

SCHRIFTENREIHE FÜR FLURBEREINIGUNG

Herausgegeben vom
Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Heft 65

**Ein Optimierungsansatz
zur Automatisierung von
Zuteilungsplänen in der
Flurbereinigung**

von

Dipl.-Ing. Dr. HEINRICH KROPFF



1977

LANDWIRTSCHAFTSVERLAG GMBH., MÜNSTER-HILTRUP

Druck: Landwirtschaftsverlag GmbH, 4400 Münster-Hiltrup

Ein Optimierungsansatz zur Automatisierung von Zuteilungsplänen in der Flurbereinigung

von

Dipl.-Ing. Dr. HEINRICH KROPFF



1977

LANDWIRTSCHAFTSVERLAG GMBH, MÜNSTER-HILTRUP

Geleitwort

Die Flurbereinigung ist ein auf die Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft ausgerichtetes Bodenordnungsverfahren. Eine entscheidende Maßnahme hierbei ist die Gestaltung der Landabfindungen. Der Zuteilungsplan entscheidet darüber, wie weit die beste Lösung erreicht werden kann. Es liegt daher nahe, mit Hilfe automatisierter Zuteilungsberechnungen Entwürfe aufzustellen, bei denen die Erfüllung objektiver Planbedingungen über eine Optimierungsrechnung eingeführt wird. Die vorliegende Arbeit beschreibt einen solchen Lösungsweg, der eine interessante Entwicklung erwarten läßt.

Die Flurbereinigung soll über die Verbesserung der Produktions- und Arbeitsbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft hinaus zur Förderung der allgemeinen Landeskultur und der Landentwicklung beitragen. Die Landabfindungen der einzelnen Grundeigentümer sind also auch danach zu beurteilen, in welchem Umfang sie den ökonomischen und ökologischen Aspekten genügen, die den Bemühungen um die land- und forstwirtschaftlich genutzte und betreute Landschaft zugrunde liegen, und ob sie im Sinne einer Erhaltung und Verbesserung der Wohn-, Wirtschafts- und Erholungsfunktion des Gebietes gestaltet wurden. Das bedeutet: Die allgemeine Landeskultur und die Landentwicklung sind in Übereinstimmung mit den Belangen der Grundeigentümer zu fördern. Das Ziel, die beteiligten Grundeigentümer bei gerechter Verteilung der für die Nutzung der Grundstücke möglichen Flurbereinigungsvorteile wertgleich abzufinden, wird zur selbstverständlichen Voraussetzung einer Neugestaltungsplanung des Flurbereinigungsgebietes.

Folgt man dieser Denkweise, so unterstellt man, daß es mehrere Lösungen gibt, die der Voraussetzung einer gerechten und wertgleichen Abfindung entsprechen, von denen eine Lösung den übergeordneten Zielen der allgemeinen Landeskultur und der Landentwicklung am besten dient. Sie zu finden, ist dann der eigentliche Planungsauftrag. Es ist für das Ergebnis unbedeutend, ob die übergeordneten Gesichtspunkte als Vorbedingungen eingeführt werden oder jeder mögliche Zuteilungsentswurf daraufhin überprüft wird, ob er den Bedingungen am besten entspricht. Die automatisierte Zuteilungsberechnung übernimmt im Planungsprozeß lediglich die Aufgabe, die Abfindungsrechte der Grundeigentümer zu wahren und einige Abfindungsgrundsätze unter bestimmten Bedingungen optimal zu erfüllen.

Eine solche Verfahrensweise stellt den Versuch dar, die Probleme zu trennen, denen sich der Flurbereinigungsplaner bei der Wahrung vielfältiger Interessen gegenüber sieht. Die Grundgebote der Abfindungsgestaltung sollen nachweisbar optimal – das heißt, soweit wie möglich – eingehalten und Planungsentscheidungen in der Form vorgegebener Bedingungen oder individueller Eingriffe erkennbar bleiben. Das automatische Einhalten gesetzlich vorgeschriebener und wählbarer Bedingungen macht es dem Planer möglich, sich auf den schöpferischen Teil der Planung zu konzentrieren und dessen Grenzen zu respektieren.

Unter den genannten Gesichtspunkten wird mit der Arbeit mehr in Bewegung gesetzt als nur nachgewiesen, daß die Optimierungsrechnung bei der Zuteilungsberechnung eingesetzt werden kann. Dem Flurbereinigungsplaner wird neben einer Entlastung von automatisierbaren Arbeiten eine Planungsmethode angeboten. Der Verfasser, Herr Dipl.-Ing. Heinrich Kropff, hat sich an der praktischen Flurbereinigungstätigkeit orientiert. Das macht die Bedeutung aus, die seiner Arbeit über ihren wissenschaftlichen Wert hinaus zukommt. Ihm sei an dieser Stelle dafür Anerkennung und Dank ausgesprochen.

Dipl.-Ing. E. C. Läpple
Regierungsdirektor im Bundesministerium
für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	9
1.1	Die Automationskette in Flurbereinigungsverfahren	9
1.2	Weitere Möglichkeiten der Automatisierung	9
1.3	Der Verfahrensablauf einer Flurbereinigung	10
2.	Mathematische Optimierung	11
2.1	Eigenarten und Klassifikationen	11
2.2	Lösungsverfahren der Optimierungsrechnung	15
2.2.1	Klassifikation und Problemstellung bei den Gradientenverfahren	15
2.2.2	Darstellung der dynamischen Optimierung	19
2.2.3	Darstellung der Monte-Carlo-Methode	21
3.	Optimierung als Planungshilfe	23
3.1	Optimierung als Mittel objektiver Planung	23
3.2	Optimierung als Mittel der Automatisierung	24
3.3	Optimierung als Mittel der Effektivitätssteigerung	24
4.	Formulierung von Restriktionen für ein optimierbares Zuteilungsmodell	25
4.1	Anforderungen an die Restriktionen	25
4.2	Die gesetzlichen Restriktionen	26
4.2.1	Die wertgleiche Abfindung	26
4.2.2	Die betriebswirtschaftlichen Merkmale	30
4.3	Geometrische Restriktionen	32
4.4	Zusammenstellung aller Restriktionen	35
5.	Konstruktion eines optimierbaren Zuteilungsmodells	35
5.1	Ertragbestimmende Faktoren in der Landwirtschaft	35
5.2	Zieldefinitionen optimierbarer Faktoren	36
5.3	Modelldefinition	38
6.	Die Auflösung der Optimierungsaufgabe	39
6.1	Beschreibung des Optimierungsproblems	39
6.2	Wahl des Lösungsverfahrens	41
6.3	Normierung der Detailziele	42
7.	Das Programmsystem ZUPLA zur Erstellung eines Zuteilungsentwurfes	43
7.1	Erforderliche Planungsunterlagen	43
7.2	Kurzbeschreibung der einzelnen Programme und Datenfluß	45
7.3	Das Zuteilungsprogramm ZUTEI	49
8.	Durchgeführte Zuteilungen	52
8.1	Vorstellung der Beispiele	52
8.2	Aufbereitung der Planungsdaten	54
8.3	Eingeführte Steuerparameter	55
9.	Ergebnisse	56
9.1	Statistische Untersuchungen der Zielfunktion	56
9.1.1	Mittelwerte und Standardabweichungen der Detailziele	56
9.1.2	Vergleichende Extremwertbetrachtung	60
9.1.3	Korrelation der Detailziele	60

9.1.4	Verteilung der Ziele	61
9.1.5	Las-Vegas-Diagramme der Ziele	63
9.2	Diskussion der Zuteilungsentwürfe	69
9.2.1	Zerstreuung der Betriebszuteilungen	69
9.2.2	Größe und Form der Einzelzuteilungen	70
9.2.3	Restansprüche und deren Befriedigung	70
10.	Beurteilung der praktischen Einsatzfähigkeit des konzipierten Zuteilungsverfahrens.....	71
10.1	Anforderungen an die gerätetechnische Ausstattung und Einsatzkosten	71
10.2	Einsatzmöglichkeiten und Entwicklungsmöglichkeiten	71
11.	Zusammenfassung	72

1. Einleitung

1.1 Die Automationskette in Flurbereinigungsverfahren

Die Flurbereinigung als ordnende und planende Maßnahme des ländlichen Raumes ist als organisatorische GröÙeinheit schon früh der Automation zugänglich gewesen. Dies ist durch den großen Anfall technischer Arbeiten bei der Durchführung planerischer Aufgaben nach aktuellen Gesichtspunkten bedingt. Planvolles Handeln setzt die Berücksichtigung möglichst aller relevanten Faktoren voraus. Die Erstellung dieser Unterlagen ist als vorwiegend beschreibende Tätigkeit relativ leicht automatisierbar. So sind die Erstellung von Listen, das Ordnen von vorliegenden Informationen nach bestimmten Merkmalen einige der ersten Ansätze der Automation in der Datenverarbeitung überhaupt.

Neben der Entwicklung der Reproduktionstechnik, die ihre Anwendung vor allem in der graphischen Informationsverarbeitung findet, der Automatisierung der Feldarbeiten durch registrierende Tachymeter und den Einsatz der Photogrammetrie, der Automatisierung von Kartier- und Zeichenarbeiten durch Zeichenautomaten, sowie der graphischen Flächenermittlungen durch registrierende Planimeter ist vor allem durch die Verfügbarkeit elektronischer Datenverarbeitungsmaschinen der Anteil manueller Tätigkeit stark zurückgegangen (vgl. z. B. /3/, /4/ und /30/).

Alle diese bisher automatisierten Verfahrensteile dienen jedoch lediglich der Bereitstellung von Planungsunterlagen oder der Dokumentation und Realisierung eines vom Planer im Rahmen bestehender Gesetze und Vorschriften nach seinem Gutdünken aufgestellten Plan (vgl. z. B. /20/).

1.2 Weitere Möglichkeiten der Automatisierung

Eine durchgreifende Rationalisierung durch Automation ist nur dann zu erwarten, wenn ein kontinuierlicher Datenfluß durch alle Stufen eines Prozesses erhalten wird. Das heißt beim Flurbereinigungsverfahren, daß auch das Aufstellen der Pläne, insbesondere des Zuteilungsplanes automationsgerechter ablaufen sollte. Das kann dadurch geschehen, daß der Planer alle seine Entscheidungen auf möglichst einfache Weise einem automatischen System mitteilen kann. Eine solche Verfahrensweise eignet sich vor allem für einen Dialogbetrieb mit einem Rechner, der Planer wird dabei von jeglicher manueller Arbeit befreit, er hat nur Entscheidungen zu treffen. Diese Methode erfüllt die Anforderungen an ein automatisches System sehr weitgehend, so daß hier ein Erfolg zu erwarten ist, wenn auch die zu erwartenden Rechen- und Rüstzeiten die Frage erlauben, ob diese Methode wirtschaftlich sein wird (vgl. z. B. /20/ S. 171 ff).

Ein anderer Ansatz wäre, den Planer ganz oder teilweise aus dem Planungsprozeß auszuschalten, die Entscheidungen vom Rechner fällen zu lassen. Diese Methode setzt voraus, daß jede Auswahl entscheidbar ist, das heißt, daß Entscheidungen objektivierbar sein müssen.

In der Flurbereinigung ist neben den Grundsätzen der Abfindung der §§ 44-55 FlurbG der § 1 FlurbG bei der Zuteilung zu berücksichtigen. Hier ist als Entscheidungsgrundsatz der betriebswirtschaftliche Gesichtspunkt definiert. Die Betrachtungsweise „wirtschaftlicher Erfolg“ läßt im Bereich der Unternehmensforschung nach Verfahren suchen, die derartige Grundsätze realisieren können. Diese Gedanken sind von Hupfeld (/19/), Schrader (/42/) und Pelzer (/37/) verfolgt worden und als Lösungsansatz werden die Verfahren der Optimierungsrechnung vorgeschlagen. In dieser Arbeit soll versucht werden, einen derartigen Ansatz zu realisieren und dessen Anwendbarkeit auf die Praxis zu prüfen.

1.3 Der Verfahrensablauf einer Flurbereinigung

Hier soll kurz auf die einzelnen Abschnitte eines Flurbereinigungsverfahrens hingewiesen werden. Dazu werden in chronologischer Reihenfolge die wesentlichen Elemente des Verfahrensablaufs dargestellt. Die Begriffsbestimmungen entsprechen der Terminologie des FIG-Fachwörterbuches Heft 14 (/10/).

Ablauf eines „klassischen“ Flurbereinigungsverfahrens

Arbeitsabschnitt	Ergebnis
Vorplanung	div. Gutachten
Anhörung und Aufklärung	Niederschrift
Flurbereinigungsbeschluß	Beschluß, Anordnung
Erfassen der Einlagewerte a) Erfassen der Eigentums- und sonstigen Rechte b) Bewertung	Besitzstandskarte Besitzstands- und Schätzungsnachweis, Teilnehmernachweis
Aufstellen des Wege- und Gewässerplanes	Wege- und Gewässerplan
Ausbau des Wege- und Gewässernetzes mit Planinstandsetzung	Neugestaltetes Gebiet
Erfassen der Werte der neuen Wirtschaftsflächen durch Vermessung und evtl. Bewertung	Blockteilverzeichnis, Zuteilungskarte
Planwunschtermin	Planwunschliste
Neueinteilung der Grundstücke (Zuteilung) und Übertragung in die Örtlichkeit	Zuteilungskarte
Aufstellen und Vorlegen des Flurbereinigungsplanes	Flurbereinigungsplan

Besitzeinweisung Ausführungsanordnung	Eintritt des neuen Rechtszustandes
Berichtigung der öffentlichen Bücher	Neue Nachweise
Schlußfeststellung	Schlußfeststellung

Hier noch einige Begriffe, die im folgenden benutzt werden:

Block: Ein Element der Feldeinteilung des Flurbereinigungsgebietes, das sich aus der Lage der Wege und Gewässer ergibt.
 Blockteil: Zur Rechenvereinfachung gebildeter Teil eines Blockes
 Blockteilverzeichnis: Liste der Flächen und Werte von Schätzungsklassen, nach Blockteilen geordnet
 Einlagewerte: Bewerteter Althesitz
 Abfindungsanspruch = Einlagewert – Landabzug (für gemeinschaftliche und öffentliche Anlagen)

2. Mathematische Optimierung

2.1 Eigenarten und Klassifikationen

Bei der mathematischen Optimierung wird davon ausgegangen, daß Variable x_i existieren, die einen Zustand in bestimmter Weise charakterisieren, diese heißen Zustandsvariable oder einfach Variable. Daraus muß sich durch eine geeignete Verknüpfung eine Bewertungsfunktion

$$Z = f_z(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

die man Zielfunktion nennt, darstellen lassen, die es gestattet, einen Zustand zu beurteilen. Die Aufgabe der Optimierungsrechnung ist es, die Variablen x_i derart zu bestimmen, daß Z ein Minimum (oder Maximum) annimmt.

Bestehen für die Variablen keine weiteren Beschränkungen als die aus der Zielfunktion resultierenden (meist wird dann die Forderung nach reellen x_i die einzige Beschränkung sein), so läßt sich ein Extremum leicht mit Hilfe der Differentialrechnung finden, da im Extremum die Ableitungen $\frac{\partial Z}{\partial x_i}$ sämtlich verschwinden.

Die nächste Stufe bilden die Extremwertbestimmungen mit Nebenbedingungen. Hier werden durch Gleichungen

$$b = f_b(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (2)$$

und Ungleichungen

$$c \leq f_c(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3)$$

bestimmte Punkte

$$p = (x_1/x_2/\dots/x_n)$$

aus dem n -dimensionalen Definitionsraum der x_i ausgezeichnet. Jeder Punkt, der die Restriktionen, wie die Gleichungen (2) und (3) in der Sprache der Optimierungsrechnung heißen, erfüllt, heißt eine zulässige Lösung, die Gesamtheit aller zulässigen Lösungen heißt zulässiger Bereich.

Sind sowohl die Zielfunktion als auch die Restriktionen linear, so spricht man von linearer Optimierung, sonst von nichtlinearer. Statt Optimierung kann auch synonym Programmierung, aus dem englischen Sprachgebrauch „linear programming“ oder „nonlinear programming“ (vgl. z. B. /8/, /18/), gesetzt werden, so daß auch von linearer oder nichtlinearer Programmierung gesprochen wird.

Bei den meisten Lösungsverfahren wird verlangt, daß die Restriktionen einen konvexen Bereich beschreiben. Ein Bereich M heißt konvex, wenn jeder Punkt $P(\lambda)$ der Verbindungsgeraden zwischen zwei Punkten $P_1(\lambda_1)$ und $P_2(\lambda_2)$ aus dem Bereich M ebenfalls zum Bereich M gehört.

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda (\lambda_2 - \lambda_1) \quad \text{mit } 0 \leq \lambda \leq 1 \quad (4)$$

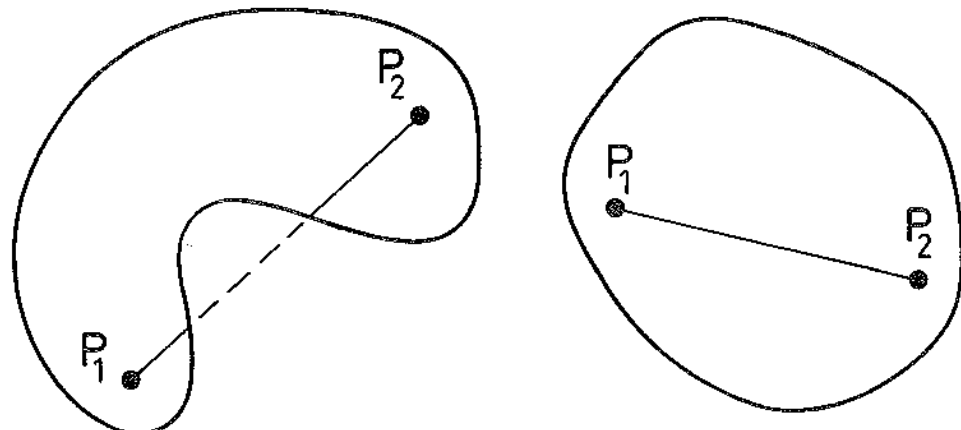


Abb. 1: Geometrische Darstellung eines nichtkonvexen (links) und eines konvexen (rechts) Bereichs

Als konvex (konkav) bezeichnet man eine Funktion, deren Funktionswerte nicht größer (nicht kleiner) sind, als die aus linearer Interpolation aus zwei Nachbarpunkten erhaltenen.

$$Z[\lambda_1 + \lambda (\lambda_2 - \lambda_1)] \leq Z(\lambda_1) + \lambda [Z(\lambda_2) - Z(\lambda_1)] \quad \text{mit } 0 \leq \lambda \leq 1 \quad (5)$$

Daraus folgernd werden Minimierungsprobleme auch als konvexe, Maximierungsprobleme als konkave Optimierungen bezeichnet (vgl. /26/ S. 61).

Die wesentlichen Begriffe sollen anhand eines kleinen Beispiels noch einmal erläutert werden, welches aus (/33/ S. 181) entnommen ist. Der Darstellung wegen wird ein System mit nur 2 Variablen gewählt, die Übertragung auf den mehrdimensionalen Fall sollte aber gedanklich zu vollziehen sein. Es seien die Variablen x und y derart zu bestimmen, daß unter Berücksichtigung der Restriktionen

$$\begin{aligned} -x + 2y &\leq 10 \\ x + y &\leq 10 \\ 3x - 2y &\leq 18 \\ x &\geq 0 \\ y &\geq 0 \end{aligned}$$

Beispiel 1

der Wert der Zielfunktion $z_1 = (x-3)^2 + (y-3)^2$ ein Maximum annimmt.

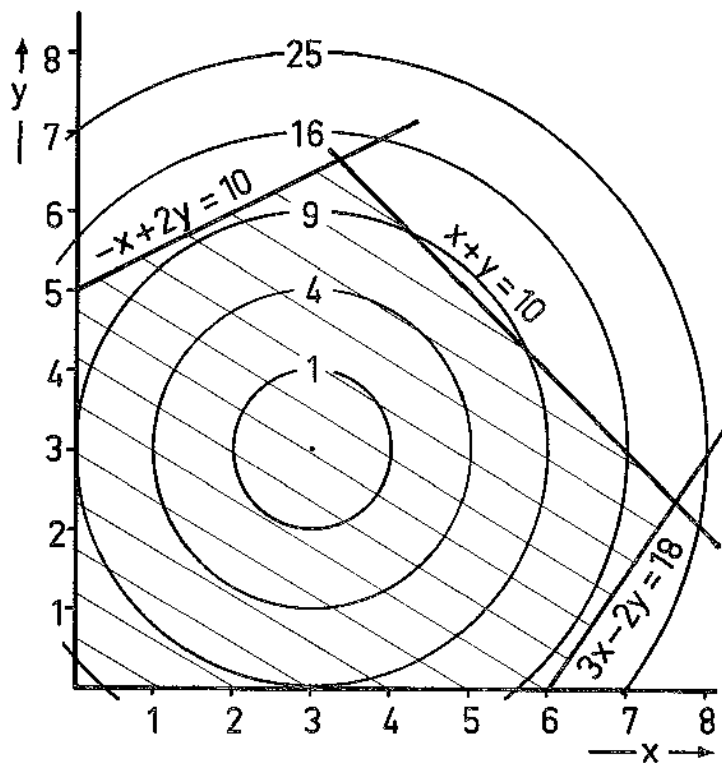


Abb. 2: Graphische Darstellung einer Optimierungsaufgabe mit linearen Nebenbedingungen

In obiger Abbildung ist das zu optimierende Beispiel graphisch dargestellt. Die Kreise sind Isolinien der Zielfunktion um den Mittelpunkt $x=3$, $y=3$. Die jeweiligen Werte sind in die Kreislinien geschrieben. Die Graphen der Restriktionen, die hier Geraden sind, umschließen den schraffiert dargestellten zulässigen Bereich vollständig. Die gesuchte Optimallösung ist geometrisch der Punkt des zulässigen Bereiches, der vom Kreismittelpunkt am weitesten entfernt ist. Wie man leicht erkennt, ist dies der Schnittpunkt der beiden Grenzgeraden des zulässigen Bereichs

$$3x - 2y = 18$$

$$x + y = 10$$

Durch Einsetzen erhält man die Lösungen

$$x=7,6 \quad \text{und} \quad y=2,4$$

Der Wert der Zielfunktion beträgt in diesem Punkt $z_1=21,52$.

Ein stark vereinfachendes Optimierungsmodell für eine Flurbereinigungszuteilung hat Hupfeld in einem Beispiel benutzt (/19/), das hier angeführt sei:

Beispiel 2:

Vier Beteiligte A–D an einem Flurbereinigungsverfahren haben Ansprüche auf folgende Flächengrößen:

Teilnehmer	Flächenanspruch in ha
A	25
B	17
C	19
D	14

Für die Befriedigung der Ansprüche stehen die Blöcke 1–7 zur Verfügung.

Block	Blockfläche in ha
1	10
2	7
3	12
4	10
5	9
6	12
7	15

Wie man leicht nachrechnet, beträgt die Summe der Blockflächen wie die Summe der Anspruchsflächen 75 ha, alle Ansprüche lassen sich also restlos befriedigen.

Es sei nun gefordert, daß die Wege der Beteiligten zu ihren neuen Flächen minimal werden. Dazu im folgenden die Entfernungen a_{ij} der einzelnen Blöcke i von den Hofstellen j der Beteiligten:

Block	1	2	3	4	5	6	7
Teilnehmer							
A	7	6	5	3	7	10	7
B	6	3	5	6	5	9	7
C	7	4	6	8	4	6	5
D	7	5	7	8	4	6	5

Als Variable werden gewählt F_{ij} die Teilflächen der Teilnehmer j in den Blöcken i . Damit die Lösung zulässig ist, müssen alle Beteiligten ihrem Anspruch gemäß abgefunden werden, außerdem müssen alle Teilflächen eines Blockes als Summe die Blockfläche ergeben. Daraus folgen die Restriktionen:

$$\begin{array}{ll}
 \sum_{i=1}^7 F_{iA} = 25 & \text{(a)} \\
 \sum_{i=1}^7 F_{iB} = 17 & \text{(b)} \\
 \sum_{i=1}^7 F_{iC} = 19 & \text{(c)} \\
 \sum_{i=1}^7 F_{iD} = 14 & \text{(d)}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{ll}
 \sum_{j=A}^D F_{1j} = 10 & \text{(e)} \\
 \sum_{j=A}^D F_{2j} = 7 & \text{(f)} \\
 \sum_{j=A}^D F_{3j} = 12 & \text{(g)} \\
 \sum_{j=A}^D F_{4j} = 10 & \text{(h)} \\
 \sum_{j=A}^D F_{5j} = 9 & \text{(i)} \\
 \sum_{j=A}^D F_{6j} = 12 & \text{(j)} \\
 \sum_{j=A}^D F_{7j} = 15 & \text{(k)}
 \end{array}$$

Zusätzlich müssen alle Teilflächen $F_{ij} \geq 0$ für alle $i=1, 2, \dots, 7$ und $j=A, B, C, D$ sein.

Die zugeteilten Flächengrößen sollen im Verhältnis zum Wegeaufwand maximal werden. Daraus folgt die Zielfunktion:

$$z = \sum_{j=A}^D \sum_{i=1}^7 \frac{1}{a_{ij}} \cdot F_{ij} \rightarrow \max$$

Die von Hupfeld angegebenen Lösungen beziehen sich auf Variable, die als relative Anteile an der jeweiligen Blockfläche definiert sind. Umgerechnet ergibt sich folgende optimale Lösung:

Block	1	2	3	4	5	6	7	Abfindungs- summe
Teilnehmer								
A	0,0	0,0	12,0	10,0	0,0	0,0	3,0	25,0
B	10,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0
C	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	10,0	19,0
D	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	2,0	14,0
Block- summe	10,0	7,0	12,0	10,0	9,0	12,0	15,0	

Die innerhalb der obigen Tabelle stehenden Zahlen bedeuten die Flächengrößen der Abfindungen der einzelnen Teilnehmer in den verschiedenen Blöcken. Der Wert der Zielfunktion wird von Hupfeld zu 16,812 angegeben.

Dieses einfache Beispiel genügt der Demonstration, wie Forderungen in eine optimierbare Form gebracht werden können. Leider genügen die Forderungen den Anforderungen der Praxis nicht. Zunächst sind keine Mehr- oder Minderabfindungen für die Teilnehmer A-D zugelassen, was zu unerwünschten Zwängen führt, da eine großzügige Zusammenlegung oft kleine Toleranzen bedingt. Die Zielfunktion ist daneben linear angesetzt, das heißt, die Güte einer Landabfindung nimmt linear mit der Entfernung ab, was einer mechanisierten Feldbestellung nicht gerecht wird.

2.2 Lösungsverfahren der Optimierungsrechnung

Aus der Vielzahl der schon bestehenden Lösungsansätze seien hier nur Charakteristika aufgeführt. Im wesentlichen lassen sich die bestehenden Ansätze zu drei Gruppen zusammenfassen:

1. Gradientenverfahren
2. Verfahren der dynamischen Programmierung
3. Monte-Carlo-Methoden.

2.2.1 Klassifikation und Problemstellung bei den Gradientenverfahren

Die Gradientenverfahren, zu denen auch die der linearen Programmierung zu rechnen sind, wie die Simplex-Methode, liefern von einer zulässigen Lösung ausgehend ein lokales Extremum. Bei den linearen Aufgaben brauchen nur die Schnittpunkte mindestens zweier Grenzen des zulässigen Bereichs untersucht

werden, da relative Extremwerte nicht auftreten können, da die erste Ableitung einer linearen Funktion nicht zu Null werden kann:

$$y = ax + b \text{ mit } a \neq 0 \text{ wird } \frac{\partial y}{\partial x} = a \neq 0$$

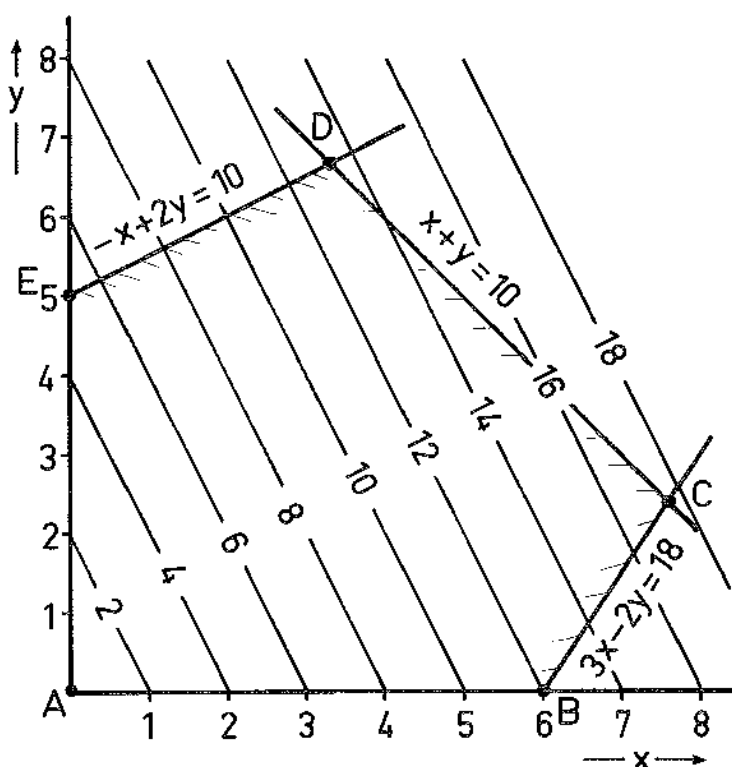


Abb. 3: Graphische Darstellung einer linearen Optimierungsaufgabe in der Ebene

Abbildung 3 zeigt eine lineare Optimierungsaufgabe, die die gleichen Restriktionen wie in Beispiel 1 aus 2.1 erfüllen muß, jedoch ist die Zielfunktion linear gewählt zu $Z_2 = 2x + y$.

Die Isolinien der Zielfunktion stellen sich als parallele Geraden dar. Der gesuchte Extremwert ist unter den Punkten A – E zu suchen. Anhand der Graphik erkennt man leicht, daß im Punkte C die Zielfunktion ihr Maximum annimmt, also im Schnitt

$$3x - 2y = 18$$

$$x + y = 10.$$

Daraus berechnet sich die gesuchte Optimallösung zu $x = 7,6$ und $y = 2,4$, der Wert der Lösung ist $Z_2 = 17,6$.

Die Anzahl der optimalen Lösungen kann Null betragen, wenn der zulässige Bereich nicht abgeschlossen oder widersprüchlich ist, auch können unendlich viele Lösungen erhalten werden, wenn eine bereichsabgrenzende Restriktion eine den Isolinien der Zielfunktion parallele Gerade ergibt.

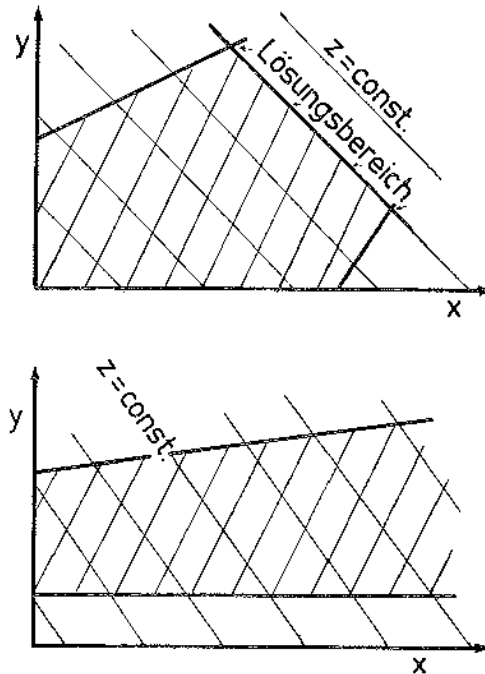


Abb. 4: Sonderfälle linearer Optimierungen ohne eindeutige Lösung in der Ebene

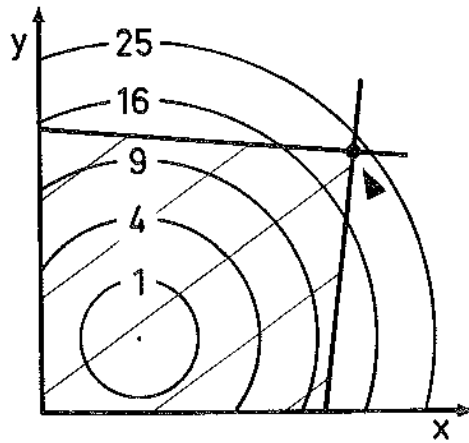
Lösungsverfahren der linearen Optimierung sind unter anderem von Künzi und Tan (/27/), Künzi-Tzschach-Zehnder (/26/), Müller-Merbach (/33/), Soom (/43/), Suchowitzki und Awdejewa (/44/) und Varga (/45/) beschrieben worden. Leistungsfähige Programmpakete zur Lösung linearer Optimierungsaufgaben liegen in großer Auswahl vor, eine Übersicht ist in (/26/ S. 145ff) gegeben.

Bei der quadratischen Optimierung, die wegen noch relativ einfacher Behandlung gesondert bezeichnet wird, sind neben den Ecken des zulässigen Bereichs alle Grenzen zu untersuchen und daneben ein eventuell vorhandenes relatives Extremum innerhalb des zulässigen Bereichs.

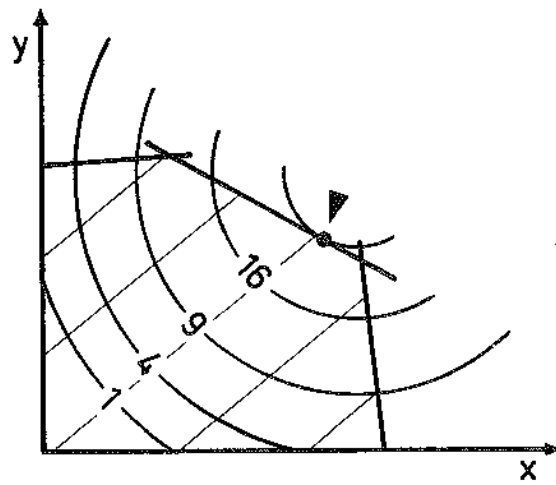
Die möglichen eindeutig lösbaren Fälle bei quadratischer Zielfunktion sind in Abb. 5 aufgezeichnet.

Die wichtigsten Lösungsverfahren der quadratischen Programmierung sind die nach Beale und Wolfe, sie sind z. B. in (/22/), (/23/), (/26/) beschrieben. Auch hier liegen Programmpakete vor (z. B. /26/).

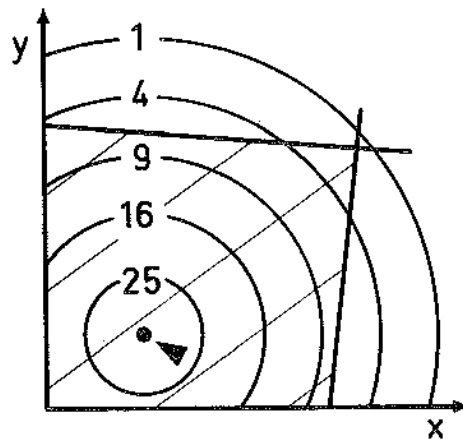
Problemstellungen, die weder linear noch quadratisch sind, lassen sich theoretisch bewältigen, wenn die Einschränkung einer konvexen Zielfunktion gemacht wird. Eine Anzahl von Verfahren ist in (/29/) beschrieben. Wegen der eingeschränkten wirtschaftlichen Einsatzfähigkeit scheinen diese Methoden bisher jedoch noch nicht in größerem Umfang eingesetzt worden zu sein. Für nicht-konvexe Optimierungsprobleme sind bisher keine Lösungsvorschläge gemacht worden, die auf der Grundlage „zielvollen Suchens“ stets das globale Extremum ermitteln.



Maximum im Schnittpunkt zweier
Bereichsgrenzen



Maximum auf einer Bereichsgrenze



Maximum innerhalb des zulässigen
Bereichs

Abb. 5: Lösungsfälle bei quadratischer Optimierung in der Ebene

Allen den bisher angesprochenen Lösungsverfahren ist gemeinsam, daß von einer zulässigen Lösung aus schrittweise das Optimum gesucht wird. Dabei ist es natürlich zweckmäßig, stets in Richtung des stärksten Niveauunterschiedes der Zielfunktion fortzuschreiten, deshalb der Name Gradientenverfahren. Wenn ein Punkt gefunden ist, der bezüglich des zulässigen Bereichs ein relatives Extremum darstellt, ist dies bei konvexer Zielfunktion die Optimallösung.

In Abbildung 6 ist der grundsätzliche Verfahrensablauf bei Gradientenverfahren für den linearen und den nichtlinearen Fall einmal graphisch dargestellt.

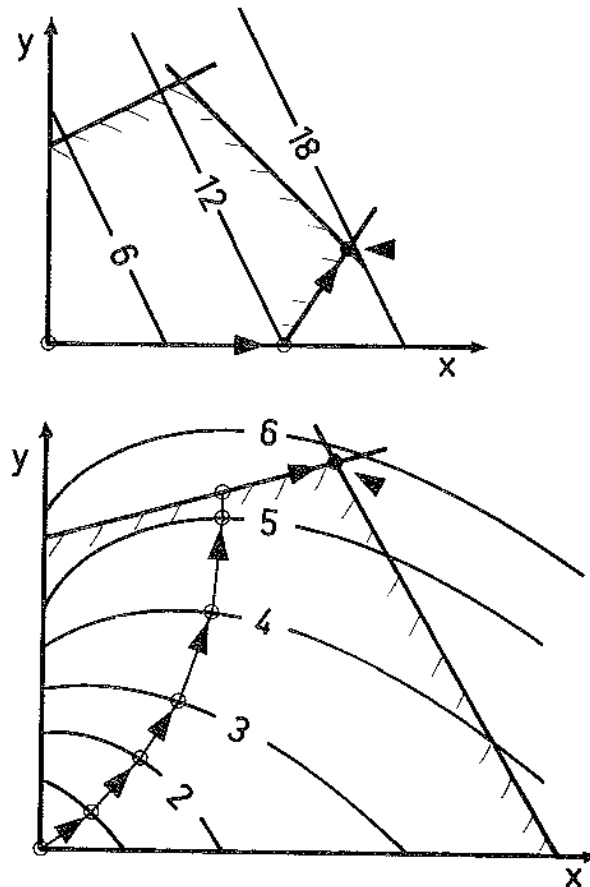


Abb. 6: Beispiele von Lösungen eines linearen und eines nichtlinearen, aber konvexen Optimierungsproblems in der Ebene mit einem Gradientenverfahren

2.2.2 Darstellung der dynamischen Optimierung

Neben den Gradientenverfahren haben die Verfahren der dynamischen Optimierung einige Bedeutung. Der Name „dynamische Optimierung“ ist etwas unglücklich, dem Wesen wäre „sequentielle Optimierung“ angemessener, denn alle Probleme müssen in eine sequentielle Entscheidungsfolge gebracht werden. Das bedeutet, daß natürlich solche Aufgaben am meisten geeignet sind, die schon aus sich heraus Entscheidungsstufen besitzen. Typische Anwendungsbeispiele dynamischer Programmierung sind Wegeprobleme, in denen eine optimale Verbindung zwischen

Punkten gesucht ist oder Produktionsplanungen, wo eine Entscheidung stets eine Anzahl von Folgeentscheidungen bedingt. Ein wesentlicher Vorteil der dynamischen Methode ist, daß die Zielfunktion keiner Beschränkung unterliegt, sie braucht nicht konvex zu sein. Probleme, die nicht von sich aus sequentieller Natur sind, wie solche, die im allgemeinen durch ein System von Ungleichungen und Gleichungen beschrieben werden, wie unter 2.1 und im Beispiel 1 angedeutet, müssen in eine sequentielle Entscheidungsfolge zerlegt werden. Es werden alle möglichen Zustände des Systems definiert, und für jeden Zustand die optimale Lösung berechnet. Das bedeutet, daß die Anzahl der möglichen Zustände endlich sein muß, kontinuierliche Variable sind durch ausgewählte, repräsentative diskrete Zustände zu beschreiben. In der Praxis bedeutet die Anwendung der dynamischen Optimierung meist die Berechnung der Zielfunktion für alle möglichen Zustände, was auch als vollständige Enumeration bezeichnet wird, nur spart man sich jeweils die ganze Rechnung durch Aufspaltung in Teilergebnisse. Das Beispiel 1 aus 2.1 mit der Zielfunktion

$$G_1 = (x-3)^2 + (y-3)^2 \rightarrow \max$$

läßt sich in zwei Stufen optimieren, die der Optimumsbestimmung jeweils beider Summanden für alle x und y entspricht. Die schon unter 2.1 definierten Restriktionen

$$r_1 = -x + 2y \leq 10$$

$$r_2 = x + y \leq 10$$

$$r_3 = 3x - 2y \leq 18$$

$$x, y \geq 0$$

lassen für die zustandsbeschreibenden Variablen r_i selbst bei Beschränkung auf ganze Zahlen eine große Anzahl von Werten zu, da die Zustands-Variablen eingeschachtelt werden können durch

$$-10 \leq r_1 \leq 10$$

$$0 \leq r_2 \leq 10$$

$$-20 \leq r_3 \leq 18$$

ergibt sich daraus eine Anzahl von Zuständen von $21 \times 11 \times 39 = 9009$. Davon ist eine ganze Anzahl widersprüchlich, zum Beispiel ist das Tripel $(r_1, r_2, r_3) = (10, 10, 18)$ unmöglich, da die drei Grenzgeraden des zulässigen Bereichs keinen gemeinsamen Schnittpunkt haben (vgl. Abb. 2). Die Tatsache der Widersprüchlichkeit ist aber im Einzelfall schwer zu erfassen und wird deshalb, da sie bei der Berechnung unschädlich ist, nicht berücksichtigt.

Wegen der stufenweisen Berechnung der Zielfunktion, getrennt nach Variablen, ist die Anzahl v der Variablen eines Systems gleich der Anzahl der Berechnungsstufen, wovon in jeder alle r Zustandsvariablen der r Restriktionen in durchschnittlich k Werten variiert werden müssen. Der daraus resultierende Aufwand ist mithin proportional zu $v \cdot k^r$. Daraus ist der schnell anwachsende Berechnungsaufwand gut zu erkennen, andere Verfahren, wenn anwendbar, sind für größere Probleme deshalb stets vorzuziehen (vgl. z. B. /28/ S. 96).

Für die Lösung von Optimierungsaufgaben stehen keine allgemein anwendbaren Algorithmen der dynamischen Programmierung zur Verfügung, da jeweils das Problem die Lösung bestimmt. Einführungen in die Aufgabenbereiche der dynamischen Programmierung werden in (/28/) und (/34/) gegeben. In (/28/S. 96f)

ist außerdem ein Berechnungsbeispiel für die Lösung einer kleinen Optimierungsaufgabe mit Restriktionen in der Form des Beispiels 1 angegeben.

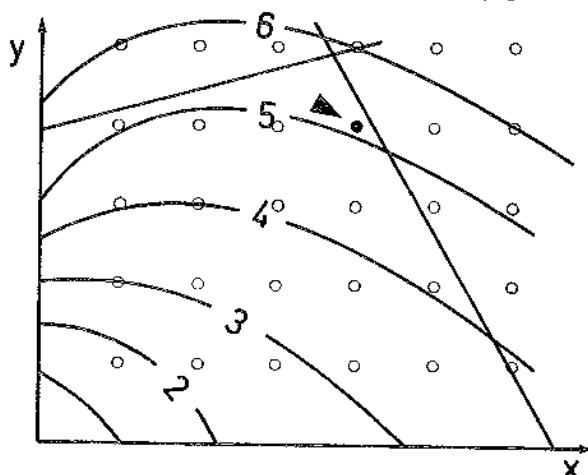


Abb. 7: Beispiel einer Auflösung der nichtlinearen Optimierungsaufgabe nach Abb. 6 mit dynamischer Programmierung bei Beschränkung auf ganzzahlige Lösungen.

In vorstehender Abbildung ist dargestellt, wie ein kontinuierlicher Bereich durch diskrete, systematisch angeordnete Punkte bei der dynamischen Optimierung repräsentiert wird. Das Optimum wird unter den diskreten Punkten des zulässigen Bereichs ermittelt (durch Pfeil dargestellt).

2.2.3 Darstellung der Monte-Carlo-Methode

Neben den beiden bereits geschilderten Lösungsansätzen der Optimierungsrechnung ist noch auf eine dritte einzugehen. Bei dieser Methode werden wie bei der dynamischen Programmierung die Werte der Zielfunktion verschiedener zulässiger Lösungspunkte miteinander verglichen; dies geschieht jedoch nicht systematisch,

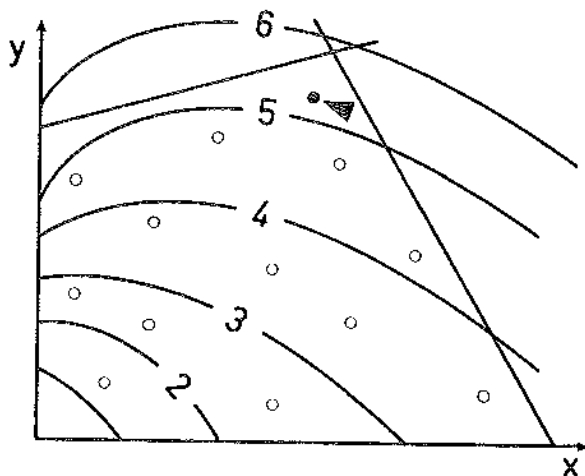


Abb. 8: Beispiel einer Auflösung der nichtlinearen Optimierungsaufgabe nach Abb. 6 mit der Monte-Carlo-Methode bei Beschränkung auf wenige Lösungspunkte

sondern die Punkte werden zufällig ausgewählt. Da das Ergebnis nicht eine strenge Lösung der Optimierungsaufgabe darstellt, sondern unbestimmbar weit vom absoluten Extremwert entfernt sein kann, wird diese Lösungsmethode als Monte-Carlo-Methode bezeichnet. Dieser Name erinnert an die zufälligen Ausgänge von Glücksspielen.

Mag der Ausgang eines einzelnen Versuchs auch zufällig sein, so ist bei genügend großer Wiederholungsanzahl eine für die meisten Anwendungen hinreichend genaue Optimalzustands-Beschreibung zu erhalten, da bei einer gleichmäßigen Verteilung der untersuchten Lösungspunkte über den gesamten zulässigen Bereich mit steigender Versuchsanzahl die Dichte der Lösungspunkte, auch in der Nähe des gesuchten Extremwertes, ansteigt.

Die Anzahl der für die Erreichung einer bestimmten Lösungsgenauigkeit notwendigen Versuche wird durch die Anzahl der Variablen und der Restriktionen bestimmt. Ein Kriterium für den pro Versuch erreichten Genauigkeits- oder Effektivitätsgewinn liefert die Darstellung des erreichten Extremwertes als Funktion der Versuchsanzahl in einem Las-Vegas-Diagramm (vgl. z. B. /2/ S. 103).

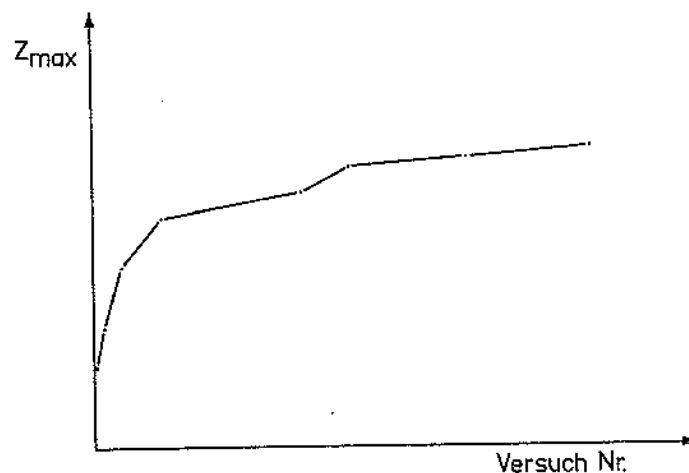


Abb. 9: Beispiel eines Las-Vegas-Diagramms

Die subjektive Interpretation des Las-Vegas-Diagramms ergibt ein Maß für die etwa zu erwartende Verbesserung des Ergebnisses bei einer bestimmten Anzahl von zusätzlichen Versuchen. Eine Maßzahl für diese Angabe könnte die durchschnittliche prozentuale Verbesserung $z'_{\max}$ des Ergebnisses pro Versuch sein.

Ein objektives Abbruchkriterium läßt sich leider nicht angeben, da zu fordern wäre, daß man bis auf einen bestimmten Bruchteil an das Extremum herankommt. Aus der Anzahl der Versuche (Umfang der Stichprobe) läßt sich nach /9/ S. 229ff mit bestimmtem Risiko darauf schließen, welcher Anteil aller möglichen Werte (Grundgesamtheit) außerhalb der schon erhaltenen Extremwerte (Minimum und Maximum) liegt. In welchem Bereich die noch außerhalb liegenden Werte allerdings streuen, läßt sich nicht erfassen ohne detaillierte Kenntnis der Häufigkeitsverteilung nahe den Extremwerten, die nicht vorhanden ist.

Die Auswahl der untersuchten Lösungspunkte erfolgt in der Weise, daß für die Werte der Variablen unter Beachtung der Restriktionen Zufallszahlen eingesetzt

werden. Zum Beispiel sei eine Variable x nur beschränkt durch $a \leq x \leq b$, dann kann x jeden beliebigen Wert des Intervalls (a, b) annehmen. Die erforderlichen Zufallszahlen können durch Zufallszahlengeneratoren erzeugt werden, die für alle Rechenanlagen erstellt werden können (vgl. z. B. /1/ S. 949f, /18/ S. 14ff).

Die Monte-Carlo-Methode ist voraussetzungslos auf alle Optimierungsprobleme anwendbar, die Variablen brauchen nicht diskretisiert zu werden wie bei der dynamischen Programmierung, außerdem ist keine Konvexität wie bei den Gradientenverfahren zu fordern. Die Anwendung beschränkt sich jedoch auf solche Probleme, die nicht mit Gradientenverfahren gelöst werden können, da der Rechenaufwand beträchtlich sein kann. Grundsätzlich lassen sich folgende Anwendungsgebiete nennen:

- a) für konvexe Optimierungsprobleme die Gradientenverfahren
- b) für sequentielle Entscheidungsprobleme mit wenigen diskreten Zuständen die Verfahren der dynamischen Optimierung
- c) für sonstige mit a) und b) unlösbare Probleme die Monte-Carlo-Methode.

3. Optimierung als Planungshilfe

3.1 Optimierung als Mittel objektiver Planung

Planungsvorhaben, die von der öffentlichen Hand durchgeführt werden, sollen einem größeren Personenkreis zugute kommen und nicht einzelne Beteiligte bevorzugen, andere benachteiligen. Dieser Gleichbehandlungsgrundsatz kann nur gewahrt werden, wenn an jeder Stelle des Planungsprozesses ein Überblick über alle Auswirkungen besteht. Bei derart komplexen Vorgängen wie die Erstellung eines Zuteilungsplanes ist es fraglich, ob dieser Überblick jederzeit vorhanden ist. Der Gesetzgeber hat nicht zuletzt deshalb zur überwiegenden Anzahl der Pläne Offenlegungen und Einspruchsmöglichkeiten vorgesehen. Es ist aus diesem Gesichtspunkt wünschenswert, daß Benachteiligungen nicht mehr durch Vernachlässigung bekannter Kriterien entstehen können, sondern höchstens durch unbekannte Kriterien, die durch besondere Verhältnisse oder den zeitlichen Fortschritt bedingt sein können.

Die zu beachtenden Kriterien sind zum Teil geschriebenes Recht, zum Teil aus der Vernunft oder den wirtschaftlich-technischen Verhältnissen sich ergebende Zwänge. Diese haben die Form von Einschränkungen, die den Restriktionen in der Optimierungsrechnung durchaus entsprechen. Der Vorteil einer Planungsdurchführung durch automatisch ablaufende Prozesse ist, daß alle Beschränkungen formuliert sein müssen, was wesentlich zur Transparenz von Entscheidungen beiträgt.

Neben der Einhaltung bestimmter Normen hat ein Planungsprozeß aber als wesentliche Motivation die Verfolgung ganz bestimmter Ziele. So soll durch eine Flurbereinigung im klassischen Sinn vor allem die landwirtschaftliche Erzeugung gefördert werden (§ 1 FlurbG). Heute sind die Ziele einer Flurbereinigung zwar mannigfacher, jedoch sind alle mehr oder weniger gut formulierbar. Die Aufgabe, die Zielvorstellungen klar herauszuarbeiten und gegeneinander abzuwägen, ist eine Anforderung, die aus der Anwendung der Optimierungsrechnung neben der Formulierung der Restriktionen notwendig folgt. Alle vielleicht unbewußt in Pläne einfließenden Zielvorstellungen müssen, wenn mit Optimierungsrechnung und „manueller“ Planung ein gleiches Ergebnis erzielt werden soll, formuliert werden,

das wird meist zugleich eine kritische Würdigung des spezifischen Gesichtspunktes nach sich ziehen, so daß die Hierarchie der Ziele besser gewahrt werden kann. Die Einführung der Optimierung scheint mithin langfristig aus der Sicht des gezielten Planens durchaus begrüßenswert, wenn auch zu bemerken ist, daß es bis zur Erfüllung aller Voraussetzungen noch einiger Vorarbeiten bedarf. Von den Ergebnissen dieser Vorarbeiten darf man sich aber auch für die manuelle Bearbeitung einige Vorteile versprechen.

3.2 Optimierung als Mittel der Automatisierung

Automation bedeutet heute in der Verwaltung Einsatz der Elektronischen Datenverarbeitung (EDV). Beschreibungen über den Stand der Automation in der Flurbereinigung haben Lang (/30/), Klempert (/20/), Batz (/4/) und die Berichte aus der Flurbereinigung Bayerns (/3/) geliefert. Die EDV bedingt spezifische Kommunikationsmittel, wenn sie wirtschaftlich eingesetzt werden soll. Das Durchlaufen von Informationen durch mehrere Bearbeitungsstufen bezeichnet man als Datenfluß. Sollen innerhalb des Verfahrensablaufs noch Tätigkeiten, wie etwa das Aufstellen eines Zuteilungsentwurfes, manuell vorgenommen werden, so entsteht an dieser Stelle in der datenverarbeitenden Kette ein Sprung, da der Mensch schlecht in ein Maschinensystem zu integrieren ist. Es kann hier nur zwei Alternativen geben, entweder man schafft ein echtes Kommunikationssystem Mensch-Maschine, Ansätze hierzu werden verstärkt unternommen, oder man verlegt die Arbeit des Planers nach außerhalb des Verfahrensablaufs, das heißt, der Planer muß, wie im vorigen Abschnitt angeführt, die Voraussetzungen für eine vollautomatische Behandlung schaffen. Der Mensch hätte in einem so verstandenen Mensch-Maschine-System nicht wie bei der ersten Version die Rolle eines Partners im Dialog, sondern die des Unterweisenden, Kontrollierenden einzunehmen. Die eigentlich interpretierende, zielende Denkarbeit des Planers wird keinesfalls überflüssig, sondern nur in anderer Weise ausgeübt. Es geht dann primär darum, Grundsätze zu erarbeiten, und deren Effekte zu beobachten. Die sehr umfassende Erfahrungswelt eines Menschen kommt im kreativen Denken einem automatischen System zugute.

Muß Automation im Zusammenhang einer planenden Tätigkeit denn notwendig die Heranziehung eines Optimierungsansatzes nach sich ziehen? Diese Frage stellt sich notwendig, wenn man die Vorteile einer selbstregelnden Bearbeitung bejaht.

Die Erfüllung von gesetzten Bedingungen, die Teil einer solchen Durchführung ist, hat mit Optimierungsrechnung nur in soweit zu tun, als diese auch Bedingungen beachten kann. Die Erreichung bestimmter, sich zum Teil widersprechender Ziele und deren Abwägung ist aber zentraler Behandlungspunkt der Optimierungstheorie, und Optimierungsrechnung heißt heute fast ausschließlich Einsatz der EDV bei der Lösung von Entscheidungsfragen.

3.3 Optimierung als Mittel der Effektivitätssteigerung

Die Voraussetzung für die planvolle Erreichung eines bestimmten Effektes ist seine Kenntnis. Wenn ein bestimmtes Ziel erst einmal beschrieben werden kann, ist es zumeist auch nicht schwer, Maßzahlen für den Effektivitätsgrad zu definieren. Erst dadurch wird eine objektive Beurteilung eines Zustandes ermöglicht. Heute sind wohl alle wissenschaftlichen Sparten bemüht, für den Vergleich verschiedener Phänomene Zahlenwerte anzugeben. Sind für die Effizienz Beurteilungsmaße gefunden, läßt sich das Maximum sinnvoll durch die Verfahren der Optimierungs-

rechnung bestimmen. So sind denn auch schon im Bereich der Zuteilungsplanung Versuche gemacht worden und Möglichkeiten aufgezeigt, diese Verfahren anzuwenden (/19/, /37/, /42/). Während Hupfeld und Schrader sich in ihren Aufsätzen lediglich mit der Verfolgung eines einzigen Zieles auseinandersetzen, hat Pelzer (/37/) gezeigt, daß bei der Zuteilungsplanung ein Bündel von Zielvorstellungen verwirklicht werden soll. Als Beispiele werden von ihm große Einzelabfindungen und kleine Fahrstrecken zwischen den Wirtschaftsflächen jedes Teilnehmers angeführt.

Als Beurteilungsgrößen wählt er

$$F = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij}^2 \longrightarrow \max$$

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \sum_{k=j+1}^m d_{jk} x_{ij} x_{ik} \longrightarrow \min$$
(6)

wobei x_{ij} die Abfindungsfläche des Teilnehmers T_i im Block B_j ,

d_{jk} die Entfernung zwischen Block B_j und B_k ,

n die Anzahl der Blöcke,

m die Anzahl der Teilnehmer bedeutet.

Es wird gezeigt, daß die Maßzahlen für diese Einzelziele bei entsprechender Gewichtung zu einer Gesamtbeurteilung zusammengefaßt werden können zu

$$Z = F - P \cdot L \longrightarrow \max,$$
(7)

wobei P die relative Gewichtung darstellt. Diese eine Zielfunktion ist sowohl mit den aufgefächerten Zielvorstellungen des Planers wie den Anforderungen der Optimierungsrechnung verträglich. Ist das Verhältnis der Beiträge der Einzelziele festgelegt, kann das globale Maximum ermittelt werden. Dieses ist nach den Voraussetzungen zutreffend, der Planer hat nur zu prüfen, inwieweit die Prioritäten geändert werden sollten oder neue gesetzt werden müssen. Der Einsatz der Optimierungsrechnung bei der Zuteilungsplanung bietet also einerseits den Vorteil der konsequenten Zielstrebigkeit und andererseits die Formulierung aller relevanten Ziele als Voraussetzung des effektiven Einsatzes.

An dieser Stelle sei aber ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die ganze Vielfalt der zu beachtenden Gesichtspunkte nie als vollständig zu betrachten sein wird, schon allein weil für die wirtschaftliche Behandlung automatischer Prozesse Konzessionen gemacht werden sollten.

Nicht zuletzt soll diese Arbeit einen Anstoß geben, zu erforschen, welche Gesichtspunkte relevant und welche zweitrangig sind. Ein Instrument zur Unterscheidung relevanter und zweitrangiger Ziele kann ein automatisches Zuteilungsverfahren sein. Die Ergebnisse einer automatischen Zuteilung werden nur dann befriedigen, wenn alle wichtigen Zielvorstellungen definiert sind und in die Rechnung eingehen. Vernachlässigte Ziele werden, wenn sie neue Gesichtspunkte berücksichtigen, bestimmte ungewollte Effekte bei der Zuteilung zeigen.

4. Formulierung von Restriktionen für ein optimierbares Zuteilungsmodell

4.1 Anforderungen an die Restriktionen

Im folgenden Kapitel soll ein Abriß der Restriktionen gegeben werden, die als unumgänglich erscheinen. Das Ziel bei der Formulierung wird sein, alle Beschrän-

kungen in eine Form der Art

$$c(a) = f(*) \quad (8)$$

zu bringen, wobei $c(a)$ eine Funktion angibt, die eine Grenze definiert, diese ist entweder von Parametern a abhängig oder eine Konstante; $=$ stellt einen Vergleichsoperator der Art $<, \leq, =, \geq, >$ dar und $f(*)$ ist die Funktion vom Variablenvektor $*$, der einer bestimmten Beschränkung unterliegt. Die Restriktionen nach (8) sollen eine einfach zu bestimmende Form haben, um den Rechenaufwand minimal zu halten, aber trotzdem die Bedingung hinreichend charakterisieren. Die Funktionen sollen von möglichst wenigen, nicht gesondert zu bestimmenden Parametern abhängen.

4.2 Die gesetzlichen Restriktionen

4.2.1 Die wertgleiche Abfindung

Aus dem zweiten Abschnitt des FlurbG, der mit „Grundsätze für die Abfindung“ betitelt ist, gehen einige Bedingungen hervor, die bei einer automatischen Zuteilungsplanung berücksichtigt werden müssen. Der wohl wichtigste Grundsatz ist im § 44 ausgedrückt, er fordert die wertgleiche Abfindung der Beteiligten. Nach den Grundsätzen der Bewertung wird der Wert eines Anspruchs als Produkt

$$A = w \cdot F \quad (9)$$

ermittelt, wobei A den Anspruch oder allgemeiner den Wert einer bestimmten Fläche F mit dem Flächeneinheitenswert w darstellt. Die Fläche und der Flächeneinheitenswert sind geschätzte fehlerbehaftete Größen, so daß die Frage nach der Gleichheit in eine nach der Toleranz einmündet. Die Standardabweichung der Fläche läßt sich aus den amtlichen Fehlergrenzen für Flächenberechnungen (z. B. /31/ S. 53) ermitteln zu

$$|3\sigma_A| = 0,3\sqrt{F} + 0,0003 F, \quad (10)$$

wobei unterstellt ist, daß die Fehlergrenzen dem 3fachen Betrag der Standardabweichung entsprechen, was einer Irrtumswahrscheinlichkeit α für unberechtigtes Verwerfen von Messungen von

$$\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right) = \Phi(3\sigma_A) = \Phi(3) = 0,99865 \quad (10a)$$

$\alpha = 2,70/100$ entspricht (z. B. nach /1/).

In (9), (10) und (10a) bedeuten F eine Fläche in m^2 , σ_A die Standardabweichung der Differenz zweier Flächenermittlungen aus Feldmaßen, Φ die Verteilungsfunktion und Φ die standardisierte Verteilungsfunktion der Normalverteilung (vgl. z. B. /40/ S. 51 ff). Die Standardabweichung einer Differenz läßt sich bei Gleichheit der Standardabweichungen der beiden Vergleichsgrößen bestimmen zu

$$\sigma_A^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 = \sigma_F^2 \sqrt{2} \quad (11)$$

(10) eingesetzt liefert

$$|3 \cdot \sqrt{2} \cdot \sigma_F| = 0,3\sqrt{F} + 0,0003 \cdot F. \quad (12)$$

Demnach folgt für eine Fläche von 10 ha eine Standardabweichung von $\pm 30m^2 \pm 0,30/100$.

Die relative Standardabweichung des Flächeneinheitwertes wird von Fuchs in
/12/ zu etwa $\frac{\sigma_w}{w} = \pm 6\%$ (im Mittel) gefunden.

Hierbei ist eine Verschiebung der Bewertungsskala sowie eine Streckung bereits eliminiert, so daß die Standardabweichung für relative Schätzungen zutreffend ist. Primär interessieren bei Flurbereinigungsschätzungen nicht absolute Wertzahlen in einem Gebiet wie bei der Reichsbodenschätzung, sondern Verhältnisse verschiedener Bewertungen zueinander.

Die Frage nach der Existenz eines „wahren“ Flächeneinheitwertes ist nur von theoretischer Bedeutung. Über den Kapitalisierungsfaktor f_K , der angibt, wie eine Werteinheit in Geld zu bewerten ist, eine vorzugebende Verzinsung p_Z (in %) und den nachhaltig aus einer Flächeneinheit erzielbaren Reinertrag (Nutzen) E_{Ri} kann ein quasiwahrer Flächeneinheitwert w_{wi} erhalten werden zu

$$w_{wi} = \frac{E_{Ri}}{p_Z \cdot f_K} \cdot 100.$$

Der Zusammenhang zwischen f_K und w_{wi} ist offensichtlich, jedoch ist f_K als Umrechnungsfaktor zu betrachten, der den Maßstab der Flächeneinheitwerte (im allgemeinen 0 ... 100) auf den Maßstab der Verkaufspreise transformiert.

Im folgenden soll unterstellt werden, daß die Schätzwerte der Flurbereinigungsschätzung normalverteilt sind, obwohl die Voraussetzungen des zentralen Grenzwertsatzes (vgl. z. B. /9/ S. 57f) nicht nachgewiesen werden, da die Verteilung der Elementarfehler unbekannt ist. Die relative Standardabweichung eines nach (9) ermittelten Flächenwertes läßt sich bestimmen zu

$$\left(\frac{\sigma_A}{A}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_w}{w}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_F}{F}\right)^2$$

$$\left(\frac{\sigma_A}{A}\right)^2 = 0,06^2 + 0,002^2 \text{ bei } 0,1 \text{ ha} \quad (13a)$$

$$\left(\frac{\sigma_A}{A}\right)^2 = 0,06^2 + 0,0003^2 \text{ bei } 10 \text{ ha} \quad (13b)$$

Wie man leicht erkennt, ist die relative Standardabweichung des Flächenwertes in erster Näherung gleich der relativen Standardabweichung des Flächeneinheitwertes, wenigstens für die bei Flurbereinigungen interessierenden Flächen größer als 0,1 ha.

Bei Vergleich eines Anspruchs A_1 mit einer Abfindung A_2 ist die Standardabweichung der Differenz D ein Maß für die einzuhaltende Toleranz.

$$\sigma_D^2 = \sigma_{A_1}^2 + \sigma_{A_2}^2 = 2 \sigma_A^2$$

oder relativ

$$\frac{\sigma_D}{A} = \sqrt{2} \frac{\sigma_A}{A} \quad (14)$$

den Wert aus (13) eingesetzt ergibt sich

$$\frac{\sigma_D}{A} = 8,5\%.$$

Diese Standardabweichung ist für einen Einzelanspruch zutreffend, der durch identische Bewertungskriterien charakterisiert ist. Ein Gesamtabfindungsanspruch

setzt sich aus einer Summe solcher Einzelsprüche zusammen.

$$A_G = \sum_{i=1}^n A_i \quad (15)$$

wobei n die Anzahl der Teilansprüche darstellt. Die Standardabweichung des Gesamtanspruches läßt sich berechnen nach

$$\sigma_{A_G}^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_{A_i}^2 \quad (16)$$

mit

$$\frac{\sigma_{A_i}}{A_i} = \sigma_R = \frac{\sigma_D}{A} = \pm 6\% \quad (\text{nach 13a, b})$$

läßt sich (16) beschreiben als

$$\sigma_{A_G}^2 = \sigma_R^2 \sum_{i=1}^n A_i^2$$

oder relativ zu

$$\begin{aligned} \left(\frac{\sigma_{A_G}}{A_G} \right)^2 &= \sigma_R^2 \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i}{A_G} \right)^2 \\ \frac{\sigma_{A_G}}{A_G} &= \sigma_R \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{A_i}{A_G} \right)^2} \end{aligned} \quad (17)$$

Bei n etwa gleichgroßen Teilansprüchen A_i geht der relative mittlere Gesamtanspruchsfehler auf $\frac{\sigma_R}{\sqrt{n}}$ zurück. Bei stark unterschiedlichen Teilansprüchen wird der mittlere Relativfehler primär durch das Verhältnis $\frac{A_i}{A_G}$ des größten Teilanspruchs bestimmt. Bei 10 etwa gleichgroßen Teilansprüchen ist mit einer „mittleren Unsicherheit“ von $\sqrt{\frac{1}{10}} \sigma_R = \pm 2\%$ des Gesamtanspruches zu rechnen. Hier wäre eine Minder- oder Mehrabfindung von

$$\frac{\sigma_D}{A} = \sqrt{2/\sqrt{10}} \cdot \sigma_R \cdot 0,5 = 1,3\% \quad (18)$$

gegenüber dem Anspruchswert mit der Forderung nach gleichwertiger Abfindung durchaus verträglich; tatsächlich fallen bei den gemachten Einschränkungen nur etwa 38% aller „tatsächlich“ gleichwertigen Abfindungen x in das Intervall

$$(A_G - 0,5 \sigma_D \leq x \leq A_G + 0,5 \cdot \sigma_D) \quad (19)$$

da aus $\frac{\gamma}{2} + 50\% = \Phi(0,5) = 69,1\%$ (vgl. z. B. /1/ S. 966)

folgt $\gamma = 38\%$.

Der Wert $\sigma_D/2$ ist hierbei willkürlich gewählt.

Im folgenden soll noch einmal verdeutlicht werden, welche Abfindungstoleranzen aufgrund fehlerbehafteter Schätzung erwartet werden müssen. Dazu wird für Flächenansprüche größer als 0,1 ha bei einer Standardabweichung der Schätzung von $\pm 6\%$ für unterschiedliche Anzahlen etwa gleichwertiger Klassenabschnitte die relative tolerierbare Anspruchstoleranz für verschiedene Signifikanzniveaus berechnet. Das Signifikanzniveau gibt an, wie oft gleiche Ansprüche zu Unrecht als ungleich betrachtet werden. Als gleich werden Ansprüche dann angesehen,

wenn die sie begründenden Altbesitz-Flächen gleichen Nutzen erbringen, wie es im § 28 FlurbG über die Grundsätze der Bewertung ausgedrückt ist.

Signifikanzniveau	31,7%	10,0%	50,0%	61,7%	80,4%
Fraktil	1,00	1,64	0,67	0,50	0,25
Anzahl der Klassenabschnitte					
1	8,5	14,0	5,7	4,2	2,1
2	6,0	9,9	4,0	3,0	1,5
5	3,8	6,2	2,6	1,9	0,9
10	2,7	4,4	1,8	1,3	0,7
50	1,2	2,0	0,8	0,6	0,3

Tab. 1: Tolerierbare prozentuelle Anspruchs-Abfindungsdifferenzen für verschiedene Anzahlen von Klassenabschnitten und verschiedene Signifikanzniveaus

Die in Tabelle 1 aufgezeigten Toleranzen der Landbewertung lassen erkennen, wie unvollkommen eine wertgleiche Abfindung gewährleistet werden kann. Man könnte daraus den Schluß ziehen, daß Geldausgleiche zur Abdeckung von Mehr- oder Minderabfindungen in Land nur bis zu einem bestimmten Bruchteil der Standardabweichung der Anspruchsbewertung sinnvoll seien. Dieser Auffassung kann mit zwei Fragen begegnet werden: erstens, wo kann eine solche Grenze objektiv gerechtfertigt werden; zweitens, wie ist eine bewertete rechnerische Minderabfindung einem Beteiligten zu erklären? Die Antwort kann nur so ausfallen, daß alle rechnerischen Differenzen zwischen Anspruch und Zuteilung von Land in Geld ausgeglichen werden müssen. Denn selbst eine schlechte Schätzung im Sinne der Statistik ist solange anzuhalten, bis sie verbessert werden kann.

Man kann aus den angegebenen Zahlen aber gewisse Mehr- oder Minderabfindungen in Land rechtfertigen, allerdings wird man die Toleranz der Landabfindung nicht mit einigen Prozent, wie angezeigt, sondern nur mit wenigen Promille ansetzen, um sie auf das praktisch notwendige Maß zu beschränken.

Für die Anwendung bei der automatischen Zuteilung soll eine Grenze g_z definiert werden, die angibt, innerhalb welchen Intervalls die Landabfindung zu erfolgen hat:

$$A_G - g_z \leq N_L \leq A_G + g_z \quad \text{Bed. 1}$$

N_L sei die Neuzuteilung von Land in Werteinheiten, A_G der Gesamtanspruch in Werteinheiten. Die maximalen Mehr- oder Minderzuteilungen g_z sind in Geld auszugleichen, wie in § 44,3 FlurbG vorgesehen. Da bei kleinen Ansprüchen die theoretisch ansetzbare Standardabweichung nach (17) leicht bis $\pm 6\%$ ansteigt und außerdem eine Mindesttoleranz gefordert werden muß, um Spleißparzellen weitestgehend auszuschließen, wird eine untere Grenze definiert, sonst eine lineare Abhängigkeit von der Anspruchsgröße

$$g_z = g_{zp} \cdot A_G, \text{ jedoch } g_z \geq g_{z \min} \quad \text{Bed. 1a}$$

wobei g_{zp} die relative Toleranz und $g_{z \min}$ die Minimaltoleranz der Landabfindung darstellt.

4.2.2 Die betriebswirtschaftlichen Merkmale

Neben der wertgleichen Abfindung wird im § 44,4 FlurbG die Übereinstimmung von Nutzungsart, Beschaffenheit, Bodengüte und Entfernung vom Wirtschaftshof der Abfindungen mit dem Altbesitz gefordert. Darüber hinaus sollen alle Umstände berücksichtigt werden, „die auf den Ertrag, die Benutzung und die Verwertung der Grundstücke wesentlichen Einfluß haben“ (§ 44,2 FlurbG). Danach sind Klassifizierungen zu finden, die einander ausschließen, da sie charakteristisch sind. Eine Abfindung soll dann nur innerhalb einer solchen Klasse erfolgen können. Klempert hat in /20/ mit seinem „Allgemeinen Bewertungs- und Planungskatalog“ eine Vielzahl von Merkmalen zusammengestellt, von denen, wie er vorschlägt, in einem speziellen Bewertungs- und Planungskatalog für jedes Gebiet die zutreffenden Charakteristika herausgesucht werden können. Dies ist wesentlich, um überhaupt einen guten Zusammenlegungseffekt erzielen zu können, denn je spezieller jeder Anspruch behandelt wird, desto weniger Auswahl ist bei der Abfindung gegeben.

In erster Näherung könnte die Nutzungsart, z. B. der Reichsbodenschätzung, als klassifizierendes Merkmal herangezogen werden. Als weiteres Merkmal wäre dann die Bodenzahl zu verwenden, die über den Zustand und die Ertragsfähigkeit Auskunft geben soll. Für die Bodenzahl als Flächeneinheitswert gelten die im vorigen Abschnitt angeführten Toleranzen von etwa $\pm 6\%$ oder $\pm 8,5\%$ für den Vergleich zweier Zahlen. Man wird hinsichtlich der Zuteilungstoleranzen in den einzelnen Klassen Annahmen machen müssen, da die betriebswirtschaftlichen Erfordernisse wie großzügige Zusammenlegung mit der strengen Einhaltung der Struktur der Altbesitze in Konkurrenz stehen. Im Interesse einer weitreichenden Strukturverbesserung wird eine großzügige Auslegung der Klassentoleranzen angestrebt, die nur da ihre Grenzen findet, wo die Betriebsstruktur gegen den Willen der Beteiligten geändert werden müßte.

Im Gesetz wird weiter die Entfernungsgleichheit der Abfindungslagen mit den Altbesitzlagen gefordert. Diese Forderung erweist sich in der Praxis als außerordentlich komplex, da sie ja im Zusammenhang mit dem Grad der Erschließung, der Zusammenlegung und den topographischen Gegebenheiten gesehen werden muß. Auf die Schwierigkeit der Entfernungsberücksichtigung hat auch Klempert (/20/ S. 51 f) hingewiesen. In der Praxis unterbleiben Entfernungsberechnungen meist, sie werden dann nur bei Planbeschwerden durchgeführt. Eine einfache Methode für die Berücksichtigung der Entfernung ist die Berechnung von Durchschnittsentfernungen pro Flächeneinheit. Die Berechnung erfolgt nach

$$E_j = \sum_{i=1}^k G_{ij} \cdot c_{ij}$$

wobei E_j ein Maß für die Entfernung der Grundstücke vom Wirtschaftshof j ist,
 G_{ij} eine Grundstücksfläche des Teilnehmers j,
 c_{ij} die Entfernung des Grundstücks i vom Hof j,
 k die Anzahl der Grundstücke des Teilnehmers j.

Bei dieser Art der Berechnung ist eine lineare Zunahme des Bewirtschaftungsaufwandes implizit angenommen, die problematisch ist. Sinnvoller ist eine Berechnung nach Art der Zielfunktionen 2 und 3, die im Kapitel 5.2 definiert werden. Auf die Entfernungsberücksichtigung wurde entsprechend allgemeiner Praxis in dieser Arbeit verzichtet, da die lagemäßige Erfassung des alten Bestandes einen nicht dem Erfolg adäquaten Datenerfassungsaufwand erfordert hätte.

Es wird in dieser Arbeit die einfache Klassendefinition

- a) Nutzungsart
- b) Bodenzahlintervall benutzt.

Das Bodenzahlintervall wird definiert durch

$$W_A \cdot (1 - W_{AP}) \leq W_Z \leq W_A \cdot (1 + W_{AP}) \quad \text{Bed. 2}$$

worin W_A die Bewertungszahl eines Anspruchs,

W_{AP} die relative Bewertungstoleranz

und W_Z die Bewertungszahl einer Landabfindung bedeutet.

Für die Wahl der relativen Bewertungstoleranz, die die Klassenbreite bestimmt, ist zu beachten, daß bei Ansprüchen eines Teilnehmers in nur einer Klasse die

Bewertungstoleranz die Flächentoleranz bedeutet, da nach (9) $F = \frac{A}{w}$ gefunden werden kann

$$\frac{dF}{F} = \frac{dA}{A} - \frac{dw}{w} \quad (20)$$

und $\frac{dA}{A}$, aus politischen Gründen mit wenigen Promille bewertet, klein ist gegen $\frac{dw}{w}$,

wo einige Prozent angesetzt werden sollten, um große Klassen zu bekommen, was durch eine große Unsicherheit der Schätzung ja auch wohl angezeigt ist.

Die Genauigkeit der Flächenermittlung ist deutlich höher als die der Schätzung, was den Beteiligten nicht unbekannt ist. Um die Flächensumme des alten Bestandes in Grenzen der des neuen Bestandes anzunähern, wird die relative Bewertungstoleranz variabel gehalten zu

$$W_{AP} = \frac{A_G}{SA} W_N, \text{ aber } W_{\min} \leq W_{AP} \leq W_{\max} \quad \text{Bed. 2a}$$

Wobei A_G den Gesamtanspruch eines Teilnehmers,
 SA einen Normanspruch,
 W_N den zugehörigen Toleranzwert,
 $W_{\min}$ einen unteren und
 $W_{\max}$ einen oberen Toleranzwert darstellen.

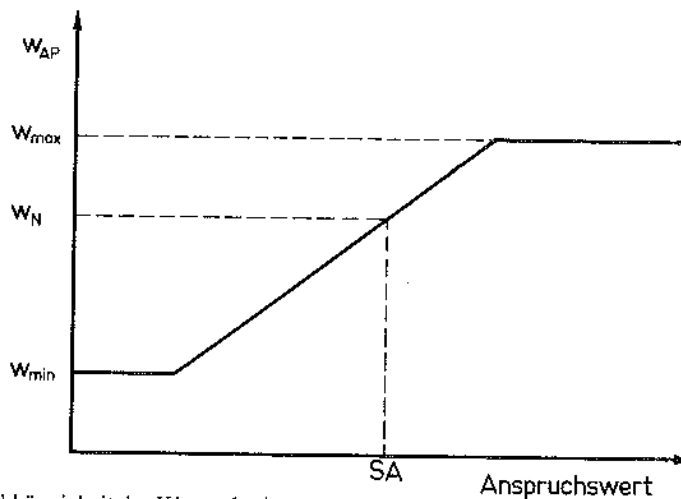


Abb. 10: Abhängigkeit der Klassenbreite vom Anspruchswert

Eine Anspruchsklasse wird durch Bed. 2 in folgender Weise definiert: Ein Anspruch darf hinsichtlich des Flächeneinheitswertes nicht um mehr als die relative Bewertungstoleranz W_{AP} von jedem anderen zur selben Klasse gehörenden Anspruch abweichen.

Im Verlaufe der Zuteilung ist es unumgänglich, die starre Klasseneinteilung zugunsten einer großzügigen Abfindung zu durchbrechen. Dazu dienen Toleranzen bei der Zuteilung innerhalb einer Klasse zu

$$A_K - g_K \leq N_K \leq A_K + g_K \quad \text{Bed. 3}$$

äquivalent zu Bed. 1 wird auch hier eine lineare Progression der Klassentoleranz mit einer fixen Untergrenze definiert zu

$$g_K = g_{KP} \cdot A_K, \text{ jedoch } g_K \geq g_{K \min} \quad \text{Bed. 3a}$$

wobei A_K die Wertsumme einer Anspruchsklasse,
 N_K die Wertsumme der entsprechenden Zuteilung,
 g_K die Toleranz der Klassenabfindung,
 g_{KP} die relative Toleranz der Klassenabfindung
 und $g_{K \min}$ eine untere Toleranzgrenze darstellt.

Nach Bedingung 3 ist es also zulässig, den nach der Definition einer Abfindungsklasse gemäß Bedingung 2 erhaltenen Klassenwert im Rahmen der Klassentoleranz zu über- oder unterschreiben.

4.3 Geometrische Restriktionen

Bei der Landabfindung in der Flurbereinigung geht es darum, Flächen zuzuordnen. Eine Fläche wird charakterisiert durch Form und Größe.

Es gilt nun, einige Beschränkungen aufzuzeigen, denen die Parameter der Form und Größe unterliegen sollen. Die Form einer Fläche kann sehr mannigfaltig sein, doch wird man für eine rationelle Bewirtschaftung in der Landwirtschaft eine rechteckige oder genähert rechteckige Form anstreben (vgl. auch /14/ S. 163ff). In dieser Arbeit wird von einer durchweg konvexen Form ausgegangen, diese kann durch die Angabe einer Länge und Breite beschrieben werden, alle Flächen werden also als Rechtecke behandelt.

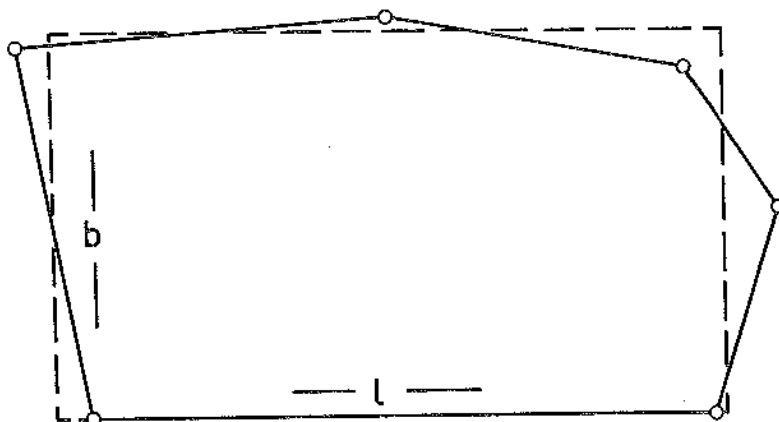


Abb. 11: Approximation einer konvexen Fläche durch ein Rechteck

Diese Art der Idealisierung bietet den Vorteil, daß ein wichtiges Merkmal, das Verhältnis von Breite zur Länge $1:s$ einfach zu bestimmen ist, wenn man die Flächengröße und eine Seite kennt.

Das Seitenverhältnis wird beschränkt durch

$$1:s(F) \leq b:l \leq 1:1 \quad \text{Bed. 4}$$

wobei b die Breite,

l die Länge einer Fläche

$s(F)$ das maximale Seitenverhältnis in Abhängigkeit von der Flächengröße darstellt.

Die Beschränkung auf ein Seitenverhältnis als Funktion von der Größe ist gewählt, um die Bildung von extrem schmalen Schlägen zu vermeiden. Es wird für $F_1 \leq F \leq F_2$

$$s(F) = s_{\min} + (F - F_1) \frac{s_{\max} - s_{\min}}{F_2 - F_1} \quad \text{Bed. 4a}$$

gesetzt, wobei $s_{\min}$ das maximale Seitenverhältnis bei Flächengrößen größer als

$$F_1 = b_1 \cdot b_1 \cdot s_{\min}, \quad (21)$$

$s_{\max}$ das maximale Seitenverhältnis bei Flächengrößen größer als

$$F_2 = b_2 \cdot b_2 \cdot s_{\max} \text{ darstellt.} \quad (21a)$$

Die Formen (21) und (21a) lassen sich erhalten nach

$$F = b \cdot l$$

$$l = b \cdot s$$

$$(22)$$

$$F = b \cdot b \cdot s$$

Die wählbaren Breiten b_1 und b_2 geben an, bis zu welcher Schlagbreite das „minimale“ Seitenverhältnis $1:s_{\min}$, bzw. für welche Schlagbreiten größer als b_2 das „maximale“ Seitenverhältnis $1:s_{\max}$ anzuhalten ist.

Der Zusammenhang soll durch folgendes Diagramm noch einmal verdeutlicht werden:

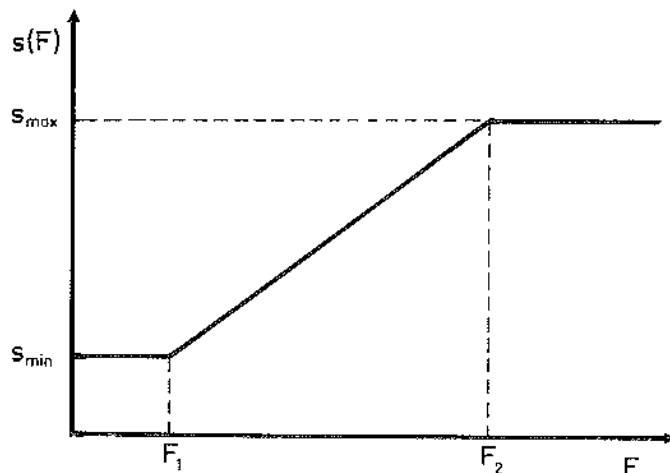


Abb. 12: Abhängigkeit des maximalen Seitenverhältnisses von der Flächengröße

Aus der Bedingung 4 läßt sich eine Beschränkung für die Blockbreite b_B einer zulässigen Abfindung erhalten. Nach (22) erhält man durch Umformung

$$b = \sqrt{\frac{F}{s(F)}}.$$

Setzt man für F die Klassenfläche F_K , so erhält man die Maximalbreite eines für die Abfindung zulässigen Blockes zu

$$b_B = \sqrt{\frac{F_K}{s(F_K)}}.$$

Alle Blöcke, die schmäler sind als b_B , ergeben Einzelabfindungen der Größe F_K , deren Seitenverhältnisse $\iota_K : b_K = s_K$ kleiner oder gleich $s(F_K)$ sind.

Eine sinnvolle Blockaufteilung wird dadurch aber nur gewährleistet, wenn beide denkbare Bearbeitungsrichtungen (in Richtung der Längs- und Querachse) möglich sind. Wie man aus Abbildung 13 ersieht, kann die Längsrichtung einer Einzelabfindung (hier: 1) mit der Block-Querriichtung zusammenfallen.

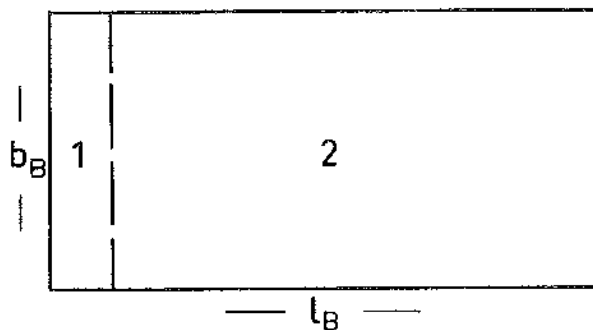


Abb. 13: Blockaufteilung bei verschiedenen möglichen Bearbeitungsrichtungen

Neben der Vorgabe maximaler Seitenverhältnisse ist es sinnvoll, die Größe der Abfindungsflächen nach unten zu begrenzen zu

$$F \geq F_{\min} \quad \text{Bed. 5}$$

wobei F eine Abfindungsfläche und $F_{\min}$ eine untere Grenze ist. Daneben hat es sich als vorteilhaft gezeigt, Grenzen für die kleinste in einem bestimmten Block anzugebende Abfindungsfläche und einen größten teilweise in einem bestimmten Block nach Bed. 2 definierten Klassenanspruch festzulegen. Das hat den Sinn, große Blöcke nicht in kleine Abfindungen aufzusplitten und große Abfindungsansprüche nicht unnötig zu verstreuen. Es wird also definiert

$$a_{\min} \cdot A_K \leq B_{\text{zul}} \leq a_{\max} \cdot A_K \quad \text{Bed. 6}$$

wobei A_K wie in Bed. 3 der Anspruch in einer Klasse,
 B_{zul} der für eine Abfindung infrage kommende zulässige Blockwert (oder Blockfläche, Einheit wie A_K),
 $a_{\min}$ das Minimalverhältnis,
 $a_{\max}$ das Maximalverhältnis bedeutet.

Neben diesen aus den gesetzlichen oder betriebswirtschaftlichen Forderungen resultierenden Bedingungen sind für die Behandlung der Zuteilung als Optimierungsproblem noch zwei triviale Bedingungen zu formulieren:

$$\sum_{i=1}^m F_{ij} = F_j \quad \text{Bed. 7}$$

und $F_{ij} \geq 0$ für alle i, j

Bed. 8

worin F_{ij} die Abfindungsfläche des Teilnehmers T_i im Block B_j bedeutet,

F_j die Fläche des Blockes B_j ,

und n die Anzahl der Teilnehmer.

4.4 Zusammenstellung aller Restriktionen

Hier sollen noch einmal für einen schnellen Überblick alle Restriktionen aufgeführt werden:

1. Wertgleiche Abfindung

$$A_G - g_z \leq N_L \leq A_G + g_z$$

2. Beschränkung auf Klassen

a) Nutzungsart

b) $W_A \cdot (1 - W_{AP}) \leq W_Z \leq W_A \cdot (1 + W_{AP})$

3. Klassentoleranz

$$A_K - g_K \leq N_K \leq A_K + g_K$$

4. Seitenverhältnis

$$1 : s(F) \leq b : \ell \leq 1 : 1$$

5. Minimalfläche

$$F_{\min} \leq F$$

6. Blockgrößenbedingung

$$a_{\min} \cdot A_K \leq B_{zul} \leq a_{\max} \cdot A_K$$

7. Blocksummenbedingung

$$\sum_{i=j}^m F_{ij} = F_j$$

8. Vorzeichenbeschränkung

$$F_{ij} \geq 0$$

5. Konstruktion eines optimierbaren Zuteilungsmodells

5.1 Ertragbestimmende Faktoren in der Landwirtschaft

In dieser Arbeit soll der Sinn einer Flurbereinigung vor allem darin gesehen werden, den Betriebsertrag der Beteiligten zu steigern. Der Ertrag selbst läßt sich durch zwei Gruppen von Faktoren beeinflussen, deren eine objektive, für jeden Besitzer identische Bedingungen schafft und deren andere besitzerspezifische, subjektive Vor- oder Nachteile bestimmen. Die objektiven Ertragsbedingungen sind vor allem die Bodenbeschaffenheit und Bodengüte, das Klima, der Wasserhaushalt und die topographischen Verhältnisse. Diese Faktoren sind nur durch investive Maßnahmen, wie zum Beispiel Durchführung von Be- und Entwässerungen, zu beeinflussen.

Solche Vorgänge sind zwar in den §§ 37–43 FlurbG geregelt, sollen aber hier nicht weiter betrachtet werden, da sie im allgemeinen nicht Bestandteil der Zuteilungsplanung sind. Die subjektiven Ertragsbedingungen werden neben der Art und Intensität der Nutzung gemäß den betriebsstrukturellen Eigenarten vor allem durch den Zuschnitt und die Lage der einzelnen Wirtschaftsflächen bestimmt. Die Flächen sollen der maschinellen Ausstattung sowohl der Größe wie auch der Form nach angepaßt sein. Daneben ist es sinnvoll, die Lage der Hofstelle bei der Zuteilung zu berücksichtigen, um die Fahrwege nicht unnötig auszudehnen.

Die primär zu berücksichtigen Faktoren des Betriebsertrages bei der Zuteilung sind also Bewirtschaftungsart (siehe 4.2.2), Flächenzuschnitt (siehe 4.3), Flächengröße und Fahrwege sowohl zwischen den Hof- und Wirtschaftsflächen wie zwischen den einzelnen Wirtschaftsflächen selbst.

5.2 Zieldefinitionen optimierbarer Faktoren

Wie im vorigen Kapitel angedeutet, geht es bei der Neuzuteilung von Wirtschaftsflächen darum, den betrieblichen Eigenarten Rechnung zu tragen. In bezug auf die optimale Flächengestaltung der Einzelabfindungen liegen verschiedene Untersuchungen vor (z. B. /39/, /14/), die jedoch deutlich machen, von wieviel Parametern das betriebliche Optimum jeweils abhängt. Die Eingangsvariablen, vor allem die der maschinellen Ausrüstung, unterliegen sehr stark technischen und betriebsstrukturellen Veränderungen. Man kann wohl für jeden genau definierten Ausrüstungszustand das Optimum bezüglich Schlagform, -länge und -größe bestimmen, jedoch ist dieser Wert für die Zuteilungsplanung nicht unkritisch zu übernehmen, denn eine Flurbereinigung sollte neben den aktuellen Bezügen eine gewisse zukunftsorientierte Komponente aufweisen, da die permanente Umstrukturierung der Feldmark allein nach jeweils betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten in unserem Gesellschaftssystem, das auf persönlichem Eigentum basiert, utopisch anmuten muß.

Bei der Zuteilungsplanung ist also eine starke Generalisierung der Kriterien notwendig, die ein Optimum bestimmen. Aus den schon angeführten Arbeiten von Rückmann und Gindele ist generell der Schluß zu ziehen, daß langfristig großen Schlägen der Vorzug gegeben werden muß, weil auch aktuell dadurch keine Nachteile entstehen. Die Aufteilung in Bewirtschaftungseinheiten durch den Landwirt ist organisatorisch wesentlich einfacher und variabler als ein Flurbereinigungsprozeß. So soll, auch entsprechend § 44,3 FlurbG, als Ziel die maximale Größe der Einzelabfindungen angestrebt werden.

Dazu bestehen im wesentlichen zwei Möglichkeiten, entweder die Summe einer Potenz der Einzelabfindungen zu maximieren, oder deren Anzahl zu minimieren, das heißt, eine maximale durchschnittliche Abfindungsfläche anzustreben.

$$Z_F = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m F_{ij}^K \rightarrow \max \quad (23)$$

oder

$$Z_F = \frac{\sum_{j=1}^n F_j}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m r(F_{ij})} \rightarrow \max \quad \text{Ziel 1} \quad (24)$$

$$\text{mit } r(F_{ij}) = \begin{cases} 0 & \text{für } F_{ij} = 0 \\ 1 & \text{für } F_{ij} \neq 0 \end{cases}$$

wobei n die Anzahl der Blöcke,
 m die Anzahl der Teilnehmer,
 F_{ij} die Abfindungsfläche des Teilnehmers T_i im Block B_j ,
 K eine Zahl größer als 1,
 Z_F den Wert der Flächen-Zielfunktion und
 $\sum_{j=1}^n F_j$ die Summe aller Blockflächen bedeuten.

Eine äquivalente Form zu (24) ist

$$Z_F' = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m r(F_{ij}) \rightarrow \min \quad (25)$$

Pelzer wählte in (/37/) $k=2$ in Formulierung (23). Diese Art der Formulierung begünstigt die Bildung großer Flächen, sagt aber nichts über die Anzahl und Größe der Kleinzuteilungen aus, sie wird also primär den Großbetrieben gerecht. Die Form (24) vermittelt über alle Einzelzuteilungen, es wird die Bildung großer Flächen nur in dem Maße begünstigt, wie dadurch nicht eine größere Anzahl kleiner Flächen entsteht als bei Ausweisung mittelgroßer Flächen.

Neben der Abfindung in möglichst großen Grundstücken ist unter 5.1 schon der Einfluß der Entfernung angerissen worden. Rückmann findet in (/39/ S. 53) einen linearen Zusammenhang zwischen Entfernung und zusätzlichem Arbeitsaufwand, jedoch sind dabei nur die reinen Fahrzeiten, keine Rüstzeiten berücksichtigt. Gindele untersucht den Einfluß der Entfernung nicht gesondert, nimmt aber einen genäherten linearen Zusammenhang an (/14/ S. 184ff). Es wird von ihm ein Zusammenhang hergestellt zwischen der Schlaggröße und der Mehrarbeit, bedingt durch Entfernungsvergrößerung (/14/ S. 189). Mit wachsender Fläche geht der Einfluß der Entfernung auf den Arbeitsbedarf zurück.

Es wird bezüglich der Entfernung vom Hof als Ziel definiert

$$Z_H = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sqrt{e_{ij} F_{ij}} \rightarrow \min. \quad \text{Ziel 2} \quad (26)$$

wobei n wie bei Ziel 1 die Anzahl der Blöcke,
 m die Anzahl der Teilnehmer,
 F_{ij} die Abfindungsfläche des Teilnehmers T_i im Block B_j ,
 e_{ij} der Fahrweg zwischen der Hofstelle des Teilnehmers T_i und dem Block B_j darstellt.

Diese Zielfunktion trägt der Tatsache Rechnung, daß der Gesamtarbeitsbedarf mit größer werdender Fläche weniger als linear zunimmt, andererseits ist eine „unter-lineare“ Zunahme der Mehrarbeit bei Entfernungsvergrößerung unterstellt. Dies erscheint sinnvoll, da mit zunehmender Entfernung der Anteil der Rüst- an den Transportzeiten geringer wird und außerdem bei langen Wegstrecken die Wahrscheinlichkeit für das Vorfinden einer gut ausgebauten Weg- oder Straßenverbindung höher ist als bei kurzen.

Ziel 2 läßt sich auch als ein Maß für die durch Entfernung vom Hof verursachte Transportarbeit deuten. Neben der Hof - Feld Entfernung sollen, wie in 5.1 schon angedeutet, auch Entfernungen zwischen den Einzelabfindungen berücksichtigt werden. Es wird sinngemäß wie bei Ziel 2 definiert

$$Z_B = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^n \sqrt{c_{ik} F_{ij} F_{kj}} \rightarrow \min. \quad \text{Ziel 3} \quad (27)$$

Worin m und n dieselbe Bedeutung haben wie vor, ebenso sinngemäß F_{ij} , bzw. F_{kj} und e_{ik} die Fahrstrecke zwischen Block B_i und Block B_k darstellt.

5.3 Modelldefinition

Ein Modell soll dazu dienen, spezifische Eigenarten der Wirklichkeit isoliert darzustellen. Bei der Forderung nach Erhöhung der landwirtschaftlichen Arbeits-Produktivität ist die Betrachtung des erforderlichen Bearbeitungsaufwandes für einen bestimmten Erfolg von großer Bedeutung, denn wenn die Erreichung eines bestimmten Zieles mit vermindertem Einsatz ermöglicht wird, erhöht sich bei gleicher Bewertung die Produktivität. Die Ziele 1 bis 3, die in 5.2 definiert sind, sollen ein Maß für den Bearbeitungsmehraufwand liefern, der durch Zergliederung der Feldmark entsteht. Dazu sind sie noch gegeneinander abzuwägen und zu einem globalen Ziel zu vereinigen.

Dazu wird gebildet

$$Z_G = P_F V_F Z_F - P_H V_H Z_H - P_B V_B Z_B \rightarrow \max. \quad \text{Gesamtziel} \quad (28)$$

wobei P_F, P_H, P_B Gewichte darstellen, die die Bedeutung des Einzelzieles repräsentieren,

V_F, V_H, V_B stellen Gewichtungen dar, die aus dem speziellen Fall gebildet werden müssen.

Von den Gewichten P_i und V_i kann jeweils eines zu 1 gewählt werden, da es nur auf die Relationen zueinander ankommt. Die V_i sind fallorientiert und sollen den Einfluß verschiedener Wertebereiche bei unterschiedlichen Verfahren eliminieren. Als bestimmende Faktoren solcher Unterschiede sind die durchschnittliche Wegelänge und die Streuung wertbestimmender Faktoren zu nennen, diese sind verfahrensspezifisch und nicht durch eine globale Gewichtung P_i zu erfassen. Die globale Zielfunktion (28) repräsentiert zusammen mit den Bedingungen 1 bis 6 des Kapitels 4 das zu optimierende Modell.

Die aufgestellte Zielfunktion berücksichtigt allein wirtschaftliche Aspekte bei der Extremwertbestimmung. Daneben sollten aber auch andere Aspekte nicht völlig vernachlässigt werden. Für eine den betriebswirtschaftlichen Verhältnissen angepaßte Flureinteilung ist es nützlich, die Wünsche der Beteiligten bei der Abfindung zu berücksichtigen. Dies trifft vor allem auf die bevorzugte Abfindungslage zu. Eine Berücksichtigung der Wünsche nach bestimmten Abfindungslagen könnte erfolgen durch

$$Z_W = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sqrt{S_{ij}} F_{ij} \rightarrow \min. \quad (29)$$

wobei eine Form des Zieles 2 (26) gewählt ist. Nur steht hier als Entfernungsgröße nicht die Fahrstrecke zwischen dem Hof des Teilnehmers T_i und dem Block B_j , sondern die Entfernung S_{ij} des Blockes B_j von der bevorzugten Lage des Teilnehmers T_i .

In gleicher Weise wie (26) und (29) kann die Lage des Schwerpunktes des Altbesitzes in Ansatz gebracht werden, wenn man davon ausgeht, daß die Umsetzung der Beteiligten in andere Gebiete nach Möglichkeit vermieden werden soll. In dieser Arbeit wurde allein nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten optimiert, so daß die eben betrachteten zusätzlichen Kriterien der Beteiligtenwünsche und Altbesitzlagen unberücksichtigt geblieben sind.

6. Die Auflösung der Optimierungsaufgabe

6.1 Beschreibung des Optimierungsproblems

Zur Charakterisierung eines Optimierungsproblems gehört zunächst die Aussage, ob es sich um eine lineare oder nichtlineare Zielfunktion handelt. Für lineare Optimierungen sind eine Vielzahl von Programmsystemen entwickelt worden, die in der Lage sind, selbst größere Systeme aufzulösen (vgl. z. B. /26/ S. 145ff.) Bei der Auflösung nichtlinearer Probleme ist die Anzahl der Lösungsansätze wohl größer, aber keiner ist in der Lage, ähnlich große Systeme, wie sie bei der linearen Optimierung als wirtschaftlich lösbar gelten können, zu bearbeiten. Das liegt einmal an der Vielfältigkeit der denkbaren Variationen der Zielfunktionen, zum anderen an der Vervielfachung des für die Auflösung benötigten Speicherplatzes; so wird zum Beispiel beim Verfahren von Beale neben der $m \cdot n$ -Matrix der Restriktionen eine $(n+1) \cdot (n+1)$ -Matrix für die Abspeicherung der Koeffizienten der Unbekannten in der quadratischen Zielfunktion benutzt, wobei m die Anzahl der Restriktionen und n die der Variablen bedeutet (vgl. z. B. /26/ S. 88f.)

Die Optimierung von Zuteilungen ist in der in (28) angeführten Form ein nicht-lineares Problem. Das Ziel 1 (24) ist nicht einmal als unmittelbare Funktion der Unbekannten darstellbar, vielmehr soll nur deren von Null verschiedene Anzahl minimiert werden. Die Form (24) ist für die Behandlung durch einen Gradienten-Algorithmus ungeeignet, könnte aber notfalls durch eine Form der Art (23) ersetzt werden, was aber der eigentlichen Zielvorstellung nur teilweise entspricht, wie unter 5.2 ausgeführt.

Die ebenfalls bei der Wahl des Lösungsverfahrens wichtige Kenntnis der Anzahl der Unbekannten und Restriktionen soll im folgenden vermittelt werden.

Es sei dazu ein mittelgroßes Flurbereinigungsverfahren charakterisiert durch

$$\begin{aligned} n &= 100 \quad \text{für die freie Zuteilung bereitstehende Blöcke,} \\ m &= 100 \quad \text{frei abzufindende Teilnehmer,} \\ k &= 1000 \quad \text{klassifizierte Ansprüche.} \end{aligned} \tag{30}$$

Prinzipiell ist für jeden Teilnehmer die Möglichkeit der Abfindung in jedem Block zunächst einmal vorzusehen, was eine Anzahl von

$$a = m \cdot n = 10\,000 \quad \text{Unbekannten bedeuten würde.}$$

Diese Zahl ist jedoch eine obere Grenze, da eine Anzahl von Unbekannten a' priori schon dadurch eliminiert werden kann, daß man die Unzulässigkeit der Abfindung spezieller Teilnehmer in bestimmten Blöcken feststellt, z. B. weil die Qualitätsmerkmale der Ansprüche und Blöcke sich nicht genügend entsprechen (vgl. 4.2.2). Dennoch wird bei optimistischer Schätzung eine Anzahl von rund 5000 Unbekannten durch die Auflösung der Optimierungsaufgabe zu bestimmen sein. Die Anzahl der Restriktionen sei der Reihenfolge der Aufzählung nach 4.4 entsprechend angeführt:

Bed. 1: Für jeden der m Teilnehmer ergibt sich ein Intervall der Soll-Landabfindung

$$m: A_G - g_z \leq N_L \leq A_G + g_z \quad \text{oder zwei Restriktionen}$$

$$m: A_G - g_z \leq N_L$$

$$m: A_G + g_z \geq N_L$$

Bed. 2

und 3: Für jeden Block ergibt sich für jeden Teilnehmer ein Intervall des aus den Blockdaten resultierenden Klassenwertes

$$\leq mn: A_K - g_K \leq N_K \leq A_K + g_K.$$

Die Anzahl ist kleiner als die Anzahl $m \cdot n$ der möglichen Unbekannten, da bestimmte Blöcke aufgrund der Qualitätsmerkmale nach Bed. 2 für die Abfindung bestimmter Teilnehmer unzulässig sind. Hierbei ist davon ausgegangen, daß der Flächeneinheitwert W_B eines Blockes als Zentralwert einer Anspruchsklasse betrachtet wird. Eine Anspruchsklasse wird dabei gemäß Bed. 2 gebildet aus allen Ansprüchen, die gleiche Nutzungsart wie der Block und einen Flächeneinheitwert W_A besitzen, der der Ungleichung

$$W_B (1 - W_{AP}) \leq W_A \leq W_B (1 + W_{AP}) \text{ genügt.}$$

Es folgen die $\leq 2 \cdot m \cdot n$ Restriktionen

$$\leq m \cdot n: A_K - g_K \leq N_K$$

$$\leq m \cdot n: A_K + g_K \geq N_K.$$

Bed. 4: Die Beschränkung des zulässigen Seitenverhältnisses schränkt die Einzelabfindung N_K der Flächengröße F ein zu

$$\leq m \cdot n: b_B^2/s(F) \leq F = N_K/W_B,$$

wobei b_B die Blockbreite bedeutet.

Bed. 5: Die Bedingung einer Minimalfläche ergibt Restriktionen

$$\leq m \cdot n: F_{\min} \leq F = N_K/W_B$$

Bed. 6: Die Blockgrößenbedingung schränkt die zulässigen Abfindungen in jedem Block ein für jeden Teilnehmer:

$$\leq m \cdot n: a_{\min} \cdot A_K \leq B_{zul} \leq a_{\max} \cdot A_K$$

oder als Restriktionen

$$\leq m \cdot n: a_{\min} \cdot A_K \leq B_{zul} = F \cdot W_B$$

$$\leq m \cdot n: a_{\max} \cdot A_K \geq B_{zul} = F \cdot W_B.$$

Bed. 7: Die triviale Blocksummenbedingung ergibt für jeden Block eine Restriktion

$$n: \sum_{i=1}^m F_{ij} = F_j.$$

Bed. 8: Die Vorzeichenbedingung braucht in der Regel nicht gesondert berücksichtigt werden, da stets $F \geq 0$ gefordert ist.

Die Bedingungen 2–6 liefern jeweils Beschränkungen der zulässigen Einzelabfindungen und zwar in der Form

$$a \leq F \leq b \quad \text{oder} \quad F = 0. \quad (31)$$

Dabei ist es hinreichend, jeweils nur ein einziges, nämlich das engste Intervall zu berücksichtigen, da wenn a das Maximum der unteren Grenzen nach Bed. 2–6 darstellt, alle anderen unteren Schranken notwendig eingehalten werden; ebenso ist für b das Minimum aller oberen Schranken für die Flächengröße anzugeben.

Daraus ergibt sich aus den Bedingungen 2–6 eine Anzahl von weniger als $2 \cdot m \cdot n$ Restriktionen. Die Bedingung 1 liefert $2 \cdot m$, die Bedingung 7 n -Restriktionen, woraus eine Gesamtanzahl b von Restriktionen resultiert zu

$$2m + n \ll b < 2m + n + 2 \cdot m \cdot n$$

oder mit den Werten aus (30)

$$\begin{aligned} 200 + 100 \ll b < 200 + 100 + 20\,000 \\ 300 \ll b < 20\,300, \end{aligned}$$

wobei durch $\ll$ und $<$ angedeutet werden soll, daß b sehr viel größer ist als 300, aber unter Umständen nur geringfügig kleiner als 20 300, wenn wenige oder keine Unbekannten a' priori zu eliminieren sind.

6.2 Wahl des Lösungsverfahrens

Der sich aus den Bedingungen 2–6 in der Form (31) ergebende zulässige Bereich ist nicht konvex, da für jede Unbekannte zwei zulässige Bereiche existieren, die sich gegenseitig ausschließen. Da der zweite Bereich aber nur aus einem Punkt für $F_{ij}=0$ besteht, kann man daran denken, diesen Umstand bei den Gradientenverfahren zu berücksichtigen, man hätte dann nicht nur an den Grenzen des einen zulässigen Bereiches entlangzuschreiten, sondern jeweils auch die Alternative $F_{ij}=0$ einzubeziehen.

Bei der Behandlung so großer Systeme wie hier zu erwarten – etwa 5000 Unbekannte mit rund 10 000 Restriktionen – ist aber neben der Überwindung theoretischer Schwierigkeiten der erforderliche Rechenaufwand zu beachten. Abgesehen davon, daß die Auflösung eines derart großen Systems bisher nicht bekannt geworden ist, sollte berücksichtigt werden, daß das Optimum z. B. nach (28) nur einer von vielen denkbaren Definitionen gerecht wird.

In Abbildung 14 ist einmal dargestellt, wie ein unsicher bekannter Funktionsverlauf, der als Bereichsschlauch dargestellt ist, durch verschiedene Funktionen angenähert werden kann. Dabei können sich selbst bei Beschränkung auf nur eine Variable verschiedene Stellen x_1 und x_2 als Optimalzustände darstellen. Will man nur einen Zustand in der Nähe des definierten Optimums erhalten, da der Fehler in der Formulierung beträchtlich sein dürfte, bietet sich die Anwendung eines

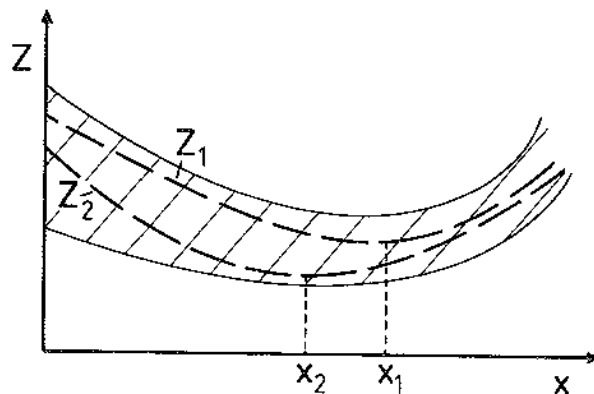


Abb. 14: Darstellung zweier Zielfunktionen innerhalb eines gesicherten Bereichs

Monte-Carlo-Prozesses für die Auflösung der Extremwertaufgabe an. Hier ist ein Minimum an Speicherbedarf zu erwarten, da nur für die Unbekannten selbst Platz bereitgestellt werden muß. Die Restriktionen können in der Regel so formuliert werden, daß kein zusätzlicher Platz benötigt wird (außer im Programm, das dann geringfügig länger wird). Der Rechenzeitbedarf gegenüber den Gradientenverfahren ist schlecht abzuschätzen, da mit der Anzahl der Bedingungen der Aufwand bei der Monte-Carlo-Methode zurückgeht, bei den Gradientenverfahren dagegen zunimmt.

Bei etwa doppelt so vielen Restriktionen wie Unbekannten, wie bei der Zuteilungsoptimierung, dürfte der Rechenzeitvergleich relativ günstig ausfallen.

6.3 Normierung der Detailziele

Unter 5.3 ist schon die Notwendigkeit der Normierung der Detailziele in der globalen Zielfunktion nach (28) angesprochen worden, die es gestattet, die Gewichtung der einzelnen Ziele auf beliebige Verfahren anzuwenden. Die unterschiedlichen Wertebereiche der Variablen in einer Zielfunktion können dadurch vergleichbar gemacht werden, daß diese auf einen „Normalbereich“ transformiert werden:

$$\left. \begin{array}{l} Z_{1i\min} \leq Z_i \leq Z_{1i\max} \\ Z_{2i\min} \leq Z_i \leq Z_{2i\max} \end{array} \right\} Z_{i\min} \leq Z'_i \leq Z_{i\max} \quad (32)$$

Bei einem Verfahren 1 streue der Wert einer Zielfunktion Z_i zwischen $Z_{1i\min}$ und $Z_{1i\max}$, bei einem Verfahren 2 zwischen $Z_{2i\min}$ und $Z_{2i\max}$. Eine Normierung kann nun darin bestehen, daß in (32)

$$Z_{i\min} = g_{i\min}$$

$$Z_{i\max} = g_{i\max}$$

gesetzt werden, die variablen Intervalle also auf jeweils ein fixes Intervall transformiert werden durch

$$Z'_i = (Z_i - Z_{i\min}) \frac{g_{i\max} - g_{i\min}}{Z_{i\max} - Z_{i\min}} + g_{i\min} \quad (33)$$

Es wird sinnvoll sein, die Intervallgrenzen $g_{i\min}$, $g_{i\max}$ für alle Detailziele gleich zu wählen, da dann der unmittelbare Vergleich erleichtert wird.

Die Bestimmung der zur Transformation nach (33) notwendigen Extremwerte jedes Detailzieles ist wiederum eine Optimierungsaufgabe. Diese Werte können aber auch bei Anwendung der Monte-Carlo-Methode durch gebräuchliche Maßzahlen aus der Statistik ersetzt werden.

Das Maß der Steubreite $Z_{i\max} - Z_{i\min}$ kann durch die empirische Standardabweichung m_i der „einfachen Zielbestimmung“ Z_{ij} ersetzt werden.

$$\bar{Z}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Z_{ij}$$

$$m_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Z_{ij} - \bar{Z}_i)^2$$

Setzt man nun

$$Z'_i = \frac{Z_i - \bar{Z}_i}{m_i} \quad (34)$$

werden die Intervallgrenzen g_i in (33) bei gleicher Verteilung der Zielfunktion Vielfache der Standardabweichung m_i sein. Bei symmetrischer Verteilung der Zielwerte um den Mittelwert $\bar{Z}_i$ wird die obere Schranke $g_{i \max} = -g_{i \min}$ der unteren Schranke sein, wobei die g_i selbst unbekannt bleiben können. Als Zielwerte werden hier die Werte der Zielfunktion bei verschiedenen Zuteilungsversuchen bezeichnet.

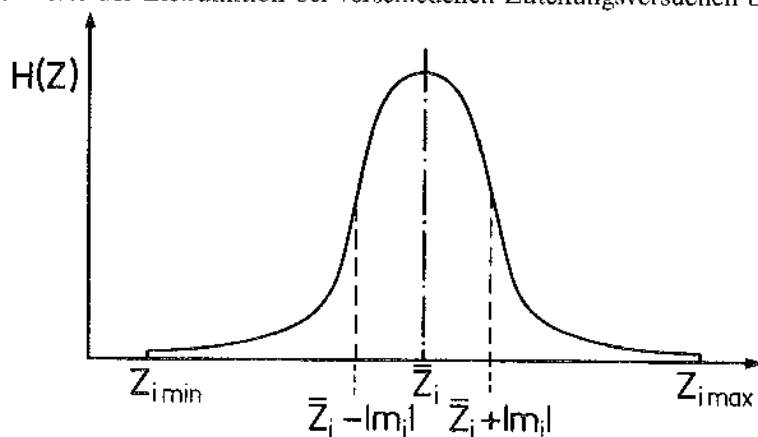


Abb. 15: Häufigkeiten des Auftretens bestimmter Zielwerte bei symmetrischer Verteilung

Mit (34) ist eine Lösung für die Bestimmung der fallspezifischen Gewichtung v_i (nach (28)) angegeben, wobei zusätzlich zu der Formulierung nach (28) noch eine Normierung um den Mittelwert $\bar{Z}_i$ vorgenommen wird. Die transformierten Detailziele Z'_i haben den Mittelwert $\bar{Z}'_i = 0$ und die Standardabweichung $m'_i = 1$.

7. Das Programmsystem ZUPLA zur Erstellung eines Zuteilungsentwurfes

7.1 Erforderliche Planungsunterlagen

Für die Einhaltung der im 4. Kapitel aufgeführten Bedingungen und die zielvolle Planung ist die Kenntnis der Eingangsparameter unumgänglich. Hier soll ein Abriß der notwendigen Unterlagen gewonnen werden. Die Ansprüche der Teilnehmer müssen in einer geeigneten Form erfaßt sein, das kann durch Bearbeitung des Bestandsverzeichnisses des Katasternachweises erreicht werden, wenn die Ergebnisse der Bodenschätzung angehalten werden sollen, sonst ist ein gesondertes Verzeichnis aufzustellen. Das Verzeichnis der Ansprüche muß den Anspruchsinhaber, Qualitätsmerkmale (z. B. nach 4.2.2) und den Anspruchsumfang ausweisen. Wenn die Lagefaktoren des alten Bestandes unberücksichtigt bleiben sollen, ist keine weitere Information über den alten Zustand notwendig bei Anwendung des in dieser Arbeit aufgezeigten Weges.

Auszug aus einem Anspruchsverzeichnis:

Teilnehmer	Nutzungsart	Flächeneinheitwert	Anspruchswert
⋮	⋮	⋮	⋮
105	1	58	15,123
105	2	85	36,085
106	1	90	80,572
⋮	⋮	⋮	⋮

Der neue Bestand ist durch Größe, Lage- und Bewertungsmerkmale zu kennzeichnen. Die wertbestimmenden Faktoren werden sinnvoll in einem Blockverzeichnis, das die einzelnen Bewertungsklassen jedes Blockes ausweist, erfaßt. Im einfachsten Fall ist dies eine Auflistung der Klassenabschnitte der Bodenschätzung mit auf Soll-Blockflächen abgestimmten Flächenangaben.

Auszug aus einem Blockverzeichnis

Block	Nutzungsart	Flächeneinheitwert	Fläche
...	...	...	...
1003000	1	86	800...
1004000	1	82	421...
...	...	...	...
	Nutzungsart	Flächeneinheitwert	Fläche
	...	...	...
	... 1	85	1270
	... 2	57	2509
	...	...	...

Die Lage der Blöcke ist durch die Koordinaten der Grenzpunkte anzugeben, da diese auch bei der anschließenden Kartierung benötigt werden.

Neben diesen Angaben ist noch eine Information darüber abzugeben, in welcher Form die Blöcke gegebenenfalls aufgeteilt werden sollen. Bei rechteckigen oder genähert rechteckigen Blöcken kann dies, wie in dieser Arbeit, durch Angabe einer Linie geschehen, zu der parallel abgeschnitten wird. Diese kann außerdem als ein Maß für die Schlaglänge benutzt werden, das in Bedingung 4 (Seitenverhältnis) mittelbar eingeht.

In Abbildung 16 ist dargestellt, in welcher Art Blöcke gegebenenfalls aufgeteilt werden. Durch Angabe zweier Punktnummern (hier: 538, 1276) wird eine Gerade definiert, zu der parallel abgeschnitten wird; die Reihenfolge gibt außerdem die Richtung des Abschneidens an, bei Angabe 1276, 538 wird von rechts beginnend abgeschnitten.

Die bisher angeführten Unterlagen dienen primär der Beachtung aufgestellter Bedingungen, wogegen die Erfassung der Hoflage nur der Optimierung dient. Das Ziel „Hofentfernung“ kann in zweierlei Anwendungen benutzt werden: einmal kann bei kleineren, wenig zerstreuten Orten die Ausweisung bevorzugt größerer

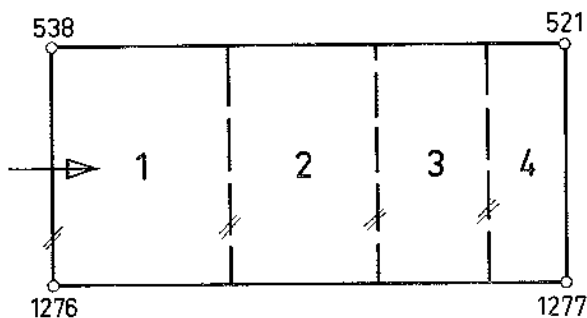


Abb. 16: Beispiel einer Blockaufteilung durch paralleles Abschneiden

Flächen im Außenbereich schon durch Angabe einer zentralen Lageangabe (Ortskern) erreicht werden, zum anderen ist bei zerstreuten Siedlungen die Lage der einzelnen Hofstellen von starkem Einfluß auf den Gesamtarbeitsbedarf (z. B. bei Aussiedlern). Da die Erfassung der Hoflage keinen großen Arbeitsaufwand bedeutet, wird man sie in der Regel detailliert erfassen. Es sind also für die Durchführung einer einfachen automatischen Zuteilung fast keine zusätzlichen Datenerfassungen vorzunehmen, was die probeweise Einführung sicherlich sehr erleichtern dürfte. Hier sollen noch einmal in Stichworten alle Planungsunterlagen angeführt werden:

- a) Anspruchsverzeichnis
- b) Blockverzeichnis
- c) Koordinaten der Blockumringe
- d) Verzeichnis der Richtungen der Parallelteilung (pro Block)
- e) Koordinaten der Hofstellen

7.2 Kurzbeschreibung der einzelnen Programme und Datenfluß

Das Programmsystem ZUPLA besteht im wesentlichen aus drei Programmen, die aufeinander bezogen sind. Der modulare Aufbau des Gesamtsystems hat den Vorteil, daß die einzelnen Abschnitte getrennt bearbeitet und modifiziert werden können. Das Zusammenspiel der einzelnen Arbeitsabschnitte soll aus der Abbildung 17 deutlich werden.

Der Datenflußplan gibt den Arbeitsablauf bei den durchgeführten Beispielen dieser Arbeit wieder. Die Dateneingabe erfolgt über Lochkarten, die vorliegenden Lochstreifen-Daten wurden in der Arbeit aufgearbeitet und auf Lochkarten gestanzt. Die Eingabe über Lochkarten hat den Vorteil leichter Datenmodifikation, außerdem ist bei der am Regionalen Rechenzentrum für Niedersachsen (RRZN) üblichen Datenfernverarbeitung eine Dateneingabe vorwiegend über Lochkarten vorgesehen.

Das Programm AUFBE dient der Aufbereitung der Zuteilungsdaten. Das in der Arbeit benutzte Bestandsverzeichnis als Nachweis des alten Bestandes wird durch Abstimmung auf den neuen Bestand in ein Anspruchsverzeichnis umgearbeitet. Außerdem werden ungeschätzte Flächen (z. B. Holzung, Hofräume, Wege usw.) ausgeschieden. Daneben ist die Vorwegzuteilung bestimmter Flächen als Bedingungs-zuteilung möglich. Das ist notwendig bei teilweise unbewerteten Flächen des neuen Bestandes, die nicht als Einheit ausgeschieden werden können. Die Zuordnung der Flächen im alten und neuen Bestand bei der Bedingungs-zuteilung muß manuell vorgenommen werden, da für den alten Bestand keine Lageangaben vorgesehen sind. Die Übersicht der teilweise ungeschätzten Flächen kann leicht über ein Ordnungsprogramm gewonnen werden. Das Programm AUFBE verlangt neben der Eingabe von Bestandsverzeichnis, Blockverzeichnis und Bedingungsflächenverzeichnis die Angabe der Blockumringe, der Koordinaten und der Endpunkte der Linien, zu denen die Flächen parallel abgeschnitten werden sollen. Daraus wird das Blockverzeichnis um die Angabe der Blockschwerpunkte und der Schlaglängen erweitert. Die Ausgabe der Aufbereitung auf Magnetplatte und wahlweise Zeilendrucker besteht aus dem Verzeichnis der Bedingungsflächen mit Zuordnung der Teilnehmer, dem Anspruchsverzeichnis und den für die freie Zuteilung zur Verfügung stehenden Blockdaten.

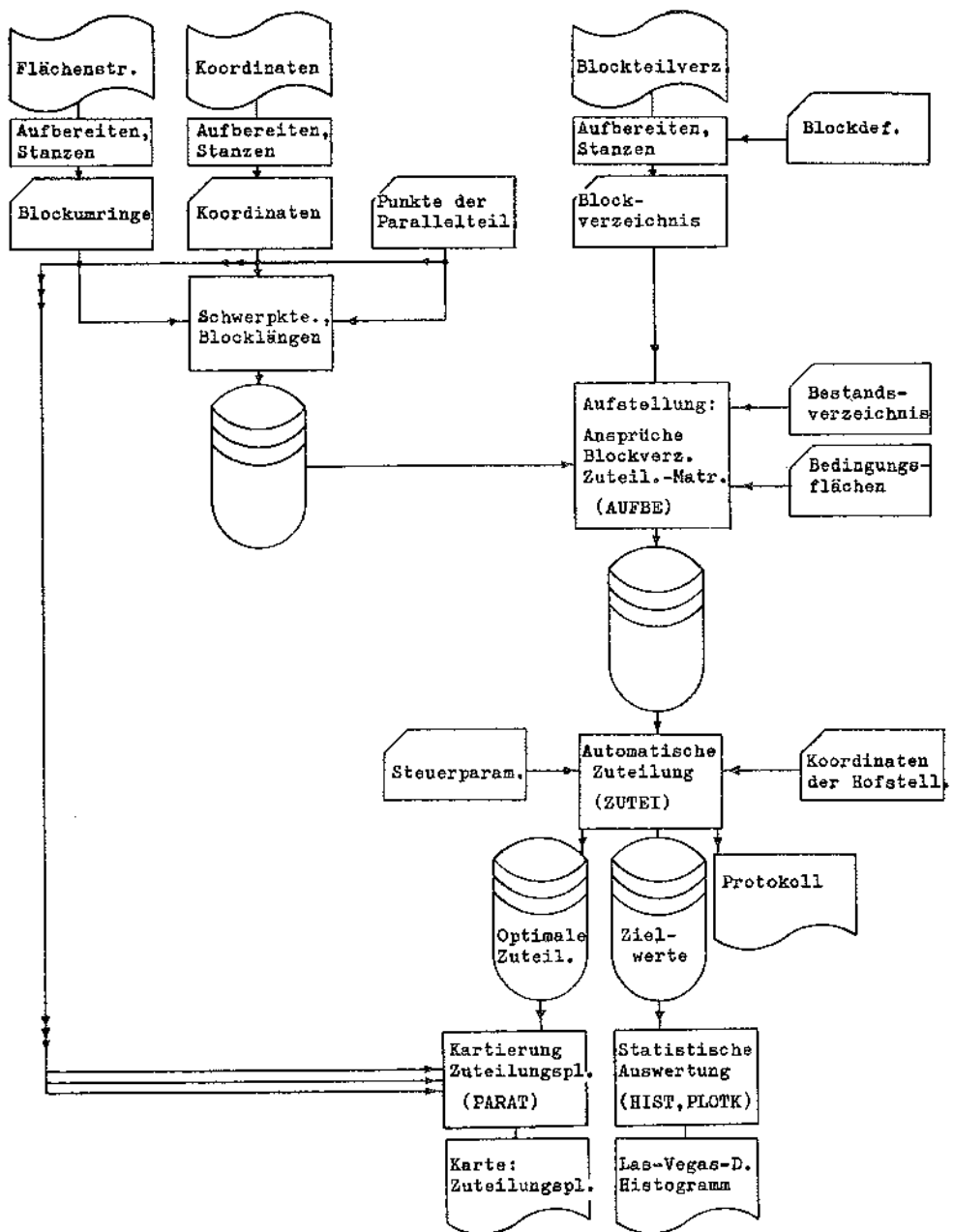


Abb. 17: Datenfluß im Programmsystem ZUPLA

Das Zuteilungsprogramm ZUTEI benötigt neben der Eingabe der Daten aus der Aufbereitung die Koordinaten der Hofstellen der Beteiligten und eine Anzahl von Steuerparametern. Die Angabe der Hofstellenkoordinaten kann ganz oder teilweise entfallen. Das Programm setzt in die Fehlpunkte die Koordinaten des Ortszentrums ein, die angegeben werden müssen. Die Steuerparameter bestehen aus

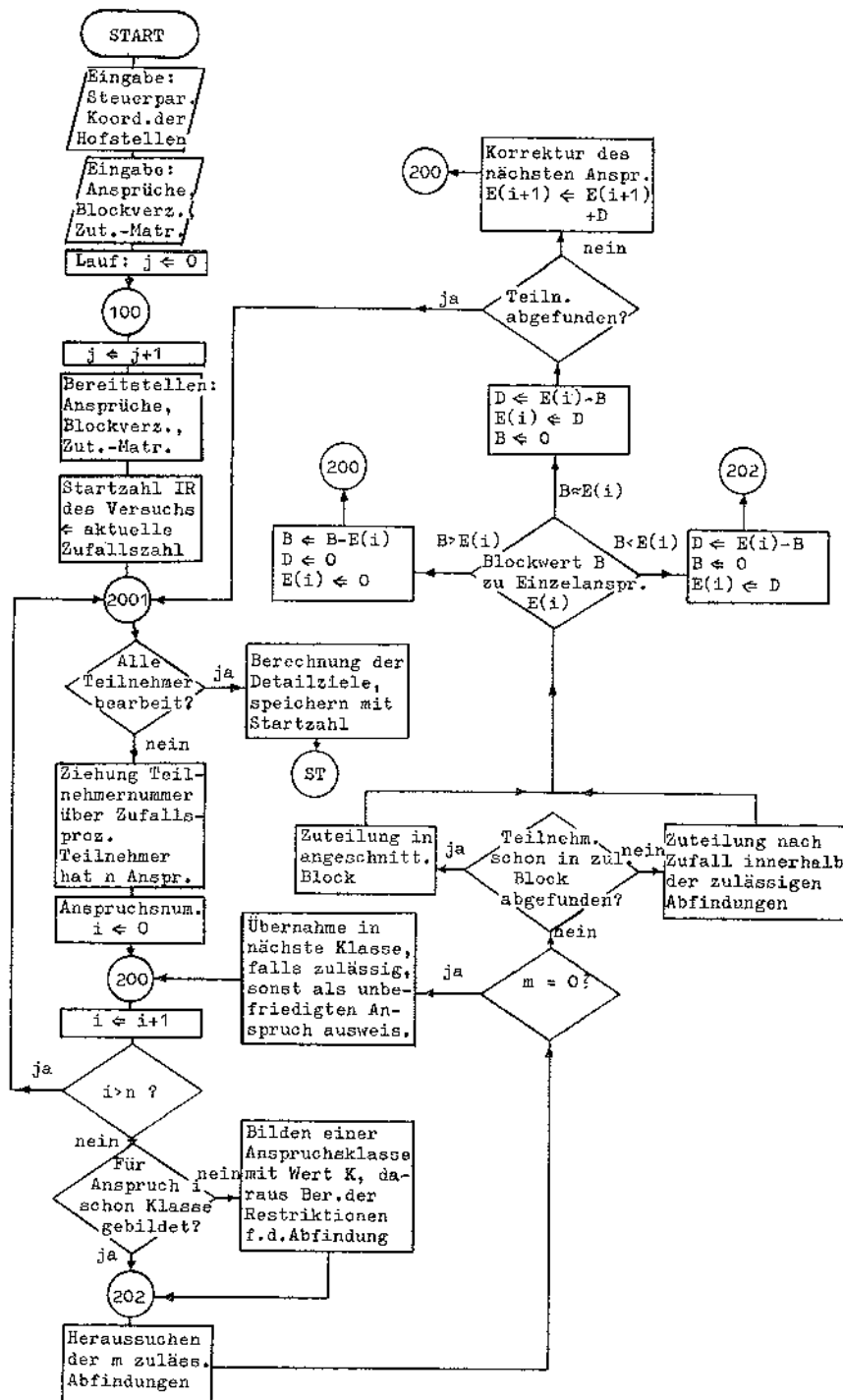


Abb. 18a: Programmablauf ZUTE1

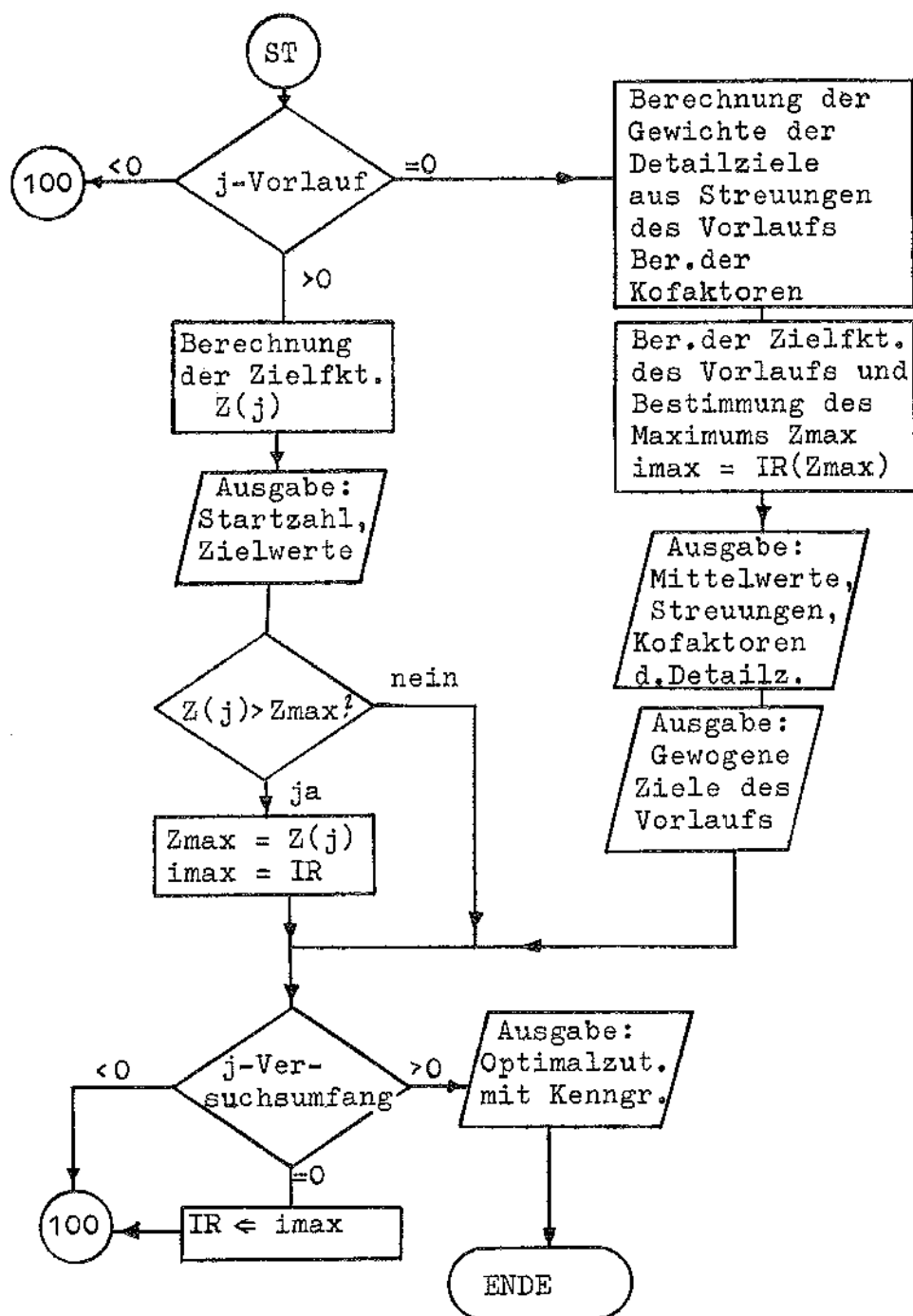


Abb. 18b: Programmablauf ZUTEI

den Grenzen der Bedingungen 1-6 nach Abschnitt 4, den Gewichten der Abwägung P_i der Detailziele (nach (28)), der Startzahl für den Zufallsgenerator und Angaben über die Anzahl der Versuche, sowie einer Zahl, die den Umfang des Jobprotokolls steuert.

Die Ausgabe des Zuteilungsprogramms erfolgt einmal in Form eines Protokolls auf den Zeilendrucker, zum anderen werden die Optimalzuteilung und die Zielwerte mit den jeweils generierenden Startzahlen auf Magnetplatte aufgezeichnet. Die Zielwerte können dann statistisch ausgewertet oder nach anderen Gesichtspunkten gewichtet oder bearbeitet werden.

Die Optimalzuteilung wird als Eingabe des Planerstellungsprogramms PARAT benutzt. Dieses gestattet mit Hilfe der Blockumringspunkte und deren Koordinaten die Zuteilung in Form einer Karte darzustellen. Dazu werden die Wertangaben der Zuteilung in Absteckungsmaße innerhalb der Blöcke mit durchschnittlichen Wertmerkmalen umgerechnet. Den einzelnen zugeteilten Flächen wird die Nummer des Teilnehmers als Kennzeichen zugeordnet. Es können fortlaufend nummerierte Blöcke in Detailkartierungen dargestellt werden, der Maßstab ist frei wählbar, wird jedoch durch die verfügbaren Zeichenformate eingeschränkt. Die graphische Ausgabe erfolgte in dieser Arbeit am Trommelplotter CALCOMP 925/1036 des Regionalen Rechenzentrums für Niedersachsen, der eine für Übersichtszwecke hinreichende Strichqualität erzeugt.

7.3 Das Zuteilungsprogramm ZUTEI

Das Programm ZUTEI nimmt, wie auch in der Darstellung des Datenflusses in Abb. 17 dargestellt ist, die Zuteilung von Werten vor. Hier soll nun versucht werden, einen gewissen Überblick über den Aufbau und spezielle Algorithmen zu vermitteln. In Abbildung 18a und 18b ist ein generalisierter Programmablaufplan des Zuteilungsprogramms dargestellt. Die folgenden Erläuterungen sind dem Programmfluß nach geordnet. Die einzulesenden Steuerparameter bestehen aus:

- a) Anzahl der Zuteilungsversuche für die Berechnung der Gewichte der Detailziele (Vorlauf),
- b) Drucklistensteuerziffer zur Beeinflussung des Jobprotokolls,
- c) Angabe der kleinsten anzustrebenden Fläche,
- d) Obergrenze der Klassenbildung (in Quadratmeter) (relativ unbedeutend, wenn genügend groß),
- e) Maximaler Klassenzuschlag (in Werteinheiten) (für Übergabe von Ansprüchen an andere Klasse),
- f) Normanspruch mit einfacher Bewertungstoleranz (in Punkten) (nach Bed. 2a),
- g) Gewichtung der Detailziele P_i (nach (28)),
- h) Obere Grenze der anzuhaltenden Streuung der Restansprüche (dazu noch einige Bemerkungen),
- i) Relative Maximalgröße eines zulässigen Blockes zum Klassenanspruch,
- j) Relative Minimalgröße eines zulässigen Blockes zum Klassenanspruch,
- k) Startwert der Simulation ($0 \leq IR \leq 2^{48} - 1$ für 48-Bit-Wörter),
- l) Maximalanzahl der Zuteilungsversuche,
- m) Normtoleranz der Bewertung (nach Bed. 2a),
- n) Minimaltoleranz der Bewertung (nach Bed. 2a),
- o) Maximaltoleranz der Bewertung (nach Bed. 2a),
- p) Klassentoleranz (relativ) und Minimaltoleranz (nach Bed. 3),
- q) Zuteilungstoleranz (relativ) und Minimaltoleranz (nach Bed. 1),
- r) Schwerpunktskoordinaten der Zentralgemeinde (vgl. 7.2),

- s) Maximales Seitenverhältnis einer Zuteilungsfläche (nach Bed. 4),
- t) Normbreiten für minimales, bzw. maximales Seitenverhältnis (nach Bed. 4a),
- u) Untere Grenze des erlaubten Seitenverhältnisses,
- v) Multiplikator zur Abschätzung der Klassenvergrößerung durch Überträge aus folgenden Ansprüchen.

Die aufbereiteten Ansprüche, das Blockverzeichnis und die vorbereitete Zuteilungsmatrix werden aus dem Programm AUFBE über externe Datenträger, z. B. Magnetplatte, übernommen. Für jeden beginnenden Zuteilungsversuch (Marke 100) ist der Anfangszustand der Planungsunterlagen herzustellen und die aktuelle Zufallszahl (beim ersten Versuch die Startzahl der Simulation) als Startzahl des Versuchs zu speichern, da dann für die Bestimmung des Optimalversuchs nicht alle Zuteilungsdaten umgespeichert werden müssen. Durch die Angabe der Startzahl kann der optimale Versuch wiederholt werden, was **weniger** Zeitaufwand bedeutet und Speicherkapazität spart.

Alle Zufallsprozeduren werden durch Zufallszahlen des Generators RANDM erhalten, dieser hat die Form

$$IR = IR \cdot a + b \quad (\text{mod. } m)$$

$$\begin{aligned} \text{mit} \quad a &= 33\,554\,439, \\ b &= 14\,868\,969 \\ \text{und} \quad m &= 2^{48} - 1 \\ \text{RANDM} &= IR/m. \end{aligned} \tag{35}$$

Die Zufallszahlen IR sind gleichverteilt im geschlossenen Intervall ($0 \leq IR \leq 2^{48} - 1$), die Zahlen RANDM in ($0 \leq \text{RANDM} \leq 1$). Der Generator ist abgestimmt auf eine Rechenwortlänge von 48 Bits für ganzzahlige Rechnung. Die durch RANDM erzeugten Zahlenfolgen sind im Rahmen von Studienarbeiten auf Verteilung und Zufälligkeit der Nachbarschaft getestet worden und haben gute Ergebnisse geliefert. Die angewandten Tests sind Chi-Quadrat-, Kolmogoroff-Smirnow-, Serien-, Lückentest und Test auf steigende und fallende Teilsequenzen (vgl. z. B./15/).

Für die Ziehungsmechanismen wird das 0-1 Intervall auf das Intervall der q möglichen Ziehungen transformiert. Die transformierte Zufallszahl liefert dann direkt die Nummer k der Ziehung:

$$k = \text{INT}(q \cdot \text{RANDM}) + 1 \tag{36}$$

Wobei INT(x) den ganzzahligen Anteil einer Zahl x bezeichnet. Die Zahl k ist noch auf $\leq q$ zu beschränken, da RANDM in 1 von $2^{48} - 1$ Fällen die Zahl 1 annimmt, was $k = q + 1$ ergeben würde. Die Ziehung eines Teilnehmers erfolgt aus der Liste aller Anspruchsnehmer, wobei entweder diese Liste jedesmal, nachdem ein Teilnehmer gezogen wurde, verkleinert wird, oder nach jeder Ziehung festzustellen ist, ob der gezogene Teilnehmer nicht schon abgefunden ist.

Die Bildung einer Abfindungsklasse erfolgt ausgehend von einem Einzelanspruch in der Weise, daß der am wenigsten diesem entsprechende Anspruch in der Bewertung sich nicht um mehr als die maximale Bewertungstoleranz unterscheidet (vgl. Bed. 2). Für das Programm ist es deshalb erforderlich, die Ansprüche nach Teilnehmern, Nutzungsart und abnehmender Bodenwertigkeit zu sortieren.

Die Restriktionen für die Abfindung können nach den Bedingungen 2-7 aus den Klassenmerkmalen Nutzungsart, Klassenschwerpunktbewertung und Klassengröße bestimmt werden. Die Gesamtheit aller diese Bedingungen erfüllenden Blöcke bildet die zulässigen Abfindungen dieser Klasse.

Ist ein Block für die Abfindung zulässig, in dem der aktuelle Teilnehmer schon eine Zuteilung erhalten hat, wird in diesem Block erneut zugeteilt. Dieser Zwang führt notwendig zur Bildung größter Schläge bei einmal begonnener Zuteilung, kann aber zur maximalen Ausschöpfung der Toleranzen der Abfindung führen, was manchmal unerwünscht sein kann.

Ansprüche, die bei Einhaltung der Restriktionen nicht befriedigt werden können, werden entweder in eine andere Klasse übernommen, wenn sie die Klassentoleranz nicht überschreiten, oder als Restansprüche in ein Verzeichnis übernommen. Die Anspruchsreste führten zur Bildung einer zusätzlichen Zielfunktion, die einfach zu

$$Z_R = \text{Summe aller Anspruchsreste} \rightarrow \min. \quad \text{Ziel 4} \quad (37)$$

definiert wird. Für die Befriedigung dieser Ansprüche steht zwar bei Anbringung eines „Sicherheitsabzuges“ an den eingebrachten Werten genügend Land zur Verfügung, jedoch sind nicht alle Bedingungen damit erfüllbar (siehe vor).

Die Berechnung der Zielfunktion kann erst erfolgen, wenn die fallspezifische Gewichtung v_i (nach (28), vgl. 6.3) aus den Standardabweichungen der Detailzielwerte erhalten ist. Dazu dienen die Zuteilungsversuche des Vorlaufs, währenddessen neben der Startzahl jedes Versuchs die Detailzielwerte gespeichert werden müssen. Nach Abarbeitung des Vorlaufs können aus einer genügend großen Stichprobe die entsprechenden Parameter gerechnet werden. Die Bestimmung der Kovarianzen der Detailzielwerte erlaubt eine Aussage über deren gegenseitige Abhängigkeit. Die Kovarianzen c_{ik} werden berechnet zu

$$c_{ik} = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (Z_{ji} - Z_i)(Z_{jk} - Z_k) \quad (38)$$

worin die Anzahl der benutzten Zielwerte Z

Z_{ji}, Z_{ki} ein Zielwert der Nummer k bzw. i des Versuchs j ,
 Z_i, Z_k die Mittelwerte der Detailzielwerte Z_{ji} bzw. Z_{ki} bedeuten (vgl. z. B. /40/ S. 320).

Für alle Zuteilungsversuche nach Beendigung des Vorlaufs kann unmittelbar die Zielfunktion berechnet werden. Diese wird mit dem bisherigen Maximum verglichen und bei positivem Vergleich wird das Maximum neu gesetzt, außerdem wird die zugehörige Startzahl $i_{\max}$ gespeichert.

Nach Beendigung der angegebenen Zuteilungsversuche wird der Versuch, der die maximale Zielfunktion geliefert hat, mit Hilfe der Startzahl $i_{\max}$ wiederholt. Die danach zur Verfügung stehenden Zuteilungsdaten werden im Jobprotokoll und für die weitere Verarbeitung auf externe Datenträger ausgegeben.

Neben den Zuteilungsgrößen werden vom Programm alle erhaltenen Versuche in der Weise dokumentiert, daß alle Startzahlen mit den zugehörigen gewichteten Detailzielwerten und der Zielfunktion auf einen externen Datenträger ausgegeben werden. Aus diesen Daten können mit gesonderten Programmen Histogramme der Ziele erstellt, Las-Vegas-Diagramme gezeichnet oder sonstige Informationen gewonnen werden. Zum Beispiel ist es möglich, die Detailziele anders gegeneinander abzuwägen und sich ohne Wiederholung der Zuteilungsprozedur ein anderes Maximum bestimmen zu lassen.

8. Durchgeführte Zuteilungen

8.1 Vorstellung der Beispiele

Ziel dieser Arbeit sollte sein, ein praktikables Programmsystem für die automatische Zuteilung zu konzipieren und an praktischen Fällen zu erproben. Dabei sollte zunächst ein kleineres Flurbereinigungsverfahren benutzt werden, um die Programme auszutesten und zu verbessern. Daneben sollen an einem größeren Verfahren die Gültigkeit der gemachten Voraussetzungen überprüft und die Anwendungsgrenzen abgeschätzt werden. Beide benutzte Verfahren entstammen der unmittelbaren Umgebung Hannovers, das erste, Almhorst, liegt etwa 10 km östlich, das zweite, Jeinsen, liegt etwa 20 km südlich des Stadtkerns. Es handelt sich in beiden Fällen um beschleunigte Zusammenlegungen gemäß §§ 91 ff FlurbG, was die allgemeine Gültigkeit aber nicht einschränken dürfte. Sowohl Almhorst wie auch Jeinsen sind „Ackerbürger“-Gemeinden, die sich durch überwiegende Ackernutzung der Feldlagen auszeichnen. Trotz dieser Strukturähnlichkeit treten bei der Beurteilung der Bewertungsmerkmale einige Unterschiede hervor, wie aus folgenden Diagrammen zu entnehmen ist. Es sind die Bewertungsziffern der Bodenschätzung für die überwiegenden Acker- und Grünlandböden der Häufigkeit der Verbreitung nach aufgetragen. Neben der unterschiedlichen Bodengüte in den Ackerklassen beider Gemeinden fällt auf, daß die häufigsten Ackerzahlen in Almhorst ganzzahlige Vielfache von 5 sind, während in Jeinsen die dominanten Ackerzahlen knapp neben diesen Vielfachen liegen. Das deutet wahrscheinlich auf die Vorliebe der Schätzer für „runde“ Bewertungen hin, die in Jeinsen durch Zu- und Abschläge entzerrt wurde. Die Grünlandböden treten in Almhorst deutlich relativ öfter auf als in Jeinsen, wo man von einer fast reinen Ackergemeinde reden könnte. Das hat zum Teil die Ursache, daß ein Teil der Grünlandböden in Jeinsen, die an der Leine gelegen sind, wegen ungünstiger Blockformen und teilweise ungeschätzten Flächen sowie Ausbeutungsmöglichkeiten der Kiesvorkommen aus dem Zuteilungsverfahren herausgelöst worden ist.

In der folgenden Tabelle sind noch einige andere Kenngrößen der beiden Verfahren zusammengetragen:

	Ansprüche		
	Verfahrensfläche (ha)	Gesamtanzahl	„freie“
Almhorst	350	576	307
Jeinsen	1200	909	484

	Teilnehmer		Blöcke	
	Gesamtanzahl	für Zuteilung	Gesamtanzahl	Zuzuteilende
Almhorst	54	42	173	52
Jeinsen	149	120	186	79

Tab. 2: Kenngrößen der Beispiele

Als „freie“ Ansprüche werden solche bezeichnet, die frei befriedigt werden können, während eine Anzahl anderer als Bedingungen behandelt werden müssen. Aus dem gleichen Grund reduziert sich die Zahl der Teilnehmer und Blöcke, da eine Anzahl wegen der Bedingungsflächen nicht an der freien Zuteilung beteiligt ist.

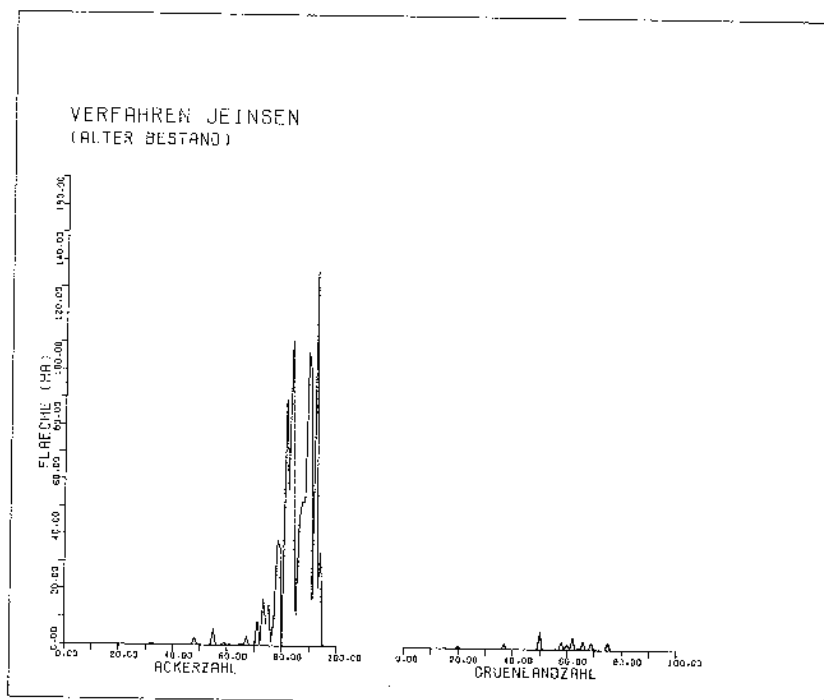
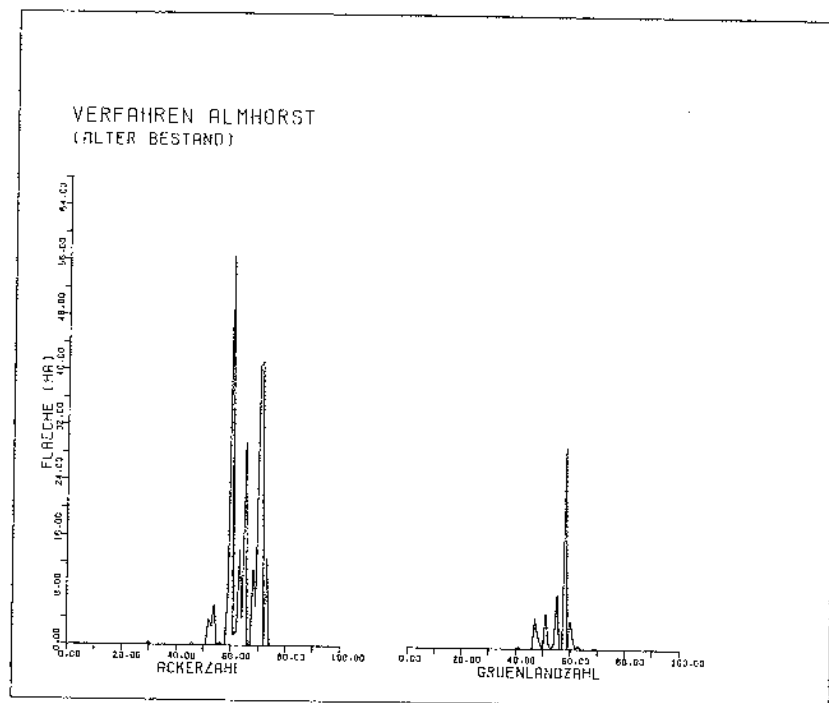


Abb. 19: Verteilung der Bewertungsziffern bei den Beispiel-Verfahren

Aus Tabelle 2 wird der wesentliche Unterschied beider Verfahren deutlich, die mittlere Anspruchsgröße beträgt in Jeinsen $1200/909=1,3$ ha, in Almhorst dagegen nur $350/576=0,6$ ha; auch die mittlere Blockfläche mit $1200/186=6,5$ ha zu $350/173=2,0$ ha ist in Jeinsen wesentlich größer. Das Verfahren Jeinsen weist also im wesentlichen größere Flächeneinheiten auf, was für die Zuteilung keine Beeinträchtigung bedeutet, die erhöhten Anzahlen der Ansprüche, Teilnehmer und Blöcke führen aber doch zu einer Vervielfachung des Rechenaufwandes.

8.2 Aufbereitung der Planungsdaten

Die Aufbereitung der Planungsunterlagen für die Behandlung im Zuteilungsprogramm ist stark von der Art der vorhandenen Unterlagen abhängig. In dieser Arbeit ist die Datenaufbereitung durch den Verfahrensprozeß beim Niedersächsischen Landesverwaltungsamt, Dezernat Agrarstruktur, bestimmt. Die Eingabedateien Flächenstreifen, Koordinatenstreifen, Blockteilstreifen und Bestandsverzeichnis konnten ohne größere Schwierigkeiten integriert werden.

Der Flächenstreifen, der für die Berechnung der Blockflächen aus Koordinaten und die automatische Zeichnung der Blöcke aufgestellt wird, enthält für alle Blöcke die Nummern der Blockeckpunkte. Er ist direkt als Grundlage für die Berechnung der Blockschwerpunkte, der Blocklängen und die automatische Zeichnung mit dem Flächenabschneiden zu benutzen (vgl. Abb. 17).

Der Koordinatenstreifen enthält die Koordinaten der am Verfahren beteiligten Punkte. Ohne Umorganisation ist dieser für die Berechnung der Blockschwerpunkte, der Blocklängen und die automatische Zeichnung benutzt worden (vgl. Abb. 17).

Der Blockteilstreifen weist für automatisch eingerechnete Blockteile von in der Regel konstanter Größe von etwa 1-2 ha paralleler Form, also ein breitenunabhängiges Lamellensystem, die mit Scheibenrollplanimetern ermittelten Flächen der einzelnen Klassenabschnitte aus. Diese sind auf die aus Koordinaten ermittelte Sollfläche abzustimmen. Daneben ist es sinnvoll, die Masse der Blockteile zu vereinigen. Für die automatische Zuteilung ist eine kleine Anzahl von Blöcken anzustreben, um die Anzahl der möglichen Zuteilungen gering zu halten. Dazu sind einige Forderungen an die Blockmerkmale zu stellen:

- a) Homogenität der Bewertungsmerkmale,
- b) Charakteristik eines Blockschwerpunktes,
- c) kein Durchschneiden der Blöcke durch Wege oder Gräben,
- d) genähert rechteckige Form, mindestens konvex.

Es sind also unter Umständen Blöcke neu zu definieren oder Blockteile nicht zu vereinigen, wenn mindestens eine dieser Bedingungen nicht erfüllt ist. Die Homogenität der Bewertungsmerkmale kann in der Regel nicht vollständig erfüllt werden, da die Bearbeitungsrichtung die Blockform determiniert. Klassengrenzen, die nicht parallel der Bearbeitungsrichtung verlaufen, müssen im Interesse der Arbeitsproduktivität angeschnitten werden. Für die Kennzeichnung der Bewertungsmerkmale sind im Zuteilungsprogramm 2 Zahlen für die dominanten Nutzungsarten und eine Zahl für die durchschnittliche Bewertungshöhe vorgesehen. Diese wurden aus dem Blockteilverzeichnis berechnet. Als Blöcke wurden die nach a-d ausgewählten Blockteile ausgewiesen, die Zusammenfassung erfolgte für aufeinander nummerierte Blockteile durch Angabe eines ersten und eines letzten Teiles und der neuen Blockbezeichnung.

erster Blockteil	letzter Blockteil	neue Blockbezeichnung
2031001	2031009	2031000

Beispiel einer Blockteilvereinigung mit Blockdefinition.

Im obigen Beispiel soll neben der Art der Blockdefinition die Numerierung der Blöcke gezeigt werden. Die letzten drei Ziffern geben den Blockteil an; wenn keine Unterteilung vorgenommen ist, stehen hier Nullen, die drei Ziffern davor geben die Blocknummer und die führende(n) Ziffer(n) schließlich den Numerierungsbezirk (Flur, Gemarkung usw.) an. Im Beispiel: Block 31 der Flur 2 soll aus den Blockteilen 1-9 des Blockes 31 gebildet werden. Neben der Angabe der neuen Blockbezeichnung muß für solche Blöcke, deren Schwerpunkt nicht aus den Blockumringen zu berechnen ist, weil zum Beispiel eine Blockunterteilung vorgenommen wurde, dieser mit angegeben werden. Das erfolgt auf den Lochkarten der Blockdefinition.

Die hier als Streifen bezeichneten Dateien lagen in der Form von Lochstreifen vor, diese wurden dem Betriebssystem des Regionalen Rechenzentrums für Niedersachsen dadurch angepaßt, daß die aufbereitete sequentiell strukturierte Information als Sicherung in Lochkarten gestanzt wurde.

Die Punkte, welche die Parallelenscharen für das Flächenabschneiden definieren (vgl. Abb. 16), sind in dem Datenflußplan der Abb. 17 als „Punkte der Parallelteilung“ bezeichnet; sie lassen neben der Bestimmung der Parallelitätsrichtung die Berechnung der Schlaglänge zu (vgl. Abb. 16).

Das Bestandsverzeichnis, das den Altbesitz repräsentieren soll, wird bei Berücksichtigung der Bedingungsuteilungen und des Blockverzeichnisses im Programm AUFBE in ein Anspruchsverzeichnis umgerechnet (vgl. 7.2).

Im Programm AUFBE wird neben einem Verzeichnis der noch zu befriedigenden Ansprüche (nach Abzug der Bedingungsuteilungen) und der freien Blöcke mit Blocklängen und Schwerpunkt die Matrix der Neuzuteilungen aufgestellt.

Teilnehmer	1	2	3	4	5	6...	... m
Block							
1	0	0	85,0	0	0	0...	...
2	0	15,0	0	0	0	0...	...
3	0	0	0	0	0	0...	...
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
n							

Tab. 3: Zuteilungsmatrix mit Bedingungsflächen als Eingabe für Zuteilungsprogramm

In Tabelle 3 ist das Schema der Zuteilungsmatrix dargestellt. Die Zuteilungen, die nicht Bedingung sind, werden zu Null gesetzt. In Tabelle 3 ist für Teilnehmer 3 in Block 1 eine Zuteilung von 85,0 und für Teilnehmer 2 in Block 2 eine von 15,0 Punkten als Bedingung ausgewiesen.

8.3 Eingeführte Steuerparameter

Hier soll eine Aufstellung der Größen der Steuerparameter für die durchgeführten Beispiele gegeben werden. Die Aufzählungsreihenfolge entspricht der unter 7.3:

- Anzahl der Versuche des Vorlaufs = 400
- Drucklistensteuerziffer = 4
- kleinste anzustrebende Fläche = 1000 m²
- Obergrenze der Klassenbildung = 10 000 m²
- Maximaler Klassenzuschlag = 1000 Punkte

- f) Normanspruch mit einfacher Bewertungstoleranz = 1000 Punkte
- g) Gewichtung der Detailziele $P_1 = 1, P_2 = 1, P_3 = 1, P_4 = 1$
- h) Obere Grenze der Normierung der Restansprüche = 10 (Almhorst), 100 (Jeinsen) Punkte
- i) Blockgrößenobergrenze = 10,0 (1 : 10)
- j) Blockgrößenuntergrenze = 3,0 (3 : 1)
- k) Startwert der Simulation = verschiedene
- l) Maximalanzahl der Zuteilungsversuche = 2000 (Almhorst), 5000 (Jeinsen)
- m) Normtoleranz der Bewertung = 20%
- n) Minimaltoleranz der Bewertung = 5%
- o) Maximaltoleranz der Bewertung = 30%
- p) Klassentoleranz, Minimaltoleranz = $500\%_{00}, \geq 10,0$ Punkte
- q) Zuteilungstoleranz, Minimaltoleranz = $2\%_{00}, \geq 5,0$ Punkte
- r) Schwerpunktskoordinaten der Gemeinde (aus Karte 1 : 5000)
- s) Maximales Seitenverhältnis einer Zuteilungsfläche = 10,0 ($b : \ell \geq 1 : 10$)
- t) Normbreiten für minimales bzw. maximales Seitenverhältnis = 20,0; 40,0 m
- u) untere Grenze des erlaubten Seitenverhältnisses = 3,0 ($b : \ell \geq 1 : 3$)
- v) Multiplikator der Klassenvergrößerung = 1,1.

Wie aus obiger Aufstellung hervorgeht, sind fast alle Parameter bei beiden Beispiel-Verfahren gleich angewandt worden. Allein die Anzahl der Zuteilungsversuche wurde in Jeinsen, entsprechend der größeren Anzahl der Möglichkeiten, erhöht. Daneben ist die obere Normierungsgrenze $c_{4, \max}$ (nach 6.3) der Zielfunktion „minimale Restansprüche“ (nach (37)) von 10 auf 100 heraufgesetzt worden. Diese dient dazu, das Gewicht der Restansprüche bei größeren Resten zu erhöhen, da die restlose Aufteilung erwünscht ist.

Ist die durchschnittliche Höhe der Restansprüche pro Versuch jedoch relativ groß gegen den maximalen Normierungsfaktor, so wird bei der Bestimmung des Optimums der vier Ziele den Restansprüchen zu hohes Gewicht beigemessen. Die Startzahlen bei jedem Gesamtversuch wurden beliebig variiert, der Einfluß soll bei steigender Versuchsanzahl gegen Null gehen (Eindeutigkeit des Optimums).

9. Ergebnisse

9.1 Statistische Untersuchungen der Zielfunktion

9.1.1 Mittelwerte und Standardabweichungen der Detailziele

In der folgenden Betrachtung sollen die Ergebnisse verschiedener Läufe nach statistischen Gesichtspunkten diskutiert werden. Wichtige Merkmale zur Beschreibung von Stichproben sind Mittelwert und Standardabweichung. Wenn Teilmengen aus der Menge aller möglichen Ergebnisse der Detailziele die Grundmenge charakterisieren, sollten vor allem Mittelwert und Standardabweichung innerhalb einer Grundmenge übereinstimmen. Im statistischen Sprachgebrauch bezeichnet man die Grundmenge, die alle möglichen Ergebnisse enthält, als Grundgesamtheit und die Teilmengen als Stichproben aus dieser. Die Realisierungen der Detailziele in einem Monte-Carlo-Prozeß lassen sich als Stichprobe betrachten. In Tab. 4 sind die statistischen Merkmale Mittelwert und Standardabweichung von je 400 Versuchen des Vorlaufs verschiedener Läufe mitgeteilt.

Tab. 4: Mittelwerte und deren Standardabweichungen der Detailziele verschiedener Läufe

Ziel	Laufdefinition	Mittelwert	Standardabweichung
Zuteilungsmittel	(Werteinheiten)*	10^{-2}	10^{-2}
	Almhorst 10. 1. 76	2,340	0,0050
	12. 1. 76	2,331	0,0049
	Jeinsen 23. 3. 76	5,870	0,0078
	5. 4. 76	5,846	0,0083
Hofentfernung	($m^{3/2}$)	10^{-5}	10^{-5}
	Almhorst 10. 1. 76	-0,3683	0,00049
	12. 1. 76	-0,3677	0,00047
	Jeinsen 23. 3. 76	-1,3272	0,00138
	5. 4. 76	-1,3279	0,00140
Restanspruch	(Werteinheiten)	10^{-3}	10^{-3}
	Almhorst 10. 1. 76	-1,432	0,025
	12. 1. 76	-1,412	0,024
	Jeinsen 23. 3. 76	-3,412	0,048
	5. 4. 76	-3,366	0,051
Flächenzerstreuung	($m^{5/2}$)	10^{-6}	10^{-6}
	Almhorst 10. 1. 76	-0,5500	0,0034
	12. 1. 76	-0,5450	0,0033
	Jeinsen 23. 3. 76	-2,5436	0,0117
	5. 4. 76	-2,5566	0,0126

*) Anmerkung: Das Zuteilungsmittel ist nicht in Flächen- sondern in Werteinheiten angegeben

Die Standardabweichungen m_i der Mittelwerte Z_i wurden berechnet nach

$$m_i^2 = \frac{1}{(n-1)n} \sum_{j=1}^n (Z_{ij} - Z_i)^2 \quad (\text{vgl. auch (34)}) \quad (39)$$

Die Mittelwerte der einzelnen Detailziele unterscheiden sich innerhalb eines Flurbereinigungsverfahrens stets um weniger als den 3fachen Betrag der Standardabweichung. Durch den U-Test nach Wilcoxon, Man und Whitney (vgl. /40/ S. 230ff) kann ohne Hypothese über die Verteilung die Frage untersucht werden, ob die Mittelwerte zweier Stichproben als gleich angesehen werden können. Der Testverlauf ist folgender:

Die m Stichprobenwerte der ersten werden mit den n der zweiten Stichprobe bezüglich ihrer Größe in eine gemeinsame Ordnung gebracht (sortiert). Die Ord-

nungsnummern werden für jede Stichprobe aufaddiert zu den Rangzahlen R_1 und R_2 , daraus wird schließlich gebildet

$$U_1 = m \cdot n + \frac{m(m+1)}{2} - R_1 \quad (40a)$$

$$U_2 = m \cdot n + \frac{n(n+1)}{2} - R_2 \quad (40b)$$

Beispiel:

Stichprobe 1: 1,05 1,09 1,10 1,50 1,51

Stichprobe 2: 1,03 1,06 1,07 1,08

Gemeinsame Ordnung:

1,03	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,10	1,50	1,51	
	2				6	7	8	9	Ordnungsnummern (1)
1		3	4	5					Ordnungsnummern (2)

Rangzahlen $R_1 = 32$; $R_2 = 13$

$$U_1 = 5 \cdot 4 + \frac{5(5+1)}{2} - 32 = 3 \quad U = 3$$

$$U_2 = 5 \cdot 4 + \frac{4(4+1)}{2} - 13 = 17$$

Die kleinere Zahl U_1 , U_2 ist die gesuchte Prüfgröße U , diese kann für genügend große Stichprobenumfänge ($m, n > 8$) umgerechnet werden in die standard-normalverteilte Prüfgröße

$$\hat{Z} = \frac{U - \frac{mn}{2}}{\sqrt{\frac{mn(m+n+1)}{12}}} \quad (41)$$

Mit Hilfe der Verteilungsfunktion der Normalverteilung oder einer Verteilungstabelle (z. B. /1/ S. 966ff) läßt sich das Signifikanzniveau α für die Aussage angeben, daß beide Mittelwerte gleich sind zu

$$1 - \alpha = \Phi\left(\frac{\hat{Z}}{\sqrt{2}}\right) \quad (42)$$

wobei Φ die Verteilungsfunktion der normierten Normalverteilung darstellt. α wird auch vielfach als Irrtumswahrscheinlichkeit bezeichnet, da es die Wahrscheinlichkeit für das unberechtigte Ablehnen einer richtigen Hypothese angibt (Fehler 1. Art).

Tab. 5: Signifikanzniveaus für Gleichheit der Mittelwerte je zweier Läufe (je Feld Detailziele 1-4)

Paarung	↓ →	Almhorst 12. 1.	Jeinsen 23. 3.	Jeinsen 5. 4.
Jeinsen 23. 3.		0,000 0,000 0,000 0,000		
Jeinsen 5. 4.		0,000 0,000 0,000 0,000	0,037 0,489 0,352 0,276	
Almhorst 10. 1.		0,353 0,373 0,661 0,241	0,000 0,000 0,000 0,000	0,000 0,000 0,000 0,000

Tab. 6: Signifikanzniveaus für Gleichheit der Varianzen je zweier Läufe (je Feld Detailziele 1-4)

Paarung	↓ →	Almhorst 12. 1.	Jeinsen 23. 3.	Jeinsen 5. 4.
Jeinsen 23. 3.		0,000 0,000 0,000 0,000		
Jeinsen 5. 4.		0,000 0,000 0,000 0,000	0,136 0,930 0,692 0,434	
Almhorst 10. 1.		0,195 0,132 0,391 0,929	0,000 0,000 0,000 0,000	0,000 0,000 0,000 0,000

In obigen Tabellen sind die Kennzeichen der jeweils 2 Stichproben an den oberen bzw. linken Tabellenrändern aufgeführt.

Beispiel:

Die Hypothese der Gleichheit der Mittelwerte der Detailziele 2 (Hofentfernung) der Läufe Almhorst vom 10. 1. und vom 12. 1. wird auf einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,373$ nicht verworfen.

Der U-Test wurde für 2 Läufe des Verfahrens Almhorst und 2 des Verfahrens Jeinsen in allen Kombinationen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tab. 5 zusammengestellt.

Die aufgrund der Zusammenstellung in Tab. 4 naheliegende Vermutung, daß innerhalb eines Verfahrens die Mittelwerte der Detailziele als gleich betrachtet werden können, wird bestätigt. Die Mittelwerte der verschiedenen Verfahren unterscheiden sich hochsignifikant, was durch unterschiedliche Verhältnisse bedingt ist. Die Mittelwerte der Detailziele sind also bei gleichem Ansatz der Restriktionen verfahrensspezifisch. Es gilt nun den Nachweis zu erbringen, daß die Standardabweichungen der Detailziele ebenfalls verfahrensspezifisch sind, da diese Eigenart bei der Normierung nach 6.3 vorausgesetzt worden ist.

Für den Vergleich der Standardabweichungen zweier Stichproben ohne Kenntnis der Verteilung ist der Rangdispersionstest nach Siegel und Tuckey (vgl. z. B. /40/ S. 225f) geeignet. Der Test ist dem oben beschriebenen U-Test ähnlich, hier wird die Rangfolge der Stichprobenwerte aber nicht durch ihren eigentlichen Wert, sondern durch ihre Abweichung zum jeweiligen Mittelwert bestimmt. Die Ordnungszahlen werden wiederum aufaddiert zu den Rangzahlen R_1 und R_2 , wobei nur R_1 für den weiteren Test von Interesse ist, da die Prüfgröße $\hat{Z}'$ gebildet wird zu

$$\hat{Z}' = \frac{2 \cdot R_1 - m(m+n+1) + 1}{\sqrt{m(m+n+1)(n/3)}} \quad (43)$$

wobei der Zähler des Bruches, wenn er größer als Null ist, um 2 vermindert werden muß. Die Prüfgröße $\hat{Z}'$ ist für die Stichprobenumfänge $m, n > 10$ standardnormalverteilt. Das Signifikanzniveau der Aussage, die Standardabweichungen sind gleich, kann wiederum erhalten werden nach (42).

Die in Tabelle 6 zusammengestellten Ergebnisse der durchgeführten Tests lassen die Zulässigkeit der in 6.3 gemachten Annahme nach Gleichheit der Standardabweichungen innerhalb eines Flurbereinigungsverfahrens erkennen.

Ziel	Laufdefinition	Extremwerte		Standardabweichung
		Minimum	Maximum	
Zuteilungsmittel	(Werteinheiten)*	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}
	Almhorst 10. 1. 76	1,978	2,679	0,101
	12. 1. 76	2,027	2,731	0,097
	Jeinsen 23. 3. 76	5,293	6,458	0,156
	5. 4. 76	5,177	6,510	0,165
Hofentfernung	(m ^{3/2})	10^{-5}	10^{-5}	10^{-5}
	Almhorst 10. 1. 76	-0,4022	-0,3292	0,0097
	12. 1. 76	-0,4113	-0,3374	0,0093
	Jeinsen 23. 3. 76	-1,4179	-1,2247	0,0277
	5. 4. 76	-1,4225	-1,2283	0,0281

Ziel	Laufdefinition	Extremwerte		Standard- abweichung
		Minimum	Maximum	
Rest- ansprüche	(Werteinheiten)	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}
	Almhorst 10. 1. 76	-3,322	-0,388	0,500
	12. 1. 76	-3,365	-0,217	0,471
	Jeinsen 23. 3. 76	-8,251	-1,335	0,954
	5. 4. 76	-8,603	-1,154	1,028
Flächen- zerstreuung	($m^{5/2}$)	10^{-6}	10^{-6}	10^{-6}
	Almhorst 10. 1. 76	-0,804	-0,317	0,068
	12. 1. 76	-0,801	-0,318	0,066
	Jeinsen 23. 3. 76	-3,495	-1,661	0,234
	5. 4. 76	-3,521	-1,732	0,252

Tab. 7: Extremwerte und Standardabweichung der Detailziele verschiedener Läufe
*) siehe Anmerkung zu Tab. 4

9.1.2 Vergleichende Extrembetrachtungen

Bei der Anwendung der Monte-Carlo-Methode auf Optimierungsprobleme geht es nicht darum Mittelwerte, sondern Extremwerte zu bestimmen. Die erhaltenen Extremwerte der in den Tabellen 4-6 angeführten Läufe sind in Tab. 7 zusammengestellt. Die Extremwerte des Verfahrens Almhorst sind aus 2000, die des Verfahrens Jeinsen aus 5000 Versuchen ermittelt. Zum Größenvergleich ist für jeden Versuch die aus dem Vorlauf ermittelte Standardabweichung für einen Einzelwert angegeben.

Die für ein Detailziel in einem Verfahren erhaltenen Extremwerte unterscheiden sich stets um weniger als den 1-fachen Betrag der Standardabweichung. Die Detailziele sind der Größe nach beschränkt, deshalb treten diese relativ kleinen Abweichungen in den Extrema auf. Es können für jedes Detailziel pro Verfahren zwei absolute Extremwerte gefunden werden, da die Werte der Variablen durch Vorgabe der Restriktionen beschränkt sind. Wahrscheinlichkeiten für das Annähern eines gefundenen Extremums um ein bestimmtes Maß an die absolute Grenze lassen sich nur bei Kenntnis der Verteilungsfunktion angeben. Das ist hier besonders kritisch, da die Grenzen einer eventuell vorliegenden kontinuierlichen Verteilung exakt vorhergesagt werden müßten.

Das Hilfsmittel für diese komplexe Aufgabe ist das schon unter 2.2 angesprochene Las-Vegas-Diagramm, das unter 9.1.5 noch behandelt wird.

9.1.3 Korrelation der Detailziele

In den bisherigen Ausführungen ist über die Abhängigkeit bzw. Unabhängigkeit der einzelnen Detailziele nichts ausgesagt worden, jedoch erscheint es einleuchtend, wenn ein einziger Variablenvektor, die Flächengröße einzelner Zuteilungen, nicht mehrere unabhängige Funktionen ergeben wird. Um die Abhängigkeit der Detailziele empirisch zu ermitteln, wird der Korrelationskoeffizient r_{ij} berechnet zu

$$r_{ij} = \frac{c_{ij}}{\sqrt{m_i^2 \cdot m_j^2}} \quad (44)$$

worin m_i^2 und m_j^2 die nach (34) gebildeten Varianzen (Quadrate der Standardabweichungen) der Detailziele bedeuten und c_{ij} die Kovarianz der Funktion Z_i mit Z_j gebildet nach (38)

	r_{12}	r_{13}	r_{14}	r_{23}	r_{24}	r_{34}
Almhorst 12. 1.	0,74	0,18	0,33	0,17	0,39	-0,25
Almhorst 10. 1.	0,76	0,21	0,33	0,16	0,41	-0,27
Jeinsen 23. 3.	0,51	-0,08	0,24	-0,12	0,39	-0,08
Jeinsen 5. 4.	0,56	-0,19	0,25	-0,21	0,36	-0,14

- r_{12} : Korrelation der Ziele „Zuteilungsmittel“ mit „Hofentfernung“
 r_{13} : Korrelation der Ziele „Zuteilungsmittel“ mit „Restansprüche“
 r_{14} : Korrelation der Ziele „Zuteilungsmittel“ mit „Flächenzerstreuung“
 r_{23} : Korrelation der Ziele „Hofentfernung“ mit „Restansprüche“
 r_{24} : Korrelation der Ziele „Hofentfernung“ mit „Flächenzerstreuung“
 r_{34} : Korrelation der Ziele „Restansprüche“ mit „Flächenzerstreuung“

Tab. 8: Korrelationskoeffizienten der Detailziele, gerechnet aus 400 Versuchen

Der Korrelationskoeffizient wird zu Null, wenn die Produktsumme der Abweichungen von den Mittelwerten verschwindet, also keine vorwiegend positiven oder negativen Produkte auftreten, dies bezeichnet man als stochastische Unabhängigkeit, wogegen ein Korrelationskoeffizient gleich $+1$ oder -1 das Höchstmaß an Abhängigkeit, die funktionale Abhängigkeit oder gar Identität bedeutet.

Die größte Korrelation besteht zwischen dem Ziel „Zuteilungsmittel“ und dem Ziel „Hofentfernung“, das bedeutet, daß ein großes Zuteilungsmittel zugleich eine günstige Konstellation für den Arbeitsaufwand der Fahrleistungen vom Hof zu den Einzelzuteilungen mit sich bringt. Dies erscheint einleuchtend, denn die Zielfunktion „Hofentfernung“ (26) enthält ja nur zusätzlich die Forderung nach bevorzugter Ortsnähe der kleinen Zuteilungen. Die relativ hohe Korrelation ist in diesem Fall unschädlich, da sie wohl ein höheres Gewicht der einzelnen Detailziele bewirkt, als angegeben, dies ist aber der Bedeutung nur angemessen. Es erscheint dagegen nicht ratsam, eines der Ziele aufzugeben, da die Anzahl der Einzelzuteilungen primär durch das Ziel Zuteilungsmittel, die relative Hoflage allein durch das Ziel Hofentfernung erfaßt wird.

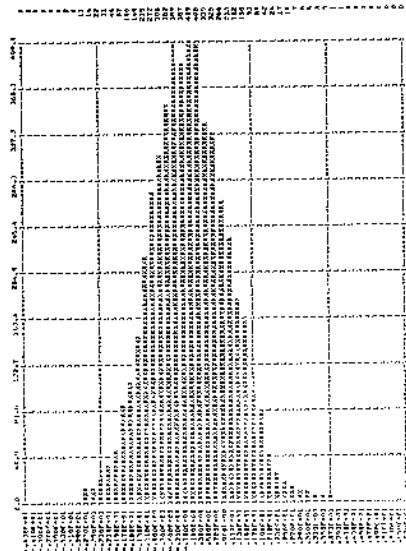
9.1.4 Verteilung der Zielwerte

Bei der Normierung der Detailziele nach 6.3 wird davon ausgegangen, daß die einander entsprechenden Ziele verschiedener Läufe und Verfahren gleiche Verteilung besitzen. Die Standardabweichung, die zur Normierung benutzt wird, hat nur verteilungsspezifische Aussagekraft, das heißt, einem bestimmten Intervall, in Vielfachen der Standardabweichung angegeben, wird, abhängig von der Verteilung, eine unterschiedliche Wahrscheinlichkeitsmasse zuzurechnen sein.

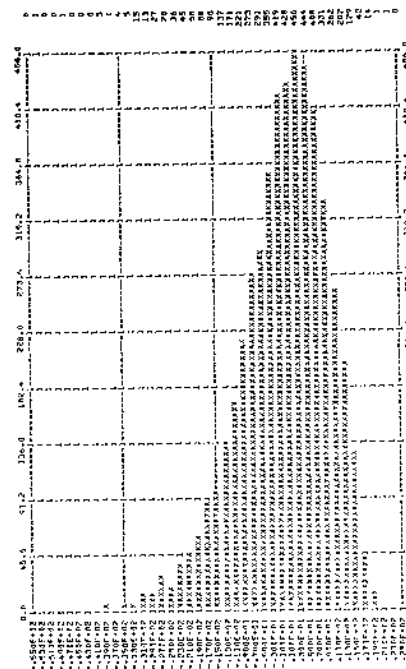
Die Detailziele Zuteilungsmittel, Hofentfernung und Flächenzerstreuung sind, wie den Histogrammen der Abb. 20 zu entnehmen ist, genähert normalverteilt, während die Restansprüche eine deutliche negative Schiefe (rechtsteile Kurve) (vgl. /40/ S. 81 ff) aufweisen.

Zum Vergleich der Verteilungen verschiedener Läufe wurde eine Variante des Kolmogoroff-Smirnow-Tests angewandt (vgl. /40/ S. 228 ff). Die relativen Summenhäufigkeiten F_m und F_n der beiden Stichproben 1 und 2 des Umfangs m bzw. n werden an jeder Sprungstelle der beiden diskreten Verteilungsfunktionen vergli-

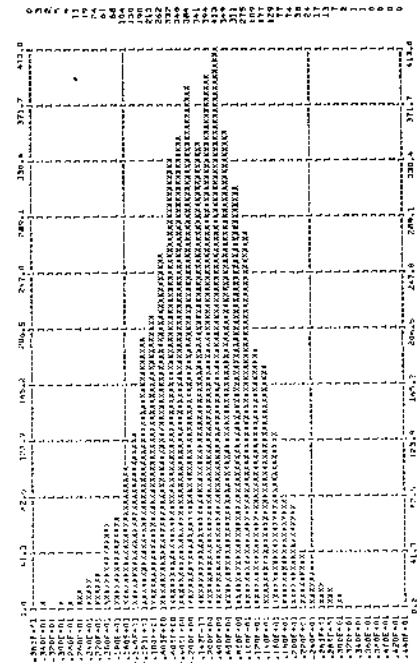
Zuteilungsmittel



Restansprüche



Hofentfernung



Flächenzerstreuung

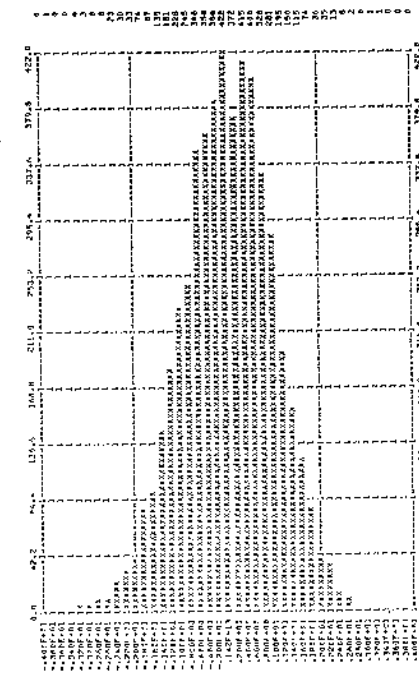


Abb. 20: Verteilung der Detailziele am Beispiel Jeinsen

chen. Die Testgröße $\hat{D}$ wird gebildet als Maximalunterschied der relativen Summenhäufigkeiten:

$$\hat{D} = \max \left| \frac{F_1}{m} - \frac{F_2}{n} \right| \quad (46)$$

Durch Umformung gewinnt man

$$D_Z = \hat{D} \cdot \sqrt{\frac{m \cdot n}{m + n}} \quad (47)$$

D_Z ist verteilt nach Kolmogoroff-Smirnow zu

$$P(Z) = \sum_{k=-\infty}^{+\infty} (-1)^k \exp(-2 k^2 Z^2) \quad (48)$$

(vgl. /15/ S. 41). Das Signifikanzniveau für die Hypothese, daß zwei Stichproben gleiche Verteilung besitzen wird gebildet zu

$$\alpha = 1 - P(Z) \quad (49)$$

Tab. 9: Signifikanzniveaus für Gleichheit der Verteilungen je zweier Läufe (je Feld Detailziele 1-4)

Paarung	↓ →	Almhorst 12. 1.	Jeinsen 23. 3.	Jeinsen 5. 4.
Jeinsen 23. 3.		0,863 0,640 0,111 0,523		
Jeinsen 23. 3.		0,863 0,967 0,045 0,994	0,581 0,468 0,037 0,941	
Almhorst 10. 1.		0,813 0,468 0,415 0,322	0,468 0,581 0,906 0,181	0,967 0,131 0,155 0,581

vgl. Anmerkung zu Tab. 5 und 6

In Tabelle 9 sind die Ergebnisse der Vergleiche der Verteilungen identischer Detailziele verschiedener Läufe zusammengestellt. Die erhaltenen Signifikanzniveaus lassen die Hypothese nach Gleichheit der Verteilungen nicht verwerfen.

9.1.5 Las-Vegas-Diagramme der Ziele

Die Las-Vegas-Diagramme sollen die Anzahl der erforderlichen Zuteilungsversuche abschätzen lassen. Die Anzahl sollte so groß sein, daß aufgrund des Graphs der Zielmaxima keine wesentlichen Verbesserungen der Ergebnisse zu erwarten sind. Das ist der Fall, wenn der Funktionsverlauf genügend flach ist oder in einem größeren Intervall gar keine Steigerung mehr erreicht werden konnte.

In den Abbildungen 21-25 sind Las-Vegas-Diagramme der Detailziele wie der Zielfunktion (Ziel-Gesamt) dargestellt. In den Diagrammen ist das Zielmaximum bis zu einem bestimmten Versuch als Stern dargestellt. Die einzelnen Maxima sind durch eine Linie verbunden, die nach Erreichen des absoluten Maximums als Parallele zur x-Achse bis zum letzten Versuch fortgesetzt ist. Wie schon die Beschriftung zeigt, wurde in Almhorst eine Anzahl von 2000, in Jeinsen eine von 5000 Versuchen als hinreichend angesehen. Dies zu unterstreichen wurde in Almhorst ein Lauf mit 10000 Versuchen gerechnet. Wie Abbildung 23 zeigt, ist die Verbesserung der Ergebnisse über den 2000. Lauf hinaus sowohl bei den Maxima der Detailziele wie der Zielfunktion gering. Der Vergleich verschiedener Diagramme eines Verfahrens (Abb. 21-22 oder Abb. 24-25) zeigt trotz gewisser Unterschiede im Verlauf der Graphen, daß manche Ziele ihr Maximum mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit, sprich im Durchschnitt später, annehmen als andere. Eine große Diskrepanz ist bei dem Ziel Zuteilungsmittel gegenüber dem Ziel Restansprüche zu beobachten. Letzteres erfährt bei Vergrößerung der Versuchsanzahl die

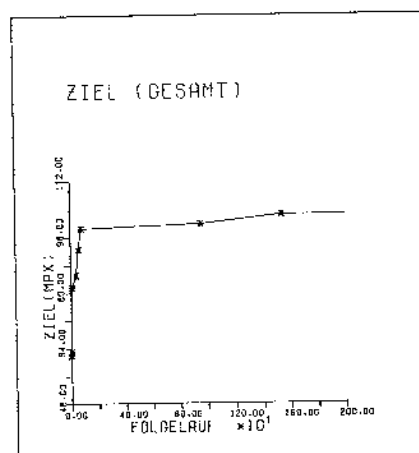
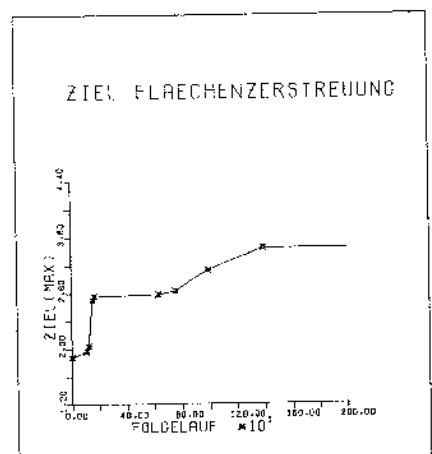
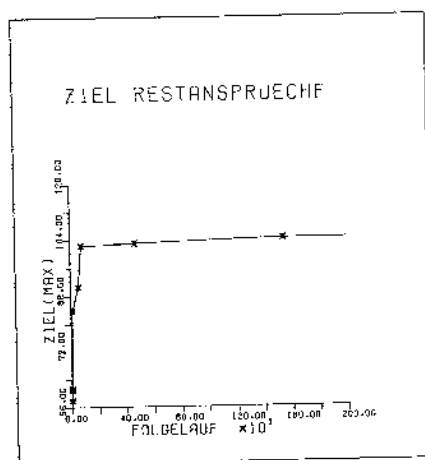
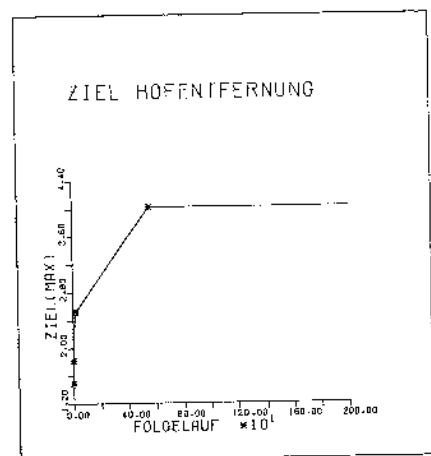
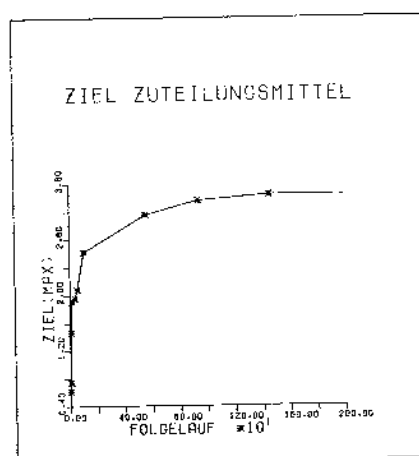


Abb. 21: Las-Vegas-Diagramme Almhurst 10. 1.

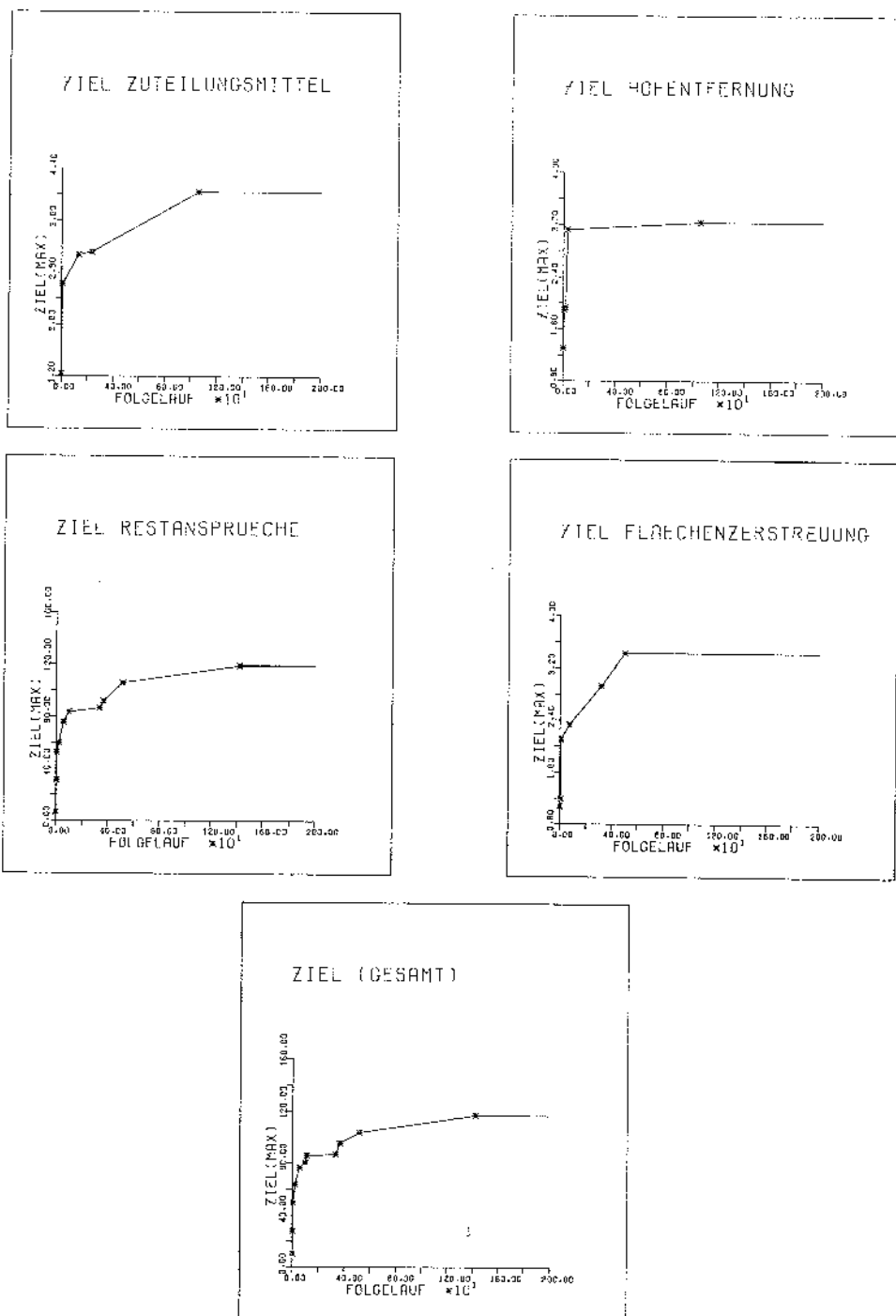


Abb. 22: Las-Vegas-Diagramme Almhurst 12. 1.

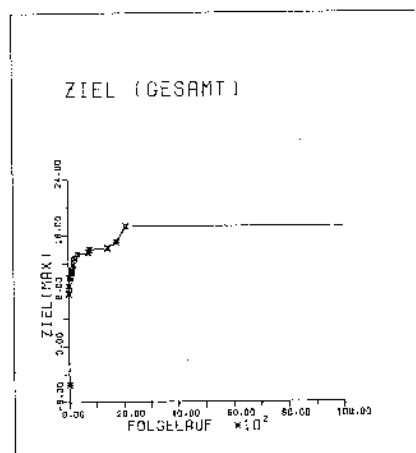
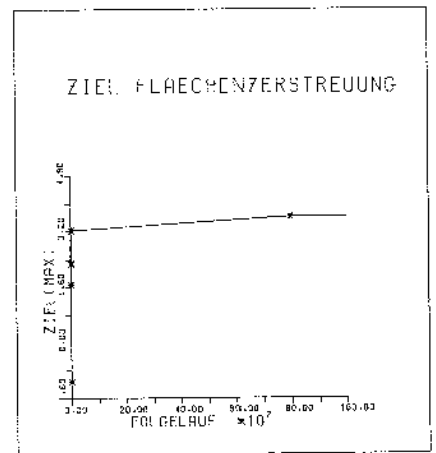
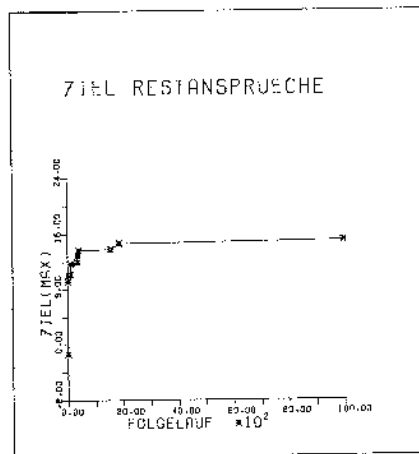
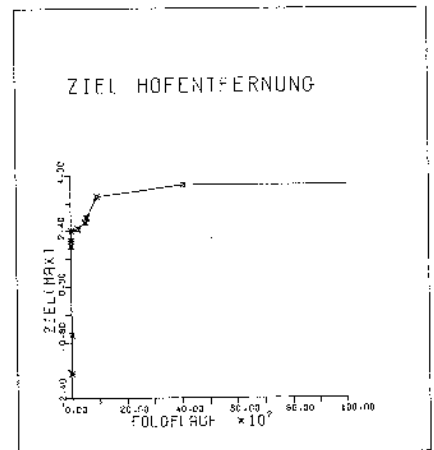
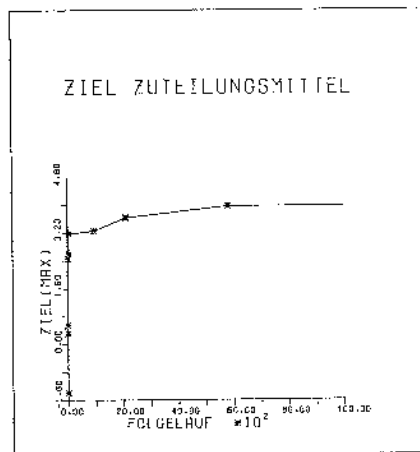


Abb. 23: Las-Vegas-Diagramme Almhurst (10 000)

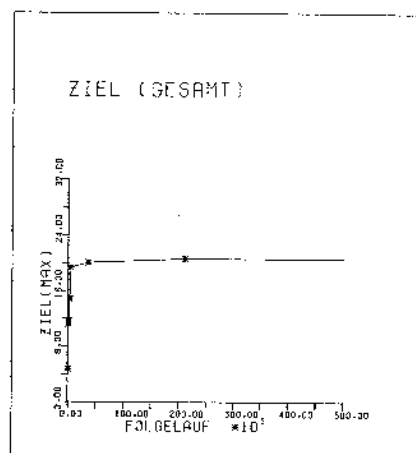
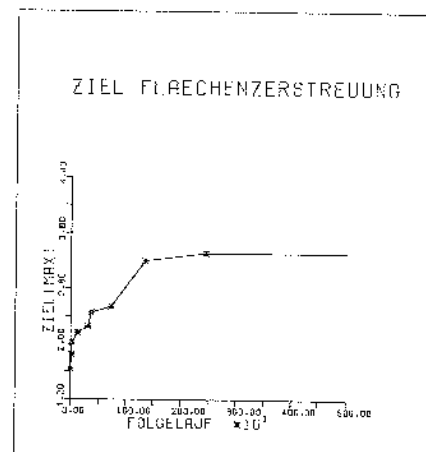
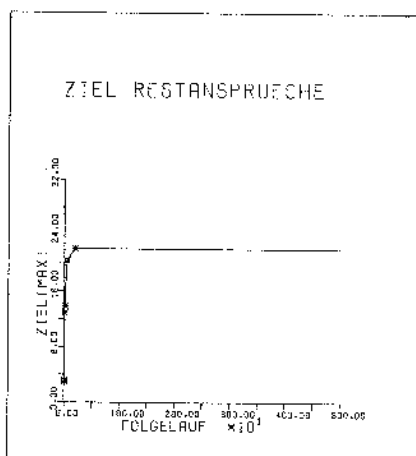
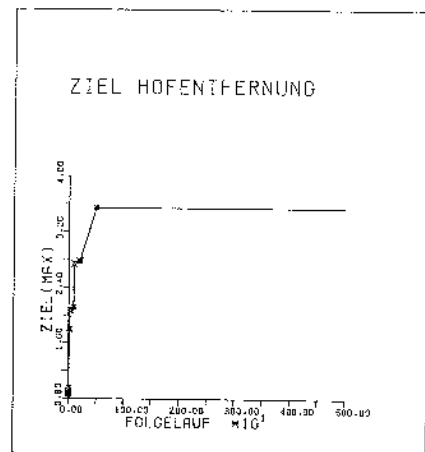
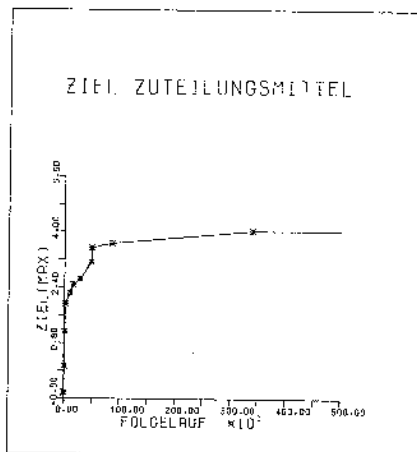


Abb. 24: Las-Vegas-Diagramme Jeinsen 5. 4.

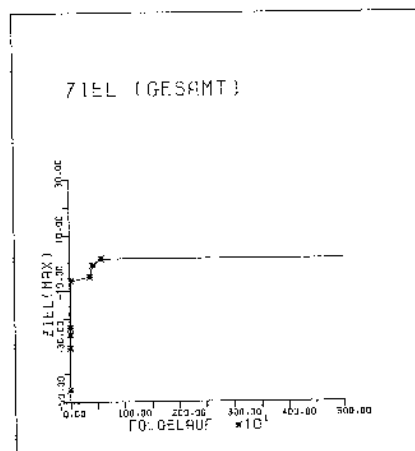
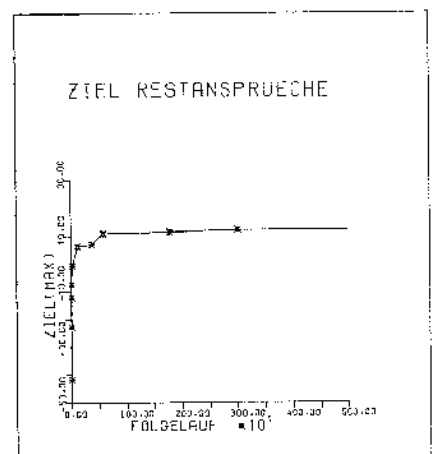
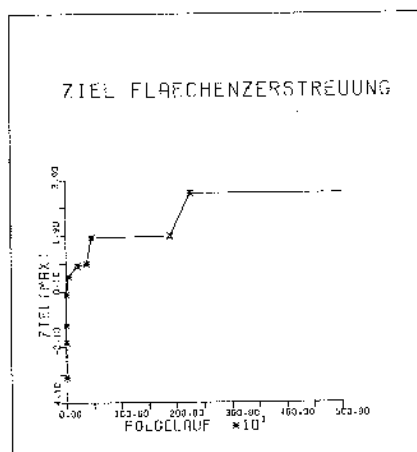
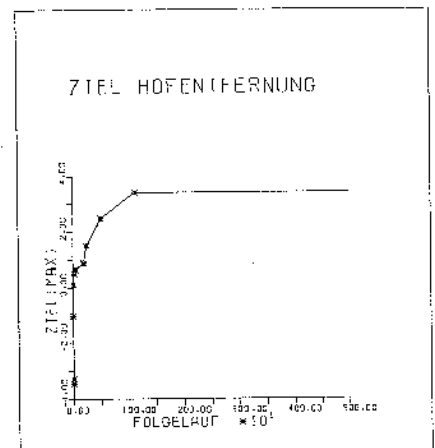
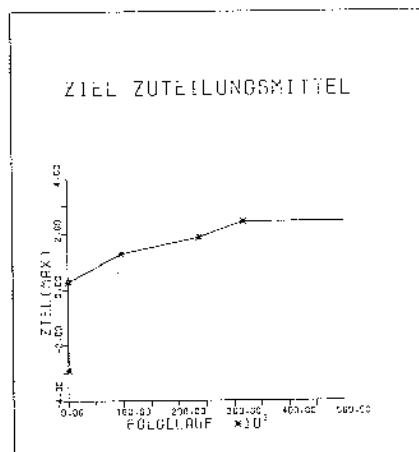


Abb. 25: Las-Vegas-Diagramme Jeinsen 23. 3.

kleinste Verbesserung, während das Ziel Zuteilungsmittel noch durchaus Steigerungsmöglichkeiten erkennen läßt. Diese Beobachtung erklärt sich aus der stark unterschiedlichen Verteilung gerade dieser beiden Detailziele, die anhand der Histogramme der Abbildung 20 deutlich wird. Während die Restansprüche deutlich eine rechtssteile Dichtekurve zeigen, ist bei den Zuteilungsmitteln eher eine linkssteile gegeben. Die Maximalwerte einer rechtssteilen Kurve sind „wahrscheinlicher“ als bei einer linkssteilen Kurve. Die Funktionen der Zielmaxima haben zum Teil beachtliche Sprünge, was bei einem Zufallsprozeß nicht verwundern darf.

Bemerkenswert scheint jedoch, daß auf einen größeren Gewinn an Effektivität in den Beispielen stets eine größere Versuchsanzahl mit geringem Effektivitätsgewinn folgt, es lassen sich also hier die statistischen Gesetze der großen Zahlen beobachten.

9.2 Diskussion der Zuteilungsentwürfe

9.2.1 Zerstreuung der Betriebszuteilungen

Die quantifizierten Zerstreuungen der Einzelzuteilungen der Beteiligten sind in 9.1.1 und 9.1.2 diskutiert worden. Diese rein formale Betrachtungsweise liefert jedoch zur Zeit kein brauchbares Beurteilungskriterium für die „Güte“ einer Flurbereinigung, da geeignete Vergleichszahlen aus der Praxis nicht vorliegen. Die Bewertung eines Zuteilungsprozesses muß sich deshalb allein an dem erhaltenen Zuteilungsentwurf vornehmen lassen. Es wurden deshalb je ein Plan der Verfahren Almhorst und Jeinsen dieser Arbeit als Anlage beigelegt.

Die Zahlen in den einzelnen Abfindungsflächen stellen die Ordnungsnummern der Beteiligten des Flurbereinigungsverfahrens dar. Die Zahl Null bedeutet, daß diese Fläche als Reservefläche für die Befriedigung übrig-gebliebener Ansprüche oder allgemeine Verwendung zur Verfügung steht, Flächen ohne Zahleneintrag sind bei der freien Zuteilung unberücksichtigt geblieben, da sie ganz oder teilweise ungeschätzt sind oder sich eine zwingende Bedingung für die Zuteilung ergeben hat, wie zum Beispiel bei Bauplätzen oder anderen Sondernutzungen.

Die Zerstreuung der einzelnen Betriebsflächen wird primär durch die Klassifizierung der Ansprüche bestimmt, wenn die Bewertungskriterien nur in bestimmten Lagen vorkommen, ist mit der Charakterisierung eines Anspruchs schon dessen Abfindungslage weitgehend determiniert. Eine wünschenswerte Abfindung in „Betriebsgebieten“ ist bei heterogenen Planungsmerkmalen kaum ohne Änderung einzelner Betriebsstrukturen möglich, diese kann jedoch nicht ohne Zustimmung der Beteiligten erfolgen.

Das konzipierte Programm soll einen ersten Zuteilungsentwurf erbringen, der vor dem Planwunschtermin erstellt werden kann. Dieser Plan sollte zunächst eine Änderung von Betriebsstrukturen nicht vorsehen und wird deshalb weniger großzügig ausfallen als ein in Verhandlungen entstandener Kompromiß.

Die im Zuteilungsentwurf ausgewiesenen Betriebsflächen können vom Planer im Einzelfall daraufhin überprüft werden, ob eine Änderung betrieblicher Faktoren bei verschiedenen Teilnehmern nicht vorteilhaft wäre. Diese Vorzüge darzustellen und auf eine gesamtwirtschaftlich günstige Lösung hinzuwirken, ist und wird Aufgabe des Planers bleiben, wobei der maschinelle Entwurf aber die Erfordernisse deutlich werden läßt.

9.2.2 Größe und Form der Einzelzuteilungen

Bei der in 5.2 und 5.3 definierten Zielfunktion wird eine maximale Durchschnittsgröße der Einzelzuteilungen angestrebt. Dabei ist ohne Einfluß, welchen Anteil eine bestimmte Fläche an der Betriebsgesamtläche hat. Kleine Flächen können durch geringe Klassenansprüche entstehen, besonders bei Kleinbetrieben, da hier ein Übertrag von Ansprüchen in eine andere Klasse die Betriebsstruktur schon relativ stark beeinflussen würde; auch bei großen Ansprüchen werden manchmal zugunsten der wertgleichen Abfindungen gemäß § 44 FlurbG kleine Flächen gebildet. Die Gesamtheit aller gebildeten Flächen scheint jedoch auch bei kritischer Betrachtung eine brauchbare Ausgangslösung für Verhandlungen darzustellen.

Die Form der gebildeten Flächen, wie man den Anlagen entnimmt, ist, bedingt durch das einfache parallele Abschneiden, keineswegs optimal. Das erhaltene Kartenbild scheint aber dennoch die Größe und Lage der einzelnen Zuteilungen gut wiederzugeben, deshalb ist auf eine detailliertere Abschnittsmethode verzichtet worden, da der maschinelle Zuteilungsentwurf nicht als Absteckungsplan verstanden werden sollte. Bei nicht vollständig konvexen Flächen, die gänzlich vermieden werden sollten durch Bildung neuer Blöcke, kann das Kartenbild Anlaß zur Kritik geben. Zu bemerken ist jedoch, daß durch einfaches Vertauschen verschiedener Abfindungsflächen innerhalb eines Blockes dieser Effekt im Einzelfall beseitigt werden kann, die durch den Wege- und Gewässerplan vorgegebene Blockform kann dadurch natürlich nicht beeinflußt werden. Im Rahmen der vorgegebenen äußeren Umrisse scheint auch die Form der Zuteilungen den Ansprüchen einer ersten Übersichtskarte zu genügen.

9.2.3 Restansprüche und deren Befriedigung

Im Kapitel 7.3 ist schon angesprochen worden, daß in der Regel durch das automatisch ablaufende Zuteilungsverfahren nicht alle Ansprüche innerhalb der gesetzten Grenzen befriedigt werden können. Das kann zum Beispiel durch das Fehlen genügend kleiner Blöcke bedingt sein, da im Programm die Unterteilung der Blocklänge nicht vorgesehen ist. Ein weiterer Grund kann die Unausgewogenheit einzelner Bewertungsklassen sein, da bei Anwendung relativer Toleranzen die großen Klassen die kleinen puffern, daß heißt, kleine Klassen werden bevorzugt im Interesse einer großzügigen Zusammenlegung den großen zugeschlagen. Aber auch die Umkehrung ist möglich, bei Überständen aus großen Anspruchsklassen, bedingt durch restlose Aufteilung eines Blockes, werden kleine über Gebühr vergrößert, so daß für später bearbeitete Ansprüche mit gleichen Wertmerkmalen zu wenig Fläche zur Verfügung steht.

Die erhaltenen Restansprüche bewegen sich in Almhorst um etwa 200 bis 3500 Punkte, was etwa einer Fläche von 3 bis 50 ha entsprechen kann. In Jeinsen betragen die Restansprüche etwa 1000 bis 8500 Punkte, was einer Fläche von rund 15 bis 100 ha entspricht. Die als Optimalzuteilungen ausgewiesenen Versuche haben nur Restansprüche von etwa 300 bzw. 1500 Punkten, da die Zielfunktion nach (37) auch die Minimierung der Restansprüche anstrebt. Es verbleiben also nur relativ kleine Überstände, die manuell zugeteilt werden müssen. Dafür stehen die in den Zuteilungsentwürfen mit der Nummer Null bezeichneten Flächen zur Verfügung. Meist kann durch das Unterteilen eines Blockes quer zur eingegebenen Blocklängsachse schon ein großer Teil der Restansprüche befriedigt werden. Die manuelle Zuteilung der überständigen Ansprüche scheint keinen unangemessen hohen Aufwand an Nacharbeit darzustellen.

10. Beurteilung der praktischen Einsatzfähigkeit des konzipierten Zuteilungsverfahrens

10.1 Anforderungen an die gerätetechnische Ausstattung und Einsatzkosten

Für die automatische Zuteilungsplanung ist das Vorhandensein eines leistungsfähigen Elektronenrechners unerlässlich. In der vorliegenden Form benötigt das in der Programmiersprache FORTRAN 4.4 bei weitgehender Anlehnung an ANSI-FORTRAN erstellte Zuteilungsprogramm etwa 3300-60-Bit-Worte für das Maschinenprogramm mit Einzelvariablen und etwa 40000 Worte Speicherplatz für die Abspeicherung größerer Datenfelder. Letzterer Platzbedarf kann auch durch Magnetplatten bei direktem Zugriff befriedigt werden, so daß prinzipiell sogar auf mittleren Rechenanlagen ein ähnliches Programm gerechnet werden kann. Das vorliegende Programm ist derzeit auf 600 freie Ansprüche, 100 frei zuzuteilende Blöcke und 150 im eigentlichen Zuteilungsprozeß integrierte Teilnehmer ausgelegt. Der Speicherplatzbedarf scheint deshalb selbst bei größeren Verfahren bei Einsatz kleinerer Rechner mit Plattenperipherie keine Einschränkung der Einsatzmöglichkeiten zu bedeuten.

Neben einem Rechner sollte für die graphische Ausgabe des Zuteilungsentwurfs ein Zeichenautomat zur Verfügung stehen. Hier ist mit Vorteil ein schneller Trommelplotter einzusetzen, da nicht auf höchste Strichqualität, wohl aber auf geringe Erstellungskosten Wert gelegt werden sollte. In dieser Arbeit wurden die Zuteilungsentwürfe im Interesse höchster Geschwindigkeit mit Kugelschreiber gezeichnet. Die Rechnungen im Rahmen dieser Arbeit wurden auf dem Rechner CYBER 76-12 der Firma Control Data beim Regionalen Rechenzentrum für Niedersachsen in Hannover durchgeführt. Das Rechnersystem wird im Multi-Programming-Betrieb eingesetzt. Der Zentralrechner CYBER 76-12 verfügt über einen Primärkernspeicher für Programm und Variable von 24576 Worten a' 60 Bits und einen Sekundärkernspeicher für ausgelagerte Programmteile oder Variable von 128000 Worten a' 60 Bits, wovon im bedienten Tagcsrechenbetrieb allerdings nur 65536 Worte pro Job in Anspruch genommen werden können. Die effektive Arbeitsgeschwindigkeit des Rechners liegt bei 12-15 Millionen Instruktionen pro Sekunde. Die erhaltenen Rechenzeiten betragen beim Verfahren Almhorst etwa 450 s für 2000 Versuche, beim Verfahren Jeinsen etwa 2700 s für 5000 Versuche. Die dementsprechenden Betriebskosten, die allerdings nur für diese spezielle Maschine charakteristisch sind, beliefen sich auf rund 240,— bzw. 1600,— DM.

10.2 Einsatzmöglichkeiten und Entwicklungsmöglichkeiten

Die im vorhergehenden Abschnitt wiedergegebenen Maßzahlen beziehen sich auf das Programm ZUTEI in der vorliegenden, gewachsenen Fassung. Durch eine grundlegende Neukonzeption lassen sich sicherlich die Rechenzeiten reduzieren, wenn auch eine gewisse Skepsis angebracht erscheint. Die Monte-Carlo-Methode wird immer bei größeren Verfahren sehr großen Rechenzeitbedarf haben. Die entscheidenden Rechenkosten lassen sich jedoch gering halten, wenn ein kleinerer Rechner mit niedrigen Betriebskosten eingesetzt wird.

Wie schon angedeutet läßt sich die Mehrzahl der Variablen gut auf externen Speichermedien ablegen.

Das Programm in der vorliegenden Fassung ist als Entwicklungsarbeit zu verstehen und bedarf für eine sinnvolle wirtschaftliche Nutzung einer gründlichen

Überarbeitung. Diese Arbeiten sollten aber nicht begonnen werden, bevor die intuitiv eingegebenen Kriterien an der Praxis abgestützt werden können. Für diese Phase der Grundlagenforschung scheint das entwickelte Programm vorerst zu genügen. Das Schwergewicht der weiteren Arbeiten bei Verfolgung des in dieser Arbeit eingeschlagenen Weges sollte zunächst in der Erarbeitung allgemein verbindlicher Toleranzen für die Bewertungsmerkmale liegen. Die Formulierung anderer Ziele scheint zum gegenwärtigen Zeitpunkt müßig, da die einzelnen Ansätze ohne verbindliches Restriktionensystem nicht objektiv verglichen werden können.

Bei Erfüllung der Forderung nach bindenden Toleranzen kann ein auf dem entworfenen Konzept basierendes Zuteilungsprogramm auf relativ einfache Weise den Einstieg in ein neues Flurbereinigungsverfahren erleichtern. Der Planer hätte vor Abhaltung des Planwuschtermins schon einen Überblick, welche Flächengrößen etwa in welcher Lage entstehen müssen und in welchem Gebiet die einzelnen Teilnehmer bevorzugt abgefunden werden sollten.

In weiterer Zukunft ist dann wohl auch an die Entwicklung eines vollintegrierten halbautomatischen Zuteilungsprozesses zu denken, dessen Ausgangslösung ein vollautomatischer Entwurf liefern könnte. Dieser wäre dann den Wünschen der Beteiligten entsprechend iterativ zu verändern.

11. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war, die vorliegenden ersten theoretischen Ansätze zum Einsatz der Optimierungsrechnung bei der Zuteilungsplanung auf ihre grundsätzliche praktische Eignung zu prüfen. Die erhaltenen Ergebnisse lassen diese Frage bejahen, wenn man im Augenblick von der Wirtschaftlichkeit einmal abieht, die durch eine Weiterentwicklung sicher gesteigert werden kann.

Ausgehend von der Fortentwicklung der Automationskette in der Flurbereinigung wird die Forderung nach einem praktikablen, automationsgerechten Zuteilungsverfahren immer dringender. Ausdruck dieser Notwendigkeit ist unter anderem die vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Auftrag gegebene Forschungsarbeit über die Automationsmöglichkeiten bei der Zuteilung (/20/).

Die Zielsetzungen einer Neuordnung des ländlichen Raumes, im Flurbereinigungsgesetz angelegt, werden mit Schwerpunkt erhöhter landwirtschaftlicher Produktivität als Ansatz einer Optimierungsrechnung benutzt. Die bekannten Standardverfahren der mathematischen Optimierung sind zur Zeit für die Lösung des bei der Zuteilungsplanung entstehenden Modells wegen zu hohen Speicherplatzanforderungen oder ersatzweise zu hohen Rechenkosten nicht zu benutzen. Die einsetzbare Monte-Carlo-Methode liefert zwar nicht notwendig das globale Optimum im Modell, die Fehler dürften aber den Abstraktionsfehler bei Aufstellung des Modells nicht überschreiten, so daß dieser Weg sinnvoll scheint.

Aufgrund der im Flurbereinigungsgesetz festgelegten gesetzlichen und den aus der Anschauung sinnvollen geometrischen Beschränkungen wurde ein System von Restriktionen für die Zuteilungsoptimierung zusammengestellt. Das Optimum ist bezüglich des Bewirtschaftungsaufwandes definiert. Ausgehend von den betriebswirtschaftlichen Untersuchungen von Rückmann (/39/) und Gindels (/14/) wurden drei Ziele definiert, die es zu maximieren gilt. Diese sind maximale Flächengröße der Einzelzuteilungen, minimale Zerstreuung der einzelnen Betriebszuteilungen untereinander und minimale Zerstreuung der Einzelabfindungen bezogen auf die

jeweilige Hofstelle. Die entstehenden Ziele werden mit Methoden der Statistik normiert und so einer fallunabhängigen gegenseitigen Gewichtung zugänglich. Die Zulässigkeit dieses Vorgehens ist durch statistische Tests an zwei Beispielen abgesichert. Für zwei Flurbereinigungsverfahren ist eine Zuteilungsplanung durchgeführt worden, unter der Voraussetzung, daß über die Wünsche der Beteiligten noch keinerlei Informationen vorliegen. Die erhaltenen Ergebnisse lassen eine grundsätzliche Eignung des Modells für die automatisierte Zuteilung erkennen. Der wirtschaftliche Einsatz ist momentan für große Verfahren noch nicht gesichert, zumal die Rationalisierungsgewinne bei der Weiterverarbeitung erst bei einem angepaßten Verfahrensablauf wirksam werden. Es erscheint aber sinnvoll, den eingeschlagenen Weg weiter zu verfolgen und dabei vor allem das Augenmerk auf neue Lösungsverfahren zu werfen und die einzusetzenden Toleranzen an den allgemeinen Gepflogenheiten abzustützen.

Literaturverzeichnis

- /1/ ABRAMOWITZ, M. and STEGUN, I. A.: Handbook of Mathematical Functions, New York 1970.
- /2/ ACKHOFF, R. und SASIENI, M.: Operations Research, Stuttgart 1970.
- /3/ Bayerisches Staatsminist. f. Ernährung, Landwirtschaft und Forsten: Automation in der bayerischen Flurbereinigung, Bericht aus der Flurbereinigung, Heft 21/1975.
- /4/ BATZ, E.: Zur Automatisierung des Verfahrensablaufs der Flurbereinigung in Hessen, Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung, 1974 S. 65ff.
- /5/ BUSLENKO, SCHREIDER: Die Monte-Carlo-Methode, Leipzig 1964.
- /6/ COLLATZ, L., WETTERLING, W.: Optimierungsaufgaben, Berlin 1967.
- /7/ COLLATZ, L., WETTERLING, W.: Numerische Methoden bei Optimierungsaufgaben, Berlin 1966.
- /8/ DANTZIG, G. B.: Programming in a linear structure, Washington 1948.
- /9/ FABIAN, V.: Statistische Methoden, Berlin 1968.
- /10/ FIG: Fachwörterbuch, Heft 14: Flurbereinigung, Wiesbaden 1971 (vorläufige Ausgabe).
- /11/ FUCHS, H. G.: Sicherung der Schätzwerte in der Flurbereinigung, ZfV 1966, 5 (S. 145 ff.).
- /12/ FUCHS, H. G.: Eine Fehleranalyse der Flurbereinigungsschätzung, AVN 1969, 9 und 10 (S. 386 ff. und S. 437 ff.).
- /13/ FUCHS, H. G.: Bodenschätzung und Flurbereinigung '74, AVN 1974, 3 (S. 91 ff.).
- /14/ GINDELE, E. A.: Die Bedeutung Agrarstruktureller Elemente für eine rationelle Arbeitsverteilung in der Feldwirtschaft, KTBL-Schrift 156 (1972).
- /15/ GORENFLO, R. und PACCO, M. G.: Einige Testmethoden für Zufallsgeneratoren, Garching 1966.
- /16/ HADLEY, G.: Nichtlineare und dynamische Programmierung, Würzburg-Wien 1969.
- /17/ HAHN, T.: Die Schätzungsmethoden der Flurbereinigung in den deutschen Ländern und im benachbarten Ausland, Stuttgart 1961.
- /18/ HIMMELBLAU, D. M.: Applied Nonlinear Programming, New York 1972.
- /19/ HUPFELD, W.: Ein Beispiel zur mathematischen Planungsrechnung, ZfV 1971, S. 61 ff.
- /20/ KLEMPERT, B.: Probleme und Methoden bei der Erarbeitung von Rechenprogrammen für die Erstellung des Zuteilungsentwurfs bei Flurbereinigungen, Hiltrup 1974.
- /21/ KOHLAS, J.: Monte-Carlo-Simulation im Operations Research, Heidelberg, Berlin, New York 1972.
- /22/ KÜNZI, H. P.: Abgekürzte Verfahren beim quadratischen Programmieren Unternehmensforschung (5) 1961, S. 144 ff.
- /23/ KÜNZI, H. P.: Zum heutigen Stand der nichtlinearen Optimierungstheorie Unternehmensforschung (12) 1968, S. 1 ff.
- /24/ KÜNZI, H. P., KRELLE, W.: Nichtlineare Programmierung, Berlin 1962.
- /25/ KÜNZI, H. P., KRELLE, W.: Einführung in die mathematische Optimierung.
- /26/ KÜNZI, H. P., TZSCHACH, H. G., ZEHNDER, C. A.: Numerische Methoden der mathematischen Optimierung, Stuttgart 1966.
- /27/ KÜNZI, H. P., TAN, S. T.: Lineare Optimierung großer Systeme, Berlin-Heidelberg · New York 1966.
- /28/ KÜNZI, H. P., MÜLLER, E., NIEVERGELT: Einführungskursus in die dynamische Programmierung (Lecture Notes in Operations Research and Mathematical Systems, Bd. 6) (1969).
- /29/ KÜNZI, H. P. und OETTLI, W.: Nichtlineare Optimierung. Neuere Verfahren, Bibliographie. (Lecture Notes in Operations Research and Mathematical Systems), Springer Bd. 16.
- /30/ LANG, E.: Der Einsatz der Automation in der Flurbereinigung, Hiltrup 1972. Schriftenreihe für Flurbereinigung, Heft 60.
- /31/ Minist. f. Landesplanung, Wohnungsbau und Öffentliche Arbeiten in NRW: Anweisung für das Verfahren bei den Fortführungsvermessungen in NRW. 1. Juli 1955 in der Fassung vom 1. Juli 1964.
- /32/ MOSHMAN, J.: Erzeugung von Zufallszahlen. In: Ralston, A., Wilf, H. S.: Mathematische Methoden für Digitalrechner II, München-Wien 1969.
- /33/ MÜLLER-MERBACH, H.: Operations Research, München 1973.
- /34/ NEMHAUSER, G. L.: Einführung in die Praxis der dynamischen Programmierung, München 1969.

- /35/ OSTHOFF, F.: Zur Genauigkeit der Bodenschätzung im Flurbereinigungsverfahren, ZfV 1959, 7 (S. 140 ff.).
- /36/ OSTHOFF, F.: Die Automatisierung vermessungstechnischer Arbeiten bei der Flurbereinigung, Hamburg 1961.
- /37/ PELZER, H.: Zur Berechnung optimaler Zuteilungspläne bei der Flurbereinigung, Vermessungstechnische Rundschau 1972, S. 345 ff.
- /38/ RANFT, J.: Fortran-Programmierung und Numerische Methoden für Naturwissenschaft und Technik, Leipzig 1972.
- /39/ RÜCKMANN, W.: Der Einfluß von Schlagentfernung und Größe auf den Arbeitsbedarf für landwirtschaftliche Kulturpflanzen. Diss. Giessen 1953.
- /40/ SACHS, L.: Angewandte Statistik, New York · Heidelberg-Berlin 1974.
- /41/ SASIENI-YASPAN- FRIEDMANN: Methoden und Probleme der Unternehmensforschung, Würzburg 1971.
- /42/ SCHRADER, B.: Ablaufplanung und mathematische Optimierung bei der Flurbereinigung, Vermessungstechnische Rundschau 1971, S. 419 ff.
- /43/ SOOM, E.: Einführung in die lineare Programmierung, „Technische Rundschau“, Bern 1970.
- /44/ SUCHOWITZKI, AWDEJEWA: Lineare und konvexe Programmierung, München-Wien 1969.
- /45/ VARGA, J.: Praktische Optimierung, München 1974.
- /46/ WEBER, H. H.: Dynamische Programmierung, Frankfurt am Main 1974.
- /47/ WENTZEL, J. S.: Elemente der dynamischen Programmierung, München 1966.

In dieser Arbeit ist auf das Flurbereinigungsgesetz (FlurbG) vom 14. Juli 1953 Bezug genommen (vgl. BGBl. I S. 591 ff.).

Verwandte Abkürzungen:

- AVN Allgemeine Vermessungsnachrichten
- BGBI Bundesgesetzblatt
- KTBL Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
- ZfV Zeitschrift für Vermessungswesen.

Verzeichnis der erschienenen Hefte der Schriftenreihe für Flurbereinigung

- Heft 1: ROHM/WINTERWERBER: Die Vorplanung der Flurbereinigung und Aussiedlung in der Gemarkung Heddingen; 1952, 51 S. Verlag Eugen Ulmer, Ludwigsburg. Z. Z. vergriffen.
- Heft 2: POHL/LIEBER: Die landwirtschaftliche Gestaltung in der Flurbereinigung (Der Landschaftspflegeplan für den Dümmer); 1953, 68 S. Landbuch-Verlag GmbH, Hannover. Z. Z. vergriffen.
- Heft 3: STEINDL: Die Flurbereinigung und ihr Verhältnis zur Kulturlandschaft in Mittelfranken; 1954, 64 S. Verlag Erich Schmidt, Berlin/Bielefeld. Z. Z. vergriffen.
- Heft 4: HEINRICHS: Die Vorplanung für die Flurbereinigung; 1954, 152 S. Verlag Eugen Ulmer, Ludwigsburg. Z. Z. vergriffen.
- Heft 5: PANTHER/STEUER/HAHN/ROTHKEGEL: Vorträge über Flurbereinigung, gehalten auf dem 38. Deutschen Geodätentag in Karlsruhe; 1954, 47 S. Verlag Konrad Wittwer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 6: WELLING: Flurzersplitterung und Flurbereinigung im nördlichen und westlichen Europa; 1955, 81 S. Verlag Eugen Ulmer, Ludwigsburg. Z. Z. vergriffen.
- Heft 7: SCHIRMER/BRUCKLACHER: Luftphotogrammetrische Vermessung der Flurbereinigung Bergen; 1955, 118 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 8: EIS: Probleme und Auswirkung der Flurbereinigung im Zusammenhang mit dem Wiederaufbau reblausverseuchter Weinberggemarkungen, untersucht an einer vor 15 Jahren bereinigten Gemeinde an der Nahe; 1955, 157 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 9: JUNG: Untersuchungen über den Einfluß der Bodencrosion auf die Erträge in hängigem Gelände; 1956, 45 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 10: KLEMPERT: Befestigte landwirtschaftliche Wege in der Flurbereinigung als Mittel zur Rationalisierung der Landwirtschaft; 1956, 65 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 11: OSTHOFF: Die älteren Flurbereinigungen im Rheinland und die Notwendigkeit von Zweitbereinigungen; 1956, 64 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 8,50.
- Heft 12: STEGMANN: Die Verwendung des Lochkartenverfahrens bei der Flurbereinigung; 1957, 32 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 13: HETZEL: Die Flurbereinigung in Italien; 1957, 53 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 14: LÜTTMER: Bodenschutz in der Flurbereinigung; 1957, 50 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 10,—.
- Heft 15: PRIEBE: Wirtschaftliche Auswirkungen von Maßnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur im Rahmen der Flurbereinigung; 1957, 96 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 16: STEUER/BOHTE: Gutachten zu einer Neuordnung des ländlichen Raums durch Flurbereinigung; 1957, 160 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 17: SCHULER: Untersuchungen über verbundene Flurbereinigungs- und Aussiedlungsverfahren in Baden-Württemberg (Betriebswirtschaftliche Auswirkungen); 1957, 115 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 18: NECKERMANN/BERGMANN: Die Wiederaufsplitterung nach der Flurbereinigung in Unterfranken; 1958, 72 S. Verlag Erich Schmidt, Berlin/Bielefeld. Z. Z. vergriffen.
- Heft 19: NAURATH: Die Aussiedlung im Flurbereinigungsverfahren; 1958, 104 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 20: SEUSTER: Die Beanspruchung landwirtschaftlicher Wirtschaftswege im Hinblick auf eine steigende Mechanisierung der Landwirtschaft; 1958, 116 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 21: BRAACH: Landwirtschaft und Bevölkerung des Siegerlandes unter den Einflüssen industrieller und landeskultureller Wirkkräfte; 1958, 119 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 22: OLSCHOWY: Landschaftspflege und Flurbereinigung; 1959, 132 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

- Heft 23: REISEN: Auswirkungen der Flurbereinigung und Aussiedlung auf die Frauenarbeit im bäuerlichen Familienbetrieb; 1959, 99 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 24: REISSIG: Integralmelioration von Geestrandmooren, dargestellt am Beispiel der Flurbereinigung Harkebrügge, Krs. Cloppenburg. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 25: HAHN: Bewertungsgrundsätze und Schätzungsmethoden in der Flurbereinigung und deren Folgemaßnahmen; 1960, 222 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 26: KERSTING: Die Anwendung der Luftbildmessung in der Flurbereinigung; 1959, 93 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 27: JANETZKWSKI: Auswirkungen der Flurbereinigung und Wirtschaftsberatung in der Gemeinde Schafheim; 1960, 138 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 28: RÖHM: Agrarplanung als Grundlage der Flurbereinigung und anderer landwirtschaftlicher Strukturverbesserungen in städtisch-industriellen Ballungsräumen; 1960, 208 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 29: OPPERMANN: Wirtschaftliche Auswirkungen von Maßnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur im Rahmen der Flurbereinigung nach Untersuchungen in acht Dörfern (Weiterführung des Heftes 15); 1960, 72 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 30: HAHN: Die Flurbereinigung von Waldflächen; 1960, 96 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 31: ROHMER/STEINMETZ: Bodenerhaltung in der Flurbereinigung; 1960, 48 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 32: SEUSTER: Anforderungen des landwirtschaftlichen Betriebes an die Anlage und den Ausbau des Wirtschaftswegenetzes; 1961, 107 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 33: MEIMBERG/RING/SCHÜNKE/RÜHMANN/WAMSER: Die wirtschaftlichen Grenzen der mechanisierten Bodennutzung am Hang und ihre Bedeutung für eine Bewertung hängiger Grundstücke in der Flurbereinigung; 1962, 95 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 34: HAHN: Die Schätzungsmethoden der Flurbereinigung in den deutschen Ländern und im benachbarten Ausland; 1961, 67 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 35: DENKS u. a.: Die Entwicklung der Vorplanung in der Praxis der Flurbereinigung; 1962, 74 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 36: FEUERSTEIN: Untersuchungen über Gemeinschaftsobjektanlagen in Baden-Württemberg; 1964, 112 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 37: KLEMPERT: Die Wirtschaftswege. Beiträge über ihre Anlage und Befestigung; 1964, 87 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 38: VIESER: Aufgaben der Flurbereinigung bei der Neuordnung des ländlichen Raumes; 1964, 58 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 39: GUMMERT/WERSCHNITZKY: Wirtschaftliche Auswirkungen von Maßnahmen zur Verbesserung der Agrarstruktur; 1964, 159 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 40: NIESMANN: Untersuchungen über Bodenerosion und Bodenerhaltung in Verbindung mit Flurbereinigung; 1966, 80 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 41: DRECHSEL: Die Flurbereinigung im Raum Nürnberg-Fürth; 1966, 44 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 42: OSTHOFF: Flurbereinigung und Dorferneuerung; 1967, 49 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 6,—.
- Heft 43: SCHICKE/BATZ: Koordinierung der Flurbereinigung mit anderen Planungen zur Neuordnung des ländlichen Raumes; 1967, 103 S. Landschriften-Verlag, Berlin-Bonn. Z. Z. vergriffen.
- Heft 44: STEUER u. a.: Die Mitwirkung nichtbehördlicher Stellen bei Flurbereinigung und beschleunigter Zusammenlegung; 1967, 80 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). DM 6,—.
- Heft 45: QUADFLIEG: Die Teilnehmergemeinschaft nach dem Flurbereinigungsverfahren; 1967, 67 S. Verlag Eugen Ulmer. Z. Z. vergriffen.

- Heft 46: TOROK: Die Linearplanung in der Vorplanung der Flurbereinigung; 1967, 130 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 46: MIKUS: Die Auswirkungen der Agrarplanung nach 1945 auf die Agrar- und Siedlungsstruktur des Raumes Westfalen; 1967, 76 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 48: SCHNEIDER u. a.: Die Entwicklung des ländlichen Raumes als Aufgabe der Raumordnungs- und regionalen Strukturpolitik; 1967, 78 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.
- Heft 49: HAGE u. a.: Beispiele der Zusammenarbeit landwirtschaftlicher Betriebe in der Veredelungsproduktion, ihre rechtlichen und steuerlichen Probleme; 1968, 98 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt GmbH, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 50: MEIMBERG: Die Bewertung hängiger Grundstücke bei der Flurbereinigung; 1968, 124 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 6,50.
- Heft 51: FEITER: Die betriebswirtschaftlichen Auswirkungen der Flurbereinigung auf die Landwirtschaft der Gemeinde Mutscheid und zukünftige Entwicklungsmöglichkeiten von Voll- und Nebenerwerbsbetrieben; 1969, 200 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 13,50.
- Heft 52: FISCHER: Die ländliche Nahbereichsplanung; 1969, 219 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 53: KLEMPERT: Standard-Wegebefestigungen in Marsch, Moor und Geest; 1970, 80 S. Landschriften-Verlag GmbH, Berlin-Bonn. Z. Z. vergriffen.
- Heft 54: HIDDEMANN: Die Planfeststellung im Flurbereinigungsgesetz; 1970, 79 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 7,50.
- Heft 55: KROES: Der Beitrag der Flurbereinigung zur regionalen Entwicklung: Sozialökonomische Auswirkungen, Kosten, Konsequenzen; 1971, 165 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 14,50.
- Heft 56: HOTTES/NIGGEMANN: Flurbereinigung als Ordnungsaufgabe; 1971, 73 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 57: SCHWEDE: Entwicklungsziele der in der Bundesrepublik Deutschland mit der Verbesserung der Agrarstruktur befaßten Behörden und Institutionen im Vergleich mit der Organisation im benachbarten Ausland unter besonderer Berücksichtigung der Flurbereinigung; 1971, 238 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 18,—.
- Heft 58: MOSER: Haltbarkeit, Unterhaltung und Wirtschaftlichkeit von Wegebefestigungen — Untersuchungen an Wegebefestigungen in Flurbereinigungsverfahren; 1971, 140 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). Z. Z. vergriffen.
- Heft 59: KALINKE/STUMM/PROLLOCHS: Kosten der Weinbergsflurbereinigung und Auswirkungen dieser auf Arbeitszeitbedarf und Kosten der Bewirtschaftung; 1972, 61 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 9,50.
- Heft 60: LANG: Der Einsatz der Automation in der Flurbereinigung; 1972, 79 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 8,50.
- Heft 61: HOTTES/TEUBERT/von KURTEN: Die Flurbereinigung als Instrument aktiver Landschaftspflege; 1974, 92 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 13,—.
- Heft 62: KLEMPERT: Probleme und Methoden bei der Erarbeitung von Rechenprogrammen für die Erstellung des Zuteilungsentwurfs bei Flurbereinigungen; 1974, 221 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 32,—.
- Heft 63: BLUMEL/RONELLENFITSCH: Die Planfeststellung in der Flurbereinigung / Rechtsgutachten; 1975, 98 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 11,—.
- Heft 64: HOTTES/BECKER/NIGGEMANN: Flurbereinigung als Instrument der Siedlungsneuordnung; 1975, 130 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Hiltrup (Westf.). DM 25,—.
- Heft 65: KROPFF: Ein Optimierungsansatz zur Automatisierung von Zuteilungsplänen in der Flurbereinigung; 1977, 80 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup. DM 18,50.

Verzeichnis der erschienenen Sonderhefte der Schriftenreihe für Flurbereinigung

Die Flurbereinigung in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland.

Jahresbericht 1956, 36; 1957, 40; 1958, 63; 1959, 75; 1960, 85; 1961, 96; 1962, 102. Daco-Verlag, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

PABSCH: Vorplanung Rotenhain; 1956, 34 S. Erich Schmidt Verlag, Berlin. Z. Z. vergriffen.

SCHUMACHER: Flurbereinigung Bühl; 1957, 18 S. Erich Schmidt Verlag, Berlin. Z. Z. vergriffen.

ACKERMANN u. a.: Das beschleunigte Zusammenlegungsverfahren von Eckersweiler, Kreis Birkenfeld/Nahe; 1957, 23 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.

BOHTE: Strukturverbesserung im Bauernbetrieb (I. Auflage); 1957, 35 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

BOHTE: Strukturverbesserung im Bauernbetrieb (II. Auflage); 1958, 51 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

Flurbereinigung. Ein Bericht über das erste europäische Seminar für Flurbereinigung (Wiesbaden 1955); 1957, 96 S. Daco-Verlag, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

STEUER/ENSTIPP: Die Aussiedlung in der Flurbereinigung und die bauliche Gestaltung der Aussiedlungshöfe (I. Auflage); 1957, 24 S. Daco-Verlag, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

STEUER/ENSTIPP/SPRENGEL: Die Aussiedlung in der Flurbereinigung und die bauliche Gestaltung der Aussiedlungshöfe (II. Auflage); 1959, 51 S. Daco-Verlag, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

Flurbereinigung. Beispiele aus der Arbeit des Landes Nordrhein-Westfalen; 1959, 12 S. Druckerei Götzky, Bonn. Z. Z. vergriffen.

KUSTERS: Das Schrifttum über Flurbereinigung; 1959, 62 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

TREUDE: Die Bedeutung der Flurbereinigung für die wirtschaftliche Gesundung der Gemeinden; 1959, 16 S. Druckerei Götzky, Bonn. Z. Z. vergriffen.

THELLMANN: Die Aufwuchsbewertung im Weinbau und ihre Bedeutung für die Flurbereinigung; 1961, 46 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.

Flurbereinigung und Verbesserung der Zugangswege in den Weinbaugebieten der Bundesrepublik Deutschland; 1962, 91 S. Kleins Druck- und Verlagsanstalt, Lengerich (Westf.). Z. Z. vergriffen.

BOHTE: Landwirtschaft und Flurbereinigung; 1963, 56 S. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. Z. Z. vergriffen.

WEINZIERL: Raumordnende Flurbereinigungsmaßnahmen in Fremdenverkehrsgemeinden; 1970, 80 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, 4400 Münster-Hiltrup. DM 6,50

KOHLER: Flurbereinigung und Dorferneuerung (Stebbach); 1971, 158 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, 4400 Münster-Hiltrup. DM 13,—

Neuordnung des ländlichen Raumes durch Flurbereinigung (Der Wege- und Gewässerplan); 1972, 42 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, 4400 Münster-Hiltrup. Z. Z. vergriffen.

Flurbereinigung und Wiederaufbau in den Weinbergen. Druck: Landesamt für Flurbereinigung und Siedlung Baden-Württemberg. 7. Auflage, 1975, 19.

SCHAFER/LANGE: Funktionsmodelle ländlicher Gemeinden; 1973, 115 S.

AVA — Arbeitsgemeinschaft zur Verbesserung der Agrarstruktur in Hessen e. V., 62 Wiesbaden.

HAHR: Agrarstrukturelle Vorplanung; 1974, 66 S.

Analysen, Methoden, Ergebnisse in Nordrhein-Westfalen als Grundlagen für eine bundeseinheitliche Konzeption. Landwirtschaftsverlag GmbH, 4400 Münster-Hiltrup. Z. Z. vergriffen.

Flurbereinigung und Landespflege; 1974, 21 S.

Landwirtschaftsverlag GmbH, 4400 Münster-Hiltrup. Z. Z. vergriffen.

HEINRICHS: Die Neuordnung des ländlichen Raumes durch Flurbereinigung; 1975, 123 S. Landwirtschaftsverlag GmbH, 4400 Münster-Hiltrup. Z. Z. vergriffen.

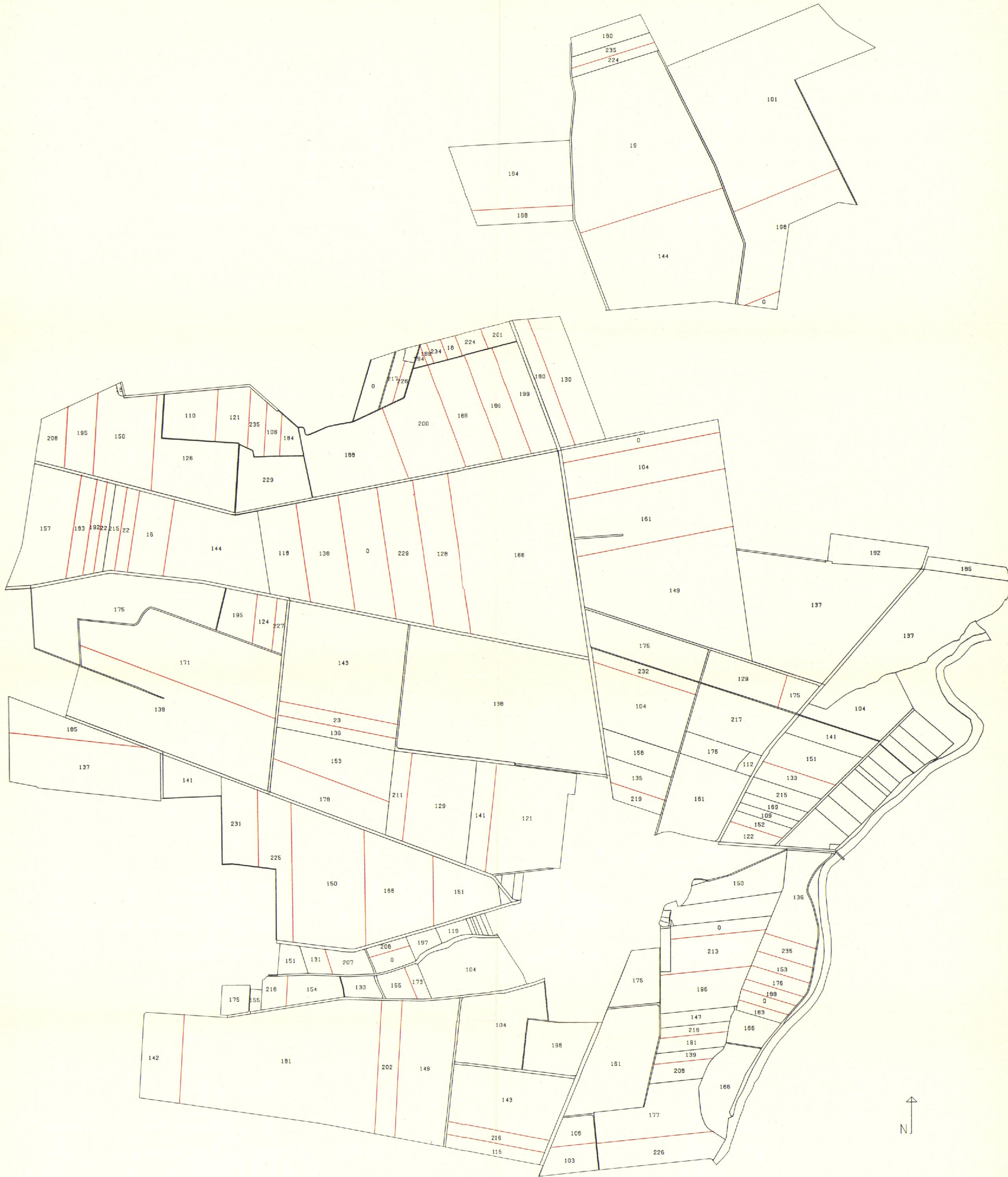
Arbeitstagung der Flurbereinigungsrichter 1975; 1970, 31 S.

Landwirtschaftsverlag GmbH, 4400 Münster-Hiltrup. Z. Z. vergriffen.

Das neue Flurbereinigungsgesetz; 1976, 136 S.

Landwirtschaftsverlag GmbH, 4400 Münster-Hiltrup.

DM 18,50



ANLAGE 2 ZUTEILUNGSPLAN
 BZV JEINSEN 0-NR. HANNOVER 187
 MASSTAB

0 500 M