

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 120 (1969)
Heft: 12

Artikel: Operations Research in der Forstwirtschaft
Autor: Steinlin, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767751>

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: 12.01.2026

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

Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen Journal forestier suisse

120. Jahrgang

Dezember 1969

Nummer 12

Operations Research in der Forstwirtschaft¹

Von *H. Steinlin*, Freiburg i. Br.

Oxf. 641 - - 062

Die Geburtsstunde des Ausdrucks «Operations Research» liegt im Zweiten Weltkrieg, als die Westmächte den Versuch unternahmen, die Erfolgsaussichten und Risiken bestimmter militärischer Operationen mathematisch zu errechnen. In der Folge entwickelte sich die OR zu einem der wichtigsten Hilfsmittel bei der Planung und Führung von Unternehmungen aller Art, zur Vorbereitung von militärischen und politischen Entscheidungen auf den verschiedensten Gebieten sowie zur Lösung bestimmter Forschungsprobleme. Der Begriff OR stammt aus dem angelsächsischen Sprachgebiet. Als deutscher Ausdruck findet «Unternehmensforschung» zunehmend Anerkennung, und ich werde im weiteren Verlauf meiner Ausführung dieses Wort verwenden.

Die Entwicklung der Unternehmensforschung selbst sowie der Methoden und Verfahren, deren sie sich bedient, verläuft heute noch so stürmisch, daß es schwerfällt, eine allgemein gültige oder allgemein anerkannte Definition zu geben. In der Regel versteht man aber unter Unternehmensforschung die Anwendung wissenschaftlicher, vor allem mathematischer Methoden zur Lösung von Optimierungsproblemen in komplexen Systemen. Die gefundene Lösung beinhaltet aber an sich noch keinen Entscheid, sondern gibt lediglich eine Entscheidungsgrundlage. Die Unternehmensforschung dient also nur der Entscheidungsvorbereitung und enthebt den oder die Verantwortlichen nicht davon, auf Grund aller erreichbaren Entscheidungsunterlagen selbst einen Entscheid zu fällen. Dies hervorzuheben scheint mir sehr wichtig, weil man immer wieder die Meinung hört, die Unternehmensforschung oder der Computer könne einem eine Entscheidung abnehmen oder mache gar eine verantwortliche Spitze eines Betriebes oder einer Unternehmung überflüssig. In einer Armee kann auch der beste Stab dem Kommandanten lediglich Lagebeurteilungen, Unterlagen und Anregungen für einen Entschluß geben, der Entschluß selbst muß aber vom Kommandanten selbst gefaßt und verantwortet werden. Genau dasselbe gilt für die Unternehmensforschung; sie stellt nicht mehr als eine, allerdings perfektionierte Arbeit eines Stabes dar, bei dem anstelle von kopfrechnenden Obersten und im Behelf nachschlagender Generalstabsoffiziere in vielen Fällen der Computer tritt.

¹ Vortrag an der Abteilung für Forstwirtschaft der ETH am 24. September 1969 anlässlich des Jubiläums der Gesellschaft ehemaliger Polytechniker.

Erste Voraussetzung für die erfolgreiche Anwendung von Unternehmensforschung ist die eindeutige Formulierung des gestellten Problems. Erst wenn ich genau weiß, was ich will, kann ich eine Zielfunktion, die der mathematischen Behandlung zugänglich ist, aufstellen. Allein schon diese Notwendigkeit der Problemformulierung erweist sich in vielen Fällen als sehr nützlich und heilsam, indem die Verantwortlichen gezwungen werden, sich über ihre eigenen Absichten und die verschiedenen Möglichkeiten klar zu werden. Oft wird es einem erst beim Versuch, eine Zielfunktion zu definieren, klar, wie unscharf wir oft denken und wie stark wir in vielen Fällen, bewußt oder unbewußt, ganz verschiedene Ziele miteinander vermengen. Es ist eben in einem Betrieb nicht dasselbe, ob ich maximale Produktion bei bestimmten Teilkapazitäten, maximalen Gewinn oder minimale Kosten anstrebe, und dementsprechend muß auch die angewandte Strategie, deren Festlegung die Unternehmensforschung erleichtern soll, ganz verschieden sein.

Nachdem das Problem formuliert ist, geht es darum, ein mathematisches Modell zu entwickeln, welches in seiner Struktur den tatsächlichen Verhältnissen des Betriebes oder eines anderen Untersuchungsobjektes möglichst genau entspricht, also strukturisomorph ist. Ein solches Modell ist eine Abstraktion der realen Situation, wobei der Grad der Abstraktion bzw. der Vereinfachung gegenüber der Wirklichkeit weniger entscheidend ist als die Tatsache, daß diese Vereinfachung im Hinblick auf eine ganz bestimmte Fragestellung erfolgt und die Beziehungen der einzelnen Teile des Modells in ihrer Struktur richtig wiedergibt.

Der dritte Schritt besteht darin, daß in dieses vorerst qualitative Modell quantitative Daten, zum Beispiel Kapazitäten, Leistungen, Kosten, Preise usw., eingesetzt werden. Solche Daten können einem, dem Modell zugrunde liegenden Betrieb entstammen (zum Beispiel Kosten, Leistungen, Kapazitäten), aus wissenschaftlichen Untersuchungen oder Versuchsergebnissen hervorgehen oder aber auch Schätzungen sein. In manchen Fällen wird es nicht möglich sein, genau determinierte Daten einzuführen, sondern es muß mit mutmaßlichen Bereichen oder Wahrscheinlichkeitsfeldern operiert werden. Je nachdem, ob alle Daten genau determiniert sind oder nicht, unterscheidet man deterministische und probabilistische Modelle, welche den heutigen Rechenverfahren gleichermaßen zugänglich sind und uns erlauben, je nach Art des Modelles auf analytischem oder numerischem Weg die der Zielfunktion entsprechende optimale Lösung zu finden.

Eine besondere Rolle bei der Überprüfung der Modelle spielt die sogenannte Sensitivitätsanalyse. Mit ihrer Hilfe kann festgestellt werden, wie das Ergebnis auf Datenänderungen reagiert oder welchen Einfluß Änderungen bei den sogenannten Randbedingungen und Restriktionen haben. Je nach der Struktur der Modelle und der ihnen zugrunde liegenden Probleme erweisen sich für die Lösung verschiedene Verfahren als geeignet. Am meisten

angewendet werden heute die sogenannte lineare und die nichtlineare Programmierung, verschiedene Formen der Netzplantechnik, Warteschlangentheorie, Monte-Carlo-Methode usw., auf die hier nicht näher eingegangen werden kann.

Die Anwendung der modernen Methoden der Unternehmensforschung erweist sich dort als am erfolgreichsten, wo wir es mit komplexen Zusammenhängen und komplizierten Systemen zu tun haben. Diese Voraussetzungen sind gerade in der Forstwirtschaft häufig. Der Wald selbst bildet eine Lebensgemeinschaft, deren Entwicklung nicht nur von vielen Faktoren genetischer, standörtlicher und klimatischer Natur, sondern auch durch menschliche Eingriffe in mannigfaltiger Weise beeinflußt wird. Der Forstbetrieb seinerseits ist gekennzeichnet durch das Zusammenspiel biologischer, technischer, ökonomischer und organisatorischer Faktoren, deren optimale Kombination nicht ohne weiteres augenscheinlich ist. Aber auch Einzelprobleme, wie die optimale Erschließung eines Waldgebietes, Wahl der optimalen Umtriebszeit oder optimale Durchforstungsverfahren, optimale Nutzungsverteilung, vor allem in nicht normal aufgebauten Wäldern, und viele andere Probleme stellen uns vor Aufgaben, die oft so komplex sind, daß sie mit den herkömmlichen Verfahren nicht oder nur mit sehr großem Zeit- und Rechenaufwand sowie Inkaufnahme großer Unsicherheiten gelöst werden können. Es ist daher verständlich, daß in den letzten Jahren vielfach und teilweise mit unbestreitbaren Erfolgen versucht wurde, forstliche Probleme mit Hilfe der Unternehmensforschung zu lösen.

Viele der Grundgedanken der Unternehmensforschung sind zudem der Forstwirtschaft keineswegs fremd. Ganz im Gegenteil, die Forstwissenschaft kann in Anspruch nehmen, schon vor mehr als 100 Jahren, lange vor anderen Wirtschaftszweigen, mit Modellen und ihrer mathematischen Behandlung operiert zu haben, um praktische Probleme zu lösen. Die Bodenreinertragslehre dürfte das bekannteste und auch folgenreichste Experiment auf diesem Gebiet gewesen sein. In ganz modernem Sinn wurde vorerst ein Ziel formuliert, nämlich die Maximierung der Bodenrente, es wurde ein Modell aufgestellt, das Normalwaldmodell, welches aus einer der Umtriebszeit entsprechenden Zahl von nebeneinanderliegenden Beständen mit einjährigem Altersunterschied zusammengesetzt war, die einem bestimmten Durchforstungsgang unterworfen wurden. In dieses vorerst qualitative Modell wurden empirisch gewonnene Daten über Bodenwert, Kulturkosten, Verwaltungskosten und auf Ertragstafeln basierende Werte für Zuwachsgang, Durchforstungsertrag und Gesamtwuchsleistung eingeführt und dann mit Hilfe der Zinseszinsrechnung bestimmt, bei welcher Umtriebszeit und mit welchen Durchforstungseingriffen die maximale Bodenrente erreicht werde.

Das Beispiel der Bodenreinertragslehre zeigt uns in hervorragender Weise Stärken und Schwächen der Unternehmensforschung. Ausgangspunkt war eine ganz klare Formulierung der Zielfunktion, die überhaupt

erst die mathematische Lösung ermöglichte. Der Fehler lag aber wohl darin, daß dieses Ziel schlechterdings als *das* Ziel der Forstwirtschaft bezeichnet wurde. Erst später hat man richtig erkannt, daß diese Zielsetzung wohl in manchen Fällen richtig ist, daß aber in vielen andern Fällen die höchste Bodenrente gar nicht das Wirtschaftsziel verkörpert. Dieses Beispiel zeigt uns, wie entscheidend wichtig es ist, das anzustrebende Ziel genau zu überlegen und zu formulieren.

Eine zweite Schwäche liegt im Modell selbst, vornehmlich in der Annahme, daß die Anwendung der Zinseszinsrechnung auf ganze Umtriebszeiten selbstverständlich sei und daß in alle Zukunft mit konstanten Kosten und Preisen gerechnet werden könne. Die Erfahrungen der fortschreitenden Geldentwertung und vor allem schlagartiger Inflationen haben uns gewisse Zweifel gebracht, ob die Ausdehnung der Zinseszinsrechnung auf Perioden, die mehrere Menschenalter umfassen, zulässig ist, mit anderen Worten, ob ein forstliches Betriebsklassenmodell, das auf der Zinseszinsrechnung beruht, wirklich mit dem ökonomischen System Forstwirtschaft isomorph sei.

Der dritte Mangel der bodenreinerträglerischen Lösungsversuche lag in den verwendeten quantitativen Daten. Man übersah und konnte es vielfach auch nicht voraussehen, daß das Sturm- und Insektenrisiko der Monokulturen mit steigendem Alter immer größer wird und daher in vielen Fällen die Werte der Ertragstafeln im praktischen Betrieb nicht erreicht wurden, wie es sich auch später zeigte, daß unter gewissen Standortsbedingungen die Monokultur auf die Dauer zu einem Absinken der Ertragsleistungen führen mußte. Bei einer entsprechenden Korrektur der in die Modelle eingesetzten Daten hätten sich zum Teil andere Resultate und damit auch eine andere Strategie für den Forstbetrieb ergeben.

Wir dürfen aber nicht übersehen, daß das Modell der Bodenreinertragslehre trotz seiner Mängel die Forstwissenschaft und Forstwirtschaft entscheidend weitergebracht hat, ganz abgesehen davon, daß heute viele Forstbetriebe, deren Leiter die Bodenreinertragslehre in Grund und Boden verdammen, geradezu von den Beständen leben, wie sie seinerzeit in Anwendung der Resultate dieses Versuchs einer Modellbetrachtung begründet wurden.

Der größte Fehler der Bodenreinertragslehre lag aber wohl darin, daß sich ihre Vertreter nicht damit begnügten, ein abstraktes Modell des wirklichen Waldes aufzustellen und die damit gewonnenen Erkenntnisse als Entscheidungshilfen für die konkrete Arbeit im Walde zu betrachten, sondern daß sie der Versuchung nicht widerstehen konnten, die Wirklichkeit dem Modell anzupassen, das heißt den Wald so aufzubauen, wie es ihrem Entscheidungsmodell entsprach.

Auch heute sind wir keineswegs gefeit davor, in der Anwendung der Unternehmensforschung Fehler zu begehen. Das ist aber kein Grund, sie für die Forstwirtschaft abzulehnen, sondern vielmehr Ansporn, aus den

früheren Fehlern zu lernen und das uns heute zur Verfügung stehende, viel bessere Instrumentarium optimal für unsere Zwecke einzusetzen. Viele der Fragestellungen der Forstwirtschaft sind geradezu prädestiniert für eine Lösung mit Hilfe der Unternehmensforschung. Eine kürzlich von einem meiner Mitarbeiter zusammengestellte Bibliographie über Anwendungen der Unternehmensforschung in der Forstwirtschaft umfaßt denn auch bereits 190 Nummern, allerdings vorwiegend aus dem angelsächsischen Raum, aber auch aus Skandinavien, Rußland und Mitteleuropa. Von der Methodik her liegen die Schwerpunkte bei der Anwendung der linearen Programmierung, währenddem Netzplantechnik, Spieltheorie, Warteschlangentheorie, Simulation und dynamische Programmierung, auf Grund der Literatur beurteilt, noch nicht so stark Eingang in die Forstwirtschaft gefunden haben. Vom Sachlichen her sind zwei Schwerpunkte zu erkennen, die Anwendung auf Probleme der Holzernte und der Walderschließung einerseits und der Forsteinrichtung und allgemeinen Betriebsführung andererseits. Im mitteleuropäischen Raum liegen einige Veröffentlichungen über die Anwendung der Netzplantechnik auf forstliche Probleme vor, ferner eine sehr interessante Untersuchung über die optimale Kombination von Wald- und Landwirtschaft im Bergbauernbetrieb aus Österreich, eine in Freiburg entstandene Arbeit von Höfle zur optimalen Sortierung und Wahl der Arbeitsverfahren bei der Schwachholzernte sowie einige Aufsätze von Schöpfer, ebenfalls aus Freiburg, der sich mit Simulation für Aufgaben der Forsteinrichtung und Ertragskunde befaßte.

Natürlich wäre es falsch, die Schwierigkeiten zu übersehen, die sich der Anwendung der Unternehmensforschung in der Forstwirtschaft entgegenstellen. Diese liegen einerseits in der Struktur und in den Eigentumsverhältnissen vieler unserer Forstbetriebe, bei deren Leitung politische und emotionale Gesichtspunkte oft eine größere Rolle spielen als kühle Überlegung und rationale Planung, und wo daher scheinbar kein Bedürfnis besteht, über Entscheidungsgrundlagen zu verfügen, die mit wissenschaftlichen Methoden entwickelt wurden. Die Größe eines Forstbetriebes ist dagegen im Grunde kein begrenzender Faktor. Ob die Unternehmensforschung zur Lösung bestimmter Fragen zweckmäßig ist oder nicht, hängt nicht von der Betriebsfläche, sondern vom gestellten Problem ab. Mehr Schwierigkeiten bietet in manchen Fällen die Formulierung der Zielfunktionen, einerseits, weil oft die Vorstellungen des Wirtschaftszieles, aber auch der Betriebsziele, nicht so klar vorhanden sind, daß sie ohne weiteres eindeutig genug formuliert werden können, andererseits aber auch, weil in zunehmendem Maße kombinierte Ziele angestrebt werden müssen. Allerdings kann gerade die Frage der optimalen Zielkombination wiederum ein Problem darstellen, für dessen Lösung sich die Unternehmensforschung sehr gut eignet.

Die Formulierung der Modelle ist in der Forstwirtschaft nicht schwieriger als in andern Gebieten, und es hat sich immer wieder gezeigt, daß diese

Aufgabe weit weniger Mühe macht als die Beschaffung der quantitativen Daten, die in die Modelle eingesetzt werden müssen. Hier zeigt sich die Mangelhaftigkeit unserer forstlichen Buchhaltung, Kostenrechnung und Statistik. Das Endresultat kann auch beim kompliziertesten Modell und dem leistungsfähigsten Computer nicht besser sein als die Daten, mit denen das Modell versehen und der Computer gefüttert wurde. Daher steht und fällt die Anwendung der Unternehmensforschung in der Forstwirtschaft in vielen Fällen mit der besseren quantitativen Erfassung der Vorgänge im Wald und im Betrieb.

Sehr bedeutend ist die Rolle, die die Unternehmensforschung in der Ausbildung spielen könnte. Der Zwang zur klaren Formulierung von Problemen und Zielen, die Notwendigkeit, strukturgetreue Modelle zu entwerfen und mit entsprechenden quantitativen Angaben zu versehen, veranlassen den Studenten, den Problemen auf den Grund zu gehen, die wesentlichen Zusammenhänge zu suchen und zu finden und eindeutige Aussagen zu machen. Der erzieherische Effekt ist daher bedeutend und würde in manchen Fällen allein schon den Versuch lohnen, ein Problem mit Hilfe der Unternehmensforschung anzupacken. Gleichzeitig lernt der Student aber auch die Grenzen der Anwendung der Unternehmensforschung zu sehen und zu erkennen, daß der Computer wohl ein glänzendes Werkzeug, aber von unbeschränkter Dummheit ist und daher den menschlichen Geist und auch die menschliche Entschlußkraft und Verantwortungsfreudigkeit nicht ersetzen kann.

Résumé

L'« Operations research » dans l'économie forestière

La recherche opérationnelle est devenue l'un des instruments les plus importants de la planification et de la direction d'entreprises de tout genre, de la préparation de décisions militaires et politiques dans les secteurs les plus divers, ainsi que dans la solution de problèmes de recherche particuliers. Elle n'intervient cependant que dans les phases préparatoires et n'abolit aucunement la décision personnelle du ou des responsables, prise en fonction de toutes les données adéquates à disposition. Condition première de succès dans l'application de la recherche opérationnelle est la formulation sans équivoque du problème à résoudre. L'étape suivante est l'établissement d'un modèle mathématique correspondant dans sa structure aussi exactement que possible aux conditions existantes. La troisième opération est l'introduction dans ce modèle jusqu'alors qualitatif de données quantitatives, par exemple capacités, productions, coûts, prix, etc. La solution du problème d'optimisation nécessite la mise en œuvre de divers procédés mathématiques, adaptés à la structure du modèle et à la question dont il est l'expression. Les procédés aujourd'hui les plus utilisés sont les programmations linéaire et non linéaire, diverses formes de la technique des réseaux, la théorie des queues, les méthodes de Monte-Carlo, etc. De nombreux problèmes de l'économie forestière se prêtent très bien à une approche par la recherche opérationnelle et l'application de ces méthodes s'est fortement répandue durant ces dernières années, avant tout chez les Anglo-Saxons, en Scandinavie et en Russie, en partie aussi en Europe moyenne. Les domaines les plus souvent concernés sont la récolte des bois et la desserte des forêts d'une part, l'aménagement et la direction générale de l'entreprise de l'autre. La programmation linéaire, la simulation et la technique des réseaux sont du point de vue méthodique les plus importantes. La formulation des modèles n'est pas plus complexe en économie forestière que dans d'autres domaines; cette tâche est fréquemment moins ardue que l'obtention des données quantitatives à introduire. C'est pourquoi la possibilité d'application de la recherche opérationnelle dans l'économie forestière dépend-elle d'une meilleure connaissance des opérations en forêt et dans l'entreprise. Le rôle que pourrait jouer la recherche opérationnelle dans l'enseignement n'est pas à sous-estimer. L'obligation de formuler clairement problèmes et objectifs, la nécessité de développer des modèles conformes aux structures et de les pourvoir de données quantitatives adéquates ont un effet éducatif considérable, et, dans de nombreux cas, justifieraient déjà l'expérience d'une approche par la recherche opérationnelle.

Traduction : Matter