

**Zeitschrift:** Mensuration, photogrammétrie, génie rural  
**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) =  
Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF))  
**Band:** 72-M (1974)  
**Heft:** 12  
  
**Artikel:** Vom Einsatz der Photogrammetrie im Berggebiet : Versuch Alp Flix  
**Autor:** Conzett, R. / Gfeller, P. / Griesel, H.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-227111>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 17.05.2025

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

# Vom Einsatz der Photogrammetrie im Berggebiet

(Versuch Alp Flix)

R. Conzett, P. Gfeller, H. Griesel, S. Heggli

## Zielsetzung

Das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich hat im Jahre 1972 gemeinsam mit weiteren interessierten Stellen eine Versuchsarbeit in die Wege geleitet, die neue Erfahrungen beim Einsatz der Photogrammetrie im Berggebiet vermitteln sollte. Im wesentlichen ging es um die Methoden der photogrammetrischen Verdichtung des Triangulationsnetzes 4. Ordnung – unabhängige Modelle oder Bündelmethode –, um die praktische Erprobung entsprechender Computerprogramme, um die photogrammetrische Grenzpunktbestimmung, die terrestrische Lückenergänzung, die Nachführung und um den Einsatz von Orthophotos als Ergänzung oder Ersatz für die Grundbuchpläne. Gleichzeitig sollte die Arbeit auch dazu dienen, die Diplomanden der Abteilung für Kulturtechnik und Vermessung in die Probleme der modernen Photogrammetrie einzuführen.

## Teilnehmer

An dieser Arbeit wirkten außerhalb des Institutes mit: das Meliorations- und Vermessungsamt des Kantons Graubünden (Herr Griesel), die Swissair Photo und Vermessungen AG (Herr Gfeller) und ein freierwerbender Ingenieur-Geometer (Herr Berger); an den Orthophotoproblemen beteiligten sich auch das Kartographische Institut der ETH Zürich (Prof. Spiess) und die Firma Wild AG, Heerbrugg (Herr Bormann). Es sei vorweggenommen, daß die Orthophotoveruche noch nicht abgeschlossen sind; darüber wird später berichtet. Die Eidgenössische Vermessungsdirektion übernahm den Vermessungsflug und die Photoarbeiten im Rahmen des Operates «Photogrammetrische Parzellarvermessung Sur».

## Beschreibung des Projektes

Das Testgebiet umfaßt ein Rechteck von  $2 \times 3$  km auf dem Territorium der Gemeinde Sur im bündnerischen Oberhalbstein (Abb. 1). Topographisch gliedert es sich in einen steilen Hang und in eine flache Terrasse. Die untere südwestliche Begrenzung verläuft längs der Talstraße; der tiefste Punkt liegt auf etwa 1400 m ü. M. Im unteren Teil des Hanges, in offenem, stark parzelliertem Wiesland, liegt das Dorf Sur. Der oberste Abschnitt des steilen Hanges ist bewaldet. Dahinter, auf etwa 1950 m Höhe, liegt die weite, offene Terrasse der Alp Flix. Auch diese alte Walsersiedlung ist zum Teil stark parzelliert. Am oberen Gebietsrand geht der flache Boden wieder in einen steilen Hang über.

Die Aufgabe ist nicht nur vermessungstechnisch interessant; es zeigt sich hier die ganze Entwicklungsproblematik der Berggebiete: touristische Erschließung mit zukünftigem Baugebiet, Bewirtschaftungsfragen, Landschaftsschutz. Darauf kann hier allerdings nicht eingegangen werden.

## Punktversicherung, Signalisierung

Im Bereich des Aufnahmegebietes standen 27 Triangulationspunkte 3. und 4. Ordnung zur Verfügung; innerhalb des Gebietes wurden 104 sogenannte Basispunkte als Verdichtungspunkte eingeschaltet, die der Lückenergänzung und der Nachführung dienen. Für die Parzellarvermessung wurden zusätzlich rund 4000 Grenzpunkte mit Kunststoffmarken vermarkt und gleichzeitig mit Plastiktafeln  $30 \times 30$  cm signalisiert. Fast alle Basispunkte wurden in gewachsenem Fels oder in Kunstbauten durch Bohrlöcher versichert und  $30 \times 30$  cm mit weißer Dispersionsfarbe gestrichen; bei hellem Untergrund wurde ein 10 cm breiter, heliogenblauer Rahmen gemalt.

## Flug

Es wurden 6 Linien mit 60% Längs- und 60% Querüberdeckung geflogen (Abb. 2 und 3). Die Flughöhen liegen zwischen 2800 und 3050 m ü. M. Mit der Wild-Kammer RC 8 ( $f = 152$  cm) ergaben sich mittlere Bildmaßstäbe von etwa  $1 : 7000$ .

Leider trat beim ersten Flug im August 1972 an der Kamera eine Transportstörung auf. Die Wiederholung konnte erst im September erfolgen, wobei eine Signalisierungsrevision leider nur noch sehr begrenzt möglich war. Bei diesem zweiten Flug wurde die Wild-Kammer RC10 UAg eingesetzt. Aus zeitlichen Erwägungen wurden für die Identifizierung Vergrößerungen des ersten Fluges verwendet; hingegen wurden die Bilder des zweiten Fluges ausgewertet; die Auswertung wurde dadurch sehr erschwert.

## Allgemeine Bemerkungen zu den Auswertungen

Die soeben genannten Mängel und weitere Unzulänglichkeiten bei der Disposition der Arbeiten führten dazu, daß die numerischen Ergebnisse des Versuches mit einigen Vorbehalten zu beurteilen sind. Deshalb wird hier – entgegen der früheren Absicht, einen ausführlichen wissenschaftlichen Bericht über die Resultate zu verfassen – nur kurz auf einige Schlußfolgerungen hingewiesen, die für weitere, ähnliche Arbeiten interessieren könnten.

## Paßpunktbestimmung

Die Triangulationspunkte 3. und 4. Ordnung nebst 5 zusätzlichen Paßpunkten (Abb. 2 und 3) wurden vom Diplomkurs der ETHZ durch eine vollständig neue Triangulation, mit Einsatz elektronischer Distanzmessung, bestimmt. Der m. F. dieser Punkte, die nach Helmert ins vorhandene Netz transformiert wurden, liegt bei  $\pm 1$  cm für die Lagekoordinaten und  $\pm 1$  cm für die Höhe.

Zur Überprüfung der photogrammetrisch zu bestimmenden 104 Basispunkte wurden auch diese durch den Kurs terrestrisch gemessen. Auch diese Koordinaten haben dieselben

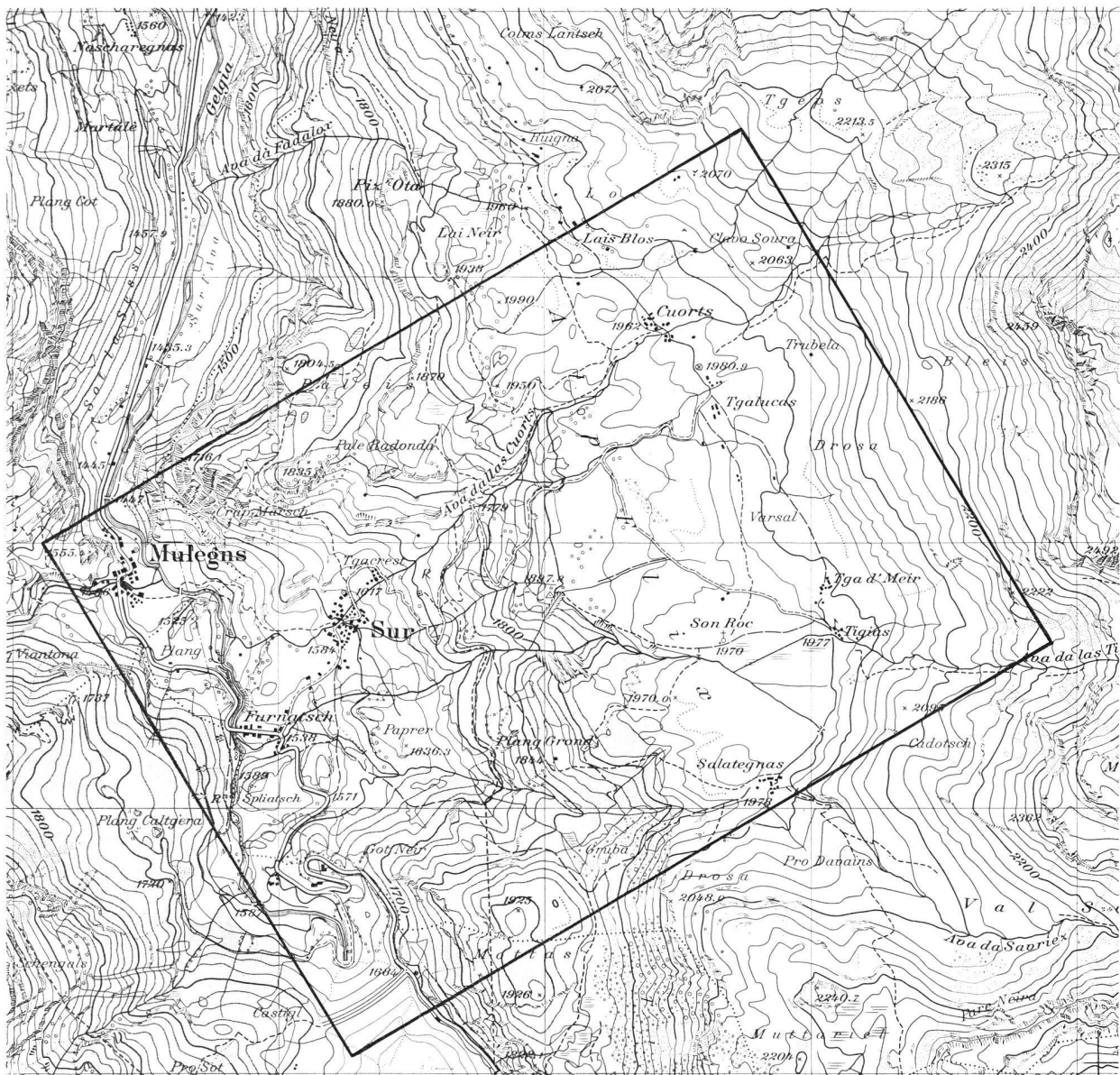


Abb. 1 Ausschnitt aus der Landeskarte 1:25000, Blatt 1256 (reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie)

mittleren Fehler wie die Triangulationspunkte. Man darf somit davon ausgehen, daß für den photogrammetrischen Test die Vergleichspunkte praktisch fehlerlos sind.

#### Auswertung unabhängiger Modelle durch Swissair Photo und Vermessungen AG

Ausgewertet wurde an einem Wild A 7, wo die einzelnen Modelle relativ orientiert und die Basispunkte, alle Grenzpunkte für die Parzellarvermessung Sur sowie die Projektionszentren und spezielle Verknüpfungspunkte registriert wurden. Man bemängelt die Qualität der Diapositive, aber auch die Signalisierung und die Identifizierung. Ungefähr 40% aller Grenzpunkte wurden doppelt oder mehrfach registriert. Die Auswerteleistung war stark von der Signalisierung, insbesondere der Paßpunkte, abhängig. Sie schwankte zwischen 20 und 60 Punkten pro Stunde.

Wegen der Identifizierungsschwierigkeiten in den Paßpunkten waren auf dem Computer ungewöhnlich viele Rechenschritte nötig, bis alle groben Fehler eliminiert waren.

Als Genauigkeit für die Basispunkte ergab sich aus dem Vergleich mit den wahren Werten

$$m_{xy} = \pm 5,6 \text{ cm} \quad m_H = \pm 13,2 \text{ cm}$$

#### Auswertung Bündelmethode durch ETHZ

Der Block wurde am Institut für Geodäsie + Photogrammetrie von dipl. Ing. S. Heggli nach der Bündelmethode ausgewertet.

Die Beobachtungen erfolgten am Stereokomparator Wild STK-1 und waren auf das Bündelprogramm von Dr. T. Schenk abgestimmt. Auch hier wird die Qualität der Diapositive kritisiert; Kontrastaussgleich wäre wünschbar; auch werden mindestens für die Paßpunkte Hinweisstreifen gefordert. Die Meßdauer pro Modell war wegen der Identifizierungsschwierigkeiten sehr unterschiedlich. Sie betrug minimal 1<sup>h</sup> 05<sup>m</sup>, maximal 2<sup>h</sup> 05<sup>m</sup> bei etwa 50 Punkten pro Modell (Doppelmessung für Paßpunkte, Modellverknüpfungspunkte und Rahmenmarken). Grenzpunkte wurden keine ausgewertet. Es wurden total 28 Modelle stereoskopisch gemessen.

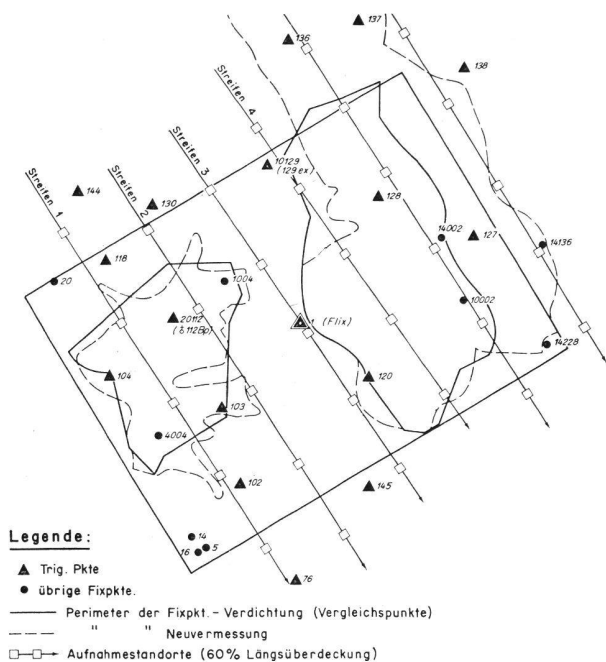


Abb. 2 Paßpunktverteilung Swissair Photo und Vermessungen AG, Zürich (Methode der unabhängigen Modelle)

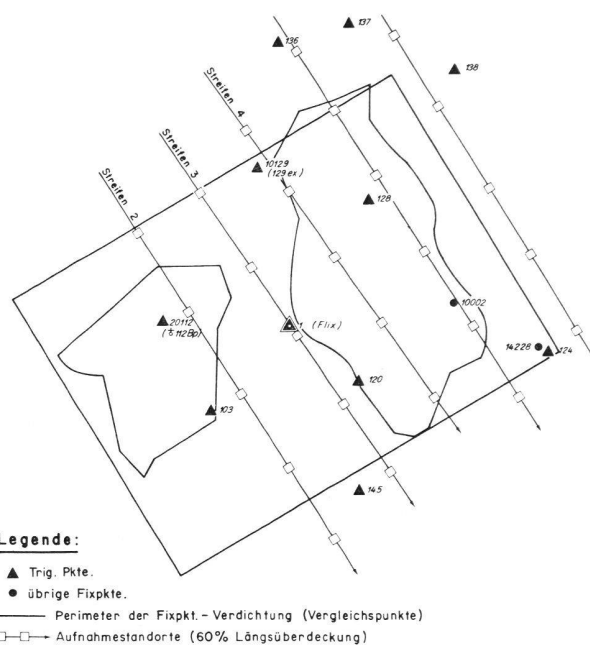


Abb. 3 Paßpunktverteilung ETH (Bündelprogramm)

Der Block enthielt schließlich 14 Paßpunkte, 68 Basispunkte und 81 Modellverknüpfungspunkte. Eine vollständige Übereinstimmung mit den Paßpunkten der Swissair-Auswertung konnte nicht erreicht werden.

Aus der Berechnung ergab sich folgendes:

- Mittlerer Fehler der Gewichtseinheit (eine Beobachtung einer Koordinate im Bild aus der Ausgleichung):  $\sigma_0 = 5,6 \mu\text{m}$ .
- Mittlerer Fehler einer Lagekoordinate eines Punktes aus dem Vergleich mit den «wahren» Werten gerechnet:  $m_{xy} = \pm 4 \text{ cm}$ .
- Mittlerer Fehler der Höhe eines Punktes aus den «wahren» Werten gerechnet:  $m_H = \pm 6,2 \text{ cm}$  ( $= 0,05\%$  der Flughöhe über Grund).

Es hat sich gezeigt, daß die mit dem Punktübertragungsgerät Wild PUG 4 markierten 42 Modellverknüpfungspunkte eindeutig größere mittlere Fehler aufweisen als die signalisierten Punkte. Der mittlere Fehler an einer Bildkoordinate beträgt bei markierten Punkten  $9,8 \mu\text{m}$ , bei signalisierten Punkten  $4,7 \mu\text{m}$ .

### Unterschiede der beiden Verfahren

Wieweit die Genauigkeitsunterschiede zwischen den Methoden signifikant sind, läßt sich am Versuch deshalb nicht ermitteln, weil nach übereinstimmender Auffassung der Auswerter bei der Swissair und an der ETH die Bildqualität und die Identifizierung nicht der Norm entsprechen.

Es wird darauf hingewiesen, daß die Methode der unabhängigen Modelle gut justierte Autographen voraussetzt, weil sonst die Modellkoordinaten beträchtliche systematische Fehler erhalten.

### Terrestrische Lückenergänzung

Mit den Diplomanden wurden im Dorfkern Sur mit dem Doppelbildtachymeter Kern DK-RT und auf der Alp Flix

mit dem elektronischen Tachymeter Wild Di10 die Lücken terrestrisch ergänzt. In beiden Fällen erprobte man die Methode der freien Stationierung, wobei als Stützpunkte Basispunkte zu verwenden waren. Dabei wurden die Koordinaten zum Teil mit Hilfe von Funkverbindungen im Feld ermittelt. Der Vorteil dieser direkten Berechnung liegt darin, daß bei konsequenter Doppelaufnahme alle Meßfehler sofort entdeckt werden, was in abgelegenen Gebieten kostspielige Nachmessungen erspart. Es wurde eine Hewlett-Packard HP9810 mit Programmen der ETH eingesetzt. Das Verfahren hat sich in jeder Beziehung bewährt.

### Vermarkung mit Kunststoffmarken

Unter der Leitung eines Ingenieur-Geometers stellten die Grundeigentümer die Grenzen selber fest und trieben sofort die Kunststoffmarken mit Locheisen in den Boden ein. Als Vermarkungskrokis dienten zehnfache Vergrößerungen von Luftaufnahmen 1:30000 der Eidgenössischen Landestopographie. Obmänner, angeleitet vom Geometer, zeichneten in diesen Krokis fortlaufend die ungefähre Lage der Grenzpunkte ein.

Im Laufe von zwei Monaten setzten 40 ortsansässige Eigentümer 4000 Marken. Die übrigen 140 Eigentümer ließen sich vertreten. Verwendet wurden 40 cm lange Marken ohne Spreizanker. Marken mit Spreizanker standen damals nicht zur Diskussion.

Die Material- und Transportkosten für 4180 PVC-Marken und 160 Bolzen betragen Fr. 4.60 pro Punkt. Dazu kommen Fr. 2.96 pro Punkt für die Vorarbeiten, die Leitung und die Kontrolle der Vermarkungsarbeiten durch den Ingenieur-Geometer und Fr. 1.52 für die Entschädigung der Obmänner. So entstanden Verpflockungs- und Vermarkungskosten von Fr. 9.08 pro Punkt.

Bei einer Parzellierung von 1,1 Parzellen pro Hektare und einer mittleren Neigung von 30% hätte die Taxation Verpflockungs- und Vermarkungskosten von mehr als Fr. 60.–

pro Grenzstein ergeben. Die Arbeit hätte mindestens zwei Jahre in Anspruch genommen.

Das Meliorations- und Vermessungsamt Graubünden hat zwei Jahre nach der Vermarkung 527 Punkte überprüft. 476 Punkte = 90,3% waren fest; bei 83 Punkten fehlte der Abschlußknopf.

29 Punkte = 5,5% sind von Anfang an in sehr steinigem Boden schief eingeschlagen worden.

16 Punkte = 3,0% waren entfernt.

6 Punkte = 1,2% waren am Kopf beschädigt.

Grenzmarken, deren Abschlußknopf fehlt oder deren Kopf beschädigt ist, sind als Grenzpunkte weiterhin unmißverständlich erkennbar und ebenso haltbar wie die vollständigen Marken. Es ist ferner höchstens ein Schönheitsfehler, wenn die Marken schief stehen. Nur Punkte, deren Kopf zu weit vorstand, weil sie wegen steinigem oder felsigem Untergrund nicht tief genug eingeschlagen worden waren, sind ausgerissen worden. Am vorstehenden Kopf können der Schneepflug oder die Mähmaschine einhängen. Im moorigen Boden hätte man längere Marken mit Spreizanker verwenden sollen.

Die Grundeigentümer sind über das Verfahren und die Grenzpunktversicherung sehr befriedigt. Sie wissen, daß

fehlende Punkte nötigenfalls vom Fachmann einwandfrei rekonstruiert werden können.

### Orthophotos

Das Gebiet der Alp Flix ist stark parzelliert, hat aber sehr wenig Situationselemente. Man kann sich vorstellen, daß es äußerst schwierig sein dürfte, sich im Gelände mit einem Grundbuchplan 1:2000 über den Verlauf der Grenzen zu orientieren. Deshalb soll hier geprüft werden, wieweit Orthophotos als Unterlage eines transparenten Planes, der die Grenzen enthält, nicht bessere Dienste leisten. Dabei sind Reproduktions-, Nachführungs- und Wirtschaftlichkeitsfragen zu prüfen. Wie erwähnt, sind darüber ebenfalls Versuche im Gange.

### Abschließende Bemerkungen

Wenn auch die ursprüngliche, wissenschaftliche Zielsetzung nicht erreicht wurde, hat der Versuch doch eine Reihe praktischer Erfahrungen vermittelt. Nicht alle sind neu: daß der Bildflug und die damit verbundenen Risiken, die das Unternehmen und nicht der Verursacher zu tragen hat, eines der wesentlichsten Probleme der praktischen Photogrammetrie sein dürfte, wurde bestätigt.

## Contribution théorique à l'étude du déclenchement des irrigations\*

F. Benhsain

### Résumé

Pour l'alimentation en eau des cultures dans de bonnes conditions, il faut préciser les moments propices, c'est-à-dire les valeurs des limites (d'humidité critique  $H_c$  et la capacité de rétention maximum  $H_r$ ) d'humidité d'un sol favorables pour le déclenchement et l'arrêt des irrigations.

Si à l'instant  $t = 0$ , on considère la réserve d'eau dans un sol égale à la capacité utilisable  $U$ , cette réserve diminue jusqu'à une réserve  $R(t)$  à un instant  $t$ . Cette diminution due aux consommations  $DP(t)$  des cultures, définit les lois de dessèchement traitées par:

$$U - R(t) = DP(t) \text{ et } \frac{U}{R(t)} = e^{\frac{DP(t)}{U}}$$

Ces lois de dessèchement permettent d'établir des relations entre la variation  $\Delta H_o$  ( $\Delta H_o = H_{or} - H_o$ ,  $H_o$  étant l'humidité du sol à l'instant  $t$ ) d'une parcelle témoin pour le déclenchement, et les variations  $\Delta H_i$  ( $\Delta H_i = H_{ri} - H_i$ ,  $H_i$  étant l'humidité à l'instant  $t$ ) des parcelles d'une micro-région d'un périmètre d'irrigation, suivant différentes situations pédologiques, culturales et les dates de dernier arrosage.

Procédant à partir de la parcelle témoin pour le déclenchement des irrigations, lorsque  $\Delta H_o$  atteint la valeur critique  $\Delta H_{oc}$  ( $\Delta H_{oc} = H_{or} - H_{oc}$ ), nous pouvons déterminer les moments opportuns des arrosages des autres parcelles en comparant les  $\Delta H_i$  (calculées en fonction de  $\Delta H_o$ ) et les  $\Delta H_{ci}$  définies à partir de  $H_{ri}$  et  $H_{ci}$ . Ce procédé est réalisable grâce à la classification des parcelles suivant leurs situations pédologiques, culturales et les dates de dernier arrosage, classification facilitée par l'application de la théorie des ensembles.

### Zusammenfassung

Um die Bewässerung von Kulturpflanzen unter optimalen Bedingungen durchzuführen, müssen die dafür günstigen Zeitpunkte festgelegt werden, das heißt, es müssen die für die Auslösung und Unterbrechung der Wasserzufuhr günstigen Grenzwerte der Bodenfeuchtigkeit bestimmt werden (kritischer Wassergehalt  $H_c$  und maximale Aufnahmekapazität  $H_r$ ).

Es sei zu einem bestimmten Zeitpunkt  $t = 0$  der vorhandene Wasservorrat in einem Boden gleich der nutzbaren Wassermenge  $U$ . Dieser Vorrat reduziert sich bis zum Zeitpunkt  $t$  auf einen Vorrat  $R(t)$ . Diese durch den Wasserverbrauch  $DP(t)$  der Pflanzen bedingte Abnahme gehorcht den Austrocknungsgesetzen, die sich folgendermaßen formulieren lassen:

$$U - R(t) = DP(t) \text{ und } \frac{U}{R(t)} = e^{\frac{DP(t)}{U}}$$

Diese Gesetzmäßigkeit ermöglicht es, unter Berücksichtigung der verschiedenen Verhältnisse betreffend Bodenqualität, Kulturart und Datum der letzten Bewässerung Beziehungen herzuleiten zwischen der Differenz  $\Delta H_o$  ( $\Delta H_o = H_{or} - H_o$ , wobei  $H_o$  die Bodenfeuchtigkeit zur Zeit  $t$  bedeutet) einer für die Auslösung der Bewässerung maßgebenden Versuchsparcelle einerseits und der Differenz  $\Delta H_i$  ( $\Delta H_i = H_{ri} - H_i$ , wobei  $H_i$  gleich der Feuchtigkeit zur Zeit  $t$  ist) der Grundstücke eines Sektors des Bewässerungsperimeters andererseits.

Wenn in der Versuchsparcelle die Größe  $\Delta H_o$  den kritischen Wert  $\Delta H_{oc}$  erreicht ( $\Delta H_{oc} = H_{or} - H_{oc}$ ), ist es möglich, die für die Bewässerung der übrigen Parzellen zweckmäßigen Zeitpunkte zu bestimmen, indem die  $\Delta H_i$  (als Funktion von  $\Delta H_o$ ) und die  $\Delta H_{ci}$  miteinander verglichen werden, wobei  $\Delta H_i$  und  $\Delta H_{ci}$  von  $H_{ri}$  beziehungsweise  $H_{ci}$  hergeleitet werden. Dieses Verfahren ist dank der Klassifizierung der Parzellen nach Gesichtspunkten der Bodenkunde, Kulturart und Datum der letzten Bewässerung möglich, wobei diese Klassifizierung durch die Anwendung der Mengenlehre bedeutend erleichtert wird.

\* Extrait de la thèse présentée à l'EPFL en juin 1974.