliert sich sehr schnell. Wenn es nicht gelingt, diesem Aufwand in kurzer Zeit einen Ertrag gegenüberzustellen, wird die Wirtschaftlichkeit des Projektes fragwürdig.

<sup>8)</sup> Auf eine kritische Beurteilung des Kosten-Ertrags-Verhältnisses und des internen Ertragssatzes kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Siehe in diesem Zusammenhang: Prof. Dr. W. Schaefer-Kehmert: Kriterien der wirtschaftlichen Beurteilung landwirtschaftlicher Entwicklungsprojekte, in: «Agrarwirtschaft», Heft 1, Januar 1965.

Adresse des Verfassers: Dr. Peter Probst, Rud. Wackernagelstr. 39, 4125 Riehen.

## Zum Rücktritt von Kantonsbaumeister Karl Kaufmann, Aarau

DK 92

In einer längern Zuschrift haben die Freunde, Kollegen und Mitarbeiter das Schaffen von Architekt BSA/SIA Karl Kaufmann, der am 30. September 1967 vom Amte des Kantonsbaumeisters des Kantons Aargau zurückgetreten ist, in schön gesetzten Worten gleichnisreich gewürdigt.

Der Wille, die Lauterkeit und Schaffensfreude Kaufmanns werden mit einem sprudelnden Bergbach verglichen, wie ein solcher den im Toggenburg (Lichtensteig) aufwachsenden Knaben oft begleitet haben mag. In seiner Studienzeit erlebte der angehende Architekt im Umgang mit Jüngeren, dass Geben nicht ärmer, sondern reicher macht. Schon damals befähigten ihn Wissen und Erfahrung, Freund, Helfer und Berater zu sein. Wäh-