

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 45 (1967)

Heft: 4

Artikel: Anwendungsmöglichkeiten der linearen Programmierung im PTT-Bereich [Schluss]

Autor: Hürlimann, WErner

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-874861>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.05.2025

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

Anwendungsmöglichkeiten der linearen Programmierung im PTT-Betrieb (Schluss¹)

Werner HÜRLIMANN, Bern

656.807:65.012.122

Im folgenden werden die wesentlichsten Verfahren der linearen Programmierung an Hand einfacher Beispiele kurz gestreift. Für den interessierten Leser wird in der Regel der mathematische Ansatz angegeben, und im übrigen richten wir unser Augenmerk auf die *praktische Anwendung*.

Zuordnung

Wenn eine Anzahl verschiedener betrieblicher Aufgaben nach verschiedenen Methoden gelöst werden kann und sich dabei die Frage stellt, welche Aufgabe welcher Methode zugeordnet werden solle, um insgesamt einen möglichst grossen Nutzen zu erzielen, dann liegt ein Zuordnungsproblem vor.

Beispiel: Zwei Transportfourgons haben Postsachen nach den Filialen A und B befördert und stehen nach dem Entlad für weitere Transporte bereit. In den Filialen C und D dagegen stehen Postsachen zum Abtransport bereit. Gegeben sind die Wegdistanzen aller Filialen untereinander. Gesucht ist ein Fahrbehl für die beiden Fahrzeuge, derart, dass die Leerfahrkilometer gesamthaft minimal werden.

Jedes Zuordnungsproblem weist derartige Ausgangselemente (Aufgaben), Bestimmungselemente (Lösungen) sowie Bewertungsgrössen zwischen jedem Ausgangselement und jedem Bestimmungselement auf. *Tabelle 1* zeigt, was man sich praktisch unter diesen Ausdrücken vorstellen kann.

Tabelle 1: Anwendungsformen des Zuordnungsmodells

Ausgangselemente	Bestimmungselemente	Bewertungsgrössen
Arbeitnehmer	Arbeitsplätze oder Aufgaben	Eignungskoeffizienten
Arbeitsgruppen	Büros	Kommunikationswege
Arbeitsplätze	Verfügbare Räume	Eignungskoeffizienten
Büros	Beladestellen	Verladekosten, -zeiten
Lastwagen, Fourgon	Beladestellen	km oder h für Leerfahrt
Entladestellen		
Fahrzeuge	Kursstrecken	Eignungskoeffizienten
Hinfahrten (Ende)	Rückfahrten (Beginn)	Stillager (h), Kosten
Verfügbare Zug- oder Tragwagen	Leere Anhänger oder Behälter zum Abholen	km oder h für Leerfahrt
Mietobjekte oder Vermietungsobjekte	Offertensteller	Kosten, Gewinne
Submissionen	Offertensteller	Kosten

Das Zuordnungsproblem lässt sich etwas erweitern, zum Beispiel wie folgt:

- Sperrung oder Bevorzugung einzelner Zuordnungen aus technischen, organisatorischen oder anderen Gründen.
- Probleme mit mehr Ausgangselementen als Bestimmungselementen, beziehungsweise weniger Ausgangselementen als Bestimmungselementen.

¹ Teil I ist in den Techn. Mitt. PTT Nr. 3/1967, S. 130...137 erschienen.

Steht eine elektronische Datenverarbeitungsanlage zur Verfügung, dann können je nach Computertyp und Programm Zuordnungsprobleme mit 30...6000 Ausgangs- und Bestimmungselementen bewältigt werden. Durch Aufteilung in Teilprobleme (Decomposition) wurden schon Aufgaben mit 100 Ausgangs- und 10 000 Bestimmungselementen bewältigt.

Mathematischer Ansatz

Für das Zuordnungsproblem gilt das beim Transportproblem Gesagte sinngemäss, nur dass hier die Formulierung infolge Wegfalls der Mengenmatrix noch einfacher ist (alle $a_i = 1$ und $b_j = 1$). Es genügt die Matrix

	1...j...m
1	$r_{11} \dots r_{1m}$
$\vdots$	
i	$\dots r_{ij} \dots$
$\vdots$	
n	$r_{n1} \dots r_{nm}$

Beim Zuordnungsproblem tritt stets eine quadratische Matrix mit n Ausgangs- und n Zielpunkten auf.

Auch hier treten in den Nebenbedingungen die Variablen x_{ij} stets mit dem Koeffizienten 1 auf. Die Nebenbedingungen lauten:

$$\left. \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, m) \\ \sum_{j=1}^m x_{ij} = 1 \quad (i = 1, 2, \dots, n) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Bedingung, dass in jeder} \\ \text{Zeile und in jeder Spalte} \\ \text{eine und nur eine Besetzung} \\ \text{vorhanden ist sowie } x_{ij} \geq 0 \end{array}$$

mit der Zielfunktion

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m r_{ij} x_{ij} \quad (\text{zu minimieren})$$

Bei strenger Beachtung der Rechenregeln genügt die Bedingung $x_{ij} \geq 0$, damit diese nur die Werte 0 oder 1 annehmen; andernfalls müsste $x_{ij}^2 = x_{ij}$ gesetzt werden, weil nur diese Gleichung den Werten 0 und 1 genügt. Auch beim Zuordnungsproblem können fiktive Ausgangs- oder Zielpunkte vorgesehen werden (mit $r_{ij} = 0$). Oft werden auch beim Zuordnungsproblem die Werte mit c_{ij} statt r_{ij} bezeichnet.

Zuteilung

Kommt zu der blossen Zuordnung von Ausgangselementen zu Bestimmungselementen noch ein Mengenerfordernis hinzu, dann liegt ein Zuteilungsproblem (häufig auch Transportproblem genannt) vor.

Beispiel: Drei Transportfourgons haben Einsatzkarren nach der Filiale A und vier Fourgons solche nach B befördert und sind nun für weitere Transporte verfügbar. In den Filialen C und D dagegen stehen Einsatzkarren zum Abtransport bereit, wofür

in C zwei Fourgons und in D fünf solche benötigt werden. Gegeben sind die Distanzen zwischen allen Filialen. Gesucht ist eine Fahrordnung, derart, dass die Leerfahrkilometer gesamthaft minimal ausfallen.

Zu den aus dem Zuordnungsproblem bereits bekannten Bewertungsgrößen kommen hier auch noch Mengenerfordernisse hinzu (Überschüsse an den Ausgangselementen und Bedarf an den Bestimmungselementen. Über die praktische Form dieser Begriffe vergleiche man *Tabelle II*.

- Mengen oder Bewertungsgrößen, die innerhalb bestimmter Grenzen (parametrisch) schwanken oder mit Unsicherheiten behaftet sind (stochastisch).
- Erweiterung des Modells auf mehrere Zuteilungsobjekte, auf mehrere Bewertungsgrößen sowie auf nichtlineare Bewertungen (beispielsweise gestaffelte Transporttarife je nach Gewicht und Entfernung).
- Einfügen von Zwischenstationen (Umladestellen, Depots) in ein vorhandenes Transportnetz.

Tabelle II: Anwendungsformen des Transportmodells

Ausgangselemente	Bestimmungselemente	Zuteilungsobjekte	Bewertungsgrößen
Tankstellen und Servicestationen	Standorte der Motorfahrzeuge	Fahrten zum Service	km, Kosten
Garagen	Einsatzstellen	Fahrzeuge	km, Zeit, Kosten
Station mit verfügbaren Wagen	Stationen mit Wagenbedarf	Güterwagen	km, Zeit, Kosten
Fabriken oder Werkstätten	Lagerhäuser oder Lagerräume	Produkt	km, Kosten
Lagerhäuser	Läden, Filialen	Produkt	km, Kosten
Versandpunkte	Bestimmungspunkte	Transportgut	Kosten
Entladeorte	Sammelstellen	leere Behälter	Kosten
		Säcke, Gebinde	
Abstellplätze	Verladestellen	Handfahrzeuge	Kosten, Zeit, km
Transportmittel	Verkehrsarten	Verkehrsmenge	Kosten
Fahrzeugtypen	Kursrouten	Fahrzeuge	Eignungskoeffizient, Kosten
Förderanlagen	Verarbeitungsstellen	Transportgut	Kosten, km, Zeit
Lieferanten	Lagerhäuser	Rohstoffe	Preise und Kosten
Produktarten	Verladearten	Produkt	Kosten, Zeit
Kraftwerke	Unterwerke	elektrische Energie	Kosten
Arten der Beschaffung	Bedarf je Zeitperiode (zum Beispiel Woche)	Produkt, Rohstoff	Kosten
	Produktarten	Produktionsmittel	
Lieferanten	Aufschüttungen	Produkt	Kosten, Gewinn
Einschnitte		Erdmassen	Lastwagenladungen

Für das beschriebene Zuteilungsmodell ergeben sich zahlreiche Erweiterungsmöglichkeiten, die allerdings den Rechenablauf komplizieren:

- Überschuss in den Ausgangselementen beziehungsweise Manki in den Bestimmungselementen.
- Sperrung oder Bevorzugung einzelner Verbindungen.
- Anordnung von Umwegen oder Umleitungen (Umlad, Bedienung von Haltestellen oder Depots, Berührung anderer Ausgangselemente) sowie von Transporten in beiden Richtungen.
- Begrenzttes Fassungsvermögen einzelner Verbindungen, bestimmte Verhältniszahlen zwischen den Zuteilungen, Vorschrift von Minimal- und Maximalmengen in bestimmten Zuteilungen oder Terminvorschriften.
- Kombination von Einkauf, Transport und Lagerung im gleichen Modell, sofern sich die verschiedenen Bewertungsgrößen auf einen gemeinsamen Nenner (zum Beispiel Kosten, Zeiten) bringen lassen.
- Einplanung von Kapazitätserhöhungen unter zusätzlichen Kosten.

- Erweiterung der Bestimmungselemente zu ganzen Flächen, wie Zustellbezirke, Lagerflächen und ähnliches.

Für Probleme mit mehr als fünf oder sechs Ausgangs- und Bestimmungselementen wird die manuelle Lösung bereits umständlich. Mittels Computer wurden bereits Transportprobleme mit bis zu 600 Ausgangs- und 2000 Bestimmungselementen gelöst; mit Grossanlagen wurden mit Hilfe der Decomposition schon Aufgaben mit 6000 Ausgangs- und Bestimmungselementen bewältigt.

Mathematischer Ansatz

Dem Transportproblem angemessen ist, infolge der besonderen Struktur, die Lösung nach den verschiedenen Varianten der Transportmethode, die alle auf der gleichen Formulierung in einer $n \cdot m$ -Matrix (Bewertungsmatrix und Mengenmatrix) beruhen. Weil beim Transportproblem die Gleichungen voneinander abhängig und fest in die erwähnte Matrix eingebaut sind, werden hier auch die Variablen mit zweistelligen Indizes x_{ij} bezeichnet. Sie treten – eine Charak-

teristik des Transportproblems – in den Nebenbedingungen stets mit dem Koeffizienten 1 auf. Die Formulierung lautet: An n Versandorten ($i = 1, 2, \dots, n$) stehen Mengen a_i bereit, während an m Bestimmungsorten ($j = 1, 2, \dots, m$) Mengen b_j benötigt werden². Die zwischen jedem i und j geltende Bewertung c_{ij} (Kosten, Distanz, Zeit usw.) sei proportional zur Menge x_{ij} , somit gilt für jede Beziehung $c_{ij}x_{ij}$. Zunächst stellen wir die Mengenmatrix auf und dann die Bewertungsmatrix:

	$b_1 \dots b_j \dots b_m$		$b_1 \dots b_j \dots b_m$
a_1	$x_{11} \dots x_{1m}$	a_1	$c_{11} \dots c_{1m}$
$\vdots$		$\vdots$	
a_i	$\dots x_{ij} \dots$	a_i	$\dots c_{ij} \dots$
$\vdots$		$\vdots$	
a_n	$x_{n1} \dots x_{nm}$	a_n	$c_{n1} \dots c_{nm}$

Bei der Bewertungsmatrix sind die Mengen (a_i und b_j) nicht unbedingt notwendig und können durch die blossen Ortsbezeichnungen der Zeilen und Spalten (i und j) ersetzt werden. Diese beiden Matrizen beschreiben das Problem vollständig und enthalten alle Daten, die für die Lösung nötig sind. Die Zielfunktion lautet hier

$$Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \quad (\text{zu minimieren}),$$

unter den Nebenbedingungen

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, m)$$

bedeutet Forderung der Bedarfsbefriedigung für jeden Empfangsort;

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

bedeutet Forderung der beschränkten Abgangskapazitäten; schliesslich wie gewohnt

$$x_{ij} \geq 0$$

Falls die Summe der Versandmengen mit der Summe der Empfangsmengen nicht übereinstimmt, also

$$\sum a_i > \sum b_j \quad \text{oder} \quad \sum a_i < \sum b_j$$

dann müssen fiktive Ausgangspunkte beziehungsweise Bestimmungspunkte vorgesehen werden, welche die Überschüsse oder Defizite aufnehmen und in deren Zeile beziehungsweise Kolonne die $c_{ij} = 0$ sind, weil tatsächlich nichts transportiert wird.

Reihenfolge

Ein Reihenfolgeproblem liegt vor, wenn die Aufeinanderfolge bestimmter Vorgänge derart zu ordnen ist, dass der Gesamtaufwand optimal ausfällt, wobei die Bewertungs-

² In manchen Quellen werden die Zeilen mit m und die Spalten mit n bezeichnet.

grösse (Distanz, Zeit, Kosten usw.) jeweils davon abhängig ist, welcher Vorgang vorausgegangen ist.

Beispiel: Ein Briefkastenleerer hat nacheinander die Briefkästen A...D zu leeren und dann wieder nach A zurückzukehren. Gegeben sind die Entfernungen zwischen allen Kästen. Wie ist die Bedienungstour zu ordnen, damit der Gesamtweg minimal wird?

Schwieriger und nur für bestimmte Sonderfälle lösbar ist das «allgemeine» Reihenfolgeproblem, zum Beispiel wenn für die erwähnte Kastenleerung gleichzeitig mehrere Kastenleerer einzusetzen sind (simultane Reihenfolge mehrerer Prozesse), denn hier gehen schon bei ganz einfachen Aufgaben die Zahlen der möglichen Lösungen in die Millionen. Über Anwendungsmöglichkeiten des «einfachen» Reihenfolgeproblems vergleiche man *Tabelle III*.

Tabelle III: Anwendungsformen des Reihenfolgemodells

Vorgänge	Bewertungsgrössen
Ein Zustellbeamter oder ein Fahrzeug hat nacheinander bestimmte Punkte mit gegebener Entfernung zu bedienen	Distanz, Zeit
Fahrzeuge haben nacheinander bestimmte planmässige Kurse zu bedienen	Zeiten für Stillager
Postsachen werden auf einer Reihe von Maschinen automatisch abgefertigt, wobei die Reihenfolge nicht vorgeschrieben ist	Bearbeitungszeiten

Unter entsprechender Komplizierung des Rechengangs sind auch beim Reihenfolgeproblem interessante Erweiterungen möglich, zum Beispiel:

- Einplanung von Terminerfordernissen;
- Kombination von ungebundener Reihenfolge mit gebundener Reihenfolge;
- Beschränkungen in bezug auf die zu bedienenden Stellen:
 - Transportmengen, die insgesamt die Ladefähigkeit überschreiten,
 - schwankende Transportmengen,
 - Strassensperren, Nacht- und Sonntagsfahrverbote können zur vorübergehenden Rückkehr an den Ausgangspunkt zwingen;
- Abhängigkeit der Bewertungsgrössen von der Fahr- richtung, zum Beispiel wenn Kosten oder Fahrzeiten bei Bergfahrt und Talfahrt verschieden sind oder wenn für bestimmte Verbindungen Einbahnverkehr vorgeschrieben ist.

Mittels Computer können Reihenfolgeprobleme mit bis zu 40 Punkten (Vorgängen) verarbeitet werden, mit Grossanlagen wurden bereits solche mit 99 Punkten behandelt.

Mathematischer Ansatz

Beim Reihenfolgeproblem sind die einzelnen «Abschnitte» x_{ij} in einer Richtung derart miteinander zu verknüpfen, dass die Summe aller Bewertungen c_{ij} minimal wird. Dabei darf

bei jeder untersuchten Kombination t jede Strecke nur ein einziges Mal und x_{ij} nur mit den Koeffizienten 0 oder 1 auftreten. Somit ergibt sich die Zielfunktion

$$Z = \sum_{i,j,t} c_{ij} x_{ijt} \quad (\text{zu minimieren})$$

unter den Nebenbedingungen

$$\begin{aligned} \sum_{j,t} x_{ijt} &= 1 \quad (i = 1, \dots, n) \\ \sum_i x_{ijt} &= \sum_k x_{i,k,t+1} \quad (j, t = 1, \dots, n) \\ x_{ij}^2 &= x_{ij} \end{aligned}$$

Grundsätzlich kann dieses Problem zwar mit Hilfe der Simplexmethode beziehungsweise der Zuordnungsmethode gelöst werden, doch können dabei Lösungen mit mehreren getrennten Rundreisen herauskommen.

Netzwerk

Die als «Fluss durch ein Netzwerk» bekannten Modelle zeichnen sich dadurch aus, dass für die gesuchten Zuordnungen jeweils mehrere Wege mit jeweils verschiedenartiger Bewertung in Frage kommen. Dieser Sachverhalt kann für äusserlich recht verschiedenartige Probleme zutreffen, von denen die wichtigsten anhand einfacher Beispiele vorgeführt seien:

Beispiel 1: Von zwei Postverteilzentren A und B aus sind mit Transportfourgons planmässige Transporte nach den Postämtern C und D durchzuführen. Gegeben sind die Abfahrts- und die Fahrzeiten. Gesucht ist eine Fahrordnung, die mit einer möglichst kleinen Zahl von Fahrzeugen auskommt (Routing-Problem).

Beispiel 2: Zwei grosse Postämter sind untereinander durch eine Rohrpost verbunden, wobei die Kapazität der einzelnen Netzabschnitte gegeben ist. Gesucht ist die zwischen beiden Stellen mögliche maximale Transportmenge (Problem des maximalen Flusses).

Beispiel 3: Zwei weit entfernte Postverteilzentren sind untereinander durch ein Netz von möglichen Postverbindungen (Bahnposten) verbunden, wobei die Distanzen oder Fahrzeiten von Knotenpunkt zu Knotenpunkt gegeben sind. Man suche den optimalen (kürzesten, schnellsten) Weg durch dieses Netz.

Über mögliche Anwendungsformen vergleiche man *Tabelle IV*.

Durch Anwendung von bestimmten Erweiterungsmöglichkeiten können die Netzwerkmodelle weitgehend der Wirklichkeit angepasst werden. Einige Beispiele:

- Transportplanung für Reisenden- und Sachentransport auf umfangreichen Liniennetzen (Kursgruppen);
- Netzwerkprobleme zwischen mehr als zwei Punkten oder sogar zwischen mehreren untereinander verbundenen Netzen;
- Netzwerkprobleme unter Minimierung der Kosten;
- Erweiterung des Routing-Problems durch Zielfunktionen zweiter Ordnung, zum Beispiel durch die Vorschrift, dass das gefundene Optimum (Minimum an erforderlichen Fahrzeugen) mit einem Minimum an Leerfahrtzeiten zu erfüllen sei.

Für den Computereinsatz liegen erst wenige Erfahrungszahlen vor. In der Netzplantechnik (Suchen des längsten Weges durch ein Netzwerk) wurden bereits Aufgaben mit 1000 Knotenpunkten und 3000 Verbindungen verarbeitet.

Allgemeines Programmplanungsmodell (Simplexverfahren)

Die bisher beschriebenen Verfahren weisen alle eine bestimmte, verhältnismässig einfache Struktur auf. Häufig kommen aber Fälle vor, auf die keines dieser Modelle passt, beispielsweise wenn

Tabelle IV: Anwendungsformen des Netzwerkmodells

Vorgänge	Ziel
Zwischen gegebenen Ladepunkten und Entladepunkten (Häfen, Stationen, Garagen usw.) sind unter gegebenen Fahrzeiten und Ladeterminen (beziehungsweise Entladeterminen) bestimmte Transporte (Fahrten, Mengen) durchzuführen. Die Kapazität der verfügbaren Fahrzeuge ist gegeben	Mindestzahl der erforderlichen Fahrzeuge
Zwischen gegebenen Lade- und Entladepunkten (Ausgangs- und Endpunkten) sind dem Zuteilungsmodell entsprechende Transporte durchzuführen. Sperrungen und Kapazitätsbeschränkungen sind aber derart einschneidend, dass nicht alle Zuteilungen befriedigt werden können	Höchstmenge der realisierbaren Zuteilungen ohne Rücksicht auf die Bewertungsgrössen
Ein Ausgangspunkt ist mit einem Endpunkt durch ein Verkehrsnetz verbunden, für dessen einzelne Teile die Kapazitäten gegeben sind	Maximaler Transportfluss zwischen den beiden Punkten
Zwischen gegebenen Ausgangs- und Endpunkten sind dem Zuteilungsmodell entsprechende Transporte durchzuführen. Gegeben ist die Kapazität der zur Bewältigung der Mengen eingesetzten Fahrzeuge	Fahrzeugeinsatz mit maximaler Auslastung der Fahrzeuge und unter Befriedigung aller Nachfragen
Es sind unter Vorgabe bestimmter Abfahrts- oder Ankunftsstermine die Stationen einer Transportstrecke zu bedienen. Gegeben sind Reisegeschwindigkeit, Kapazität und Zahl der verfügbaren Fahrzeuge und Anlagen	Maximale mögliche Transportleistung zwischen den Stationen Minimaler Fahrzeugbedarf

- die Reihenfolge der Arbeitsgänge vorgeschrieben ist;
- eine Mehrzahl von Zuteilungsobjekten vorliegt und diese untereinander noch in bestimmten Verhältnissen verknüpft sind;
- wenn unter optimalen Werten zu produzierende Mengen gesucht sind und sich das Problem nicht in eine Zuordnung, Zuteilung oder Reihenfolge formen lässt;
- viele, verschiedenartige und untereinander verkettete Nebenbedingungen zu berücksichtigen sind.

Beispiel: Vom Postamt A sind nach B Postsachen in grosser Menge zu transportieren. Der betriebseigene Camion kann entweder 30 t/Tag direkt nach B oder 90 t/Tag nach dem Bahnhof zum Umlad führen. Auf dem Bahnhof können in Richtung B höchstens 60 t/Tag angenommen werden. Gegeben sind die Kosten je Transportart und Verbindungsart sowie die Umladekosten. Gesucht ist eine kostenminimale Verteilung der Transporte auf direkten Autotransport und auf Bahntransport.

Beim allgemeinen Programmplanungsmodell treten Zielfunktion, Prozesse und Nebenbedingungen (vergleiche *Tabelle V*) besonders deutlich hervor, während sie bei den anderen Modellen infolge der besonderen Darstellungsform etwas verkappt sind. Grundsätzlich könnten aber alle diese Modelle nach der allgemeinen Programmplanungsmethode gelöst werden (Simplexmethode), doch wäre diese in solchen Fällen zu kompliziert.

Die Erweiterungsmöglichkeiten sind hier durch das Verfahren selbst gegeben, indem die Zahl der zu berücksichtigenden Prozesse und Nebenbedingungen lediglich durch die Leistungsfähigkeit des Computers begrenzt ist. Dieser kann Aufgaben mit bis zu 500 Nebenbedingungen und 2000 Prozessen bewältigen; für Grossanlagen liegt die Grenze zur Zeit bei 4000 Nebenbedingungen und 14 000 Prozessen. Können externe Speicher verwendet werden, dann ist die Zahl der einbeziehenden Prozesse praktisch unbegrenzt. (Siehe *Tabelle V*, Seite 186.)

Einige praktische Gesichtspunkte

Auch das vollkommenste mathematische *Modell* ist eben nur ein «Modell» der betrieblichen Wirklichkeit. Durch Hereinnahme möglichst vieler Einflussgrössen kann es der Wirklichkeit wesentlich angenähert werden – wodurch aber der Rechenaufwand ins Unermessliche wächst –, und auch dann bleiben noch rechenmässig nicht erfassbare Faktoren übrig (Imponderabilien), die man nicht in das Modell einbeziehen kann. Imponderabilien und aus wirtschaftlichen Gründen notwendige Vereinfachungen des Modells bewirken aber, dass die lineare Programmierung niemals an die Stelle des entscheidenden Chefs treten, sondern diesem lediglich Entscheidungsgrundlagen bieten kann.

Die durch Anwendung der linearen Programmierung entstehenden *Mehrkosten* fallen in einem grossen PTT-Betrieb, der bereits über geschulte Spezialisten (Mathematiker, Statistiker, Betriebswirtschaftler) und über eine mittlere bis

grosse elektronische Datenverarbeitungsanlage verfügt, kaum wesentlich ins Gewicht: Einarbeitung des Teams, Entwicklungsarbeiten, zusätzliche Maschinenbeanspruchung, zusätzliche Personalbeanspruchung. Die Programmierkosten für den Computer sind gering, da die Lieferfirma für alle wesentlichen Probleme bereits fertige Programm-bibliotheken bereithält, die gratis zur Verfügung stehen und höchstens etwas modifiziert werden müssen.

Die «laufenden Kosten» fallen nur dann ins Gewicht, wenn die lineare Programmierung nicht sinnvoll in den Ablauf des Rechnungswesens eingebaut werden kann.

Der durch Anwendung der linearen Programmierung erzielbare Nutzen (etwa durch Kostensenkung) kann auf Grund der praktischen Erfahrung für die in Betracht kommenden betrieblichen Bereiche auf 3...10% geschätzt werden, oder auf 2...5%, wenn der betreffende Bereich bereits auf Grund von verfeinerten konventionellen Methoden durch-rationalisiert ist. Im nicht fahrplanmässigen Transportwesen konnten schon Einsparungen in der Grössenordnung von 30% verwirklicht werden. Andererseits darf daran erinnert werden, dass die sogenannte «Erfahrung», auf Grund derer nach überlieferten Methoden weittragende Entscheidungen gefällt werden, bisweilen recht teuer zu stehen kommt.

Einführung und Durchführung der linearen Programmierung sind ausgesprochene Teamarbeit, weil zugleich grosse mathematische, betriebswirtschaftliche und fachtechnische Kenntnisse erforderlich sind, die niemals in einer einzigen Persönlichkeit vereinigt sein können. Der Mathematiker wird vor allem bei der Formulierung der Modelle und bei der Bewältigung von Rechenschwierigkeiten («Spezialfälle», Erweiterungen) benötigt. Der Betriebswirtschaftler muss die ökonomische Seite des Problems beurteilen und vor allem bei der Bereitstellung von brauchbarem Datenmaterial mithelfen. Der Praktiker schliesslich ist von der Beschreibung und Formulierung bis zur Interpretation der Ergebnisse wesentlich mitbeteiligt, denn er allein kann beurteilen, ob das Team auf dem Boden der Wirklichkeit bleibt oder ob es Wolken nachjagt. Auf keinen Fall sollte ein solches Team nur aus Technikern und Mathematikern zusammengesetzt sein, sondern stets auch Praktiker und Fachleute der Kostenrechnung umfassen, um das Abgleiten in die reine Theorie zu vermeiden. Die lineare Programmierung darf sich nicht auf das Entwickeln von Modellen beschränken, sondern muss seine Wurzeln in die Bereiche des lebendigen Betriebes und des Rechnungswesens senken.

Praktische Anwendungsmöglichkeiten

Leider kann man die Abhandlungen, die sich unmittelbar mit der Anwendung der linearen Programmierung im PTT-Betrieb befassen, an den Fingern einer Hand abzählen – und selbst diese befassen sich zum Teil mit den gleichen

Problemen. Der Verfasser hat deshalb versucht, aus den ihm vorliegenden über 3000 Anwendungsbeispielen solche herauszusuchen, die sich ohne «Gewaltanwendung» auf PTT-Verhältnisse umdeuten lassen. Wir stellen im Folgenden eine Reihe solcher Beispiele dar³.

³ Erläuterung der Zeichen: Z = Zuordnung; T = Transport (Zuteilung); R = Reihenfolge; N = Netzwerk; S = Simplexmethode.

Postbetrieb allgemein

Exakte Berechnung optimaler Dienstpläne. Gegeben sind Personalbedarf in allen Zeitabschnitten des Arbeitstages, Arbeitszeitvorschriften, persönliche Wünsche und Bedürfnisse, betriebliche Besonderheiten, usw. Gesucht ist ein Dienstreisenplan mit minimalem Personalbedarf. Dieses Verfahren ist zum Beispiel anwendbar für den Schalterdienst, für das Fahrpersonal im Transportdienst, für Bahnpostequipen oder für Reisebüros.

Tabelle V: Anwendung des allgemeinen Programmplanungsmodells

Prozesse	Nebenbedingungen	Zielfunktion
Herzustellende Produktarten: – verschiedenartige Produkte – gleichartige Produkte in verschiedener Qualität – gleichartige Produkte in verschiedenen Preisstufen, Tarifpositionen oder Rabattstufen – gleichartige Produkte in verschiedenen Lieferterminen – ein Produkt mit verschiedenen Herstellverfahren	Kapazität der Maschinen und Abteilungen Absatzmöglichkeiten, Liefergarantien Herstellkosten, Verkaufspreise Liefertermine, Nutzdauer von Anlagen Kapazität der Lager und Magazine, Lagerkosten Wahlmöglichkeit zwischen Eigenleistung und Zukauf Möglichkeit von Mehrleistungen unter erhöhten Kosten Reihenfolge der Bearbeitung Begrenzte Investitionsmöglichkeiten Transportkosten intern und extern Vorschrift einer bestimmten minimalen Auslastung einzelner Anlagen Verkoppelung der Herstellung mehrerer Produkte Anpassung an Beschäftigungsschwankungen Wahl zwischen verschiedenen Herstellverfahren und Absatzmethoden Gliederung der Nebenbedingungen nach Perioden (zum Beispiel Semester) Möglichkeit, in begrenzter Weise die Reihenfolge der Bearbeitung zu ändern	Kosten Gewinn Ausstoss Zeitaufwand Leistungsmenge Auslastung
Schnittkombinationen in zwei Richtungen (Tafeln) Zeitabschnitte für einen Dienstplan	Mengen und Abmessungen der Sendungen Mehrere Standardabmessungen Personalbedarf je Zeitabschnitt Festlegung der Zeitabschnitte Minimale und maximale Dienstzeiten je Mann und Tag Antritt und Wegtritt zu bestimmten Zeitabschnitten Dauer, Anzahl und Lage der Pausen Löhne, Überzeitvergütungen, Schichtzulagen, Nachtzulagen usw. Ausschluss des Aufeinanderfolgens bestimmter Schichtarten (zum Beispiel spät/früh)	Leere Ladeflächen minimieren Personaleinsatz
Investitionsmöglichkeiten	Prozentuale Ertragsquoten je Möglichkeit Priorität einzelner Investitionen Vorschrift von Höchstanteilen je Investitionsart	Kapitalertrag
Anlagearten	Kapazitätserfordernisse der Anlagen Finanzierungsgrenzen (zum Beispiel Reingewinne, Kredite) Absatzbeschränkungen, Mengenkontinuität	Anschaffungen
Teilaufgaben eines Transportbetriebes: – Transportvolumen bewältigen – Bestimmten Fahrplan einhalten – Bau und Unterhalt der Anlagen – Personaleinsatz – Instruktion, Ruhezeiten – Benützung und Nichtbenützung von Anlagen und Fahrzeugen	Verfügbare und erforderliche Kapazitäten der Fahrzeuge, der Anlagen und des Personals Erforderliche Dienstfahrten für Instruktion, Unterhalt, Bau usw. Verfügbare Anlagen und Fahrzeuge zu Beginn, Personalbestand Kosten für Betrieb, Instruktion, Bau, Unterhalt usw. Staffelung der Daten nach Perioden	Kosten Personal Fahrzeuge Leistung
Streckenabschnitte in jeder Fahrrichtung	Anzahl Fahrten voll und leer in jeder Richtung Rangierbewegungen, Pausen, Personalbedarf Löhne, Überzeitvergütungen usw.	Personaleinsatz Personalkosten

Dienstplanproblem mit Erweiterungen: Minimierung der Kosten, wenn Schicht- und Nachtzulagen eine Rolle spielen; kürzerfristige Variation des Arbeitsbeginns sowie kompliziertere Pausenregelungen (S).

Nehmen die Nebenbedingungen an Zahl und Wirksamkeit zu, dann wird aus dem Dienstplanproblem eine Sonderform eines Zuordnungsproblems, bei dem es darum geht, Konfliktsituationen zu minimieren (Z).

Förderanlagen in grossen Postämtern stellen besondere Probleme, wenn mehrere Verarbeitungsstellen untereinander verbunden sind:

- Optimale Zuordnung des Transportaufkommens auf die verschiedenen Anlagen bei gegebenen Kapazitäten und Betriebskosten jeder Anlage hinsichtlich jeder Transportart (T).
- Maximal mögliche Leistungsfähigkeit des Transportsystems, wenn die Kapazitäten der einzelnen Abschnitte gegeben sind (N).

Derartige Probleme können noch in verschiedener Weise erweitert werden:

- Fluss in beiden Transportrichtungen.
- Prioritäten einzelner Transportarten (zum Beispiel Briefe vor Drucksachen).
- Begrenzte Kapazitäten oder besondere technische Vorschriften für einzelne Transportarten.
- Begrenzte Kapazitäten einzelner Verarbeitungsstellen und Knotenpunkte.
- Einplanung von Service- und Unterhaltsintervallen für einzelne Anlagen.
- Fördergeschwindigkeit einzelner Anlagen.

Zuteilung der Handfahrzeuge (wie Bürorollwagen, Sackkarren, Anhänger, Zustellkarren) auf die Abstellplätze derart, dass die Hol- und Zurückbringzeiten zum und vom Einsatz insgesamt minimal werden (Z, T).

In grösseren Städten mit Hauptpostamt (Bahnpostamt, Transitamt) und mehreren Filialämtern stellt sich das Problem der Abgrenzung von Bereichen, zum Beispiel:

- Zuordnung von Zustellbezirken auf die Filialämter derart, dass die Anmarschwege beziehungsweise Gesamtwege der Zustellbeamten insgesamt minimal ausfallen (Z).
- Das Verteilsystem «Hauptpost-Filialen-Empfänger» ist derart zu gestalten, dass der Transportaufwand insgesamt möglichst gering wird (Z, T).

Bahnpostdienst

Optimale Berechnung von Kurswagenläufen und Bahnpostequipen derart, dass der Personal- und Fahrzeugbedarf insgesamt minimal wird und Stillager (ausgenommen Pausen) vermieden werden (T, R).

Repartitionsproblem: Entladene (leer verfügbare) Paketwagen, gemietete Güterwagen, Behälter, Gebinde und Postsäcke sind derart zu den Orten mit Nettobedarf zu leiten, dass der Aufwand für Leerfahrten (Kosten, Zeiten) insgesamt möglichst niedrig wird (T). Wo sich das Repartitionsproblem nicht auf «Einzelstücke» (zum Beispiel Wagen), sondern auf «Massen» (zum Beispiel Postsäcke) bezieht, liegt die Schwierigkeit in der Mengenschätzung von Bedarf und Überschuss, was Erhebungen über den Verkehrsstrom erfordert.

Einsatz von Postbehältern oder Pallets: Gegeben sind Ladeflächen und Tara der Fahrzeuge, Flächen und Bruttogewicht der Lademittel und gesucht ist ein optimales Verladeprogramm mit einer Mindestzahl von erforderlichen Fahrzeugen (N). Dieses Basisproblem kann wie folgt erweitert werden:

- Transport von verschiedenen Sendungsgattungen (zum Beispiel Säcke – Aussertstücke).
- Verwendung von mehreren Fahrzeugtypen.
- Mengeneinschränkungen aus betrieblichen oder Sicherheitsgründen.

Bahnpostdienst im Stossverkehr: In Kursen mit begrenzter Kapazität sind auf den Unterwegsstationen Zuladungen mit verschiedener Priorität aufzunehmen, die insgesamt die Kapazität des Kurses übersteigen. Gesucht ist ein Programm mit minimalen Gesamtverlusten für Wartezeiten der zurückbleibenden Sachen (S).

Ortstransportdienst, Reisepost

Als allgemeines organisatorisches Problem stellt sich die Frage der Standorte von Reparaturwerkstätten, Garagen und Servicestellen sowie Einstellräumen derart, dass der Aufwand für Leerfahrten möglichst gering wird und andererseits keine allzu starke Dezentralisation des Unterhalts- und Reparaturwesens eintritt (T, S).

In besonderer Form tritt dieses Problem bei einer Expansion der motorisierten Ortstransportdienste auf, wenn der Standort für zusätzliche Garagen oder Servicestellen zu finden ist, wobei unter Umständen auch ungünstig gelegene bisherige Stellen aufgegeben werden können (T).

Sind die «Stützpunkte» des Fahrbetriebes einmal festgelegt, dann gilt es, die Motorfahrzeuge den Revisions-, Reparatur- und Servicestellen so zuzuordnen, dass die unproduktiven Fahrten (Leerfahrten zum Einsatz, Reparaturfahrten, Fahrten zum Service, Wagentransporte) insgesamt minimal werden (T).

Zwischen mehreren Ämtern sind Transporte mit festgelegten Abfahrtszeiten und gegebenen Fahrzeiten durchzuführen. Gesucht ist ein Einsatzprogramm mit einer minimalen Anzahl von Fahrzeugen. Darüber hinaus kann auch noch eine Minimierung der Leer-km beziehungsweise eine optimale Auslastung der Fahrzeuge vorgeschrieben werden (N).

Ein analoges Problem ergibt sich bei der Reisepost, wenn in einem zusammenhängenden Verkehrsnetz ein bestimmter Fahrplan mit einer minimalen Anzahl von Fahrzeugen erfüllt werden soll (N).

Die erwähnten Fahrzeug-Einsatzprobleme können noch durch weitere Bedingungen ergänzt werden, zum Beispiel:

- Einhaltung bestimmter Arbeitszeitvorschriften für das Personal.
- Personal- und Zeitbedarf für Personalausbildung oder Instruktion.
- Berücksichtigung von tageszeitlichen, wöchentlichen und saisonalen Verkehrsschwankungen beziehungsweise von unvorhersehbaren Verkehrsspitzen oder Störungen.
- Inbetriebnahme von Anlagen und Fahrzeugen mit höherer Kapazität.

Den gegebenen Kursen eines Netzes von Reisepostlinien sind Fahrzeuge und Wagenführer so zuzuordnen, dass die unnötigen Stillstandszeiten insgesamt minimal werden (Z).

Im Ortstransportdienst ergeben sich bei der Bedienung von mehreren Filialen, Depots usw. von zentralen Punkten aus verschiedene verwandte Probleme von steigendem Schwierigkeitsgrad:

- Fourgons fahren beladen vom Bahnhof oder Hauptpostamt aus zu den Filialen. Vor ihrer Rückfahrt sind sie in anderen Filialen (oder Depotstellen) mit abgehenden Sendungen zu beladen. Gesucht ist eine Fahrordnung mit insgesamt minimalen Wegen «Entladeort-Beladeort-Sammelort» (T, Z).

- Es sind bestimmte Filialen, Depotstellen, Grossempfänger oder Zustellpunkte mittels absetzbaren Grossbehältern zu bedienen. Gesucht ist eine Fahrordnung für die Tragwagen oder Sattelschlepper, so dass die Leerfahrten zwischen Absetz- und Aufnahmeorten minimal ausfallen (Z).
- Gesucht ist ein optimales Transportprogramm zwischen Hauptpostamt und Filialen während einer längeren Periode: Gegeben sind tägliche Transportmengen, Anzahl und Kapazität der Fahrzeuge, mögliche Fahrleistungen, Kosten je Fahrt, Fahrzeug und Route; gesucht ist eine wirtschaftliche Zuteilung der Fahrzeuge auf die verschiedenen Routen. Dieses Problem kann noch in verschiedener Hinsicht erweitert werden: Gegebene Standorte der Fahrzeuge – Abhängigkeit der Kapazität und Fahrgeschwindigkeit von der durchfahrenen Route – Verschiedenartige Bereitstellungskosten je Fahrzeugtyp – Betriebsbedingte Leerfahrten (zum Beispiel zum Auftanken) – Einbeziehung von Punkten ausserhalb der normalen Routen (zum Beispiel Grossempfänger) (T, S).

Bei Überlandtransporten stellt sich häufig das Problem, wie das Transportaufkommen möglichst wirtschaftlich auf die verfügbaren Transportmittel (Fourgon oder Bahnpost) zu verteilen ist (S).

Im Nahverkehr oder auf grossen Bahnhöfen ist häufig eine Vielzahl verschiedener Transportaufgaben (Vermittlung, Eildienst, Bedienung der Züge usw.) durch eine Vielzahl von Fahrzeugen verschiedener Typen zu erledigen. Gesucht ist eine optimale Zuordnung der Fahrzeuge zu ihren Aufgaben. Bei Lösung nach dem Zuordnungsmodell können zum Beispiel unvereinbare Zuordnungen (zum Beispiel Grossfourgon zu Zugsbedienung) durch überhöhte Kostenbewertungen «unmöglich» gemacht werden. An Stelle der Bewertung durch Kosten kann auch ein technischer «Nutzwert» aus Antriebsart, Fahrzeugtyp und Alter des Vehikels gebildet werden (für letzteres: Z).

Beim Postumlad spielen häufig Beziehungen zwischen Fahrzeugtyp, Ladestelle und Umschlagskosten eine Rolle, wobei eine optimale Zuteilung der Fahrzeuge zu den Umladestellen zu finden ist (Z).

Häufig werden Fahrten in einem Turnus abgewickelt, zum Beispiel Briefkastenleerung, Bedienung von Depots und Filialen, Postzustellung und anderes mehr. Hier gilt es eine Reihenfolge der zu bedienenden Punkte derart zu finden, dass der Weg der gesamten Rundfahrt möglichst kurz wird (R). Auch dieses Rundfahrtenproblem lässt sich noch erweitern:

- Vorschrift von Terminen (zum Beispiel Leerungszeiten der Briefkästen).
- Begrenzte Ladefähigkeit der Fahrzeuge (wichtig bei langen Touren).
- Einengende Verkehrsvorschriften (zum Beispiel Einbahnstrassen, zeitliche Halteverbote).
- Richtungsbedingte Besonderheiten (zum Beispiel bei Berg- oder Talfahrt).

In der Praxis konnten bei Optimierung von Rundtouren im Zustelldienst und bei der Briefkastenleerung – je nach den lokalen Bedingungen – Einsparungen an Fahrleistungen von 9, 10, 11, 14 und 20% erzielt werden.

Die Lösungsmethoden für die Probleme der optimalen Fahrzeugzuteilung und der optimalen Lenkung der Transportmengen können miteinander kombiniert und durch zahlreiche weitere Nebenbedingungen erweitert werden, wodurch eine hohe Wirklichkeitstreue des mathematischen Modells erzielt wird (T).

- Daten über Anzahl, Leistungsfähigkeit, Kosten und Verfügbarkeit der Fahrzeuge.

- Eigenschaften der Versand- und Empfangsstellen: Zahl der Laderampen, Passierbarkeit und Passierzeiten; die beiden letzteren Angaben dienen zur Berücksichtigung allfälliger Engpässe.
- Tägliche Änderungen der Transportmengen.
- Prioritäten einzelner Transportarten oder Verbindungen.
- Kombination verschiedener zu optimierender Grössen (zum Beispiel Leerfahrt-km und Gesamtfahrzeiten) durch Bildung von «Einflussgewichten».
- Besondere betriebstechnische Bedingungen, zum Beispiel die Vorschrift, dass sich die Fahrzeuge gegen Ende des Arbeitstages in der Nähe ihrer Stammgarage befinden sollen – optimale Auslastung der Fahrzeuge erwünscht – Möglichkeit des Einsatzes von Spezialfahrzeugen.
- Ununterbrochenes Anlaufen der Laderampen während bestimmter Zeiten erwünscht, um das Verladepersonal rationell einsetzen zu können.
- Führung von Teillasten aus verschiedenen Ausgangsstellen nach verschiedenen Bestimmungsstellen (zum Beispiel bei Filialenbedienung durch Rundtouren), um die Fahrzeuge besser auszulasten.

Organisation der Fahrzeugzuteilung und der Fahrzeugtransporte (Leerfahrten) beim Einsatz von zusätzlichen Fahrzeugen im Festverkehr (Ortspostdienst) oder im Saisonverkehr (Reisepost), damit die Leerfahrtenkosten minimal ausfallen (T). Dabei ist unter Umständen auch zwischen Wagentransport aus eigener Kraft und mit der Eisenbahn zu entscheiden.

Versorgung der Tankanlagen von Garagen und Servicestationen von den zentralen Treibstofflagern aus, damit die Transportkosten insgesamt minimal werden (T). Dieses Basisproblem kann zum Beispiel wie folgt erweitert werden:

- Variierende Transportkosten durch Einsatz verschiedener Typen von Tankwagen.
- Schwankende Kapazität der Treibstofflager durch Entnahmen und durch Auffüllung.
- Frage nach dem optimalen Standort der Treibstofflager (N).

Verwaltung und Organisation

Planung der optimalen Grösse von Betriebsstellen oder von Direktionsbezirken (S, N).

Planung der optimalen Postbetriebsabwicklung durch Bildung von Sammel- und Verteilzentren (Konzentration des Transports, Schnellgutkonzept), wobei verschiedene Ziele zu finden sind, wie optimale Leitungswege für den Posttransport – optimale Abstimmung zwischen Zentren, Postämtern, Filialen und Zustellbezirken – Verwendung der geeignetsten Transportmittel in den verschiedenen Stufen (N, S).

Optimale Ordnung der Ausbildung von Betriebslehrlingen und Gehilfen unter Minimierung der betrieblichen Störungen und Wahrung der Produktivität (S).

Zuweisung des Personals auf die vorhandenen Dienstposten (Arbeitsplätze) derart, dass der Nutzeffekt insgesamt möglichst gross wird (Z). Als Massstab für die Eignung eines bestimmten Beamten für einen bestimmten Arbeitsplatz können dienen: Eignungskoeffizienten auf Grund betriebswissenschaftlicher Untersuchungen – Ungenutzte Fähigkeiten (zu minimieren) – organisatorische Bedingungen (zum Beispiel Lohnklasse) – Beziehungen zwischen Anforderungscharakteristik des Arbeitsplatzes und Fähigkeitscharakteristik des Beamten. Für bestimmte Posten können auch Mindestanforderungen vorgeschrieben werden.

Dieses Zuordnungsproblem kann auch auf die optimale Zuordnung von Dienstposten auf die vorhandenen Arbeitsplätze

und Büros angewendet werden (Z). Als Bewertungsmassstab können auch hier Eignungskoeffizienten je Posten und Arbeitsplatz dienen. Eine Variante besteht darin, die Arbeitsplätze und Büros derart anzuordnen, dass der zwischen ihnen erforderliche Transportaufwand für Postsachen oder Akten insgesamt möglichst klein wird.

Versorgung der Heizöltanks von Betriebs- und Wohngebäuden von verschiedenen Heizöllagern aus unter Minimierung der Transportkosten (T).

Deckung unvorhergesehener oder ausnahmsweise grosser Verkehrsspitzen (Aushilfe durch Reisepost bei Bahnunterbrüchen, Grossveranstaltungen) durch Zusammenzug von Personal aus der ganzen Verwaltung, damit die Dislokationskosten minimal ausfallen (T).

Bereitstellung von Dispositionsunterlagen für grosse Verkehrsunterbrüche und Verkehrsstockungen beziehungsweise für das Verhalten im grossstädtischen Stossverkehr (N).

Häufig lässt sich die LP auch auf Probleme anwenden, die direkt mit dem Rechnungswesen selbst zusammenhängen oder für die das Rechnungswesen die massgebenden Entscheidungsgrundlagen liefert:

- Ermittlung gewinngünstiger Kombinationen bei der Anlegung flüssiger Gelder, wenn verschiedene Anlagenarten zur Verfügung stehen (Obligationen verschiedener Art, staatliche Konten, Bankkonten, Liegenschaften usw.), wobei auch bestimmte Minimal- und Maximalgrenzen für einzelne Anlagenarten vorgeschrieben werden können (Z, T).
- Optimale Vermietungs- oder Mietpolitik, wenn für eine Mehrzahl von Objekten mehrere Offerten vorliegen. Dieses System kann auch für Mobilien (zum Beispiel Fahrzeuge) oder für das Leasing angewendet werden (Z, T).
- Optimale Planung von Investitionen: Gegeben sind zum Beispiel Arten der erforderlichen Anlagen, Kapazität derselben, Anschaffungs- und Betriebskosten, Verkehrsentwicklung während mehrerer Jahre, Kreditlimiten, Betriebsbedingungen, Personalbedarf und anderes mehr (Z).
- Optimale Beschaffungspolitik, wenn die zu beschaffenden Sachen (Material, Apparate, Fahrzeuge, Anlagen, Gebäude, Grundstücke) bei mehreren Herstellern bezogen beziehungsweise auf verschiedene Art hergestellt werden können. Eine Variante dieses Problems ergibt sich dann, wenn die Herstellung oder die betriebliche Leistung unter verschiedenen Voraussetzungen abgewickelt werden kann, zum Beispiel: Normale Herstellung – Herstellung unter Überzeit – Zukauf einzelner Stücke – Miete oder Leasing – Entnahme aus dem Magazin – Herstellung auf Magazin. Dieses Problem kann sich auch so stellen, dass die herzustellenden Mengen periodisch (tageszeitlich, saisonal) schwanken oder stossweise anfallen (Festverkehr) (Z, S, T).
- Minimierung der gesamten Anschaffungs- und Transportkosten, wenn für eine Materialbestellung von mehreren Lieferanten nach mehreren Magazinen geliefert werden soll (T).
- Optimale Maschineneinsatzplanung bei Grossanlagen der elektronischen Datenverarbeitung (S, R).

Werkstätten-Organisation: Optimale Gestaltung der Revisions-, Reparaturen- und Servicepläne für Fahrzeuge, posttechnische Einrichtungen und andere Anlagenarten, wobei die begrenzten Kapazitäten des Werkstattpersonals, der Werkstattabteilungen und Werkzeugmaschinen zu berücksichtigen sind (S, R, T, Z).

Ermittlung der günstigsten (billigsten oder kürzesten oder schnellsten) Leitungswege zwischen Postämtern, Betriebszentren beziehungsweise Auswechslungsämtern (N).

Ermittlung optimaler Ladeschemata (mit möglichst guter Platz- und Ladegewichtsausnutzung) für Paketwagen oder für den Einsatz von Pallets oder Paketbehältern.

Optimale Abstimmung zwischen Eigenleistung und aushilfsweisen Leistungen durch Dritte bei Stossverkehr (Festverkehr, Saisonverkehr) oder bei unvorhergesehenen Ereignissen (Betriebsstörungen, Unfälle) (T, S).

Anwendungsmöglichkeiten im Fernmeldewesen

Dienstplanprobleme, Transportprobleme sowie administrative und organisatorische Probleme, wie sie bereits beschrieben wurden, treten grundsätzlich auch im Fernmeldebetrieb auf, weshalb wir sie hier nicht zu wiederholen brauchen. Es seien lediglich einige Beispiele aufgeführt, die nur für das Fernmeldewesen allein gelten:

Bestimmung optimaler Regeln für die Abstimmung zwischen Arbeit und Transport oder für den zweckmässigen Einsatz verschiedenartiger Fahrzeugtypen im Bau- und Unterhaltsdienst (T, R, S).

Aufbau von Sendersystemen im TV- oder UKW-Bereich zur Versorgung ganzer Landesgegenden, unter Minimierung der gegenseitigen Störungen (S).

Aufbau von Fernseh- und UKW-Relaisverbindungen in optimaler Reihenfolge und Anordnung (R).

Optimaler Einkauf von Apparaten bei verschiedenen Lieferanten, wobei auch konstruktive Anpassungen in Erwägung gezogen werden können, um günstigere Lieferbedingungen zu erreichen (S).

Die lineare Programmierung hat schliesslich noch einen Vorteil, der bisher noch wenig beachtet wurde: es werden nur Lösungen dargeboten, die verwirklicht werden können – dafür sorgen die festgelegten Nebenbedingungen!

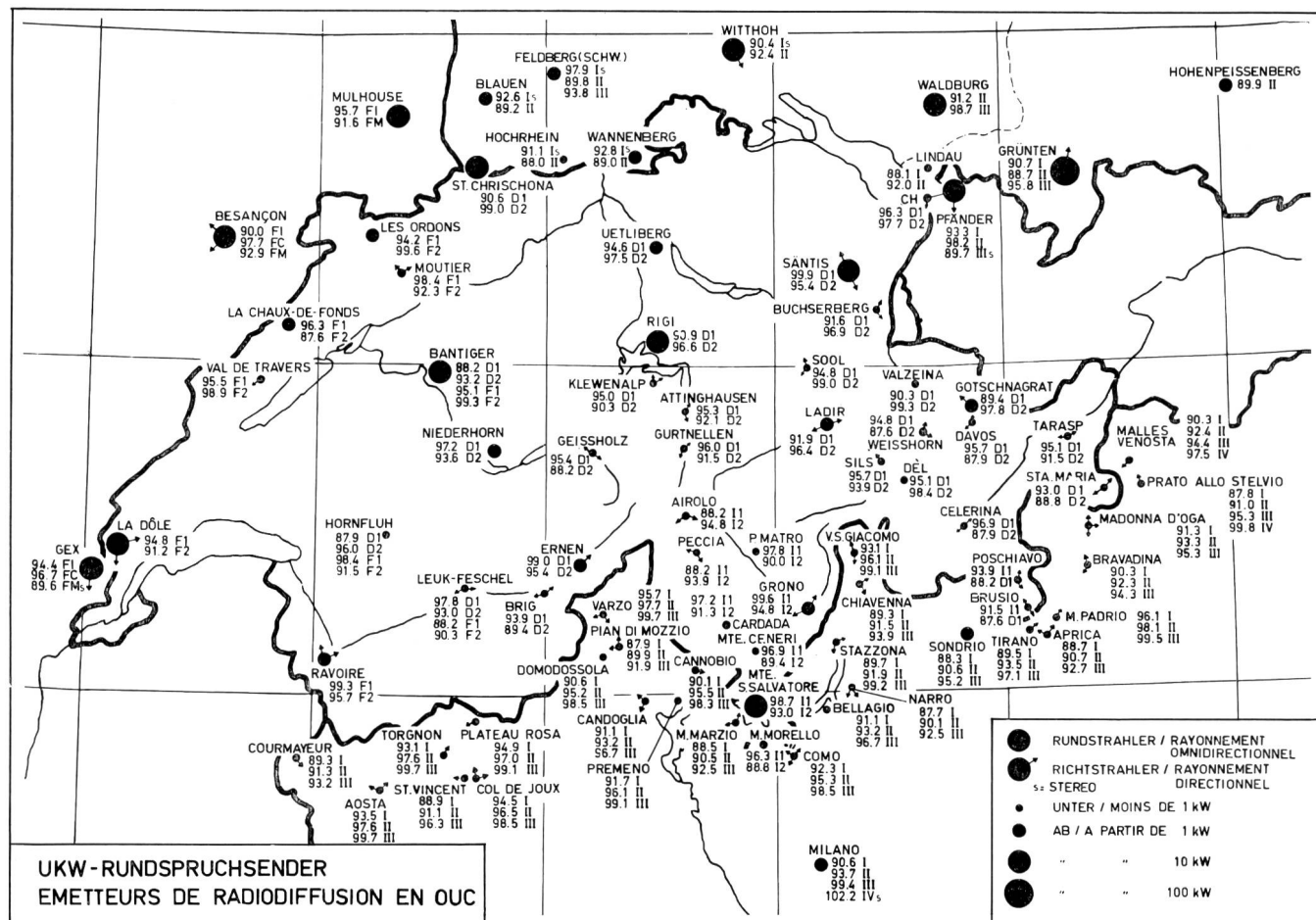
Das ermittelte Optimum stellt deshalb nicht ein utopisches Ziel dar, das praktisch unerreichbar wäre, wie das bei anderen Arten der Planungs- und Vergleichsrechnung nicht selten der Fall ist. Das ermittelte optimale Programm entspricht den tatsächlichen Verhältnissen und Möglichkeiten, es kann mit den vorhandenen Mitteln und ohne besonderen Kraftakt verwirklicht werden.

Literaturverzeichnis

Aus Platzgründen geben wir nur einige für das weitere Studium der linearen Programmierung nützliche Titel an. Literatur kann beim Verfasser (Dr. W. Hürlimann, F4) eingesehen beziehungsweise leihweise angefordert werden.

- Angermann*, Entscheidungsmodelle, Frankfurt am Main 1963.
Churchman – Ackoff – Arnoff, Operations Research, Wien 1961.
Dantzig, Lineare Programmierung und Erweiterungen, Berlin 1966⁴.
Eichenberger, Ökonomische Methoden in der linearen Planungsrechnung, Hamburg 1963.
Hürlimann, Lineare Programmierung, Düsseldorf 1965.
Joksch, Lineares Programmieren, Tübingen 1965.
Simonnard, Programmation linéaire, Paris 1962.
Vajda, Lineare Programmierung – Beispiele, Zürich 1960.

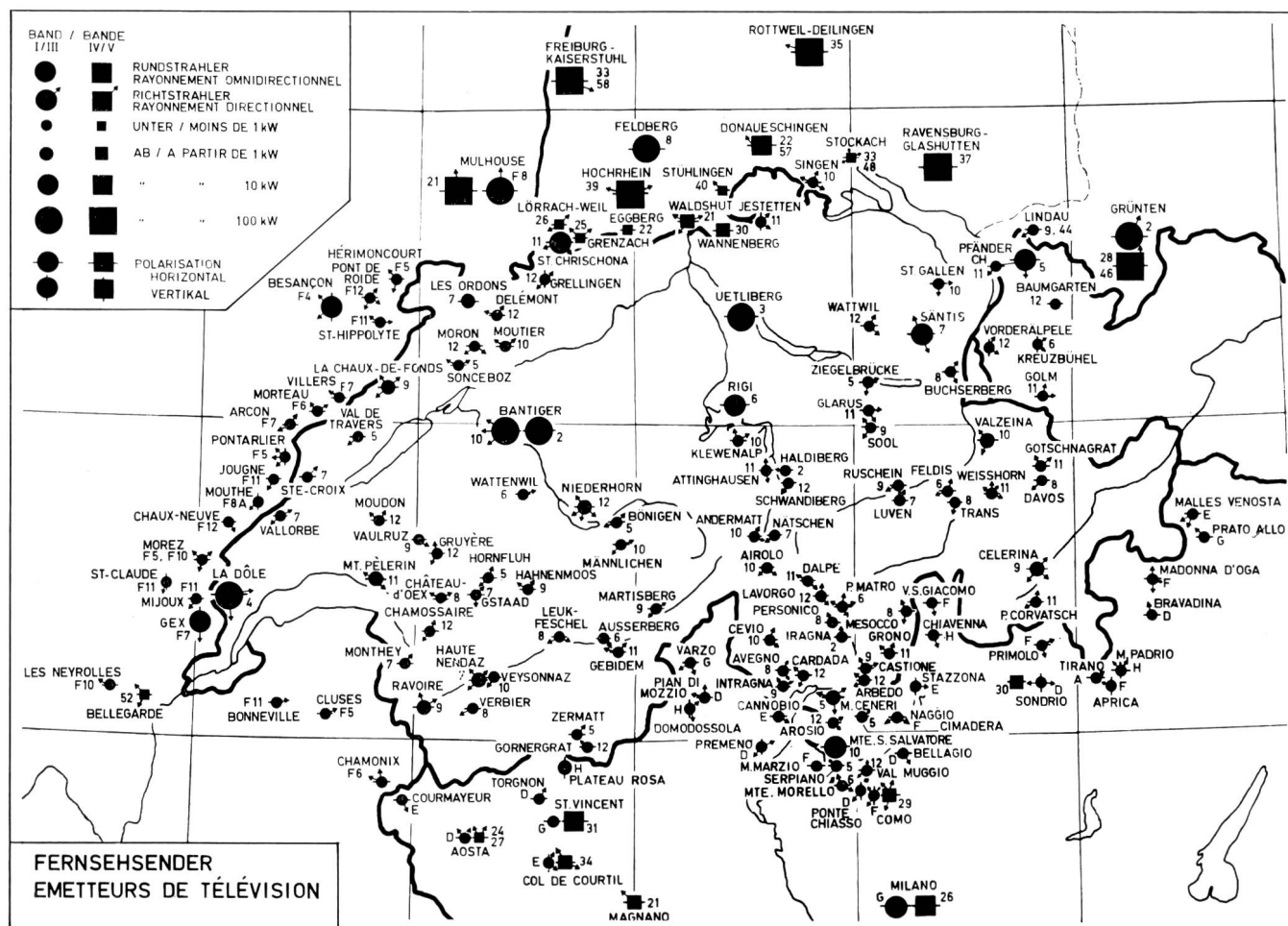
⁴ Das Standardwerk über lineare Programmierung, sehr umfassend, aber mathematisch recht anspruchsvoll.



Station	Höhe - Hauteur Ort Lieu m	Antenne m	Kanal Canal	Frequenz Fréquence MHz	Äquivalente Strahlungsleistung Puissance apparente rayonnée	Strahlungsrichtung Direction de rayonnement	Programm Programme	Inbetriebnahme Mise en service
Airolo	2055	13	4 26	88,2 94,8	10 W 10 W	117° 237° 117° 237°	I1 I2	29.12.65 29.12.65
Attinghausen	485	20	28— 17	95,3 92,1	55 W 220 W 55 W 220 W	25° 165° 25° 165°	D1 D2	22.12.65 10. 9. 65
Bantiger	950	90	4 21— 27 41	88,2 93,2 95,1 99,3	600 W 600 W 12 kW 12 kW	0-360° 0-360° 0-360° 0-360°	D1 D2 F1 F2	1. 3. 66 16.12.56 1. 3. 66 1. 3. 66
Brig	778	20	23 8	93,9 89,4	500 W 500 W	40° 260° 40° 260°	D1 D2	20.10.57 1. 6. 58
Brusio	710	10	2 15	87,6 91,5	6 W 6 W	146° 326° 146° 326°	D1 I1	1. 9. 59 1. 9. 59
Buchserberg	900	23	15+ 33	91,6 96,9	100 W 100 W	30° 145° 30° 145°	D1 D2	1. 9. 62 1. 9. 62
Cardada	1620	34	34 14+	97,2 91,3	600 W 600 W	0-360° 0-360°	I1 I2	15. 7. 65 15. 7. 65
Celerina	2100	20	33 3	96,9 87,9	750 W 750 W	39° 225° 39° 225°	D1 D2	21.12.57 21.12.57
Davos	1590	20	29 3	95,7 87,9	90 W 90 W	0° 223° 0° 223°	D1 D2	30. 5. 59 30. 5. 59
Dél	1375	24	27 38	95,1 98,4	750 W 750 W	0-360° 0-360°	D1 D2	21. 7. 61 21. 7. 61

Station	Höhe – Hauteur		Kanal Canal	Frequenz Fréquence MHz	Äquivalente Strahlungsleistung Puissance apparente rayonnée	Strahlungsrichtung Direction de rayonnement	Programm Programme	Inbetrieb- nahme Mise en service
	Ort Lieu m	Antenne m						
Ernen	1232	20	40 28	99,0 95,4	2 kW 2 kW	47° 47°	D1 D2	19. 2. 60 19. 2. 60
Geissholz	783	20	28 4	95,4 88,2	750 W 750 W	130° 310° 130° 310°	D1 D2	1. 10. 59 1. 10. 59
Gotschnagrat	2285	20	8 36	89,4 97,8	1,2 kW 1,2 kW	315° 315°	D1 D2	1. 9. 62 1. 9. 62
Grono	350	18	42 26	99,6 94,8	1 kW 0,5 kW 1 kW 0,5 kW	17° 257° 17° 257°	I1 I2	7. 11. 61 7. 11. 61
Gurtellen	1017	15	30 15	96,0 91,5	60 W 60 W	42° 207° 42° 207°	D1 D2	22. 7. 60 22. 7. 60
Hornfluh	1951	23	3 30 38 15	87,9 96,0 93,4 91,5	750 W 750 W 750 W 750 W	0–360° 0–360° 0–360° 0–360°	D1 D2 F1 F2	16. 10. 59 16. 10. 59 16. 10. 59 16. 10. 59
Klewenalp	1593	15	27— 11	95,0 90,3	12 W 12 W	57° 357° 57° 357°	D1 D2	19. 11. 62 19. 11. 62
Ladir	1280	10	16+ 31+	91,9 96,4	1,125 kW 0,375 kW 1,125 kW 0,375 kW	74° 248° 74° 248°	D1 D2	1. 12. 54 5. 4. 58
La Chaux-de-Fonds	1173	30	31 2	96,3 87,6	1,5 kW 1,5 kW	0–360° 0–360°	F1 F2	21. 12. 63 22. 11. 58
La Dôle	1526	64	26 14	94,8 91,2	45 kW 15 kW 45 kW 15 kW	75° 180° 75° 180°	F1 F2	20. 1. 62 16. 12. 56
Les Ordon	995	16	24 42	94,2 99,6	1,5 kW 1,5 kW	0–360° 0–360°	F1 F2	17. 12. 55 27. 6. 59
Leuk-Feschel	1262	15	36 20 4 11	97,8 93,0 88,2 90,3	750 W 750 W 750 W 750 W	100° 243° 100° 243° 100° 243° 100° 243°	D1 D2 F1 F2	15. 10. 55 13. 6. 59 15. 10. 55 13. 6. 59
Mte Ceneri	613	130	33 8	96,9 89,4	750 W 750 W	0–360° 0–360°	I1 I2	30. 4. 64 16. 12. 56
Mte Morello	495	26	31 6	96,3 88,8	750 W 750 W	0–360° 0–360°	I1 I2	22. 12. 55 5. 4. 58
Mte San Salvatore	904	43	39 20	98,7 93,0	12 kW 12 kW	0–360° 0–360°	I1 I2	7. 10. 60 25. 11. 58
Moutier	1158	13	38 18—	98,4 92,3	7 W 7 W	54° 334° 54° 334°	F1 F2	15. 12. 65 15. 12. 65
Niederhorn	1947	20	34 22	97,2 93,6	9 kW 9 kW	0–360° 0–360°	D1 D2	1. 12. 56 14. 4. 60
Peccia	839	8	4 23	88,2 93,9	100 W 100 W	148° 288° 148° 288°	I1 I2	24. 3. 61 24. 3. 61
Pfänder	1050	13	31 36—	96,3 97,7	130 W 130 W	243° 243°	D1 D2	30. 7. 65 30. 7. 65
Pizzo Matro	2173	8	36 10	97,8 90,0	370 W 370 W	0–360° 0–360°	I1 I2	15. 8. 58 29. 12. 65
Poschiavo	1020	12	4 23	88,2 93,9	12 W 12 W	10° 140° 10° 140°	D1 I1	30. 5. 59 30. 5. 59
Ravoire	1133	10	41 29	99,3 95,7	1,2 kW 0,3 kW 1,2 kW 0,3 kW	62° 350° 62° 350°	F1 F2	7. 9. 56 27. 2. 60
Rigi	1795	35	13 32	90,9 96,6	30 kW 30 kW	0–360° 0–360°	D1 D2	10. 9. 65 10. 9. 65
St. Chrischona	494	118	12 40	90,6 99,0	10 kW 10 kW	0–360° 0–360°	D1 D2	14. 8. 63 16. 12. 56
Sta Maria i. M.	1450	27	20 6	93,0 88,8	15 W 15 W	24° 262° 24° 262°	D1 D2	23. 11. 63 23. 11. 63
Säntis	2504	0	43 28	99,9 95,4	10 kW 40 kW 10 kW 40 kW	154° 337° 154° 337°	D1 D2	1. 9. 62 13. 12. 57
Sils i. D.	735	15	29 23	95,7 93,9	36 W 36 W	320° 320°	D1 D2	26. 3. 59 26. 3. 59
Sool	664	20	26 40	94,8 99,0	750 W 750 W	215° 345° 215° 345°	D1 D2	20. 6. 57 5. 4. 58
Tarasp	1440	20	27 15	95,1 91,5	500 W 500 W	55° 270° 55° 270°	D1 D2	15. 10. 56 26. 3. 59
Uetliberg	853	60	25+ 35	94,6 97,5	1,8 kW 1,8 kW	0–360° 0–360°	D1 D2	1. 2. 64 16. 12. 56
Val de Travers	1120	18	28+ 40—	95,5 98,9	22 W 22 W	247° 247°	F1 F2	15. 7. 65 15. 7. 65
Valzeina	1359	23	11 41	90,3 99,3	750 W 750 W	0–360° 0–360°	D1 D2	27. 12. 58 27. 12. 58
Weisshorn	2650	14	26 2	94,8 87,6	10 W 10 W	4° 104° 4° 104°	D1 D2	29. 12. 65 29. 12. 65

D = Programm in deutscher Sprache – Programme en langue allemande
F = Programm in französischer Sprache – Programme en langue française
I = Programm in italienischer Sprache – Programme en langue italienne



Station	Höhe - Hauteur		Kanal Canal	Fréquence		Versatz Décalage kHz	Äquivalente Strahlungsleistung Puisissance apparente		Strahlungsrichtung Direction de rayonnement	Programm Programme	Inbetrieb- nahme Mise en service
	Standort Lieu m	Antenne m		Bild Image MHz	Ton Son MHz		Bild Image	Ton Son			
Airolo	2055	18	10	210,25	215,75	+7,8 +7,8	40 W 30 W	8 W 6 W	115° 235°	I	19. 12. 64
Andermatt	1840	22	10	210,25	215,75	—	25 W 7 W	5 W 1,4 W	18° 118°	D	22. 12. 66
Arbedo	290	13	12	224,25	229,75	+10,5	2,5 W 1,5 W	0,5 W 0,3 W	255° 300°	I	14. 10. 64
Arosio	860	25	12	224,25	229,75	+10,5	40 W 16 W	8 W 3,2 W	70° 150°	I	2. 1. 67
Attinghausen	485	25	11	217,25	222,75	—	25 W	5 W	160° 355°	D	14. 10. 64
Ausserberg	1090	16	6	182,25	187,75	—	100 W	20 W	160°	D	30. 9. 66
Avegno	600	15	8	196,25	201,75	—	2 W	0,4 W	20° 160°	I	20. 12. 66
Bantiger	950	45 63	2 10	48,25 210,25	53,75 215,75	— -2,6	100 kW 100 kW	20 kW 20 kW	0-360° 240°-290°	D F	24. 12. 54 23. 11. 64
Bönigen	630	28	5	175,25	180,75	—	120 W 30 W	24 W 6 W	49° 263°	D	15. 1. 64
Buchserberg	900	30	8	196,25	201,75	—	90 W	18 W	30° 140°	D	14. 11. 62
Cardada	1620	28	12	224,25	229,75	—	70 W	14 W	192° 302°	I	28. 11. 62
Castione	241	30	9	203,25	208,75	—	70 W	14 W	74° 330°	I	14. 11. 62
Celerina	2100	31	9	203,25	208,75	—	6 kW 1,5 kW	1,2 kW 0,3 kW	40° 60°-250°	D	29. 12. 65
Cevio	450	14	10	210,25	215,75	—	5 W 10 W	1 W 2 W	16° 120°		20. 12. 66

Station	Höhe – Hauteur		Kanal Canal	Fréquence Fréquence		Versatz Décalage kHz	Äquivalente Strahlungsleistung Puissance apparente		Strahlungsrichtung Direction de rayonnement	Programme Programme 1)	Inbetrieb- nahme Mise en service
	Standort Lieu m	Antenne m		Bild Image MHz	Ton Son MHz		Bild Image	Ton Son			
Chamosaire**	2100	18	12	224,25	229,75	—	45 W 160 W	9 W 32 W	20° 232°	F	29. 12. 65
Château d'Œx	1560	24	8	196,25	201,75	—	12 W	2,4 W	70° 290°	F	15. 12. 66
Cimadera	1155	14	5	175,25	180,75	+10,5	3 W	0,6 W	35°	I	2. 1. 67
Dalpe	1240	24	11	217,25	222,75	+7,8	12 W	2,4 W	100° 300°	I	15. 11. 65
Davos	1590	25	8	196,25	201,75	—	25 W	5 W	224°	D	15. 10. 62
Delémont	460	18	12	224,25	229,75	—	12 W	2,4 W	40° 280°	F	29. 7. 64
Feldis	1460	25	6	182,25	187,75	—	4 W 40 W	0,8 W 8 W	20° 265°	D	25. 8. 60
Gebidem**	2280	12	11	217,25	222,75	—	400 W 80 W	80 W 16 W	46° 285°	D	24. 12. 64
Glarus	580	25	11	217,25	222,75	—	10 W 20 W	2 W 4 W	90° 155°	D	19. 12. 62
Gornergrat*	3286	10	12	224,25	229,75	—	9 W	1,8 W	303°	D	16. 2. 63
Gotschnagrat	2285	28	11	217,25	222,75	—	5 W 30 W	1 W 6 W	60° 325°	D	15. 10. 62
Grellingen***	688	28	12	224,25	229,75	—	40 W	8 W	27° 225°	D	23. 7. 66
Grono	330	25	11	217,25	222,75	—	40 W 10 W	8 W 2 W	17° 300°	I	13. 12. 63
Gruyère	950	18	12	224,25	229,75	+5,2	20 W 80 W	4 W 16 W	205° 350°	F	15. 12. 66
Gstaad**	1550	24	7	189,25	194,75	—10,5	25 W	5 W	35° 173°	D	29. 12. 65
Hahnenmoos	2098	18	9	203,25	208,75	—10,5	30 W	6 W	36° 296°	D	22. 12. 66
Haldiberg	1080	15	2	48,25	53,75	—	5 W	1 W	275°	D	14. 10. 64
Haute-Nendaz	1321	40	7	189,25	194,75	—	3 kW 1,5 kW 0,8 kW	0,6 kW 0,3 kW 0,16 kW	55° 235° 325°	F	8. 11. 66
Hornfluh**	1951	15	5	175,25	180,75	—10,5	20 W	4 W	13° 233°	D	29. 12. 65
Intragna	340	15	9	203,25	208,75	—	7 W 2 W	1,4 W 0,4 W	76° 338°	I	20. 12. 66
Iragna	350	12	2	48,25	53,75	—	5 W	1 W	0°	I	14. 11. 62
Klewenalp	1593	15	10	210,25	215,75	—	60 W 40 W	12 W 8 W	57° 347°	D	8. 11. 62
La Chaux-de-Fonds	1173	18	9	203,25	208,75	+10,5	4,5 kW 1 kW	0,9 kW 0,2 kW	53° 223° 325°	I	11. 1. 61
La Dôle	1525	40	4	62,25	67,75	—	144 kW 48 kW	28,8 kW 9,6 kW	80° 170°	F	1. 2. 55
Lavorgo	740	20	12	224,25	229,75	—	1 W 4 W	0,2 W 0,8 W	0° 125°	I	26. 3. 66
Les Ordonns**	995	25	7	189,25	194,75	—7,8	6 kW	1,2 kW	0–360°	F	19. 12. 62
Leuk-Feschel	1260	28	8	196,25	201,75	—	60 W 120 W	12 W 24 W	118° 250°	F	1. 67
Luvén*	1000	10	7	189,25	194,75	—	15 W	3 W	20°	D	25. 8. 60
Männlichen	2227	14	10	210,25	215,75	+5,2	30 W 15 W	6 W 3 W	80° 225°	D	3. 4. 63
Martisberg	1180	18	9	203,25	208,75	—	50 W 13 W	10 W 2,6 W	225° 63°	D	24. 12. 64
Mesocco	940	18	8	196,25	201,75	—	5 W 10 W	1 W 2 W	202° 330°	I	15. 11. 65
Mte Generi	613	125	5	175,25	180,75	—	4,5 kW 1 kW	0,9 kW 0,2 kW	50° 280° 170°	I	18. 6. 58
Mte Morello	495	18	6	182,25	187,75	—	30 W	6 W	95° 345°	I	16. 12. 59
Mt- Pèlerin	1083	39	11	217,25	222,75	—	3,5 kW 1 kW	0,7 kW 0,2 kW	26° 306° 63° 243°	F	22. 8. 60
Mte S. Salvatore	904	55	10	210,25	215,75	—	10 kW	2 kW	0°–360°	I	29. 11. 58
Monthey	1100	23	7	189,25	194,75	+10,5	50 W	10 W	35°	F	18. 9. 65
Moron	1207	25	12	224,25	229,75	+10,5	50 W	10 W	110° 240°	F	16. 12. 59
Moudon	690	12	22	224,25	229,75	+10,5	50 W 6 W	10 W 1,2 W	30° 300°	F	21. 5. 65
Moutier	1158	18	10	210,25	215,75	+5,2	12 W	2,4 W	60° 300°	F	18. 12. 63
Nätschen	1840	10	7	189,25	194,75	—	15 W	3 W	239°	D	22. 12. 66
Niederhorn	1947	17	12	224,25	229,75	—10,5	5 kW 1 kW	1 kW 0,2 kW	325° 110°–350°	D	15. 9. 61
Personico*	317	10	8	196,25	201,75	—	2 W	0,4 W	330°	I	20. 6. 63
Pfänder	1050	18	11	217,25	222,75	+10,5	200 W	40 W	225° 265°	D	30. 7. 65
Piz Corvatsch	3300	25	11	217,25	222,75	+10,5	20 W	4 W	10° 260°	D	24. 4. 65
Pizzo Matro**	2173	28	6	182,25	187,75	+7,8	80 W	16 W	270°–170°	I	13. 12. 63
Ravoire	1133	13	9	203,25	208,75	—	1,8 kW 900 W	0,36 kW 180 W	60° 340°	F	22. 8. 60
Rigi	1795	20	6	182,25	187,75	—	30 kW	6 kW	0–360°	D	14. 10. 64
Ruschein*	1170	14	9	203,25	208,75	—	10 W 110 W	2 W 22 W	170° 250°	D	25. 8. 60
St. Chrischona	494	100	11	217,25	222,75	—	50 kW	10 kW	140° 260°	D	23. 4. 54
Ste-Croix	1060	10	7	189,25	194,75	—	4 W	0,8 W	40°	F	5. 12. 62
St. Gallen	750	18	10	210,25	215,75	—	10 W	2 W	85° 185°	D	29. 7. 59
Säntis	2504	0	7	189,25	194,75	—	3,6 kW 15 kW	0,7 kW 3 kW	154° 337°	D	24. 4. 58
Schwandiberg	1200	24	12	224,25	229,75	—	50 W	10 W	198°	D	22. 12. 66
Serpiano	640	20	5	175,25	180,75	+10,5	6 W	1,2 W	354°	I	6. 8. 66
Sonceboz	850	22	5	175,25	180,75	+10,5	10 W	2 W	73° 293°	F	19. 2. 66

Station	Höhe – Hauteur		Kanal Canal	Frequenz Fréquence		Versatz Décalage kHz	Äquivalente Strahlungsleistung Puissance apparente		Strahlungsrichtung Direction de rayonnement	Programm Programme	Inbetrieb- nahme Mise en service
	Standort Lieu m	Antenne m		Bild Image MHz	Ton Son MHz		Bild Image	Ton Son			
Sool	664	24	9	203,25	208,75	—	32 W 8 W	6,4 W 1,6 W	218° 326°	D	13. 12. 63
Trans*	1460	10	8	196,25	201,75	—	50 W	10 W	190°	D	25. 8. 60
Uetliberg	853	88	3	55,25	60,75	—10,5	100 kW	20 kW	0–360°	D	20. 7. 53
Val de Travers	1120	15	5	175,25	180,75	—10,5	50 W	10 W	242°	F	29. 1. 62
Val Muggio	720	16	12	224,25	229,75	—	5 W 2 W	1 W 0,4 W	0° 245°	I	20. 12. 66
Vallorbe	920	22	7	189,25	194,75	—	6 W	1,2 W	70° 206°	F	4. 3. 66
Valzeina	1359	17	10	210,25	215,75	—10,5	5 kW	1 kW	203° 313°	D	17. 1. 62
Vaulruz	950	22	9	203,25	208,75	—	25 W	5 W	115°	F	15. 12. 66
Verbier*	2720	12	8	196,25	201,75	—	5 W	1 W	256°	F	21. 2. 63
Veysonnaz	1260	14	10	210,25	215,75	—	5 W	1 W	230°	F	8. 11. 66
Wattenwil	880	18	6	182,25	187,75	+10,5	45 W	9 W	85°	D	25. 3. 64
Wattwil	880	20	12	224,25	229,75	—	8 W 32 W	1,6 W 6,4 W	30° 130°	D	11. 12. 63
Weisshorn	2650	20	11	217,25	222,75	—10,5	15 W	3 W	110° 310°–50°	D	9. 1. 65
Zermatt*	1700	10	5	175,25	180,75	—	6 W	1,2 W	30°	D	16. 2. 63
Ziegelbrücke	560	20	5	175,25	180,75	—10,5	25 W	5 W	92° 186°	D	19. 12. 62

1)

D = Programm in deutscher Sprache – Programme en langue allemande
F = Programm in französischer Sprache – Programme en langue française
I = Programm in italienischer Sprache – Programme en langue italienne

* Private Umsetzer – Réémetteurs privés

** Provisorischer Betrieb – Service provisoire

*** Vertikale Polarisation — Polarisation verticale

Dr. Fritz Rothen †

Im Alter von 82 Jahren ist am 27. Februar 1967 in einem Berner Spital Dr. Fritz Rothen, einer der Pioniere des drahtlosen Fernmeldewesens und des Radios in der Schweiz, gestorben.

Der 1884 in Bern geborene und dort aufgewachsene Fritz Rothen erwarb sich 1917 an der Universität Bern mit einer Dissertation über die Bedeutung der Presse in der neueren politischen Entwicklung des Staates Bern seine Doktorwürde, nachdem er sich bereits seit Jahren als Journalist und Redaktor, seit 1910 im Dienste der Schweizerischen Depeschagentur, betätigt hatte.

An den Ereignissen des ersten Weltkrieges erkannte Rothen die politische und wirtschaftliche Bedeutung zuverlässiger, vom Auslande unabhängiger Nachrichten-

mittel für unser Land. So setzte er sich mit grossem Weitblick für die drahtlose Telegraphie, das «Radio», ein. Er war Mitinitiant und 1921 Mitbegründer der Marconi AG, der nachmaligen Radio-Schweiz AG, die er während 35 Jahren, von 1922 bis 1957, mit viel Geschick und grossem Erfolg ausbaute und leitete. Schon im Jahre 1921 setzte er sich für die erste Flugsicherungsorganisation in Genf ein, und er verstand es auch, zusammen mit den PTT-Betrieben, den Wünschen der internationalen Institutionen in unserem Lande nach weltweiten Verbindungen gerecht zu werden.

Gleichzeitig war Dr. Rothen aber auch Mitbegründer verschiedener regionaler Rundspruch-Organisationen in der welschen und deutschen Schweiz. Nach Gründung der Schweizerischen Rundspruch-Gesellschaft (SRG) berief ihn der Bundesrat 1936 in den Zentralvorstand, den er von

1950 bis 1957 präsidierte. In diese Zeit fiel die Einführung des Fernsehens in unserem Lande, dem er mit ungetrübtem Weitblick und gegen grosse Widerstände zum Durchbruch verhalf und für dessen Angliederung an die SRG er sich vehement einsetzte.

«Die Entwicklung des schweizerischen Radiowesens», sagte der spätere Bundesrat Spühler anlässlich des Rücktrittes von Dr. Rothen als Zentralpräsident der SRG im Jahre 1958, «ist seit ihren ersten Anfängen mit dem Namen Rothen aufs engste verbunden – ihm gebührt die hohe Auszeichnung, ein Pionier und ein Vollender gewesen zu sein. Ob es sich um die Radiotelegraphie, um den Rundspruch oder um die Flugsicherung für den internationalen Flugverkehr handelt, auf allen Gebieten treffen wir von Anbeginn an den Wagemut, den Optimismus und die Entschlusskraft von Herrn Dr. Rothen.»