Wissenschaftliche Luftbild-Interpretation : ein methodischer Versuch

Autor(en): **Hagen, Toni**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Geographica Helvetica : schweizerische Zeitschrift für Geographie = Swiss journal of geography = revue suisse de géographie = rivista svizzera di geografia**

Band (Jahr): **5 (1950)**

PDF erstellt am: **02.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-34983

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

WISSENSCHAFTLICHE LUFTBILD-INTERPRETATION

Ein methodischer Versuch

Von Toni Hagen, Zürich

Mit 125 Textfiguren und 19 Anaglyphentafeln

VORWORT

Die folgende Abhandlung unterzieht die wissenschaftliche Luftbild-Interpretation einer methodischen Erörterung und wird vor allem ihre Zusammenhänge mit der geographischen oder landschaftskundlichen Forschung darstellen. Anlaß hierzu waren ausgedehnte eigene Arbeiten und mehrjährige Erfahrungen mit Studenten in Kursen für Photogeologie an der Eidgenössischen Technischen Hochschule. Im Zusammenhang damit wurde naturgemäß auch die bereits sehr umfangreiche Literatur herangezogen. In geographischen Arbeiten namentlich der Schweiz dienten Luftbilder bisher hauptsächlich als vorzügliches Anschauungsmittel. Der folgende Aufsatz soll aber zeigen, daß an Senkrechtaufnahmen auch geforscht werden kann, und zwar unter besonderer Berücksichtigung der Stereoskopie.

Die Arbeit gliedert sich in drei Teile. Im ersten, allgemeinen Kapitel werden Zweck und Methodik der Luftbild-Interpretation betrachtet, während der zweite, spezielle Teil Auswertungen enthält. Die Beispiele betreffen Landschaften sehr verschiedenen Charakters (Karstgebiet, tropisches Regenwaldgebiet, Tafelberglandschaft von Südafrika, schweizerische Molasselandschaft und Jura). Das letzte Kapitel geht kurz auf die Eigenschaften und auf den Gebrauch der Luftbilder ein und verweist auf das in der Eidgenössischen Landestopographie archivierte reichhaltige Bildmaterial, womit einem Bedürfnis aller Geographen entsprochen werden dürfte.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, all den Helfern und Förderern dieser Arbeit zu danken. In erster Linie seien meine ehemaligen Lehrer, die Herren Professoren F. Baeschlin, F. Kobold, R. Staub und A. Jeannet genannt. Sie haben großes Interesse für die Luftbild-Interpretation bekundet und sind mir immer mit Rat und Tat beigestanden. Auch den Herren Prof. H. Gutersohn und E. Imhof bin ich für ihre Unterstützung großen Dank schuldig. An jungen Helfern sind zu erwähnen: cand. geol. Matthias Zimmermann, Christoph Keretz und Hans Heierle, welche Teile der Juraauswertungen, namentlich die photogeologischen Belange, erstellt haben. Großen Dank schulde ich auch der Eidgenössischen Landestopographie und der Eidgenössischen Vermessungsdirektion, die mir jederzeit bereitwillig ihr reiches Bildermaterial zur Verfügung gestellt haben. Speziell seien genannt die Herren Direktor K. Schneider, Direktor H. Härry, M. de Rämy, M. Brenneisen, M. Vuille und W. Bräm.

Die Finanzierung dieser Arbeit, besonders der Anaglyphen, wurde ermöglicht durch Beiträge folgender Institutionen und Gönner:

1. Fonds zur Förderung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete des Vermessungs- und Kartenwesens (Kuratorium: der Präsident des Schweiz. Schulrates Prof. Dr. H. Pallmann, Prof. F. Kobold und Prof. Dr. h. c. E. Imhof);
2. Albert-Barth-Fonds der ETH;
3. Herr Ing. L. Wyrsch von der Schweizerischen Lichtbildanstalt;
4. Firma Conzett & Huber, die für diese Arbeit ein spezielles Entgegenkommen gezeigt hat.

All den Genannten, vor allem dem Präsidenten des Schweizerischen Schulrates, Herrn Prof. Dr. H. Pallmann, sei hiemit der verbindlichste Dank ausgesprochen. Ganz spezieller Dank gebührt Herrn Pd. Dr. E. Winkler, dem Redaktor der «Geographica Helvetica». Durch seine anregenden Diskussionen und durch seine speditive Art hat er wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Zürich, im Juli 1950. Der Verfasser

1. ZWECK UND METHODIK DER LUFTBILD-INTERPRETATION

1.1 HISTORISCHES

Um einen Einblick in die aktuelle Situation der Luftbild-Interpretation zu geben, erscheint ein Rückblick auf die Geschichte ähnlicher Bestrebungen zweckmäßig. Die Anfänge der photographischen Aufnahme aus der Luft reichen weit zurück. Bereits im Österreichisch-Italienischen Krieg 1859 und im Amerikanischen Bürgerkrieg 1861—1865 wurden Aufnahmen der feindlichen Stellungen vom Ballon aus hergestellt (EWALD, 1920). Im Jahre 1898 machte sodann auch ALBERT HEIM anläßlich seiner Ballonfahrt mit der «Wega» Luftaufnahmen und war überrascht vom neuartigen Anblick der Erdoberfläche aus der Vogelschau. Der große Aufschwung der Fliegerbildaufnahme setzte aber erst im Weltkrieg 1914—1918 ein. Im damaligen Stellungskrieg war es nicht mehr möglich, mittels Augenerkundung während des raschen Überfliegens die einzelnen Befestigungen durch Einskizzieren in Karten festzulegen. Die photographische Aufnahme trat hier notwendigerweise als Ersatz hinzu.

Schon EWALD (1920) erkannte die Möglichkeiten der Verwendung von Fliegerbildern auch für friedliche Zwecke. Er unterstrich ihre Überlegenheit gegenüber Karten beispielsweise für Aufnahmen im Wattenmeer, bei der Festlegung wechselnder Zustände, zur Gewinnung geographischer Charakterbilder, für Heimatkunde und Siedlungswesen, für wissenschaftliche Zwecke und schließlich zur Lösung vermessungstechnischer und kartographischer Aufgaben. Die stereoskopische Betrachtung kann die Möglichkeiten des Luftbildes nach EWALD sehr erweitern. Auch für den Unterricht empfiehlt EWALD das Fliegerbild, aber lediglich als Demonstrations- nicht als Forschungsmittel. In die gleiche Zeit fallen die Begründung der Photogeologie durch General BROOKS (1920), der als Chefgeologe der amerikanischen Armee in Frankreich tätig war sowie deutsche Arbeiten aus dem Nahen Osten (RANGE, 1922).

Zwischen den beiden Weltkriegen hat die Verwendung der Luftbilder für friedliche Zwecke einen gewaltigen Aufschwung genommen. Es seien nur einige wenige Arbeiten genannt: Holztaxationen in großen Gebieten von Kanada mittels Schrägaufnahmen; forst- und agrarwirtschaftliche Aufnahmen in Rhodesien und Burma, Landesplanung im Tennessee Valley in den USA (HUDSON, 1936); archäologische Forschungen in England (CRAWFORD, 1938) und in Syrien (POIDEBARD, 1924) usw. In erdkundlicher Hinsicht ist die Luftbildforschung eng mit dem Namen von C. TROLL (1939, 1943) verbunden. Vom Standpunkt des Kartographen wurde die Luftbildforschung von E. IMHOF (1950) behandelt.

Am konsequentesten wurden die Luftbilder wohl von den großen Erdölgesellschaften benützt, woraus sich denn auch seit etwa 1920 eine spezielle Art der geologischen Erkundung und Kartierung, nämlich die Photogeologie, herauskristallisiert hat. Bahnbrechende praktische Arbeiten auf diesem Gebiet hat die Bataafsche Petroleum Maatschappij in den Jahren 1935—1937 in Neuguinea geleistet. In der Schweiz verbindet sich der Begriff Photogeologie vor allem mit dem Namen von R. HELBLING in Flums, der besonders auf dem Gebiete photogeologischer Kartierungsmethoden Pionierarbeit geleistet hat.

Der geschichtliche Abriß der Luftbildforschung wäre unvollständig, wenn nicht auch die Pioniere der eleganten Methode der Photogrammetrie genannt würden: PULVRICH, SCHEIMPFLUG, von OREL (welcher im Jahre 1908 den ersten Stereo-Autographen konstruiert hat, der bei Zeiß im Jahre 1914 gebaut worden ist), von GRUBER, FINSTERWALDER, WILD.

Die Entwicklung der Luftbildarbeit steht heute in den verschiedenen Ländern auf ungleichen Stufen (z. B. Amerika—Schweiz). Ihre Bedeutung für die Interpretation und Feldarbeit ist aber unbestritten. Hinsichtlich der meßtechnischen Auswertung gehen die Urteile etwas auseinander, indem das Ausland die schnellen, dafür aber weniger genauen Methoden vorzieht (Einbildphotogrammetrie, Photomosaiks, Spiegelstereoskop, Multiplex), während in der Schweiz dank der photogeologischen Arbeit von R. HELBLING und der Aufnahmen der Eidgenössischen Landestopographie die exakten stereophotogrammetrischen Methoden auf hohe Stufe gebracht worden sind.

Die historische Skizze läßt erkennen, daß der Aufschwung der Luftbildarbeit den Praktikern zu verdanken ist (Erdölgeologie, Bergbau, Forstwirtschaft, Landesplanung). Daraus resultieren gewisse Nachteile zweckgebundener Einseitigkeit, welche auch in der Literatur und in den Lehrplänen der Hochschulen zum Ausdruck kommen. Beispielsweise sind mehrere amerikanische Lehrbücher über Photogeologie erschienen, die eine Menge von Luftbildern mit sehr interessanten geologischen, hydrologischen, bodenkundlichen Details usw. zeigen. Hingegen empfinden wir das Fehlen von zusammenhängenden Interpretationen in diesen Werken, von Synthesen zu wissenschaftlicher Landschaftsbeschreibung, als Mangel. (In der amerikanischen Literatur wird häufig die gesamte Luftbild-Interpretation in dem Begriff «Photogeologie» zusammengefaßt.) Bei praktischen Aufgaben hat jede Fachrichtung die Luftbilder nur für ihre speziellen Zwecke interpretiert; selten wurde versucht, eine umfassende Beschreibung der Landschaft zu geben. Letztere ist für den Wissenschaftler eine besonders reizvolle Tätigkeit, da das Luftbild in einzigartiger Weise gestattet, die Gesamtheit der Einflüsse der verschiedensten Faktoren auf die Landschaft und das Werden der Landschaften zu studieren. Eine Luftbild-Interpretation dieser Art schafft eine Verbindung zwischen den verschiedensten Zweigen der Wissenschaften. Sie führt den Forscher vom Spezialistentum zurück zu einem Denken auf breiterer Grundlage, und sie regt die Spezialisten an, sich zu «Teams» zu vereinigen. Treffliche Arbeiten zeigen,

daß die Geographie als Wissenschaft, besonders landschaftskundlich, bedeutend mehr aus den Luftbildern schöpfen kann als irgendeine andere wissenschaftliche Fachrichtung. Die wissenschaftliche Luftbild-Interpretation identifiziert sich somit bis zu einem gewissen Sinne geradezu mit moderner Geographie. Ihre Aufgaben seien daher nachstehend kurz skizziert.

1.2 WOZU LUFTBILD-INTERPRETATION?

Wesen und Zweck der Luftbild-Interpretation lassen sich gut am Beispiel der geographischen Wissenschaft erläutern.

Die Aufgaben der Geographie haben im Laufe der Zeit wie die jeder Wissenschaft Wandlungen durchgemacht, und auch heute ist die Begriffs- und Theorienbildung im Flusse. Indessen zeigt sich immer schärfer die Hinwendung zum Studium der vom Menschen gestalteten Kulturlandschaft.

Auch die Methoden der Geographie haben Wandlungen durchgemacht. Anfänglich stand die Großgliederung der Landschaften, d. h. die deduktive Arbeitsweise, im Vordergrund. Später wurde diese durch die induktive, d. h. durch die Detailuntersuchung von Regionen im Feld ergänzt, wobei die Geographen sich eng an die naturwissenschaftlichen Arbeitsmethoden anlehnten. Deren Wesen besteht bekanntlich darin, daß primär am Einzelobjekt, und zwar in der Regel analytisch geforscht wird und daß erst darauf gestützt die Gewinnung von Gesetzen (Physik) oder großräumigen Gliederungen (Geologie) erfolgt. Diese sogenannte «Mikrogeographie» führte aber ebenfalls zu Unzulänglichkeiten, indem oft der Blick fürs Ganze, namentlich größerer Gebietseinheiten, verlorenging. Auch jeder kartierende Geologe kennt die Schwierigkeiten der induktiven Forschungsmethode: trotz großen Zeitaufwandes ist es oft sehr schwierig, die Unmenge von Detailuntersuchungen zusammenfassend und klar kartenmäßig zu einer Gesamterkenntnis zu gestalten. Noch so viele Detailprofile, Dünnschliffe und Fossilien machen noch keine geologische Karte, d. h. noch keine geologische beziehungsweise genetische Gliederung des erdgeschichtlichen Geschehens aus. Aber man war eben diesbezüglich ausschließlich auf eine Synthese der Felduntersuchungen angewiesen. Noch so scharfsinnige Überlegungen und großräumige Gliederungen waren indes zum Scheitern verurteilt, wenn ihnen nicht in der Natur beobachtetes Tatsachenmaterial zugrunde lag. Ein Fortschritt der Arbeitsmethodik wurde jedoch erst durch das Luftbild ermöglicht; denn es gestattet, sowohl große Räume mit einem Blick zu erfassen, vorgängig der Feldarbeit Gesetzmäßigkeiten zu erkennen, wie auch die Detailerkenntnis anzuregen. Analoges gilt für die Geographie. Das Luftbild ist somit für diese das Forschungsmittel, das gestattet, mittels des großzügigen Überblicks primär Deduktionen durchzuführen und dadurch die nachfolgenden Induktionen, d. h. die detaillierten Felduntersuchungen, entscheidend zu fundieren und auch zu rationalisieren. Geographische Arbeit an Fliegerbildern kann — analog der Photogeologie — mit Photogeographie bezeichnet werden. Es sei hier betont, daß die Photogeographie nicht Ersatz für die bisherige Geographie sein kann, sondern eine Ergänzung und ein Hilfsmittel, eine rationelle Untersuchungs- und Aufnahmemethode neben andern ist. Sie ersetzt die Feldarbeit des Geographen keineswegs, so wenig wie die Photogeologie den Hammer oder das Mikroskop des Geologen, das Fliegerbild das Bohrgerät des Kulturingenieurs oder den Spaten des Archäologen ersetzen kann.

1.3 LUFTBILD UND KARTE

Die geographische Forschung oder Landschaftskunde verwendet als ein Hauptmittel die Karte. Karten sind Abstrahierungen bestimmter Geländeabschnitte von verschiedenen Gesichtspunkten aus und haben die Aufgabe, bestimmte Daten darzustellen. Solche Daten können entweder im Feld erhoben (z. B. topographische oder geologische Karten) oder aus statistischen Unterlagen zusammengetragen werden (z. B. wirtschaftsgeographische Karten). Es lassen sich auch aus bestehenden Karten einzelne

Daten herausnehmen und zwecks Übersichten und Vergleichen in einer neuen Karte darstellen (z. B. Entnahme des Gewässer- oder Verkehrsnetzes aus normalen topographischen Karten).

Es erhebt sich nun die Frage, welche Bedeutung dem Luftbild im Rahmen der Hilfsmittel der Geographie zukommt, speziell ob Luftbilder geographische Karten ergänzen oder ersetzen können. Vielerorts herrscht die Meinung, Luftbilder seien vorallem wertvoll, wenn sie einen großen Bildmaßstab aufweisen; sie hätten dann fast die Bedeutung von großmaßstäblichen Karten oder Plänen. Dem ist entgegenzuhalten, daß auch diese nur eine beschränkte Zahl geographischer Daten (welche konventionell festgelegt sind und durch oft nicht maßstäbliche Signaturen ausgedrückt werden) wiedergeben. Das Luftbild hingegen zeigt (namentlich bei stereoskopischer Betrachtung) das Modell der Landschaft selbst. Noch mehr, es zeigt neben der kartographischen Übersicht auch die Aufsicht, ja sogar die Durchsicht. Erfahrungsgemäß hat sich für die landschaftskundliche Interpretation ein Bildmaßstab von zirka 1 : 20000 bis 1 : 50000 als zweckmäßig erwiesen. Bei größeren Maßstäben ist die pro Bild überdeckte Fläche gering, so daß die Übersicht mangelhaft wird, und bei kleinen Maßstäben entsteht ein fühlbarer Verlust an identifizierbaren Details. Bei einem Maßstab von 1 : 50000 können beispielsweise Siedlung und Parzellierung noch gut erkannt werden (vgl. Anaglyphen vom Jura).

Wissenschaftliche Luftbild-Interpretation führt immer zu graphischen Darstellungen. (Der Großteil der beiliegenden Auswertungen und Figuren sind geographische Karten.) Luftbilder können daher geographische Karten (Karte im Sinne eines Endprodukts der Forschung) keinesfalls ersetzen, wie z. B. topographische, geologische, geobotanische Karten usw. Wohl sollen dagegen Luftbilder mehr als bisher an Stelle solcher geographischer Karten verwendet werden, welche nur Mittel zum Zweck sind. Wenn beispielsweise mehrere Blätter des Siegfriedatlas dazu benutzt werden, das Gewässernetz durchzupausen, so dient der Siegfriedatlas als Mittel zum Zweck, und das Durchpausen ist keine wissenschaftliche Arbeit. Wird hingegen das Gewässernetz Stereobildern entnommen, so wird der Interpret diese Arbeit unter Anspannung des Geistes ausführen, und sofern er sich dazu genügend Zeit nimmt, wird er bei dieser einen Arbeit schon ein gutes Bild der Landschaft gewinnen können. Er merkt beispielsweise, daß das Gewässernetz der geologischen Struktur entspricht, daß die Siedlungen mehrheitlich an der einen Seite des Tales liegen (Südexposition); er sieht alte Flußschlingen (an der Vegetation); ferner ist es ihm infolge der Überhöhung der Stereobilder ein leichtes, Alluvilalebenen gegenüber dem Hügelgebiet auszuscheiden.

Desgleichen besteht ein wesentlicher Unterschied in der Erlangung wissenschaftlicher Erkenntnisse, z. B. bei der Herstellung von Landnutzungskarten: Bei bloßem Durchpausen von Wald, Weide und intensive genutztem Land aus bestehenden topographischen Karten ist in landschaftskundlicher Hinsicht (wobei Landschaft gemäß WINKLER [1946] als Korrelationseffekt von Litho-, Hydro-, Atmo- und Biosphäre definiert ist), nicht viel gewonnen. Der einzige erkennbare Korrelationseffekt ist derjenige zwischen Relief und Landnutzung; sogar der lithosphärisch bedingte Effekt wird nur zum kleinsten Teil erfaßt. Soll der ganze Einfluß der Lithosphäre berücksichtigt werden, so muß auch die geologische Karte beigezogen werden. Aber auch unter Verwendung aller möglichen Spezialkarten bleibt diese Art landschaftskundlicher Forschung nur ein Zusammentragen der Resultate anderer Arbeiten. Beim Luftbild dagegen ist unmittelbare Forschung am Modell des Objekts möglich, wobei vielerlei für die Landschaftskunde wenig Wichtiges automatisch wegfällt. So ist beispielsweise die Stratigraphie in einer geologischen Karte von geringem Interesse; wichtig ist die lithologische Gliederung, die das Ziel jeder photogeologischen Interpretation darstellt. Z. B. ist wichtiger zu wissen, ob der Untergrund eines Gebietes aus Mergel besteht, als zu wissen, ob ihn Oxford- oder Keupermergel zusammensetzen.

Um auf unser Beispiel von der Landnutzung im Jura zurückzukommen, sei nur stichwortartig angeführt, wie vielerlei Korrelationseffekte bei der Forschung mit Luftbildern erkannt werden können: Der Interpret sieht klar, daß der Wald an gewisse geologische Schichten gebunden ist, nämlich an harte Schichten, welche Schichtrippen bilden. Im Wald selbst erkennt er verschiedene Strukturen, bedingt einerseits durch den geologischen Untergrund, anderseits durch forstwirtschaftliche Eingriffe. Grenzen homogener Waldstücke entsprechen oft auch Besitzgrenzen. Der Interpret erkennt, wie die Weiden höher gelegene, mittelsteile Reliefzonen, bedingt durch mittelharte geologische Schichten, bevorzugen, wie Äcker auf Terrassen im Schatten von Windschutzstreifen angelegt sind usw. Bei Betrachtung der Lage der Siedlungen kommt ihre Anpassung an das Relief, an die Verkehrserschlossenheit, an die Exposition, an intensiv nutzbare Böden (bedingt durch weichere geologische Formationen) zum Ausdruck. Wenn sie beispielsweise auf Rippen zusammengedrängt sind, ist im Luftbild zu erkennen, ob es Moränen oder Schichtköpfe sind. Im ersten Fall liegt das Motiv oft im Meiden sumpfigen Grundes, im zweiten Fall in der Ausnützung guten Bodens. Abgrenzungen zwischen einzelnen Wirtschaftseinheiten zeigen sich durch Kreten, Bäche, Tobel, Waldstreifen und Grünhecken; und endlich kommt in der Parzellierung der Unterschied zwischen den Blockfluren der Einzelhöfe und den Gewanneinteilungen der Dörfer zum Vorschein. Bei den letzten deuten besonders regelmäßige Einteilungen, vor allem wenn sie in Ebenen gelegen und von Wegen begrenzt sind, auf Meliorationen jüngeren Datums.

Luftbilder ermöglichen aber nicht nur landschaftskundliche Forschung, sondern sie vermögen auch umgekehrt als Grundlage für Kartenauszüge und Spezialkarten zu dienen. In den im zweiten Kapitel gegebenen Auswertungen dienten die Luftbilder beispielsweise für die Herstellung von topographischen, photogeologischen und wirtschaftsgeographischen (in beschränkterem Sinne) Karten, ferner zur Darstellung des Gewässernetzes, der Bruch- und Kluftsysteme, der Vegetation, der Landnutzung. Man hört oft die Einwände, daß es sinnlos sei, für solche Auswertungen Zeit zu verschwenden (beispielsweise für die Aufzeichnung des Gewässernetzes), da man sie rascher aus bestehenden topographischen Karten herstellen könne. Aber Wissenschaft hat nicht nach Zeitaufwand zu fragen, sondern exakte Erkenntnis zu erstreben, die ihren Wert in sich selbst hat. Es hat sich übrigens immer wieder gezeigt, daß wissenschaftliche Grundlagenforschung — wenn auch nicht momentan, so doch später — irgendwie einmal praktischen Nutzen zeigt.

Da nun Luftbilder wahrhafte Landschaftsforschung ermöglichen, bedeuten sie für diese ein ausgezeichnetes Hilfsmittel; sie sind dazu prädestiniert, viele Arbeiten, für welche man früher auf Karten angewiesen war und welche sich daher oft geisttötend gestalteten (einfaches Durchpausen), interessanter zu gestalten und namentlich auf wissenschaftliche Grundlage zu stellen. Es wäre nun aber einseitig, wenn nicht zum Schluß noch darauf hingewiesen würde, daß es viele kulturlandschaftliche Merkmale gibt, zu deren Erforschung und Kartierung die Luftbilder nicht viel beitragen können (z. B. Haustypen, linguistische Karten usw.). Dennoch sind Luftbilder keineswegs nur oder stets Ergänzungen geographischer Karten, sondern gleichwertig neben ihnen stehende Forschungsinstrumente, die jedoch von Fall zu Fall selbständige oder ergänzende Funktion haben.

1.4 LUFTBILD UND LANDSCHAFTSFORSCHUNG

1.41 Der Begriff Landschaft

Um das Luftbild als Instrument der Landschaftsforschung zu kennzeichnen, haben wir an den Begriff der Landschaft anzuknüpfen.

Landschaft in geographischem Sinn ist (vgl. Seite 212) wie schon erwähnt, der Korrelationseffekt von Litho-, Hydro-, Atmo- und Biosphäre, wobei zumeist bestimmte Ausschnitte der Erdhülle damit gemeint sind. Doch läßt sich die obige Definition bzw. der Begriff Landschaft auf die Erdhülle als Ganzes übertragen.

Eine wesentliche Aufgabe der Landschaftskunde ist die Gliederung der Landschaften. Hiefür eignet sich das Luftbild besonders gut. Die Schwierigkeit liegt nur darin, daß verschiedene Forscher — je nach ihrer Fachrichtung oder nach ihrem Interesse — den Begriff des Landschaftselements verschieden fassen. Es ist Aufgabe der Landschaftskunde, solche Landschaftselemente auszuwählen, welche homogen erscheinen und der geschlossene Ausdruck einer größtmöglichen Zahl von landschaftsbildenden Faktoren darstellen. In Arbeiten, die sich mit der Luftbild-Interpretation befassen, wird die Landschaft meist nach den Elementen benannt, die visuell besonders auffallen, d. h. physiognomisch dominant erscheinen. So wird beispielsweise die Jura«landschaft» vom Geologen als «junge Faltengebirgslandschaft» bezeichnet, vom Geomorphologen als «Kettenjura» (im Gegensatz zum Tafeljura), vom Pedologen als «Humuskarbonat- und Rendzinalbodenlandschaft», vom Geobotaniker als «Landschaft des Laubmischwaldgürtels mit bestimmter Zusammensetzung», vom Agronomen als «Gemischte Ackerbau-Graslandschaft», vom Volkswirtschafter als «Gemischte Agrar-Industrie-Landschaft» (Uhrenindustrie!). Als weiteres Beispiel sei das Tößbergland angeführt: Der Geologe nennt es «Molasselandschaft mit horizontaler Schichtung», der Geomorphologe «Fluviatil zertalte Berglandschaft», der Pedologe «Braunerdelandschaft», der Geobotaniker «Nadelwaldlandschaft», der Agronom «Graslandschaft mit Ackerbau», der Volkswirtschafter «Reine Agrarlandschaft» und der Volksmund «Tannzapfenland».

Aber auch der Geograph kann ein und dieselbe Landschaft sehr verschieden bezeichnen, je nach den Erscheinungen, auf die er sein Hauptaugenmerk richtet. Landschaften in diesem, d. h. im Sinne der oben angeführten Spezialgebilde sind jedoch nicht geographische «Landschaften», Landschaften im eigentlichen Wortsinne, sondern «Zonen», «Regionen». Daher sind sie auf die soeben genannte Art auch nicht genügend charakterisiert. Bei Sumpfgebieten beispielsweise ist wohl der «Sumpf» das Hauptmerkmal, wenigstens für den terrestrischen Beobachter (terrestrisch = am Boden). Welche Unterschiede bestehen jedoch zwischen den sibirischen Tundren und den tropischen Mangrovesümpfen! Mit dem Begriff «Sumpf» aus der Hydrologie ist demnach eine solche Landschaft keineswegs hinreichend beschrieben. Der «Sumpf» ist ein notwendiges, aber nicht hinreichendes Merkmal. Der Begriff «Mangrovelandschaft» sagt in diesem Fall viel mehr: «Sumpf» mit Salzwasser in tropischem Klimabereich.

Die Luftbild-Interpretation kann erst dann Anspruch auf Vollständigkeit erheben, wenn sie die Gesamtheit der landschaftsbildenden Faktoren berücksichtigt. In der Landschaft bilden Litho-, Hydro- und Atmosphäre die abiotische «Welt» (im Sinn HEIDEGGERS; vgl. BOBEK und SCHMITHÜSEN). Die Biosphäre ihrerseits wird für die Betrachtung zweckmäßigerweise in die pflanzliche, tierische und menschliche (geistbestimmte) «Welt» aufgeteilt, so daß grundsätzlich vier «Welten» zu unterscheiden sind, nämlich: 1. die abiotische Welt, 2. die pflanzliche Welt, 3. die tierische Welt, 4. die geistbestimmte Welt, wobei 2—4 von BOBEK-SCHMITHÜSEN auch als «vitale Welt» zusammengefaßt werden.

Für die Luftbild-Interpretation fällt die tierische Welt so gut wie ganz weg, so daß man sich in der Praxis mit drei «Welten» begnügen kann. Die Gliederung der Landschaftsforschung kann hauptsächlich nach: 1. substanziellen Gesichtspunkten (nach der Materie, zum Beispiel in ihren abiotischen und biotischen Erscheinungsformen), 2. räumlichen Gesichtspunkten (zum Beispiel nach klein- und großräumigen Erscheinungsformen, physiologischen und ökologischen Beziehungen), 3. zeitlichen Gesichtspunkten (nach dem Zeitfaktor) erfolgen.

Je nach diesen Gesichtspunkten können auch verschiedene Landschaftselemente ausgeschieden werden. Die Darstellung dieser Landschaftselemente auf Grund der Untersuchung im Luftbild erfolgt zweckmäßigerweise graphisch. Dabei lassen sich scheinbar stofflich-räumlich und strukturell einheitliche Zonen oder Provinzen als Einheitsflächen auffassen. Nachstehend sei auf das Wesen solcher Einheitsflächen näher eingegangen und ihre Bedeutung für die wissenschaftliche Luftbild-Interpretation beleuchtet.

1.42 Abiotische Landschaftselemente

Als abiotische Landschaftselemente werden die Litho-, Hydro- und Atmosphäre zusammengefaßt, von denen die letztere in der Regel aus dem Rahmen der Luftbild-Interpretation herausfällt. Das dominierende Element bildet die Lithospäre, die sich in kleinste homogene Einheiten, die sogenannten Teilkomplexe (zum Beispiel Gestein), gliedern läßt (nach BOBEK und SCHMITTHÜSEN, 1949).

In einer Schichtrippenlandschaft beispielsweise bilden sowohl die Schichtköpfe, die Schichtplatten wie auch die Terrassen der weichen Schichten solche Teilkomplexe, oder anorganische Landschaftselemente niederster Größenordnung. (Vergleiche hiezu die Schichtrippenlandschaft der Fig. 1.) Die charakteristischen Figuren, die sich jeweilen zwischen zwei konsequenten Flüssen befinden (Fig. 2),

wiederholen sich im ganzen Bereich der Schichtrippenlandschaft. Schichtkopf- und Schichtplatten-Elemente ergeben zusammen einen abiotischen Gesamtkomplex oder ein anorganisches Landschaftselement zweiter Größenordnung. Dieses ist in diesem Fall identisch mit einer geomorphologischen Einheit.

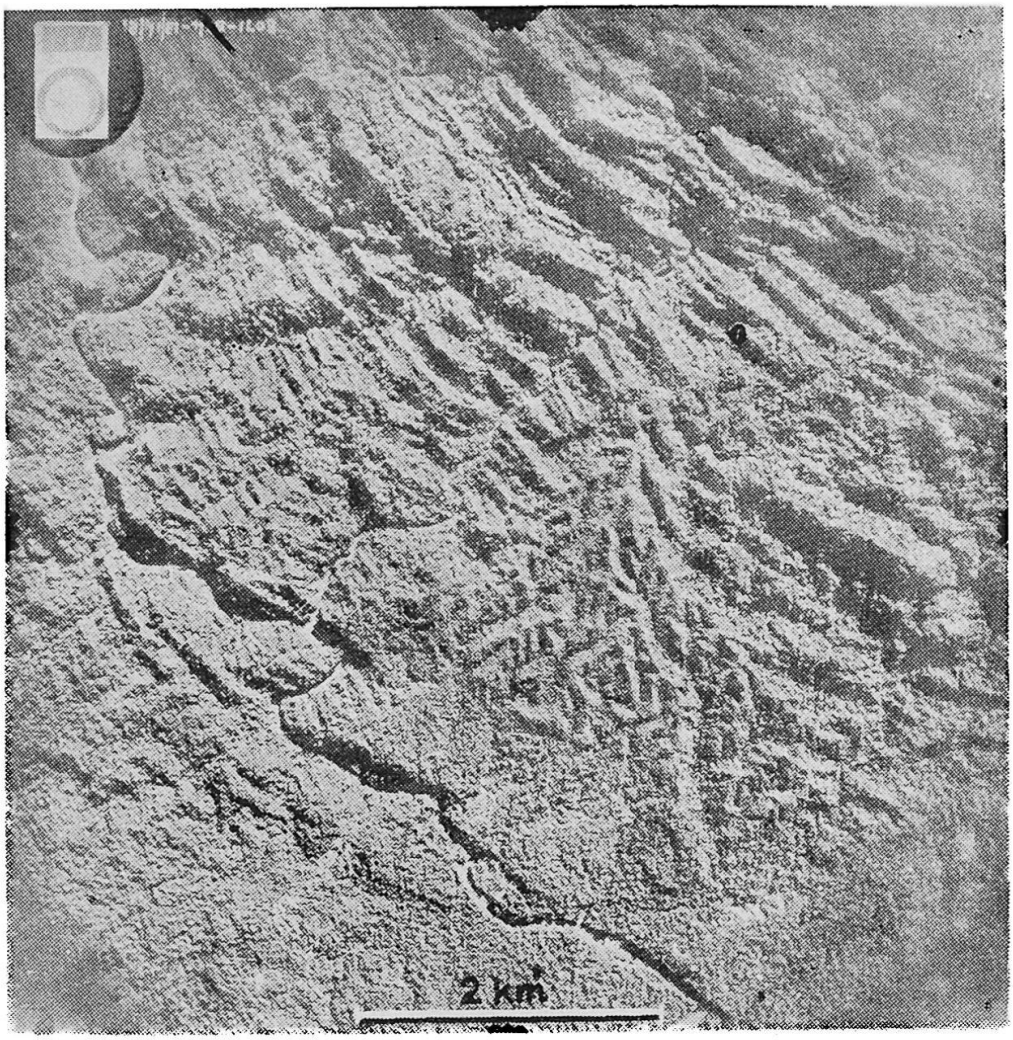


Fig. 1. Schichtrippenlandschaft im tropischen Regenwaldgebiet von Neuguinea (Aufnahme und Veröffentlichungsrecht der Bataafsche Petroleum Maatschappij, Den Haag. Klischee NZZ). Obschon der Boden infolge der Bedeckung mit tropischem Regenwald gar nirgends sichtbar ist, kommt doch die Schichtrippenlandschaft (namentlich im obern Bildteil) gut zum Ausdruck. (Siehe Beschreibung Seite 226.)

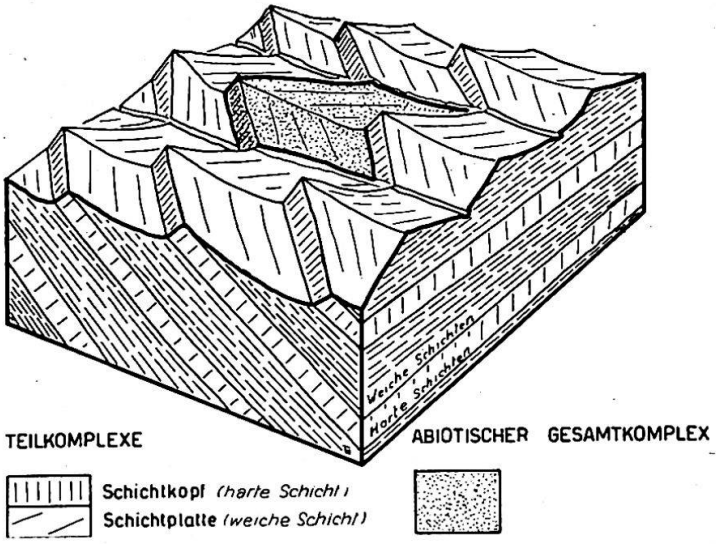


Fig. 2. Abiotische Teil- und Gesamtkomplexe einer Schichtrippenlandschaft; lithologisch, das heißt materiell bedingt.

Auch in einem Faltengebirge (zum Beispiel im Kettenjura) lassen sich solche abiotische Teil- und Gesamtkomplexe ausscheiden. Teilkomplexe sind beispielsweise Ausbisse harter Schichten, Flanken von Antiklinalen, durch Erosion bloßgelegte Antiklinalkerne von weichen Schichten, Alluvialebenen usw. Verschiedenartige solcher Teilkomplexe ergeben zusammen einen abiotischen Gesamtkomplex, zum Beispiel eine Synklinale oder eine Antiklinale oder ein Isoklinaltal. Es ist eine konventionelle Angelegenheit, welche Art abiotischer Gesamtkomplexe ausgeschieden werden soll. Die abiotischen Gesamtkomplexe bilden je nach der räumlichen Anordnung der Elemente Mosaikgefüge oder Zonationsgefüge. Analog lassen sich auch die Hydrosphäre und Atmosphäre in die kleinsten Elemente aufgliedern

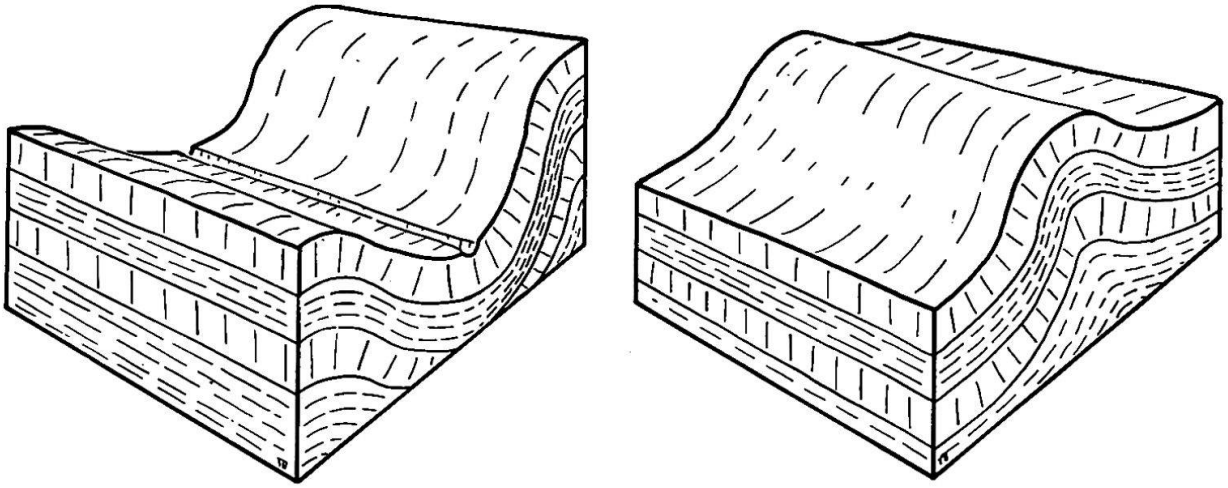


Fig. 3 und 4. Abiotische Gesamtkomplexe eines jungen Faltengebirges, strukturell oder formal bedingt. Antiklinalkomplex (rechts) und Synklinalkomplex (links).

Das Luftbild zeigt aber nicht nur isolierte abiotische Gesamtkomplexe für sich, sondern auch ihre räumliche Gruppierung und Ausdehnung, das heißt die Gesamtkomplexgruppen (vergleiche Fig. 57). («Fliese» nach SCHMITHÜSEN [1949].) Diese Gruppen sind wesentliche Elemente der Landschaftsanalyse.

1.43 Biotische Landschaftselemente

Die biotische (nicht geistbestimmte) «Welt» wird im Luftbild hauptsächlich durch das Pflanzenkleid sichtbar gemacht. Auch die biologischen Erscheinungen lassen sich in räumliche Bereiche, Elementarzonen, aufgliedern: Die Lebewesen (Flora, Fauna, Mikrofauna) passen sich in Auswahl und Vergesellschaftung bis zu einem gewissen Grade ihrer Umgebung an. Sie fügen sich harmonisch in die anorganischen Einheiten, in die Gesamtkomplexe, ein. Die Lebensgemeinschaft auf einem Gesamtkomplex wird Bioceonose genannt. Die Bioceonose integriert mit dem abiotischen Gesamtkomplex zu einer biologischen Einheit, zu einem Biotop (in geographischem Sinne). Die Gliederung in Biotope ist für die Luftbild-Interpretation nicht geeignet, weil die innere Zusammensetzung und das innere Wirkungsgefüge selten voll erkannt werden können.

1.44 Ökologische Landschaftselemente

Die Stoff-Formeinheiten geben (nur für sich betrachtet) noch keine hinreichende Auskunft über das Wirkungsgefüge der Landschaftsbildung. Die Existenz einer Waldeinheit beispielsweise gibt keine Antwort auf die Fragen: Warum ist der Wald da, warum hat er eine bestimmte Form, und warum sind verschiedene Waldeinheiten gesetzmäßig angeordnet? Betrachten wir hingegen das Waldstück nicht einfach als eine von «Gehölz» bedeckte Fläche, sondern als Korrelationseffekt der anorganischen, biotischen und «geistbestimmten» Welt, kurz als Landschaft, so läßt der Wald Rückschlüsse auf alle diese Welten und ihre Wirkungsweise zu (Geologie, Bodentypen, Klima, Bewirtschaftung usw.). Die Einflüsse, welche dieser Art von außen auf den (als Gehölz betrachteten) Wald wirken, werden unter dem Begriff der Ökologie zusammengefaßt. Der Wald ist daher auch eine ökologische Einheit, ein Ökotop.

Es fragt sich nun, ob für die integrale Luftbild-Interpretation eine Gliederung in Biotope (wie das TROLL [1939] vorgeschlagen hat) oder in ökologische Einheiten zweckmäßig ist. In wichtigen Luftbildarbeiten sind bisher Einheiten der verschiedensten Art ausgeschieden worden, je nach dem Berufsstandpunkt des Forschers oder der Zweckbestimmung der Arbeit, zum Beispiel «Unit Aereas» (Bonitierungseinheit nach HUDSON, 1936), «Sites» (forstliche Einheiten nach ROBBINS, 1931), «edaphische Varianten» (pflanzensoziologische Einheiten) und neuerdings «Ökotop» nach TROLL (1946). Die zweckgebundenen Einheiten fallen für die wissenschaftliche integrale Luftbild-Interpretation zum vornherein weg. Da es ferner bei der Luftbildarbeit in der Natur des Untersuchungsmittels liegt, daß die stofflichen und namentlich die physiologischen (inneren) Verhältnisse oft unvollkommen erkannt werden können, ist man um so mehr auf die Umweltsbeziehungen, das heißt auf die Ökologie, angewiesen (vergleiche Fig. 5).

In der Anwendung des Ausdruckes Ökologie herrscht momentan Vieldeutigkeit. Ursprünglich von der Biologie übernommen, wäre Ökologie in der Geographie «Lehre von den Umweltsbeziehungen» der Landschaften. Abweichend davon machte TROLL (1939) den Vorschlag, sie im Sinne von Landschaftsphysiologie zu gebrauchen und dabei die Ökologie auf die natürlichen (nicht anthropogen beeinflußten) Abhängigkeiten zu beschränken. Er möchte also die Ökologie nur auf die Naturlandschaft anwenden. WINKLER (1933/1949) dagegen hält am ursprünglichen Sinne der Ökologie (Umweltslehre) fest und stellt sie neben die Innenweltslehre (Physiologie). Wir schließen uns der Ansicht WINKLERS an. Die praktische Folgerung daraus ist, daß die Ökologie für die integrale Luftbildforschung eine hervorragende Rolle spielt. Wir gelangen daher auch zur Aufstellung von ökologischen Einheiten, von Ökotopen: Ein Ökotop niederster Ordnung ist ein Bereich der Erdoberfläche, in dem sich die Umweltsfaktoren (abiotisch, biotisch, anthropogen) so auswirken, daß die Physiognomie innerhalb dieses Bereiches quasi homogen erscheint. Der Ausscheidung von Ökotopen liegt die Tatsache zugrunde, daß ähnliche Ursachen auch ähnliche Wirkungen hervorrufen (ökologisch gesprochen). So ist es verständlich, daß beispielsweise verschiedene Alluvialebenen mit ähnlichen Grundwasserverhältnissen ein und desselben Flußgebietes (oder mehrerer Flußgebiete in der geologisch gleichen Zone) und im selben Klimabereich ähnliche Pflanzengesellschaften hervorrufen (von menschlichen Einflüssen abgesehen). Die einzelnen Alluvialebenen bilden daher Landschaftselemente oder in diesem speziellen Fall Ökotope.

Ökologische Einheiten können ausgeschieden werden, sowohl in reinen Naturlandschaften wie auch in Kulturlandschaften (Ökotop im Sinne WINKLERS betrachtet). Bei Betrachtung eines Photomosaiks aus dem Kettenjura sehen wir an der gesetzmäßigen Anordnung der Waldstücke sofort (Fig. 56), daß diese der Ausdruck der geologischen Struktur im Untergrund sind. Dies sind aber gewissermaßen nicht natürliche ökologische Einheiten, sondern vom Menschen beeinflußte. Der Mensch hat sie dadurch verursacht, daß er durch jahrhundertealte Erfahrung die Bodennutzung dem geologischen Untergrund angepaßt hat. Ganz unbewußt hat er aber auch anderen Faktoren seines Landes Rechnung getragen (Topographie, Klima, Pedologie): Die steilen, mit Humuskarbonatböden bedeckten Gebiete überließ er vornehmlich dem Wald, die flacheren, umwandlungsfähigeren Rendzinaböden benutzte er zur Bewirtschaftung. Die Waldstücke an den steilen Talflanken bilden somit nicht nur formelle, sondern auch ökologische Einheiten, die auf Grund menschlicher Eingriffe die Beziehungen Geologie-Relief-Bodentyp und Pflanzendecke sichtbar machen.

Hinsichtlich der Zusammensetzung der Ökotope und ihrer Verbreitungsgefüge gelten die gleichen Regeln wie für die stofflichen Einheiten: Sie ordnen sich gesetzmäßig zu Mosaikkomplexen und zu Zonationskomplexen. Die verschiedenen Jura-Ökotope fügen sich zu einem typischen Mosaik (z. B. Wald—Feld). In tropischen Küstensumpfgebieten haben wir dagegen Zonationskomplexe (vgl. Fig. 5).

Es gibt Ökotope verschiedener Ordnung. Ökotope niederster Ordnung sind stoffliche wie formale Einheiten. Ein zusammenhängendes Stück Mangrovewald beispielsweise ist für den Botaniker eine Mangrove-Einheit, für den Hydrologen und für den Photo-Interpreten dagegen ein Ökotop, das die Beziehung Salzwasser—Vegetation ausdrückt, und schließlich für den Geographen eine Landschaft (Mangrove-Landschaft).

Das gesamte Verbreitungsgefüge der Ökotope ergibt die aus dem Luftbild ersichtliche Landschaft. TROLL (1939) hat sie (beeinflußt durch den Russen SUKATSCHEW) «Luftlandschaft» genannt. Der Ausdruck Luftlandschaft ist jedoch abzulehnen, da nicht die Luft Untersuchungsobjekt ist bzw. der Landschaft allein das Gepräge gibt.

Hinsichtlich der graphischen Darstellungsmöglichkeiten von Ökotopen gilt für sie das gleiche wie für die stofflichen Einheiten, sofern es sich um Ökotope niederer Ordnung handelt (z. B. eine Vegetationseinheit, die gleichzeitig auch Ökotop für die Relation Wasserregime—Pflanzendecke darstellt). Diese Ökotope sind also schon im Luftbild konkret gegeben, mit scharf definierten Umrissen. Die graphische Darstellung macht in diesem Fall keine Schwierigkeiten; sie ist quasi nur ein Durchpausen.

Komplexe Ökotope hingegen müssen zum Zwecke der graphischen Darstellung zum Teil abstrahiert werden. Das Zeichnen der Umrisse ist oft Resultat eines sorgfältigen Studiums, möglicherweise auch von Erfahrung oder sogar eine reine Ermessensfrage.

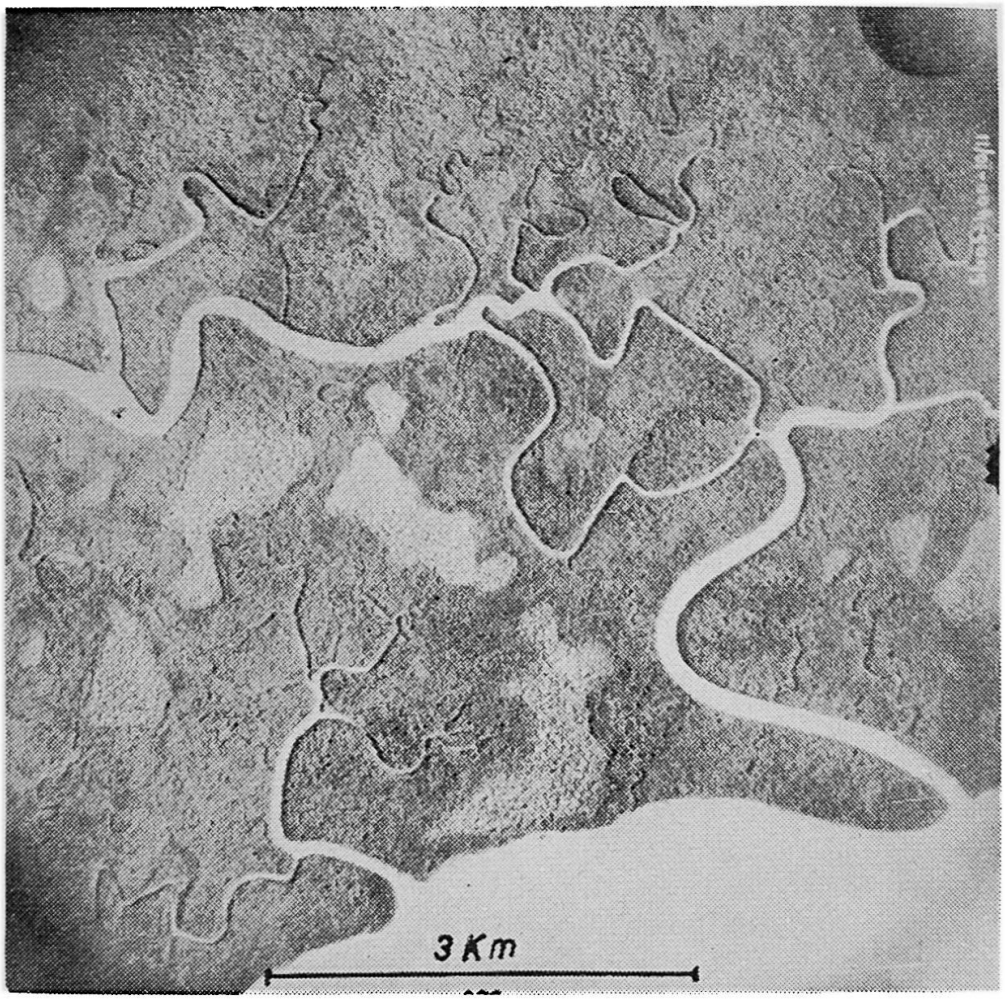


Fig. 5. Küstensumpf in tropischem Regenwaldgebiet (Aufnahme und Veröffentlichungsrecht der Bataafschen Petroleum Maatschappij, Den Haag, Klischee NZZ). Die Zone dieser Aufnahme ist durch die Gezeitenflüsse in natürliche Landschaftselemente aufgeteilt. Die zonare Struktur dieser Elemente wird durch das Pflanzenkleid sichtbar gemacht. Auf Grund der Kenntnisse ökologischer Wirkungen können wir unterscheiden: ständig trockener Boden (helle, zum Teil baumlose Vegetation); Süßwassersumpf (helle Sagopalmen); Salzwassersumpf (dunkle Mangrovevegetation). Eine weitgehendere Gliederung an Hand der Luftbilder wäre auf Grund weniger kursorischer Begehungen ohne weiteres möglich (zum Beispiel Bereiche der verschiedenen Gezeitenwirkungen).

1.45 Kulturgeographische Einheiten

In der modernen Geographie spielt die Erforschung der Kulturlandschaft eine immer größer werdende Rolle. Dementsprechend hat sich auch die integrale Luftbild-Interpretation intensiv mit der Kulturlandschaft auseinanderzusetzen. Ihre wesentlichsten Kategorien sind Wirtschaftslandschaft, Siedlungslandschaft und Verkehrslandschaft.

Obwohl diese Landschaftstypen sehr wohl getrennt an Hand von Luftbildern studiert werden können, empfiehlt es sich, für den allgemeinen Fall (zum Teil durch die deduktive Arbeitsweise begründet) Einheiten auszuscheiden, welche die Integration der drei kultürlichen Teillandschaften darstellen. Der Verfasser ist dabei auf ähnliche Gedankengänge gekommen wie Carol (1946) durch die Bearbeitung der Wirtschaftsgeographischen Karte der Schweiz, der den Begriff der wirtschaftsfunktionellen Einheit (abgekürzt Funktional) prägte. In den wirtschaftsfunktionellen Einheiten werden speziell jene Gebiete zu Einheiten zusammengefaßt, die im Verhältnis der Ergänzung zueinanderstehen (zum Beispiel Stadt mit Agrarbasis). Diese Einheiten können ganz verschiedener Größenordnung sein. Ein Einzelhof im Appenzellerland, der seinen Eigenbedarf aus den zugehörigen Äckern und Wiesen deckt, bildet ein Wirtschaftsfunktional. Im Wallis dagegen erstreckt sich eine solche Einheit oft vom Rhonetal bis zu den höchsten Alpweiden, da häufig dieselbe Familie mit Wohnsitz im Val d'Hérens, Rebberge im Rhonetal,

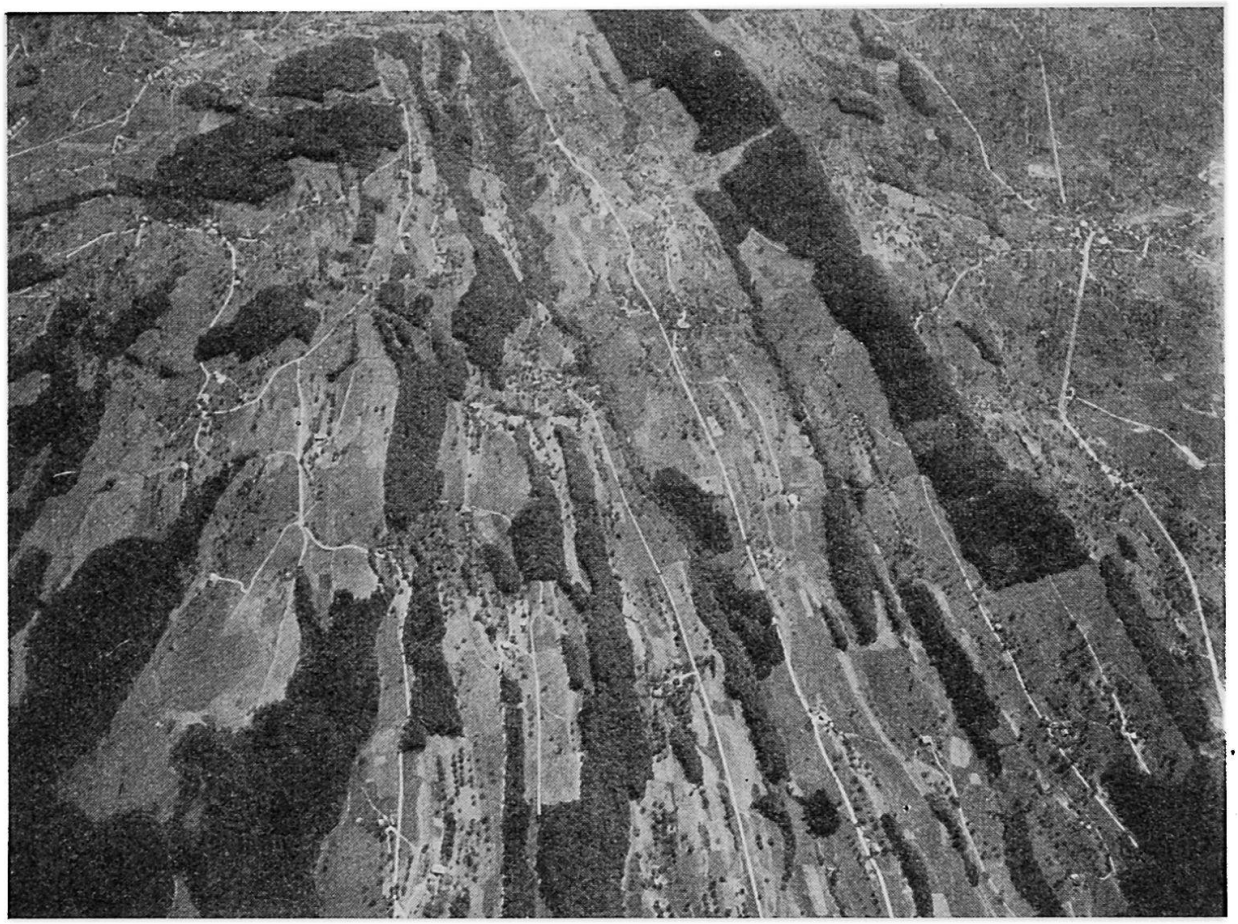


Fig. 6. Die Schichtrippenlandschaft von Rapperswil-Eschenbach (Flugaufnahme von T. HAGEN, behördlich bewilligt am 29. August 1950)
Beachte die Aufgliederung in einzelne Geländekammern, die den oben definierten abiotischen Gesamtkomplexen entsprechen. Die kulturlandschaftlichen Erscheinungen, besonders die Wirtschaft, passen sich in Form und Struktur den abiotischen Gesamtkomplexen weitgehend an.

Maiensäße und Alpweiden im obern Teil des Seitentales besitzt. Die Stadt Zürich ist ein Teil eines Wirtschaftsfunktionals höherer Ordnung, da beispielweise die Versorgung mit Agrarprodukten aus einem großen Gebiet bewerkstelligt wird und die mannigfachen Handelsbeziehungen auch mit einbezogen werden müssen.

Man muß sich wohl bewußt sein, daß die durch die Luftbild-Interpretation ausgeschiedenen wirtschaftsgeographischen Einheiten oft eine Abstrahierung der tatsächlichen Verhältnisse darstellen. Der Grad der Abstrahierung hängt ab von der Art, Intensität, Ausdehnung und vom Alter der Kultur. Eine isolierte Siedlung (Rodungsinsel im Urwald) ist eine Wirtschaftseinheit, die ohne weiteres graphisch dargestellt werden kann. Sind aber einzelne Einheiten nicht mehr durch Naturland oder natürliche Landschaftsgrenzen deutlich voneinander getrennt, so kann die genaue Grenze im Luftbild nicht bezeichnet werden. Wenn wir zum Beispiel die Isoklinallandschaften von Rapperswil-Ricken betrachten, so sehen wir im Luftbild wohl (vergleiche Fig. 6), daß die Siedlungen sich gesetzmäßig auf die Täler (Mergel, Schiefer) verteilen. Wo aber die Wirtschaftsgrenzen genau verlaufen, ist nicht zu sagen. Sicher war die ursprüngliche, vom Menschen gefaßte Wirtschaftsidee die, seine Siedlungen in das durch die Isoklinaltäler natürlich gegliederte Gelände-Kammersystem einzufügen. Die ursprünglichen Wirtschaftsgrenzen verliefen daher sicher längs den natürlich gegebenen Grenzen in den Wäldern auf den steilen Nagelfluhrippen. Erbteilung sowie Landan- und -verkäufe haben die natürlich gegebenen Besitzesverhältnisse gestört. Es ist heute die Aufgabe der Güterzusammenlegung, diese wieder natürlich und somit auch ökonomischer zu gestalten.

Obschon sich also eine genaue Grenzziehung zwischen diesen einzelnen Einheiten an Hand der Luftbilder nicht immer durchführen läßt, ist doch daran festzuhalten, daß die Grenze sicher zwischen den einzelnen Siedlungen (Wirtschaftszentrum) verläuft. Die Umgrenzung der Wirtschaftseinheit muß daher etwas abstrahiert und schematisiert werden.

Es wird also klar unterschieden zwischen Wirtschaftseinheiten mit gegebener natürlicher Umgrenzung (Blockfluren mit Grünhecken oder Kulturinseln in Naturlandschaft, Fig. 44) und solchen Einhei-

ten, von denen nur das Zentrum gegeben ist und deren Abgrenzung gegen die Nachbareinheiten abstrahiert werden muß. Die Grenzen verlaufen in diesem Fall irgendwo zwischen zwei benachbarten Zentren, aber wo genau, läßt sich nicht feststellen. Die Unterscheidung zwischen konkreten und abstrahierten Wirtschaftgrenzen kann bei der Auswertung leicht zeichnerisch bewerkstelligt werden, wie dies zum Beispiel in der Interpretation aus dem Jura ausgeführt ist.

1.5 DIE METHODIK DER LUFTBILD-INTERPRETATION

Der praktische Weg der wissenschaftlichen Luftbild-Interpretation führt von den naturgeographischen zu den kultur- und speziell wirtschaftsgeographischen Einheiten. Es ist klar, daß die Untersuchung nach Berufsstandpunkten dann am ertragreichsten ausfällt, wenn sie von Spezialisten der betreffenden Berufsrichtung ausgeführt wird. Luftbild-Interpretation verlangt also «Teamwork». Wenn ein Einzelner versucht, sich alle Berufsstandpunkte zu eigen zu machen, muß er sich leicht den Ruf der Oberflächlichkeit gefallen lassen, und dies mit Recht.

Eine umfassende photogeographische Arbeit gliedert sich in drei Phasen, nämlich

1. Geographische Interpretation des Luftbildes,
2. Benutzung der Fliegeraufnahme zur Feldarbeit (z. B. Flurkartierung),
3. Kartierung und stereophotogrammetrische Ausmessung von geographischen Erscheinungen (z. B. Gletscherschwankungen, Nutzungsflächen, Morphometrie).

Bei der Interpretation erhebt sich die Frage, ob nach einem bestimmten Schema (z. B. bestimmte Reihenfolge der Berufsstandpunkte oder nach dem erdgeschichtlichen Ablauf) verfahren werden oder ohne festen Plan, z. B. nach Maßgabe der augenfälligsten Kriterien, gearbeitet werden soll.

Bei der erdgeschichtlichen Interpretation werden die Geologie und das Relief im Vordergrund stehen, nachher folgen das Klima, die Bodenkunde, die Pflanzengeographie usw. Bei einem Studium in der Reihenfolge der gut lesbaren Daten wird die Geologie keineswegs an erster Stelle stehen: Ein Luftbild von Neuguinea beispielsweise zeigt auf den ersten Blick nichts anderes als tropischen Regenwald (Anaglyphentafel 2). Die Vegetation ist also das erste und augenfälligste Merkmal. Es läßt sich daraus auch ohne weiteres auf das Klima schließen. Nachher folgt in der Interpretation das Relief und seine Erklärung; denn durch die letztere läßt sich auf den geologischen Bau schließen.

Ein Luftbild aus der Sahara hingegen verrät in erster Linie das Klima. Dieses hat den größten Einfluß auf die Bodenverwitterung und -bildung. Die Geologie des Untergrundes spielt in diesem Falle eine untergeordnete Rolle. Die Landschaft wird Wüstencharakter haben, ganz gleichgültig ob der Untergrund aus kristallinen oder sedimentären, aus flachen oder aus gefalteten Formationen besteht.

In einem Bild aus dem Karst (vgl. Anaglyphentafel 1) fallen in erster Linie die Bodenformen auf. Die ersten Anhaltspunkte für die Interpretation werden in diesem Fall durch die Geomorphologie geliefert. Es zeigt sich also, daß die Landesnatur eine wesentliche Rolle spielt für den methodischen Aufbau einer wissenschaftlichen Luftbild-Interpretation. Gleichwohl lassen sich aber auf Grund der Erfahrungen für eine reife, vielgestaltige Landschaft gewisse Regeln aufstellen, auf Grund derer sich die wissenschaftliche Luftbild-Interpretation gliedert wie folgt:

1. Formell-materielle Auswertung der Naturräume (Ausscheidung und graphische Darstellung von materiellen Einheiten, z. B. Gewässer, Vegetation, Gestein usw.).
2. Funktionelle Betrachtung (Betrachtung von Abhängigkeiten, Ökologie, Geomorphologie).
3. Wirtschaftsfunktionelle Betrachtung (Art und Intensität der Wirtschaftsformen).

Diese Betrachtungsformen können auch genetisch vorgenommen werden, so daß wir zusätzlich noch unterscheiden:

4. Formal-genetische Interpretation (z. B. erdgeschichtlicher Ablauf).
5. Wirtschaftsfunktional-genetische Interpretation (Einordnung der Wirtschaftseinheiten in die Landesnatur; Wirtschaftsgeschichte, Zukunftsplanung).

Die Interpretationen 1 bis 3 erfolgen nach den sachlich-räumlichen Erscheinungen; bei 4 und 5 kommen noch die zeitlichen Erscheinungsformen hinzu.

1.51 Formell-materielle Auswertung

Die formell-materielle Auswertung sei definiert als die Aufzeichnung der Form (des Zustandes) scheinbar homogener Stoffelemente. Der Einfachheit halber sei der Ausdruck «formell-materiell» abgekürzt in «formelle Auswertung». Das Stoffliche ist darin automatisch enthalten (beispielsweise Vegetation, Gestein).

Vielfach hat für die geographische Forschung der Stoff die größere Bedeutung als die Form. Es ist beispielsweise wichtiger, zu wissen, daß etwas «Wald» ist, und was für «Wald» es ist, als seinen Grundriß zu kennen. Anders dagegen bei der Luftbild-Interpretation. Hier ist es oft nicht möglich, den Stoff exakt zu erkennen, sondern nur die Form (z. B. die Parzellierung). Durch die Beobachtung der Formen läßt sich in vielen Fällen auch auf den Stoff schließen: obschon zum Beispiel weder bei Drumlins noch bei Schichtköpfen das Material im Luftbild direkt erkennbar ist, läßt sich doch an der verschiedenen Form dieser Hügel auch auf den Stoff schließen. Auch bei einer Karstlandschaft schließt man mittels der Karstformen auf das karbonatreiche Gestein im Untergrund (Fig. 1).

Der Grad der stofflichen Erkennbarkeit hängt natürlich sehr ab vom allgemeinen länderkundlichen Wissen über die betreffende Landschaft. Am besten wird die stoffliche Gliederung dann gelingen, wenn außer den allgemeinen Kenntnissen noch die Resultate einiger Feldbegegnungen an Hand der Luftbilder zur Verfügung stehen.

Infolge der überragenden Bedeutung, welche die Form für die Luftbild-Interpretation besitzt, ist es daher zweckmäßig, von einer formellen Interpretation zu sprechen. Dies soll nicht den Sinn haben, daß dabei überhaupt nur die Formen untersucht werden, sondern das Materiell-Formelle. Die Form kann dabei immer erkannt werden; die stoffliche Erkennbarkeit ist von Fall zu Fall verschieden.

Es gibt sogar formelle Einheiten, die überhaupt keinen Stoff darstellen, sondern den Bereich einer zahlenmäßig feststellbaren Gegebenheit, z. B. morphometrische Einheitsflächen.

Carol (1946) hat die formelle Gliederung einer Landschaft für die geographische Forschung postuliert. Er prägte die Ausdrücke «Waldformale», «Siedlungsformale» usw. Da jedoch bei der terrestrischen Forschung der Inhalt, der «Stoff», im allgemeinen das wichtigere Kriterium ist als die Form, mögen Ausdrücke wie «Waldformale» oft irreführend sein; denn die Betonung sollte auf «Wald» liegen und nicht auf «Form». Man sollte daher konsequenterweise von «Formalwald», besser vom Waldzustand, im Unterschied vom forstlichen Geschehen, sprechen. Der Begriff des Formals ließe sich somit zugunsten des zutreffenderen und verständlichern des Zustandes ersetzen.

Eine Flurkartierung beispielsweise büßt an Wert sehr ein bei ungenügender Stoffkenntnis. Noch so exakte Grenzziehung vermag dies nicht zu ändern. Bei geologischen Kartierungen gilt das Gesagte ebenfalls; selbst die bestgezeichnete und scheinbar genau (photogrammetrisch) ausgewertete geologische Karte ist wertlos, wenn ihr geologischer Inhalt stofflich dem Objekt nicht entspricht. Der umgekehrte Fall, daß die Grenzziehung um den voll erkannten Stoff etwas ungenau ist, tritt sehr oft auf, z. B. bei Flur-

kartierungen oder bei sämtlichen von Hand gezeichneten geologischen Kartierungen, besonders auf stark vergrößerten Karten (Vergrößerung von 1 : 50000 auf 1 : 10000). Bei der Luftbild-Interpretation ist dies gerade umgekehrt (Form ist das primär Erfaßbare), so daß die von CAROL postulierte formelle Gliederung für die Arbeit mit den Luftbildern sehr zweckmäßig ist.

Einen interessanten Beitrag zur Frage Form/Materie liefern auch die Resultate der russischen Luftbildexpedition nach Turkmenien im Jahre 1934 (TROLL 1943). Diese Expedition wurde unternommen, um den Wert des Luftbildes für geologische und geomorphologische Kartierungen systematisch zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden drei Karten des Gebietes entworfen, eine nur auf Grund älterer terrestrischer Forschungen, eine zweite lediglich auf Grund der Luftbildauswertung ohne Geländebegehung und eine dritte mit zusammenhängender Nachprüfung der Luftbild-Interpretation im Feld. Die Unterschiede zwischen der ersten und dritten Karte waren erheblich. Die zwischen der zweiten und dritten Karte betrafen bemerkenswerterweise fast nur die Natur der Objekte, nicht aber die Abgrenzungen der Einheiten. Das Luftbild liefert also das Gerüst, die Formen der Karte, die Bodenerkundung die zugehörige Füllung. Auch daraus ist ersichtlich, daß die Anwendung des Ausdruckes «formelle Interpretation» sehr wohl begründet ist, weshalb dieser Ausdruck von nun an benutzt wird.

Die Formale sind also die an der Erdoberfläche direkt sichtbaren Erscheinungen und Einheitsflächen. Sie können ohne weiteres graphisch dargestellt werden, wie dies zum Beispiel bei allen geologischen Karten der Fall ist: Der Wirtschaftsgeograph unterscheidet Urwald-, Nutzwald-, Wiesen-, Acker-, Garten- und Siedlungsformale. In gleicher Weise können auch der Pedologe, der Hydrologe, der Geobotaniker usw. formale Einheiten ausscheiden.

1.52 Funktionelle Interpretation

Die funktionelle Interpretation sei im Sinne der Mathematik definiert als Interpretation von Abhängigkeitsbeziehungen zwischen verschiedenen Landschaftselementen. Sie erfolgt in der Regel durch vergleichende Betrachtung. Ihre Hauptfrage ist die nach den «Ursachen», nach dem «Warum» einer landschaftlichen Erscheinung. Durch die Gegenüberstellung von formellen Auswertungen oder von Teilauswertungen zeichnen sich viele kausale Zusammenhänge und biologische Gesetzmäßigkeiten klar ab. So können zum Beispiel einander gegenübergestellt werden: lithologische Gliederung und Vegetation; Kluftsysteme und Gewässernetz (Fig. 43); geologische Strukturen und Landnutzungstypen (Beispiele vom Jura) usw. Ferner gehört dazu auch die Einordnung der Kulturelemente in die Landesnatur. Die spezielle wirtschaftsfunktionelle Interpretation stellt sich die Aufgabe, Wirtschaftseinheiten auszuscheiden, die wirtschaftsfunktionellgenetische Interpretation diejenige, die Gesetzmäßigkeiten ihrer Entwicklung im Zusammenhang mit der Landesnatur zu erkennen.

1.53 Der Aufbau der integralen Luftbild-Interpretation

Für die praktische Ausführung der Interpretation, d. h. für die graphischen Darstellungen, Analysen und Gegenüberstellungen wird auf Grund der Erfahrung folgender methodischer Aufbau vorgeschlagen:

Naturlandschaft	Kulturlandschaft
Formelle Auswertung	
Relief	Relief
Gewässer	Gewässer
Vegetation	Ökonomie
Lithologische und tektonische Struktur	Siedlung und Verkehr
	Lithologische und tektonische Struktur

Allgemeine funktionelle Interpretation

Geologischer Bau — Relief	Geologischer Bau — Relief
Geologischer Bau — Gewässernetz (Fig. 32)	Geologischer Bau — Wald
Geologischer Bau — Vegetation	Relief — Landnutzung
Hydrographie — Vegetation (Ökologie)	Geologischer Bau — Landnutzung
	Relief — Topographie — Siedlung
	Geologischer Bau — Siedlung
	Relief — Topographie — Verkehr
	Geologischer Bau — Verkehr

Wirtschaftsfunktionelle Interpretation

—	Wirtschaftseinheiten
—	Relief — Wirtschaft
—	Geologischer Bau — Wirtschaft

Es kann nicht genug betont werden, wie wichtig es ist, die Erkenntnisse der wissenschaftlichen Luftbild-Interpretation graphisch darzustellen. Man wird dadurch gezwungen, die Gedanken klar zu ordnen, wichtige Einheiten auszuscheiden (z. B. Formale und Ökotope), Zusammengehöriges zusammenzufassen (Formale höherer Ordnung, Verbreitungsgefüge) den Erkenntnissen auf einfache Weise Ausdruck zu verschaffen. Es liegt auf der Hand, daß aus einer solchen umfassenden Luftbild-Interpretation auch die Praktiker schließlich mehr Nutzen ziehen können als aus der einseitigen, zweckgebundenen Auslegung. Nur wird für sie nicht jede Betrachtungsweise gleiches Gewicht besitzen. So ist die formal-genetische Interpretation in didaktischer Hinsicht ein vorzügliches Hilfsmittel für die Schulung erdkundlichen Denkens. Der Landesplaner hingegen wird sich vorzugsweise für die funktional-genetische Interpretation interessieren.

1.54 Die Technik der Auswertung

Wissenschaftliche Interpretation sollte nicht an einem Einzelbild vorgenommen werden, sondern es sollten folgende Forderungen erfüllt sein:

1. Senkrechte Reihenaufnahmen mit 60 % Längsüberdeckung (damit stereoskopische Betrachtung ermöglicht wird).
2. Bildmaßstab nicht größer als 1 : 20000 (damit die abgebildete Geländeoberfläche nicht so klein wird, daß jede Übersicht verlorengeht) und nicht kleiner als 1 : 50000 (damit nicht notwendige Details unterdrückt werden).
3. Herstellung von Photomosaiks oder entzerrten Luftbildplänen (damit in der Übersicht die verschiedenartigen Landschaftsmuster (landscape pattern) erkannt werden können).
4. Gut placierte Schrägaufnahmen (zu Ergänzungszwecken; für besonders wichtige Gebiete oder zur Veranschaulichung).

Sind die obengenannten Bedingungen an das Aufnahmematerial erfüllt, so wird man mit der Interpretation beispielsweise nicht mit der Aufnahme Nr. 1 des Flugstreifens Nr. 1 beginnen oder in der NW-Ecke des zu untersuchenden Gebietes, sondern eine erste rohe Gliederung der Landschaft an Hand des Luftbildplanes zu erlangen suchen (Ausscheidung von Formalen höherer Ordnung, Landschaftsmosaiks; vgl. Fig. 45—48). Auch hernach beginnt man mit denjenigen Bildpaaren, die am leichtesten zu lesen sind. Auf diese Weise studiert man die Landschaft gut durch, bevor man zu einer graphischen Darstellung übergeht. Öfteres Auswechseln der Bildpaare im Stereoskop, auch wiederholtes Durchsehen in Zeitabständen ist nützlich und verursacht auch keine Mühe, da ja für die Betrachtung allein nicht eingepaßt werden muß.

Zur graphischen Auswertung soll erst dann geschritten werden, wenn man sich über den Charakter der Landschaft ein klares Bild gemacht hat. Meist sind die gra-

phischen Auswertungen mit einer einfachen graphischen Triangulation verbunden, da ja zusammenhängende Streifen erhalten werden sollen. Es ist in diesem Falle lästig, wenn nicht fließend gearbeitet werden kann.

Viele Daten wird man auf den ersten Blick erkennen. Es erstaunt aber auch den Fachmann immer wieder, wie unerschöpflich die Luftbilder in der Lieferung von erdkundlichen Daten sind. Um das Letzte herauszuholen, braucht es allerdings oft viel Zeit. Damit ergibt sich ein typischer Unterschied zwischen praktischer und wissenschaftlicher Luftbild-Interpretation. Der Photogeologe zum Beispiel, der in einer Ölgesellschaft tätig ist, wird darnach trachten, pro Tag möglichst viele Quadratkilometer auszuwerten. Inhaltlich beschränkt er sich dabei im wesentlichen auf die Antiklinalen und die geologische Gliederung. Der Wissenschafter dagegen wird sich in die Luftbilder vertiefen und sich Zeit lassen. Die besten Resultate erhält er, wenn er förmlich über den Bildern «brüten» kann.

Ferner hängt die Ausbeute der integralen Interpretation wesentlich davon ab, ob von dem zu bearbeitenden Gebiet terrestrische Daten, Auskünfte oder gar Felduntersuchungen, vorhanden sind. Die letzten können die Arbeit sehr bereichern, selbst wenn es sich nur um wenige kursorische Begehungen handelt. Die Luftbilder gestatten, nur lineare Bodenuntersuchungen im Sinne einer Extrapolation flächenmäßig auszuwerten.

Photo-Interpretation verlangt vom Interpreten neben Zeit und Muße die Fähigkeit, feine Nuancen in den Bildern zu erkennen, ferner Ideen. Es liegt in der Natur der Sache, daß nicht am konkreten Objekt geforscht oder gar gemessen werden kann, sondern nur an seinem Modell. Und auch bei diesem führen oft einige (meist vage erkannte) Gesetzmäßigkeiten dazu, sich vom Aufbau des Objekts eine bestimmte Vorstellung, eine Idee zu machen. Die praktische Aufgabe der Interpretation ist dann nur das Herausfinden von Beweisen, die entweder diese Idee zur Gewißheit erhärten oder sie zunichte machen. Im letzteren Fall muß eine neue Idee geboren und bewiesen werden. Oft finden sich die Beweise für eine Idee gar nicht auf demjenigen Bild, das die ersten Anhaltspunkte für diese Idee gegeben hat. Wenn beispielsweise in einem bestimmten Luftbild das Relief und die Form der Pflanzendecke andeuten, daß möglicherweise eine Antiklinale vorliegen könnte, so wird der Interpret in der vermuteten Streichrichtung suchen, bis er irgendwo auf benachbarten Bildern deutliche Schichtköpfe oder gar eine Schichtumbiegung (in einer Klus) findet.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß es in methodischer wie in didaktischer Hinsicht wertvoll ist, als Endprodukt der photogeologischen Interpretation ein Blockdiagramm herzustellen. In den Kursen für Photogeologie an der ETH ist immer wieder festgestellt worden, wie schwer es für viele angehende Naturwissenschaftler oft ist, selbst einfache geologische Strukturen sich räumlich vorzustellen. Blockdiagramme zwingen zu klaren Auffassungen. Zu diesem Zweck genügt es, sie von Hand auf Grund ausgewählter Ausschnitte (z. B. Gemeinsamkeitsgebiet eines Stereopaars) zu zeichnen. Punktweise oder gar stereophotogrammetrische Konstruktion ist nicht nötig.

Die nachfolgenden Beispiele wurden so ausgewählt, daß die terrestrischen Kenntnisse (Felduntersuchungen) ganz unterschiedlicher Natur sind. Der Streifen von Südafrika stellt eine junge Kulturlandschaft dar, über die keinerlei terrestrische Angaben vorliegen. Es handelt sich also um eine reine Interpretation. Die Landschaften aus Mittelland und Jura wurden unter Mitbenutzung der allgemeinen Kenntnisse über jene Landschaftstypen interpretiert. Irgendwelche spezielle Angaben (z. B. geologische und pflanzengeographische Karten oder Felduntersuchungen) lagen keine vor.

2 AUSWERTUNGEN

2.1 ALLGEMEINES

Zur Veranschaulichung der methodischen Ausführungen sind im folgenden fünf Luftbild-Interpretationen ausgeführt. Es wurden dabei bewußt Landschaften verschiedenen Charakters und verschiedener natürlicher und kultureller Entwicklungsstadien ausgewählt, um die Möglichkeiten der Interpretation hervorzuheben.

Einige Ratschläge für die Betrachtung der Anaglyphen (Stereobilder)

Ein geringer Prozentsatz der Menschen (besonders ältere Leute) begegnen beim stereoskopischen Sehen gewissen Anfangsschwierigkeiten. Zur Angewöhnung seien daher nachstehend auf Grund von Erfahrungen einige Ratschläge erteilt. In der Regel werden diese Anfangsschwierigkeiten mit etwas Übung rasch überwunden.

1. Die Anaglyphen sind für die Betrachtung so zu orientieren, daß die Schrift aufrecht steht.
2. Die normale Betrachtungsdistanz beträgt zirka 10—30 cm.
3. Die Brillen sind so zu halten, wie sie angeschrieben sind; werden die Filter vertauscht, so erscheint das Relief verkehrt, d. h. Berg wird Tal und umgekehrt.
4. Die Stereobilder sollen bei guter Beleuchtung betrachtet werden; Tageslicht ist künstlicher Beleuchtung vorzuziehen, da letztere die Farben fälscht, wodurch ihre komplementären Eigenschaften teilweise verlorengehen können.
5. Wenn gewisse Anfangsschwierigkeiten auftreten, soll die Betrachtung mit halb zugekniffenen Augen oder mit rasch wechselnder Betrachtung mit jedem Auge für sich versucht werden.
6. Bei mangelhaftem stereoskopischem Effekt empfiehlt sich die Betrachtung aus verschiedenen Distanzen und Richtungen, wobei jedoch Brille und Bild immer parallel ausgerichtet sein müssen.
7. Leser mit einseitiger Schwachsichtigkeit oder mit unterschiedlicher Farbempfindlichkeit der beiden Augen können eventuell verbesserte Wirkung erzielen, indem sie sowohl das Bild wie auch die Brille auf den Kopf stellen.
8. Eventuell hilft auch die Betrachtung durch zwei übereinander gelegte Brillen über gewisse Schwierigkeiten hinweg (IMHOF).

Verzeichnis der Anaglyphentafeln

Streifen 1	Beschreibung	Seite
1 Karstlandschaft		225
2 Schichtrippenlandschaft von Neuguinea		215, 225
3 Ganggesteinsrippen		231, 232
4 Bruchzone		234
5 Tafelberg		232
6 Dünen		233
7 Stadt am Oranje		235
Streifen 2		
8 Schichtrippenlandschaft bei Wald		237, 240, 242
9 Drumlinlandschaft bei Wetzikon		242
10 Rapperswil		242
19 Clos du Doubs		262
Streifen 3		
12 Bassecourt		249
13 Courfaivre		250
14 Courtételle		251
15 Moutier		252
16 Crémines		253
17 Welschenrohr		254
18 Welschenrohr		255
11 Tößberglandschaft		241, 242

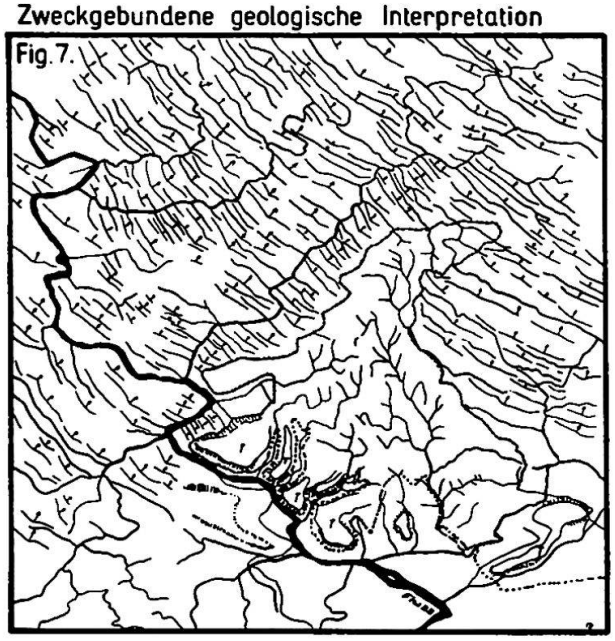
2.2 REINE NATURLANDSCHAFT IN KARSTGEBIET

(Anaglyphentafel 1)

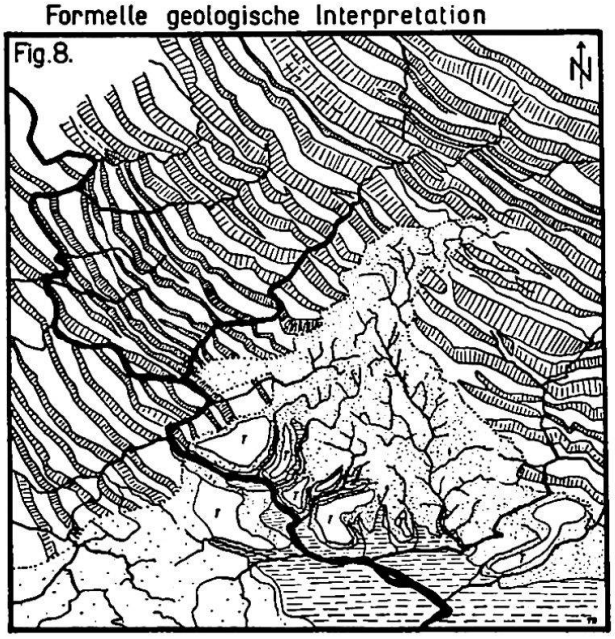
Aufnahme: Bataafsche Petroleum Maatschappij, Den Haag. Film-Reihenmeßkammer Zeiß, Weitwinkelobjektiv Topogon F = 10 cm, Negativformat 18 × 18 cm², Flughöhe 4000 Meter über Grund, Bildmaßstab ca. 1 : 40000, Bildinhalt ca. 50 km²

Der geologische Aspekt in diesem Luftbild überwiegt derart, daß diese Landschaft von einem einzigen Standpunkt aus — geologisch — interpretiert werden kann. Die extremen Karsterscheinungen deuten auf sehr karbonatreiches Gestein im Untergrund. Kluftsysteme und ihr Verlauf ergeben sich aus der linearen Anlage kleiner Täler, Gräben und Dolinen. Die geologische Struktur läßt sich auf Grund dieses einzigen Luftbildes mit Sicherheit nicht erkennen. Wahrscheinlich würden benachbarte Bilder darüber Klarheit verschaffen. Jedenfalls liegen die Schichten flach.

Zweckgebundene geologische Interpretation



Formelle geologische Interpretation



Oberkanten der Ausbisse harter Schichten mit Fallrichtung, "dips"

lithologische Grenze

Flussterrassen

Alluvialebene

Quartär i. Allg.

fluviatil zertalte Quartärformation

harte Schichten

weiche Schichten

Flussterrassen (alter Talboden)

2.3 REINE NATURLANDSCHAFT IM TROPISCHEN REGENWALD VON NEUGUINEA

(Anaglyphentafel 2; Fig. 1, 2, 7—13). Aufnahme: Wie Anaglyphentafel 1

Fig. 2 wurde von einer Erdölgesellschaft zum Zwecke der Petrolexploration aufgenommen. Sie regt zu einer Gegenüberstellung zwischen üblicher zweckgebundener Interpretation der Ölgesellschaft und der wissenschaftlichen Interpretation (Fig. 7 u. 8) an.

Für die Erdölgesellschaft besteht die Aufgabe der Luftbild-Interpretation hauptsächlich darin, Schichtköpfe («dips») und Antiklinalen zu finden und zu kartieren. Dies ist eine etwas einseitige Aufgabe und wird daher auch von den Erdölgeologen oft mit dem treffenden Ausdruck «dip-hunting» bezeichnet (Fig. 7).

Fig. 8 zeigt, wieviel mehr aus demselben Luftbild herausgelesen werden kann, wenn die Interpretation integral ausgeführt wird. Es handelt sich hier um eine reine Naturlandschaft. Das geomorphologische Bild der Oberfläche gestattet eine weitgehende Gliederung der geologischen Verhältnisse im Untergrund, obschon dieser infolge der dichten Überdeckung mit tropischem Regenwald überhaupt nicht sichtbar ist. Das Luftbild (vgl. Fig. 1) zeigt in der Übersicht zwei Regionen: a) Zone der Schichtrippen (im nördlichen Bildteil, mit NW—SE verlaufendem geologischem Streichen) und b) Zone der Quartärablagerung (S und SE der Bildmitte).

Die Zone der Schichtrippen gestattet eine schulmäßig klare Aufgliederung in die anorganischen Gesamt- und Teilkomplexe (Fig. 2). Die formelle Interpretation (Fig. 8) läßt Schichtkopf-Formale (harte Schichten) und Schichtplatten-Formale (weiche Schichten) erkennen. Zwei solche Teilkomplexe, seitlich begrenzt durch konsequente Flüsse, bilden einen abiotischen Gesamtkomplex: Die ganze Zone der Schichtrippen setzt sich lückenlos aus derartigen Gesamtkomplexen zusammen. Auch das Gewässernetz läßt sich klar in konsequente Flüsse (quer zum geologischen Streichen), in subsequente (parallel zum Streichen), in resequente (auf Schichtplatten und in Fallrichtung) und in obsequente Flüsse (auf Schichtköpfen und entgegen der Fallrichtung) aufgliedern.

Die formalgenetische Interpretation ergibt einen wechselvollen erdgeschichtlichen Ablauf, dessen Beschreibung bei den Fig. 9—13 gegeben ist.

Fig. 9—13: Formalgenetische Interpretation der Anaglyphentafel 2

Fig. 9: Ablagerung von abwechselnd harten und weichen Schichten, geologische Faltenbildung.

Fig. 10: Selektive Erosion, Talbildung.

Fig. 11: Diskordante Auflagerung einer jungen Formation (Quartär) in Form einer Alluvialfüllung des Tales.

Fig. 12: Neuerliche Krustenbewegung mit leichter Schiefstellung des Talbodens; beginnende neue Erosion in der Alluvialfüllung.

Fig. 13: Fluviatile Zertalung des ehemaligen Talbodens bis auf wenige kleine Reste in Form von Flußterrassen. Entstehung einer neuen Alluvialebene im rezenten Tal.

Fig.9.

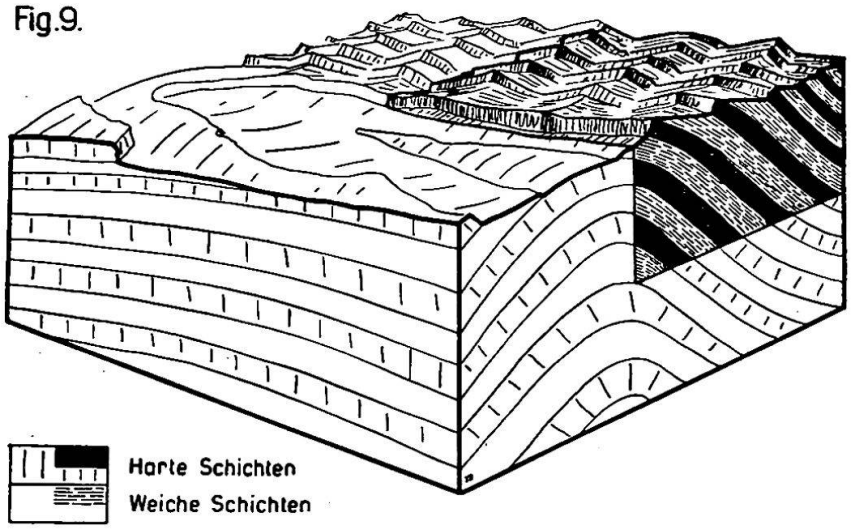


Fig.10.

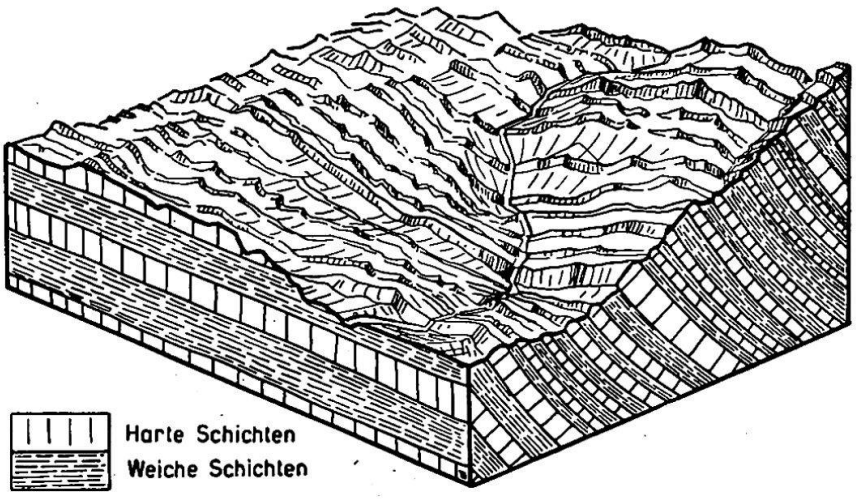


Fig.11.

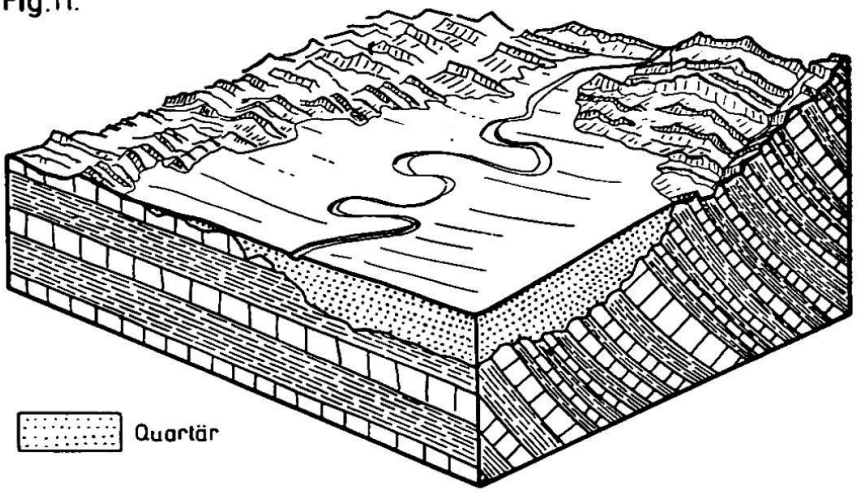


Fig.12.

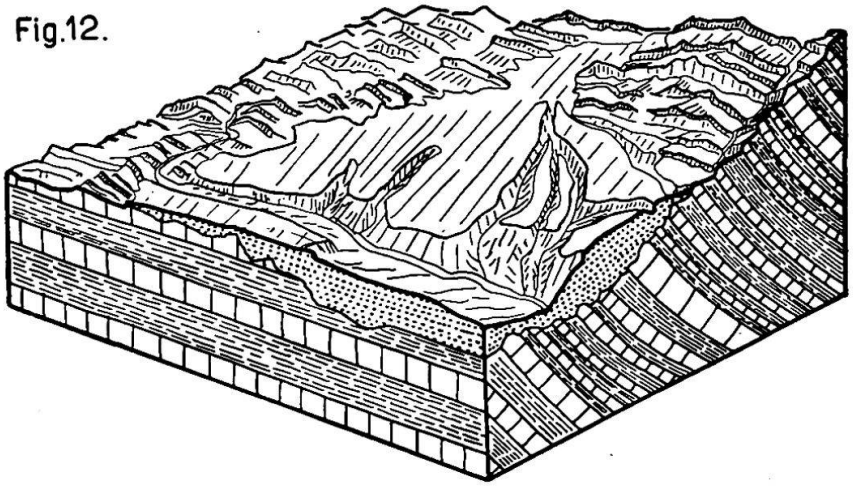
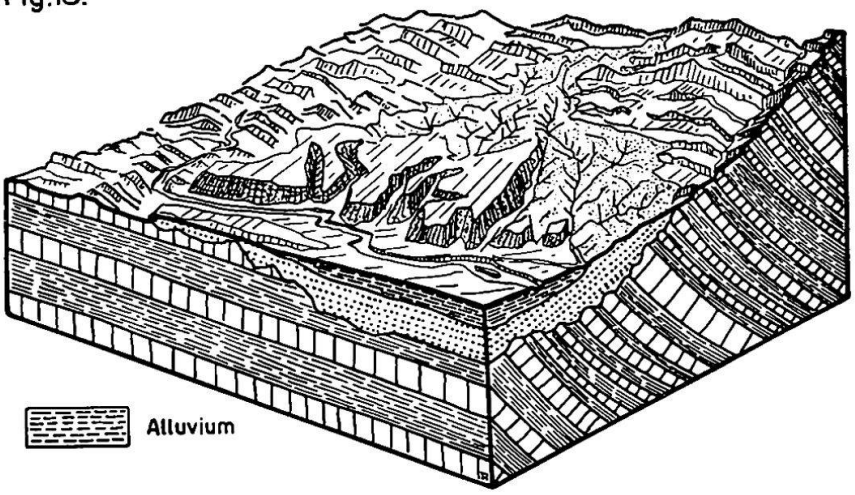


Fig.13.



2.4 TAFELBERGLANDSCHAFT VON SÜDAFRIKA

(Anaglyphentafeln 3—7, Fig. 14—44)

Aufnahmen: Topographischer Dienst der Südafrikanischen Union. Filmkammer Williamson, F = 20 cm, Negativformat 18 × 18 cm², Flughöhe ca. 4000 Meter über Grund, Bildmaßstab ca. 1:20000. Luftbildplan von 9 Bildern im Maßstab 1:20000.

Der Streifen von Südafrika bedeckt ein Gebiet von rund 50 km². Die Aufgabe bestand in einer reinen Interpretation, d. h. es waren von diesem Gebiet keine Resultate von Felduntersuchungen bekannt. Das Gebiet ist teils Kultur-, teils Naturlandschaft, wobei die Kulturzonen isolierte Inseln in der Naturlandschaft bilden.

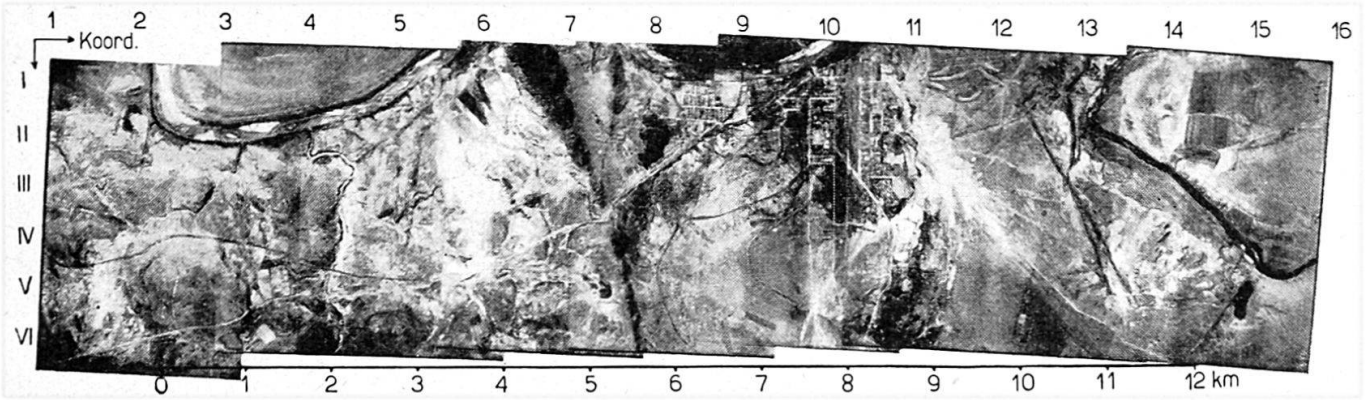


Fig. 14: Luftbildplan, zusammengesetzt aus 9 Senkrechtaufnahmen (Originalmaßstab 1:20000) Gebiet am Oranje-Fluß

2.41 Formelle Auswertung (Fig. 15—18)

Relief und Gewässer (Fig. 15): Die Topographie wird durch Tafelberge, Bruchrippen und mächtige Schuttbedeckung bestimmt. Terrassen wechseln ab mit Steilböschungen. Die Schuttgebiete zeigen ein schwaches Relief. Fluviatil geformte Täler fehlen.

Vegetation (Fig. 16): Die natürliche Vegetation ist im ganzen spärlich. Von Steppen mit geschlossener Pflanzendecke leiten vegetationsarme Zonen über zu völlig kahlen Gebieten. Die letzteren sind nicht etwa nur klimatisch (Regenmangel) bedingt, sondern sie zeigen verschiedene Stadien der Bodenzerstörung. Baumgruppen und Wald sind gesetzmäßig angeordnet (vgl. hiezu Abschnitt «Ökologie»).

Geologie (Fig. 17): Die geologische Struktur ist sehr einfach. Es handelt sich um ein Tafelland mit ziemlich mächtiger Schuttbedeckung (Fig. 19—20, 23—27). Einzelne Tafelberge ertrinken fast in ihrem eigenen Schutt. Auffallend ist das Auftreten von Bäumen längs den Tafelbergrändern. Offenbar muß dort vermehrte Feuchtigkeit vorhanden sein. Im allgemeinen zeichnen sich diese Tafelberge durch vollständigere Vegetationsbedeckung aus. Auch sind die Tafelberge von der Badland-Bildung verschont. Ferner fällt auf, daß das Gelände durch geradlinig verlaufende, dunkel getönte Rippen, Linien und Gräben — Bruch- und Kluftsysteme verschiedenen Alters und Charakters — zerschnitten wird (Fig. 14, Koord. 7). Namentlich im östlichen Teil (Koord. 13) sind es deutlich erhöhte Rippen aus dunklerem Material (vgl. Anaglyphentafel 3). Hier ist Magma längs den Klüften aus der Tiefe emporgedrungen und hat die Klüfte ausgefüllt (Fig. 19 und 20). Die NW—SE verlaufende breitere Rippe (Koord. 7, Fig. 14) stellt eine wieder zuzementierte Bruchzone dar. Der Tafelbergcharakter (horizontale Schichtung) ist hier noch deutlich erkennbar (vgl. Anaglyphentafel 4). Durch die Zementierung ist die Bruchzone härter geworden als das Nebengestein, wodurch sich eine

Fig.15. **Relief, Gewässer**

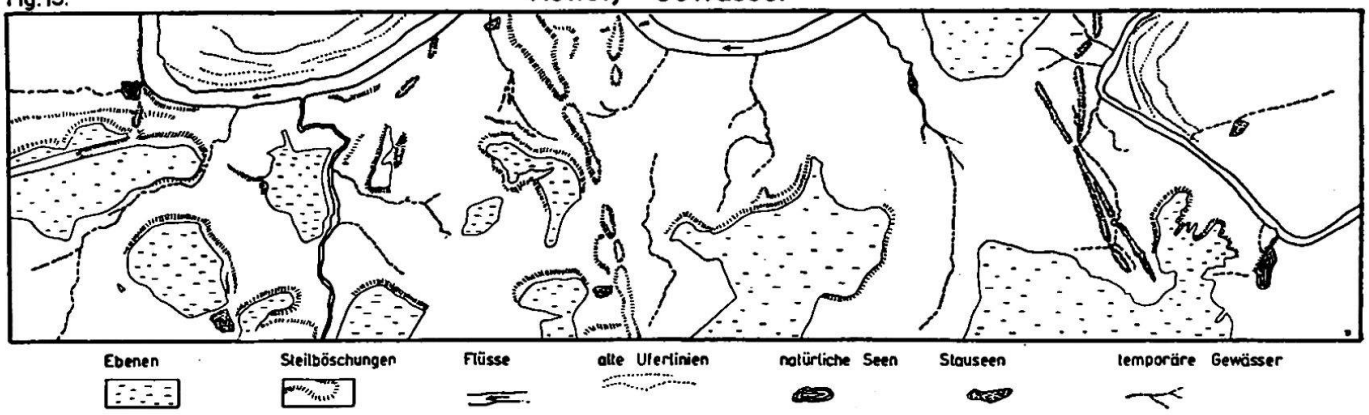


Fig.16. **Natürliche Vegetation**

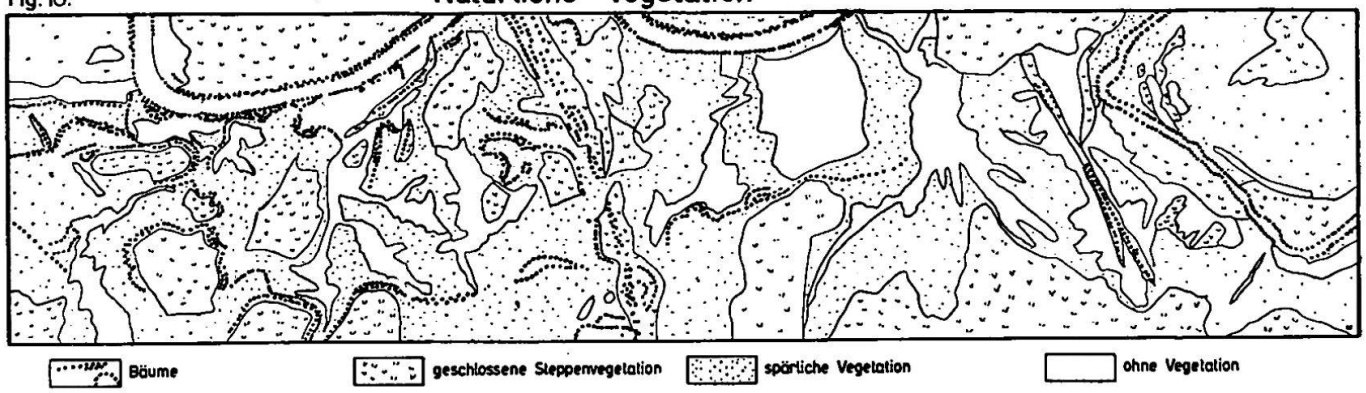


Fig.17. **Geologie**

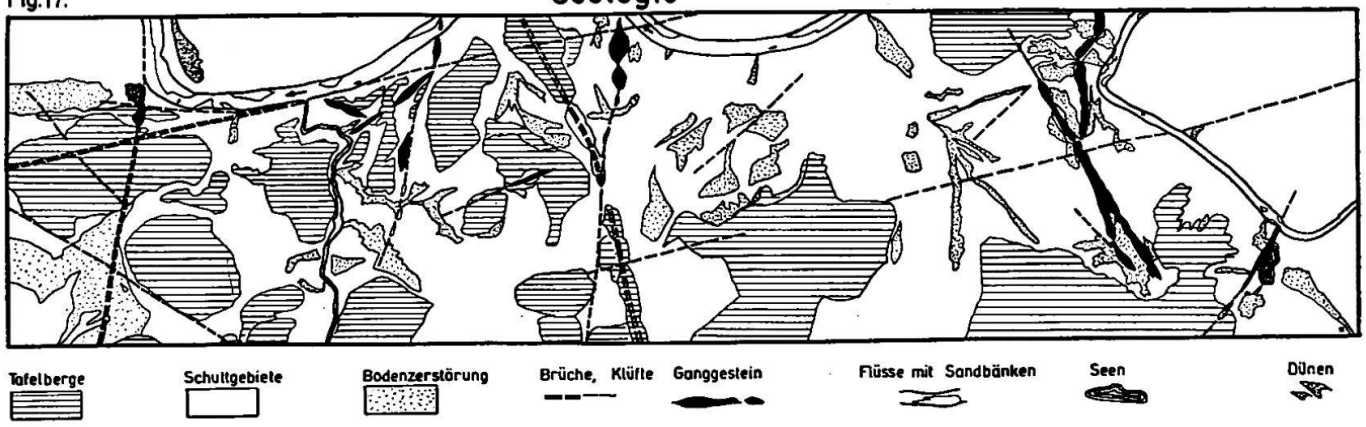
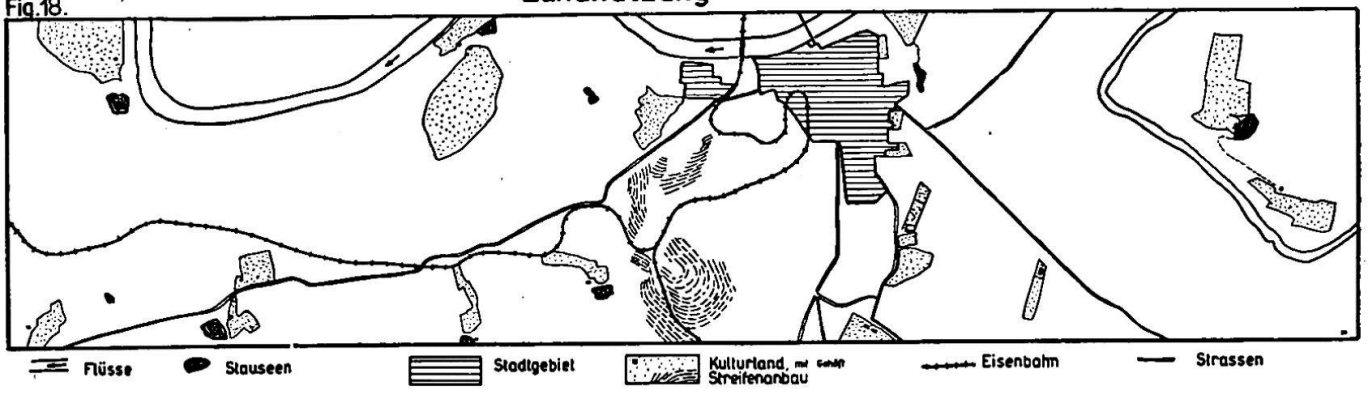


Fig.18. **Landnutzung**



Rippe gebildet hat. — Geradlinig verlaufende Vertiefungen und Gräben, ferner geradlinig abgeschnittene Tafelberge zeigen einen weiteren Typus von Brüchen (Fig. 21 und 22, Anaglyphentafel 5). Diese stellen Schwächezonen dar, die oft selbst durch die Schuttbedeckung und durch den Verwitterungsboden angedeutet sind, wie Fig. 23 und 24 zeigen. Die Bodenzerstörung folgt beispielsweise genau der Verlängerung einer Rippe aus Ganggestein.

2.42 Funktionelle Interpretation

Landesnatur. Die formellen Interpretationen der Fig. 15—18 verschaffen ein anschauliches Bild über die Landesnatur.

Relief, Gewässernetz und Vegetation zusammen lassen auch gewisse Schlüsse auf das Klima zu. Es scheint, daß die Niederschläge in längeren Zeitabständen (wüstenhafte Zonen), dafür aber dann heftig fallen (Badland-Bildung). Die vorherrschende Windrichtung (W—E) ist aus den Fig. 25—27 und aus der Anaglyphentafel 6 ersichtlich: Der Wind hat den Sand, der im Gleithang der Flußbiegung abgelagert worden ist, auf das östliche Ufer getragen, von wo er in Form von typischen Sicheldünen weiter ostwärts wandert. Der Galeriewald ist hier zerstört.

Bodenökologie. Geschlossene Steppenvegetation bedeckt vor allem die Plateaus der Tafelberge und die Ganggesteinsrippen. Besonders reizvoll ist die Betrachtung des Verbreitungsgefüges der Bäume und des Waldes. Fünf verschiedene Ökotypen lassen sich herausschälen: Galeriewälder längs der Flüsse (Fig. 28 bis 30); Baumgruppen an den steileren Flanken der Tafelberge (vermehrte Feuchtigkeit im Bereich der ausstreichenden Schichtfugen,

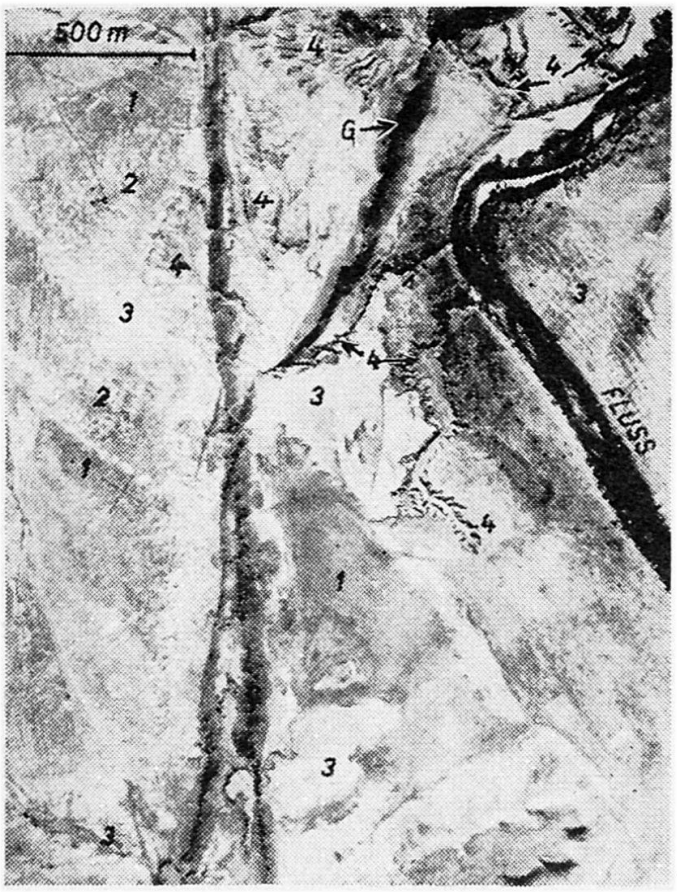
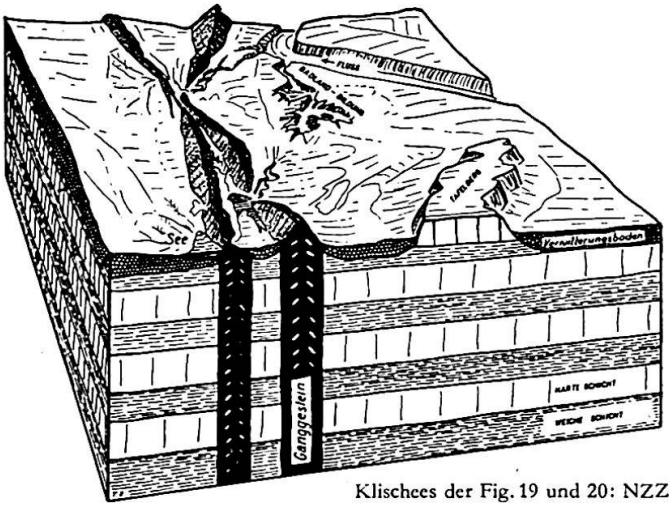


Fig. 19: Von Ganggestein ausgefüllte Klüfte (Koord. 13 der Fig. 14; vgl. auch Anaglyphentafel 3).

Infolge der größeren Verwitterungsbeständigkeit gegenüber dem Nebengestein bilden die Ganggesteinszonen nun in der Landschaft erhöhte Rippen.

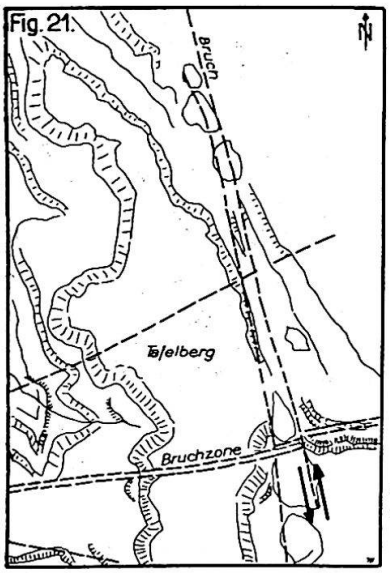
1 = geschlossene Pflanzendecke
2 = verarmte Vegetation
3 = wüstenhafte Böden (vegetationslos)
4 = offene Erosion (Badland)

Das Stereobild zeigt deutlich das schwache südliche Fallen des Tafelbergs am Südrand des Bildes



Klischees der Fig. 19 und 20: NZZ

Fig. 20: Blockdiagramm des in Fig. 19 gezeigten Gebietes



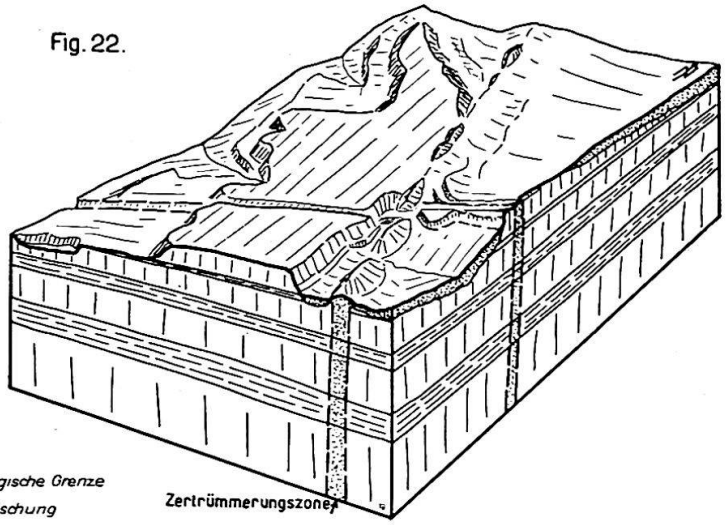
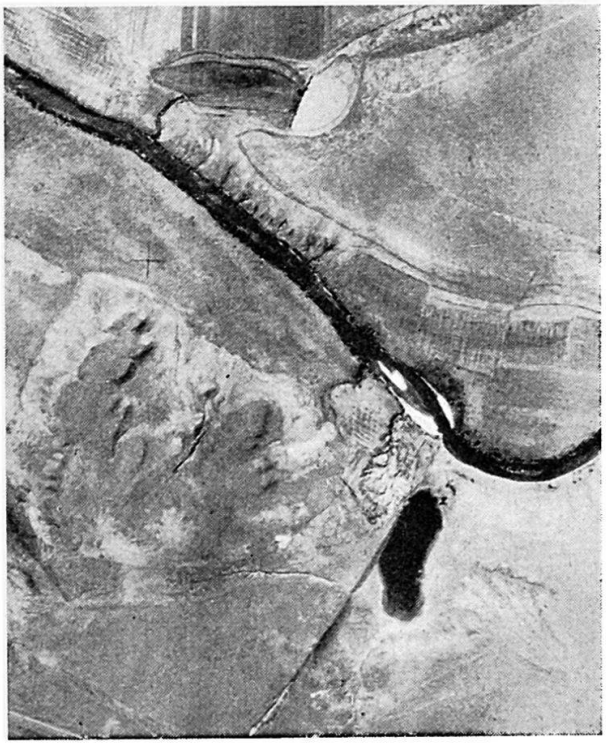


Fig. 21: Formelle Auswertung der Anaglyphentafel 5

Fig. 22: Blockdiagramm des Gebietes von Fig. 21

Der Tafelberg ist von zwei rechtwinklig zueinander verlaufenden Bruchsystemen zerschnitten Sein Ostrand wird durch den N—S verlaufenden Bruch gebildet. Dieser Bruch weist eine Transversalverschiebung auf und ist jünger als der W—E verlaufende Bruch; denn der letztere wurde von der Verschiebung miterfaßt. Beachte auch die Anreicherung von Bäumen entlang dem Rand des Tafelberges und im W—E verlaufenden Bruch. (Vgl. auch Fig. 31—36.)



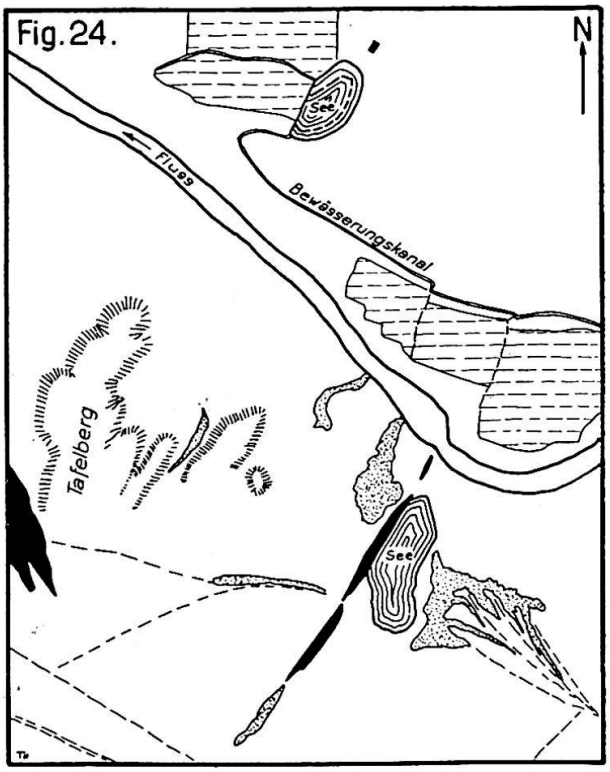
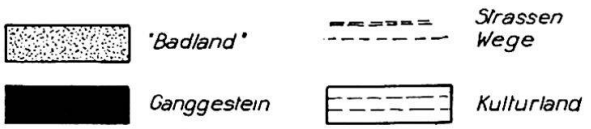


Fig. 23 (links): Ausschnitt von Koordinaten IV/15 der Fig. 14

Fig. 24 (rechts): Formelle Auswertung des in Fig. 23 abgebildeten Gebietes



Geogene und anthropogene Badland-Bildung. Die Bodenzerstörung folgt der südwestlichen Verlängerung der östlichen Ganggesteinsrippe, aber auch den Wegspuren südöstlich und westlich des großen Sees. Der südliche See ist durch die Ganggesteinsrippe aufgestaut worden; der nördliche See ist künstlich entstanden (Staudamm). Ein Bewässerungskanal führt sein Wasser zum Kulturland. Die zugehörige Siedlung befindet sich unmittelbar NE des nördlichen Sees. Beachte den Galeriewald am Fluß!

Fig. 25—27 (Anaglyphentafel 6; Koord. II/3 der Fig. 14)

Die Flußbiegung liegt exakt im Winkel zwischen zwei sich kreuzenden Kluftsystemen. An der N—S verlaufenden Kluft ist überdies ein See aufgestaut worden (evtl. mit künstlicher Nachhilfe?). Der Wind hat den Sand von der im Gleithang der Flußbiegung abgelagerten Sandbank nach E verfrachtet und in Form von Sicheldünen abgelagert. Streifenförmige dunkle Tönungen im Gebiet der Dünen deuten auf alte Flußläufe (Vegetation als Ausdruck der Bodenzusammensetzung und der Grundwasserverhältnisse). Beachte auch die Anreicherung der Bäume den Rändern der Tafelberge entlang und den Galeriewald am Fluß.

Fig.26.

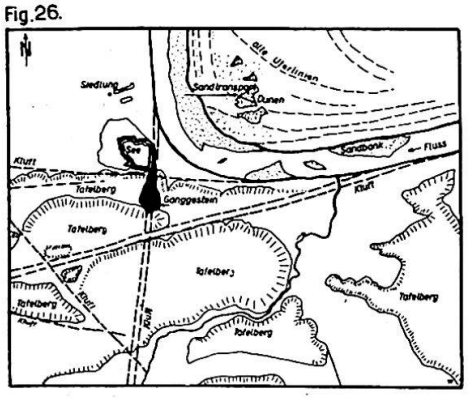


Fig. 26: Formelle Auswertung der Fig. 25

Fig.27

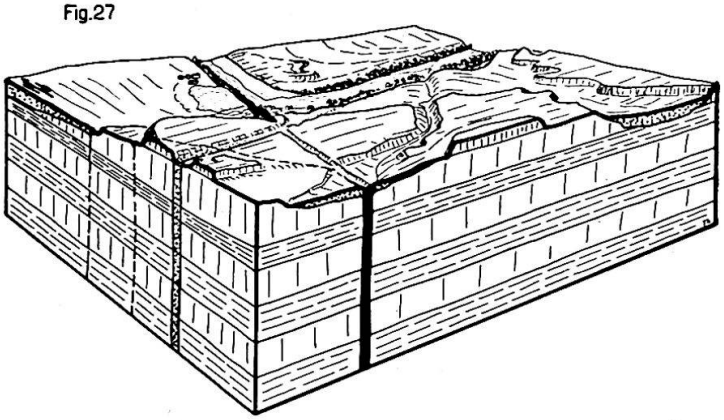
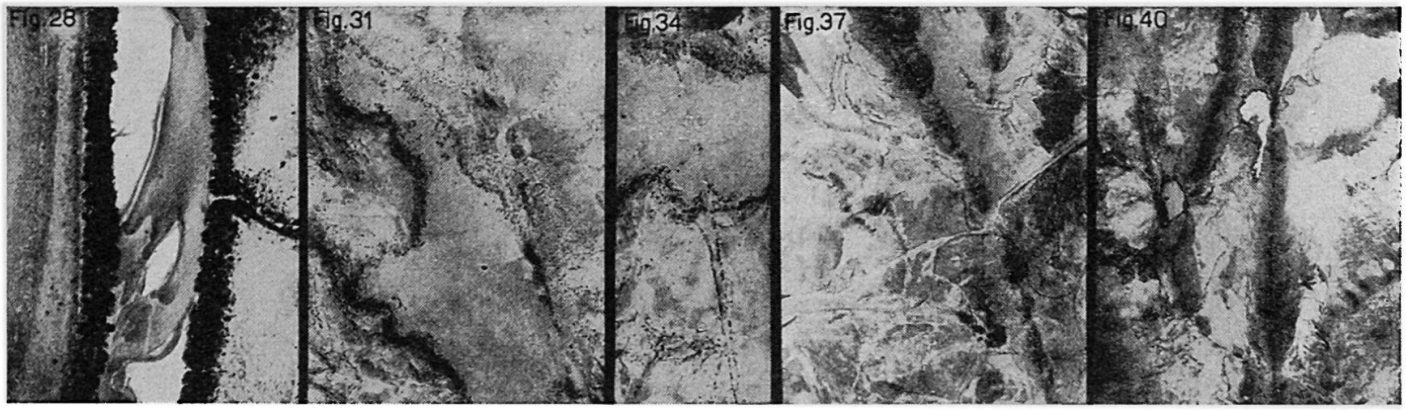


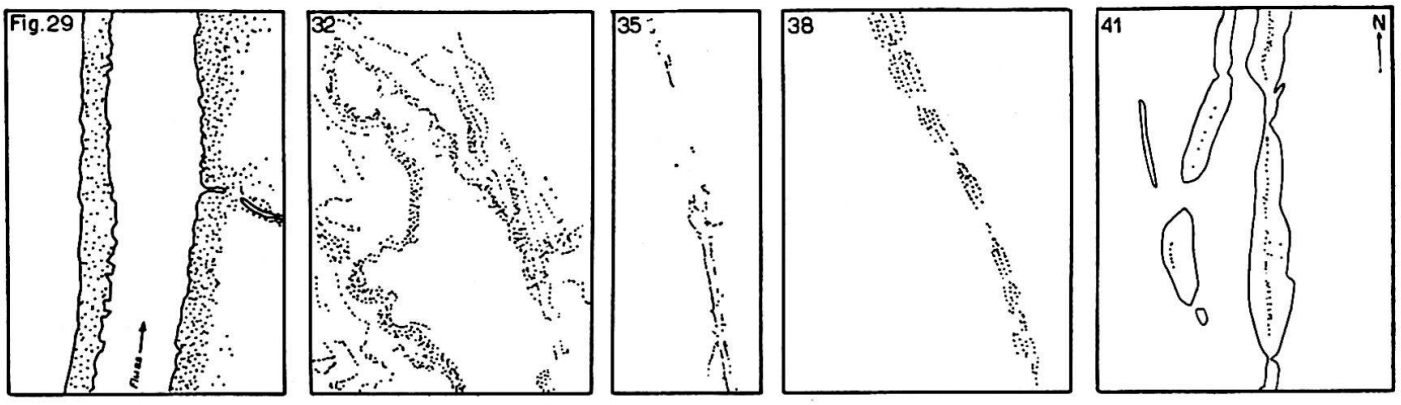
Fig. 27: Blockdiagramm des in Fig. 25 und 26 dargestellten Gebietes

Fig. 31—33); Baumreihen längs gewöhnlicher Klüfte (vermehrte Feuchtigkeit, Fig. 34—36); Baumgruppen in der Bruchzone (Feuchtigkeit aus dem Untergrund durch vertikale Klüftung, Fig. 37—39); und schließlich Bäume auf den Ganggesteinsrippen (infolge Wasserzufuhr in vertikalen Klüften, evtl. auch durch veränderten Chemismus [Fig. 40—42]). Geschlossene Bereiche dieser fünf Ökotypen sind Ökotope niederster (erster) Ordnung. Ein ausschließlich Steppe tragender und von Bäumen umränderter Tafelberg ist ein Zonationsökotop zweiter Ordnung.

Fig. 28—42: Die Baum-Ökotypen der Landschaft von Südafrika

Es können 5 Ökotypen ausgeschieden werden. Die oberste Bildreihe ist eine Zusammenstellung von Ausschnitten der Senkrechtaufnahmen. Die mittlere Figurenreihe stellt die zugehörigen Baumkarten dar, wobei die Bäume durch schwarze Punkte zum Ausdruck gebracht werden. Die Gesetzmäßigkeiten in der Baumanordnung liegen klar auf der Hand. In den Blockdiagrammen sind die ökologischen Ursachen für die Baumanreicherungen dargestellt (vgl. hiezu auch die Anaglyphentafeln 3—5).





Galeriewald | Tafelberg | Kluft | Bruchzone | Ganggestein als Kluftfüllung

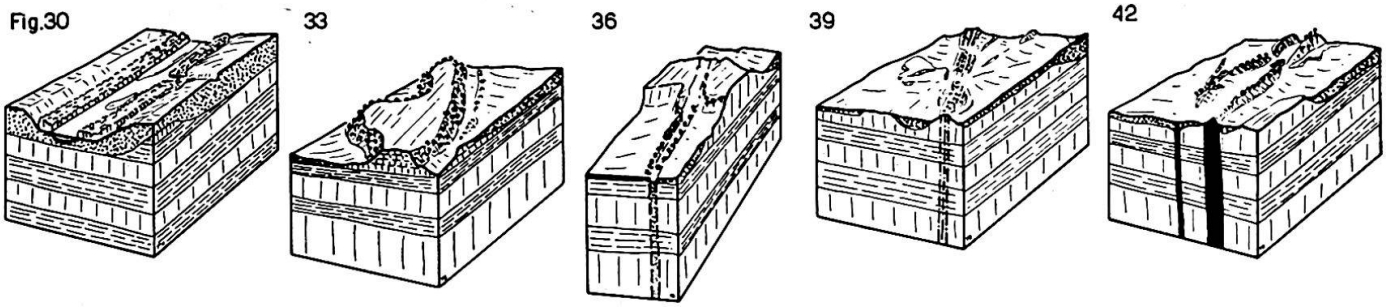
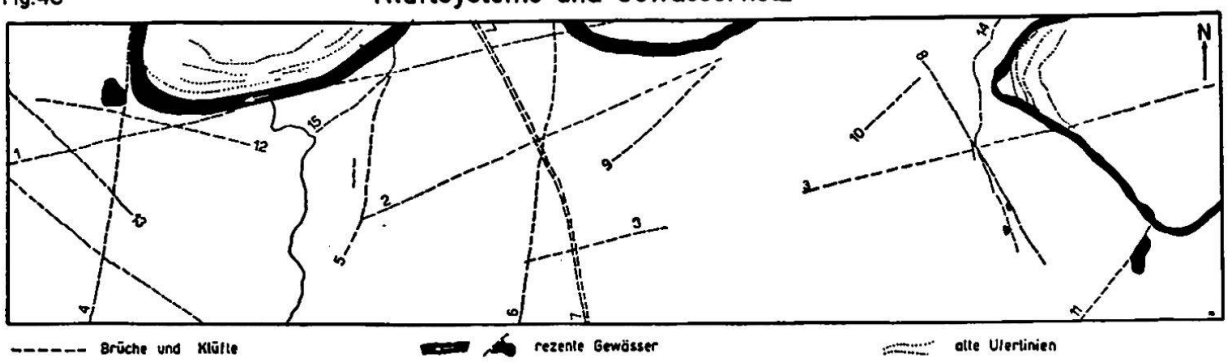


Fig.43 Kluftsysteme und Gewässernetz



Kluftsysteme und Gewässernetz (Fig. 43). Eine Gegenüberstellung der photogeologischen Auswertung (Fig. 17) und des Gewässernetzes (Fig. 15) zeigt mit aller Deutlichkeit die funktionellen Beziehungen. Zur Veranschaulichung wurden die entsprechenden Daten in Fig. 43 neu zusammengestellt und die Klüfte numeriert. Die Flußbiegung im Westteil des Streifens erweist sich klar durch die Klüfte 1 und 4 bedingt (vgl. hiezu auch Fig. 25—27). Auch die Bruchzone 7 (Anaglyphentafel 4) wird durch den Fluß (außerhalb der Fig. 14) umfahren. Die Kluft 2 zeigt ebenfalls ostwärts in die Richtung des Flußlaufes. Der kleinere Fluß im Ostteil des Streifens scheint durch die Ganggesteinsrippen 8 und 14 in seine heutige Bahn gelenkt worden zu sein (vgl. hiezu Fig. 19 und 20). Alte Uferlinien sind durch dunklere Tönungen am Boden zu erkennen. Der Fluß hat also seinen Lauf mehrmals verlegt, bis ihm die Ganggesteinsrippen Halt geboten (vgl. Fig. 23 und 25). Kleine Seen sind an den Klüften (Ganggesteinsrippen) 4, 8 und 11 gestaut worden (vgl. hiezu Fig. 23, 25 und 40). Die Übersicht in Fig. 43 zeigt auch sehr klar die Eingliederung der verschiedenen Klüfte in Systeme: Die Klüfte 1, 2 und 3 verlaufen ca. W—E, 4, 5 und 6 N—S, 7 und 8 NNW—SSE; zum selben Kluftsystem gehören die Klüfte 9, 10, 11, 14 und 15.

Bodenzerstörung. Die Bodenzerstörung (Soil Erosion) meidet die Tafelberge. Auch die Ganggesteinsrippen bilden normalerweise natürliche Schutzwälle gegen die Bodenabspülung. Klüfte hingegen können selbst durch den Verwitterungsboden die Bodenzerstörung mit verursachen, wie Fig. 23 und 24 zeigen. Neben dieser geogenen ist auch eine anthropogene Bodenzerstörung festzustellen: Die Verästelungen der Badlands folgen vorzugsweise den Wegspuren (Fig. 23, Südteil). Inwiefern auch Überweidung an der Bodenzerstörung mitwirkt, entzieht sich der Luftbild-Interpretation.

2.43 Wirtschaftsfunktionelle Interpretation

Landnutzung. Landnutzungszonen liegen isoliert und zerstreut um die große Stadt (Fig. 18). Genauere Betrachtung zeigt in der Nähe der Kulturen kleine Stauseen. Zu jeder dieser Nutzungsregion gehört eine Gehöftgruppe. Oft sind Baumalleen und Windschutzhecken vorhanden, die (wie die Dünen) auf schädliche Winde schließen lassen. Westlich und südwestlich der Stadt sind größere Gebiete gegen die Bodenzerstörung durch Streifenanbau geschützt. 2 km SE der Stadt liegt eine isolierte Landnutzungszone. Die Stadt (Anaglyphentafel 7) zeigt modernes Schachbrettmuster mit locker gebauten, eher kleinen Häusern und zahlreichen Gärten und andern Anlagen. Sie ist Kreuzungspunkt von drei Überlandstraßen und drei Eisenbahnlinien. NW der Stadt liegt eine weitere Siedlung mit bedeutend kleineren Hütten (evtl. Eingeborenen-Behausungen?). Industrieanlagen können mit Sicherheit nicht festgestellt werden, dagegen große öffentliche Gebäude. Die isolierten Nutzungszonen sind Wirtschaftseinheiten niederster (erster) Ordnung. Sie sind konkret umgrenzt gegenüber der umgebenden Naturlandschaft und bilden die Agrarbasis für die Stadt. Die Nutzungszonen wurden vorzugsweise dort placiert, wo die natürlichen Verhältnisse die Anlage eines

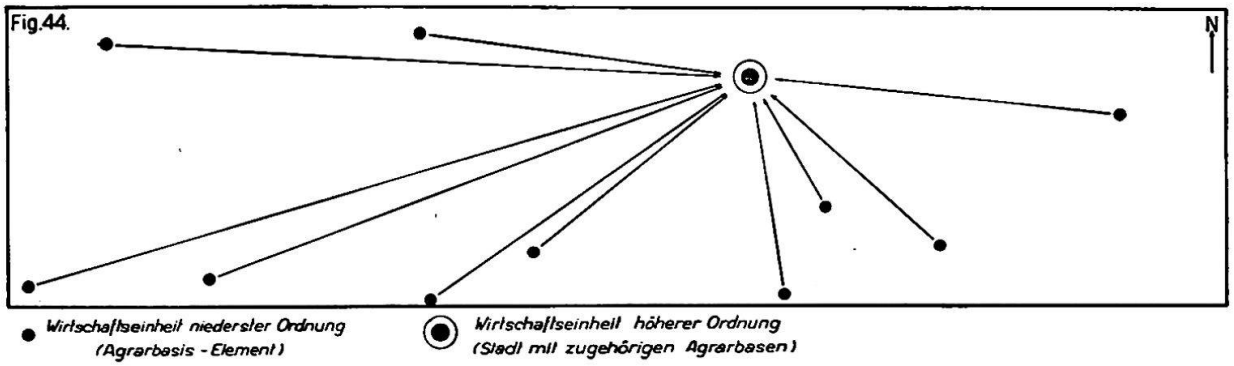


Fig. 44: Die Wirtschaftseinheiten

Stausees für die künstliche Bewässerung begünstigten (Fig. 27). Die Stadt ist offenbar infolge fehlender Industrie in erster Linie Verkehrszentrum (Bahn- und Straßenknotenpunkt), evtl. auch Verwaltungszentrum. Diese Deutung wird durch die lockere, gartenstadtähnliche Bebauung nahegelegt. Auch Golfplätze scheinen nicht zu fehlen (NE der Stadt). Stadt und Landnutzungszonen zusammen ergeben eine Wirtschaftseinheit zweiter Ordnung.

2.44 Formalgenetische Interpretation

Diese ergibt folgenden erdgeschichtlichen Ablauf: Entstehung der Tafelberge durch gleichmäßige Hebung, Bildung von Bruch- und Kluftsystemen verschiedenen Alters durch Krustenbewegungen. Teilweises Eindringen von Magma in die geöffneten Klüfte. Die Füllung der Klüfte mit Ganggestein muß sehr jungen geologischen Datums sein; denn es wurden schon vorhandene Täler durch die Ganggesteinsrippen abgeriegelt. Arides Klima, ohne nennenswerten Wegtransport des Verwitterungsschuttes. Herauswittern einzelner Tafelberge und Kluftfüllungen, Anlage des Gewässernetzes gemäß den Kluftsystemen. Verarmung der natürlichen Vegetation (evtl. durch Klimaänderung) mit nachfolgender Badland-Bildung.

Wirtschaftsgenetische Interpretation. Diese ist zum Teil schon in der funktionellen Betrachtung enthalten. Die Stadt entstand als Verkehrsknotenpunkt. Um die Versorgung mit Agrarprodukten sicherzustellen, wurden in der näheren Umgebung an günstig gelegenen Stellen mittels künstlicher Bewässerung Anbaugebiete geschaffen. Parallel dazu geht auch die Bodenkonservierung durch Verbauungen und Streifenanbau. Durch weitere technische Maßnahmen, z. B. Flußkraftwerke mit Pumpstationen, könnte die ganze wüstenhafte Landschaft in einen blühenden Garten verwandelt werden.

2.46 Beschreibung der Anaglyphen

Tafel 3, Ganggesteinsrippen (Koord. 13 der Fig. 14): Vgl. Fig. 19, 20, 40—42 und Text auf Seite 229.

Tafel 4, Bruchzone (Koord. 7 der Fig. 14): Eine Bruchzone zieht sich als Rippe durch das Bild von der NW-Ecke nach SSE. Die horizontale Schichtung der Rippe ist noch deutlich erkennbar, so daß wir es hier mit einer sekundären Gesteinsverfestigung zu tun haben (zementierte Bruchzone?). Im übrigen kommt die allgemeine horizontale Schichtung an den Tafelbergen W der erwähnten Rippe gut zum Ausdruck. Eine anders geartete, breite Rippe zieht sich von N nach S durch das Gelände (namentlich im nördlichen Bildteil gut ausgebildet). Sie läßt keinerlei Schichtung erkennen; auch weist das Gestein eine dunklere Farbe auf. Es ist daher eine Ganggesteinsrippe als Kluftfüllung. Eine weitere, kleinere Ganggesteinsrippe liegt am nördlichen Bildrand, westlich der soeben erwähnten Rippe. Sie streicht WSW—ENE. Die große Rippe wird im Tagbau ausgebeutet, so daß die Vermutung naheliegt, es könne sich um einen Erzgang handeln. Die Vegetation (Bäume) bevorzugt die Bruchzone und die Ränder der Tafelberge (vgl. die diesbezügliche ökologische Beschreibung auf Seite 234). Stauseen dienen der künstlichen Bewässerung (am südlichen Bildrand). Der Bodenerosion wird durch Streifenanbau entgegengewirkt. Beachte die sanft geschwungene Führung der Bahnlinie gegenüber den Straßen und Wegen!

Tafel 5, Tafelberg: Vgl. hiezu Fig. 21, 22, 31—33.

Tafel 6, Flußbiegung mit Dünen (Koord. II/3 der Fig. 14): Die Formen der Sandbänke im Fluß verraten die Flußrichtung, nämlich E—W. Eine besonders große Sandbank wurde im Gleithang der Flußbiegung abgelagert. Der Wind hat den Sand dieser Bank auf das E-Ufer getragen, wo er in Form von Dünen weiter ostwärts wandert. Ein Barchan ist in Entwicklung begriffen. Der Galeriewald ist vom Sand an dieser Stelle verschüttet. — Für weitere Details vgl. Fig. 25—27.

Tafel 7, Stadt (Koord. II/10 der Fig. 14): Die Stadt zeigt modernes Schachbrettmuster. Die Bodenzerstörung reicht bis zum Stadtrand. Streifenanbau dient der Bodenkonservierung (vgl. Text Seite 235).

2.5 SCHWEIZERISCHES MITTELLAND (Zürichsee—Tößberg—Ricken)

(Anaglyphentafeln 8—11)

Aufnahmen: Senkrechtaufnahmen der Eidg. Landestopographie, Tafeln 8, 10, 11: Filmkammer F = 15 cm, Negativformat 23 × 23 cm², Flughöhe ca. 7500 Meter über Meer, Originalbildmaßstab ca. 1:50000; Tafel 9: automatische Filmkammer F = 21 cm, Negativformat 18 × 18 cm², Flughöhe ca. 3000 Meter über Meer, Originalbildmaßstab ca. 1:15000.

Hauptzweck dieses Beispiels ist, die Eignung von Luftbildern im allgemeinen und von Luftbildplänen im besondern zur Großgliederung der Landschaft (deduktive Arbeitsweise) zu zeigen. Die Interpretation des Photomosaiks (Fig. 45) wurde deshalb nicht vollständig durchgeführt, d. h. es wurde nicht versucht, die ganze Zone bis in die letzten abiotischen Gesamtkomplexe und bis in die dadurch bedingten kleinsten Wirtschaftseinheiten aufzuteilen, sondern nur einige wenige, typische Beispiele sind näher beschrieben.

2.51 Großgliederung

Ein erster Überblick über den Luftbildplan (Fig. 45) zeigt sofort den mannigfachen Wechsel in der Landesnatur. Er ermöglicht unmittelbar eine Aufteilung in verschiedenartige Landschaftsbereiche (Fig. 46—48). Das Relief ist aus den Anaglyphen ersichtlich. Die Integration der formellen Teilauswertungen ergibt zwingend die Aufgliederung in vier Bereiche verschiedener Landschaften, nämlich in

1. die Zone des fluviatil zertalten Berglandes vom Tößgebiet (horizontal gelagerte, lithologisch nicht stark differenzierte Molasse, Wälder in engen V-Tälern und an steilen Talflanken — Schluchtwälder —, Siedlungen auf Kreten und in den breiteren Talböden);
2. die Zone der Schichtrippenlandschaft von Rapperswil—Ricken (schiefgestellte Molasse, selektive Erosion erzeugt Schichtrippen von harten Nagelfluhbänken, Wald auf Schichtrippen, Siedlung, Verkehrsnetz und Gewässer in den Isoklinaltälern); Fig. 6;
3. die Zone der plateauartigen Molasse (Gebiet mit nicht sehr hervortretenden Merkmalen; immerhin kommt der tafelbergartige Charakter des Pfannenstiels durch das Relief und die Verteilung des Waldes gut zum Ausdruck. Auch die Zone der Moränenbedeckung kann unschwer lokalisiert werden);
4. die Zone der Moränen und Drumlins im obern Glattal (Molasse durch Glazialablagerungen überdeckt; runde, gerichtete Reliefformen, Wald vornehmlich an den nördlichen Flanken der Moränen und Drumlins, daher regelmäßig angeordnet, ausgedehnte Schotter- und Alluvialebenen).

2.52 Wirtschaftseinheiten

Entsprechend der vielgestaltigen Naturgrundlage sind verschiedene Typen von Wirtschaftseinheiten zu unterscheiden. In der Zone der Schichtrippenlandschaft finden wir Isoklinaleinheiten (Fig. 6 und 50) und Terrasseneinheiten (Fig. 49 und 51). Ihre natürliche Umgrenzung wird durch ausbeißende Nagelfluhrippen gebildet, die infolge ihrer Steilheit und ihrer mageren Böden bewaldet sind. Siedlung und intensiv genutztes Land bevorzugen die dazwischenliegenden weicheren Mergel und Sandsteine. In den niederen Reliefzonen tritt hier außerdem noch Grundmoränenbedekkung hinzu. Verkehrs- und Gewässernetz sind ausgesprochen linear ausgerichtet (Fig. 6).

Im Tößbergland, wo die Molasse nach Norden fortschreitend geringer differenziert erscheint, sind die Wirtschaftseinheiten weniger geologisch als durch das Relief bedingt. Es können im wesentlichen drei Arten solcher Einheiten ausgeschieden werden: Grat-, Hang- und Taleinheiten (Fig. 52—55).

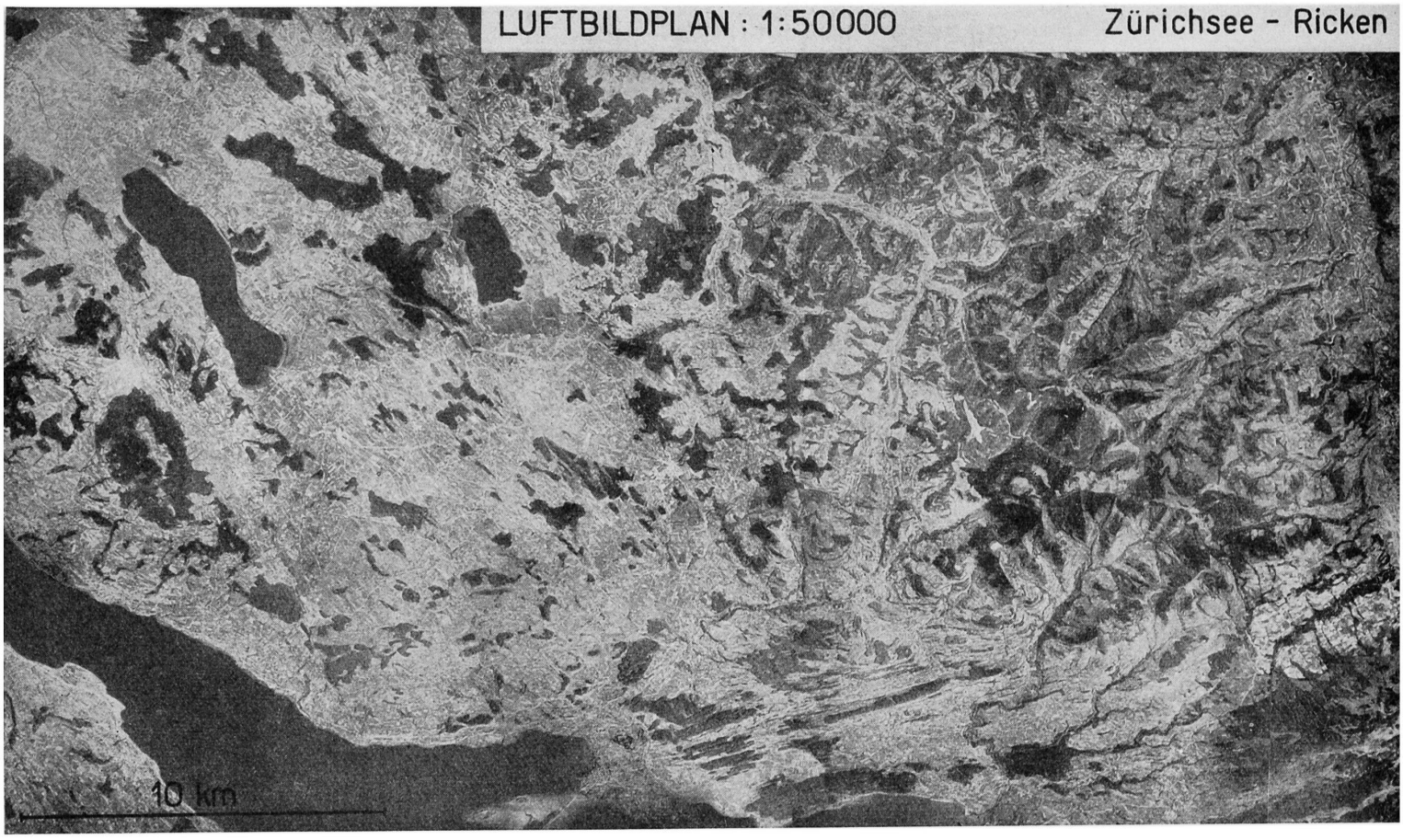
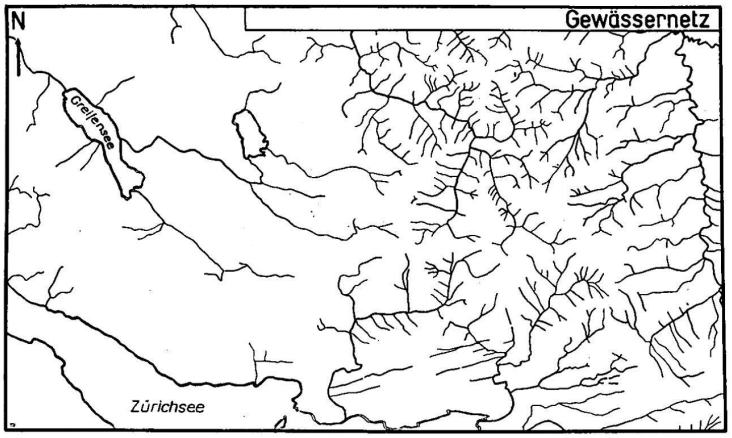
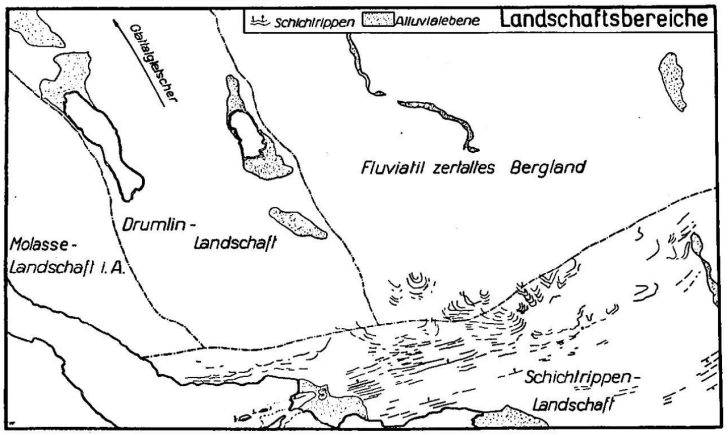


Fig. 45: Luftbildplan, zusammengesetzt aus 27 entzerrten Senkrechtaufnahmen der Eidg. Landestopographie; alle Rechte vorbehalten. Bildmaßstab reduziert auf ca. 1:160000.





Primäre Großgliederung der Landschaft an Hand des Luftbildplanes

Fig. 46 (oben rechts): Die Anordnung des Waldes ist zonenweise gesetzmäßig. Die unregelmäßige, starke Waldbedeckung des Tößgebietes steht in scharfem Gegensatz zu den geradlinig begrenzten, linear angeordneten Waldeinheiten im Gebiet von Jona—Eschenbach. Im Glattal weisen die Waldareale mehr länglich-gerundete Formen auf, und ihre Längserstreckung ist einheitlich auf NW—SE ausgerichtet, was der Fließrichtung des ehemaligen Glattalgletschers entspricht. Am Pfannenstiel zeigen die Formen der Wälder wieder andere Gesetzmäßigkeiten, was mit dem tafelbergartigen Charakter der horizontal gelagerten Molasse zusammenhängt.

Fig. 47 (rechts): Die geologische Auswertung beruht auf der Interpretation der Geomorphologie. Sie ergibt die Gliederung in Reliefzonen. Für die Details der einzelnen Zonen sei auf den Text und auf die Beschreibung der einzelnen Anaglyphentafeln verwiesen.

Fig. 48 (oben): Das Gewässernetz zeigt nur drei Zonen: das radial gerichtete, fein verästelte System im Tößbergland, das linear gerichtete Netz vom Gebiet Rapperswil—Ricken und das grobmaschige, wenig charakteristische Netz vom obern Glattal.

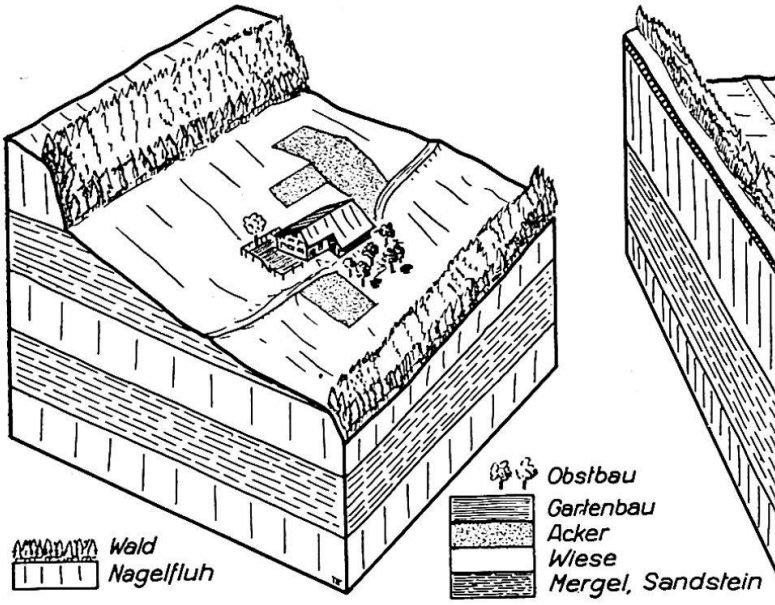


Fig. 49: Terrasseneinheit

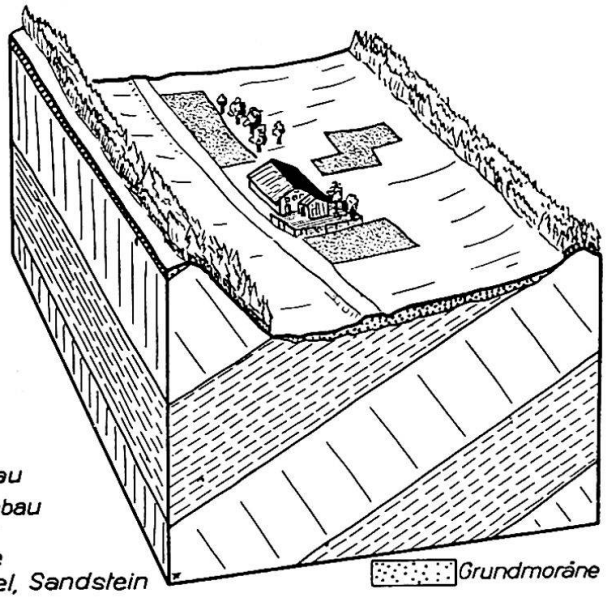


Fig. 50: Isoklinaleinheit

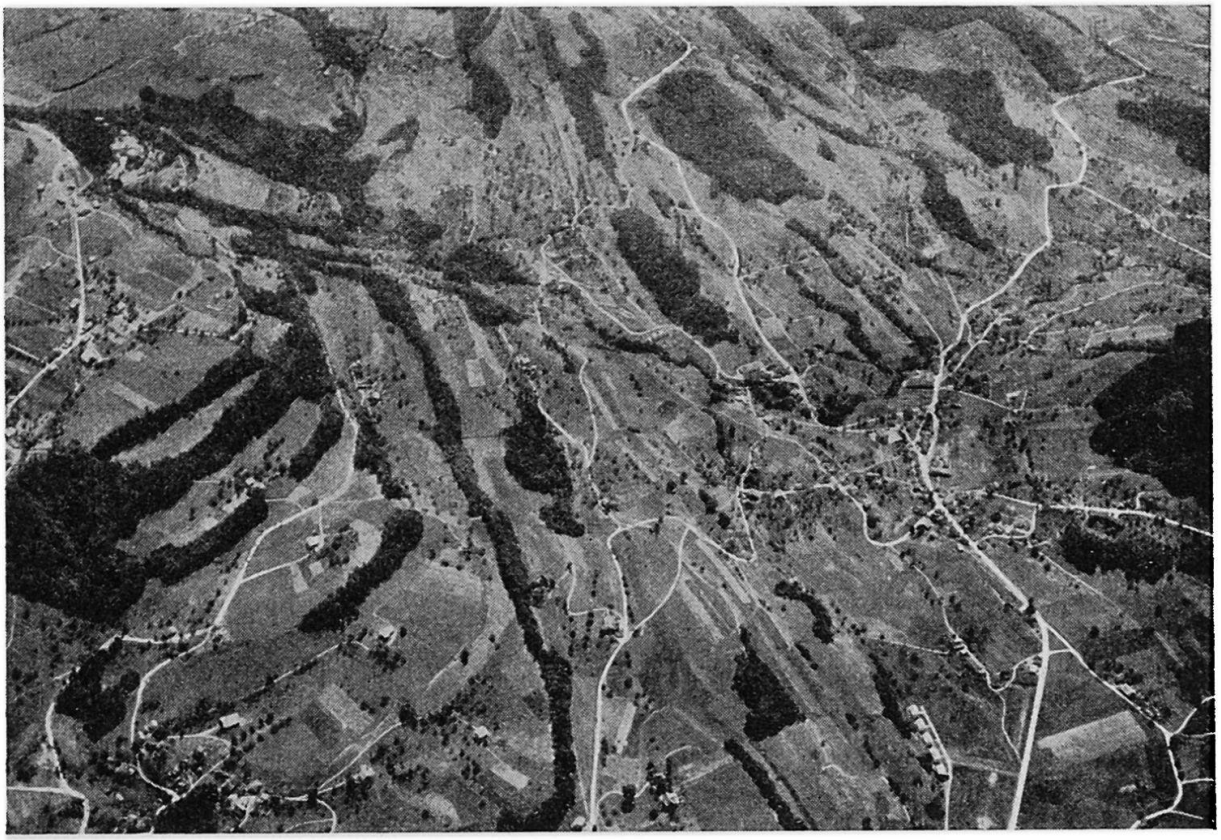
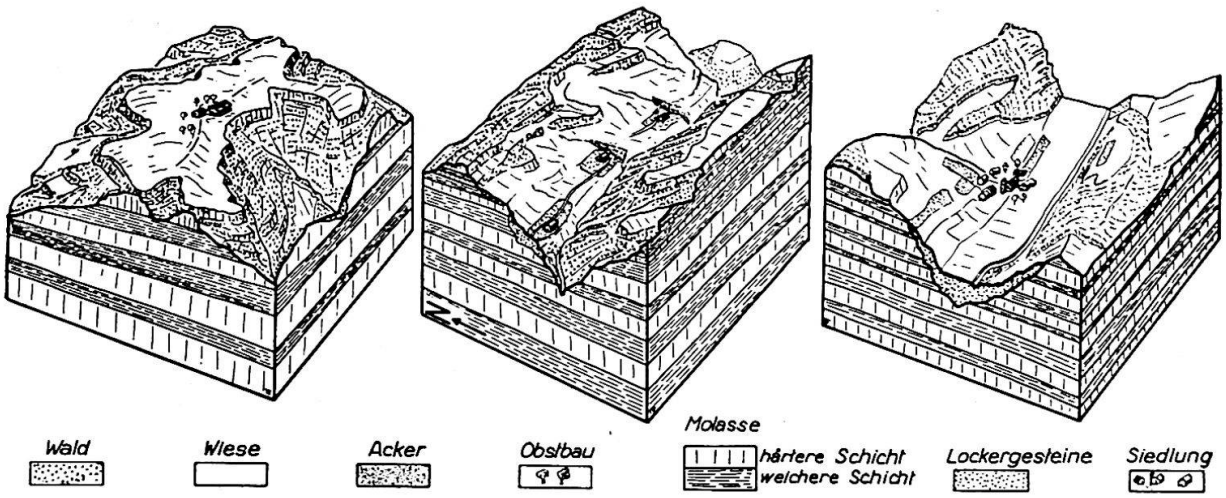


Fig. 51: Schrägaufnahme der Molasselandschaft bei Wald (Aufnahme von T. HAGEN, behördlich bewilligt am 29. August 1950)

Die Wirtschaftseinheiten gemäß Fig. 49 fügen sich harmonisch in die natürlich gegliederte Landschaft ein. So liegen im Vordergrund links fünf Familienwirtschaften auf den Terrassen übereinander, getrennt durch Wald auf den Nagelfluhrippen oder — wo dieser fehlt — durch Steilböschungen mit entsprechender Landnutzung. (Die Steilböschungen sind in den stereoskopisch betrachteten Senkrechtaufnahmen bedeutend besser zu erkennen als in der Schrägaufnahme; vgl. hiezu Anaglyphentafel 8, deren nördlicher Teil das gleiche Gebiet darstellt.)



Die Wirtschaftseinheiten des Tößberglandes
Fig. 52 (links): Grateinheit; Fig. 53 (Mitte): Hangeinheit; Fig. 54 (rechts): Taleinheit

Die Grateinheiten (Fig. 52) liegen auf den Gräten zwischen den markanten V-Tälern. Die steilen Talflanken werden dem Wald überlassen (Schluchtwälder). Der Platzmangel auf den Gräten führt zur Entwicklung von Familienwirtschaften in Einzelsiedlungen.

Die Hangeinheiten (Fig. 53) konnten sich dort entwickeln, wo die Talflanken infolge weicherer Gesteine, vorgeschrittener Erosion oder mächtiger Schuttbedeckung weniger steil sind. Sehr oft macht sich die Exposition bemerkbar, indem nur die sonnseitigen Hänge intensiv genutzt werden, während die Schattenhänge bewaldet sind. Auch hier begünstigt der Platzmangel die Einzelsiedlung. Die natürliche Abgrenzung gegen benachbarte Familienwirtschaftseinheiten geschieht oft durch Bäche, Täler oder Tobel (vgl. Anaglyphentafel 11).

Die Taleinheiten (Fig. 54) sind häufig Dorfwirtschaften und liegen zumeist an Einmündungen von Seitentälern, sei es um auf den Schuttkegeln den Überschwemmungen des Talbodens zu entgehen oder um die Wasserkraft des Seitenbaches auszunützen.

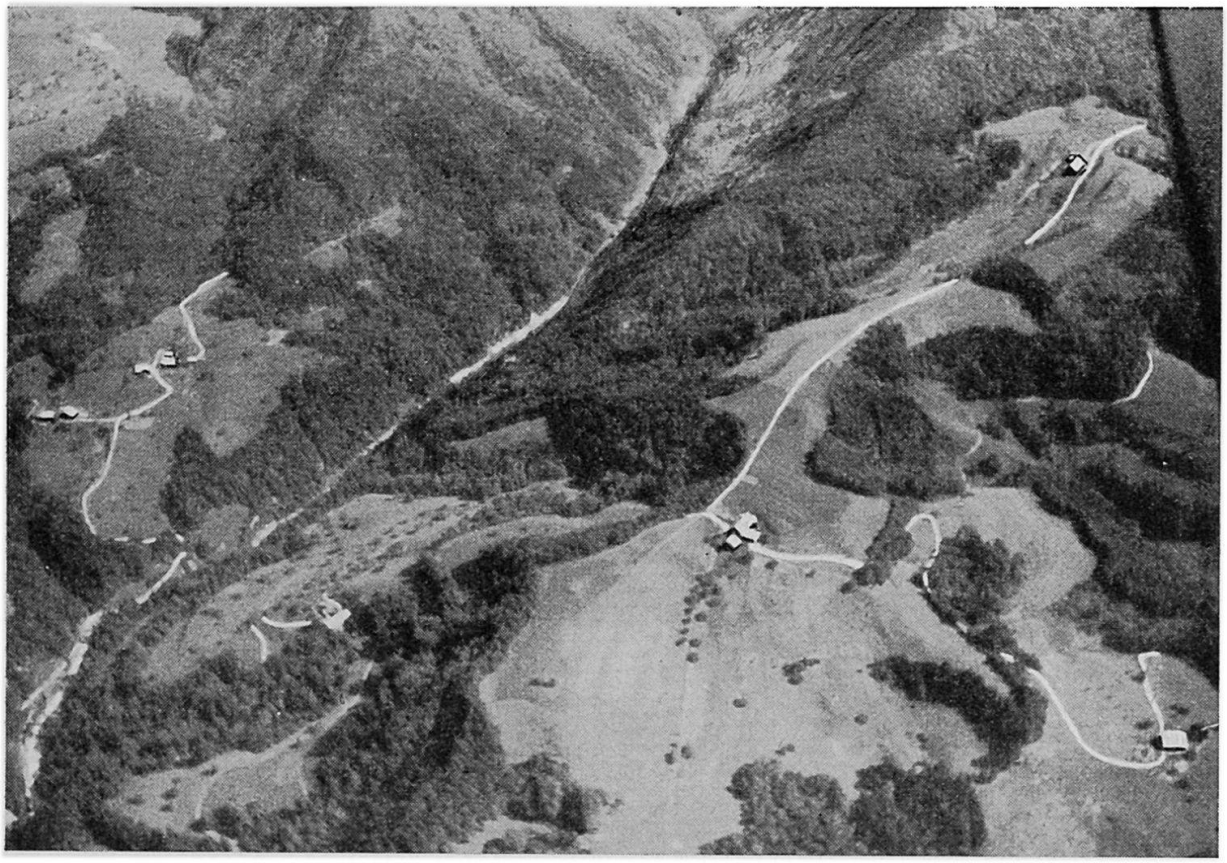


Fig. 55: Charakteristische Anlage der Wirtschaftseinheiten auf den Rippen im fluviatil zertalten Bergland des Hörnligebietes. (Bei Fischingen, Blick nach SE; Flugaufnahme: T. Hagen, behördl. bew. 29. 8. 1950)

2.53 Beschreibung der Anaglyphen 8—11

Tafel 8, Schichtrippenlandschaft von Wald: Der Südteil des Bildes wird von den bekannten Schichtrippen eingenommen. Deutlich ist die Aufteilung des Gebietes in natürliche Geländekammern und deren lineare Anordnung durch die bewaldeten Rippen zum Ausdruck gebracht. Die Schrägaufnahme der Fig. 6 stellt einen Ausschnitt dieses Gebietes dar. — Im nördlichen Bildteil geht die schiefe Lagerung der Molasseschichten in die horizontale Lagerung über. Beachte die ausgeprägten Terrassen unmittelbar östlich der Ortschaft Wald, die je eine Familienwirtschaft enthalten (vgl. hiezu Fig. 51, die eine Schrägaufnahme dieses Gebietes ist).

Tafel 9, Drumlinlandschaft bei Wetzikon: Diese Aufnahme weist einen bedeutend größeren Maßstab auf als die übrigen Bilder. Dadurch kommen besonders die feineren Formen der Drumlins sehr gut zum Ausdruck. Die Reliefwirkung wird außerdem noch durch schiefes Sonnenlicht verstärkt. Die ganze Landschaft setzt sich aus Drumlins zusammen, und jeder Drumlin bildet einen abiotischen Gesamtkomplex, in den sich teilweise auch die Wirtschaft einordnet. Die Landnutzung entspricht dem Relief, dem Boden und der Exposition. Die Nordhänge sind bewaldet, während die Südhänge intensiv genutzt werden. Die sumpfigen Ebenen (Grundmoränen) sind mit Wiesen und Ried bedeckt. Ein besonders schönes Beispiel einer solchen Drumlin-Wirtschaftseinheit liegt in der E-Ecke des Bildes. Mit diesen wenigen Andeutungen ist die Interpretation des vorliegenden Bildes keineswegs erschöpft; der Geograph könnte (besonders auch in Verbindung mit Feldarbeit) noch eine Menge von Tatsachen erkennen (z. B. Parzellierung, Obstbaumdichte, Abgrenzung von Einzelgehöften, Weilern, Dörfern usw.).

Tafel 10, Rapperswil: Die südliche Bildhälfte wird vom Zürichsee und von den Molasse-Schichtrippen eingenommen. Nach Norden sind die Schichtrippen mehr und mehr von Glazialschutt überdeckt, erkennbar an den weicheren Reliefformen und an der Richtungslosigkeit des Reliefs. Einige bogenförmige Wälle sind unschwer als Reste von Wallmoränen zu erkennen. In den Wannen liegen zum Teil noch heute erhaltene Moränenstauseen. Diese Aufnahme zeigt auch die Lösung einer alten Streitfrage, nämlich der Frage, ob die Nagelfluh der Inseln Ufenau und Lützelau derjenigen des Schloßhügels von Rapperswil entspreche. In der Senkrechtaufnahme ist deutlich zu sehen, wie die Fortsetzung der Schloßhügelrippe nördlich an den Inseln vorbeistreicht. Die Unterwassertopographie läßt auch den Moränenbogen des Hurdener Stadiums (nach von Moos ein Quer-Os [1943]) erkennen (vgl. hiezu die Beschreibung in Welti, 1950: Luftbild und subaquatisches Relief).

Tafel 11, Tößberglandschaft (Bauma—Steg). Die Aufnahme schließt nördlich an Tafel 8 an und zeigt das fluviatil zertalte Bergland des Tößgebietes. Jedoch ist die Erosion noch nicht so weit fortgeschritten, daß die Höhenzüge zwischen den einzelnen Tälern überall zu scharfen Gräten zugeschnitten wären. Besonders im Südwestteil sind Reste von alten Landoberflächen zu sehen, die zum Teil erst durch einzelne Runsen (Schluchtwälder) aufgeteilt sind. Auf den breiteren Rücken zwischen den Schluchtwäldern liegt das intensiv genutzte Land. In den WE-verlaufenden Tälern liegen die Siedlungen vorzugsweise an den sonnseitigen Hängen. Dorfwirtschaften finden wir fast ausschließlich in den breiten Talböden.

Der Vergleich des Photomosaiks (Fig. 45) mit den Stereobildern zeigt, daß für die landschaftskundliche wie auch für quartärgeologische Forschung stereoskopische Betrachtung unumgänglich notwendig ist. Kaum ein einziger Drumlin ist bei nur monokularer Betrachtung erkennbar! Es sei in diesem Zusammenhang auch darauf hingewiesen, daß durch die starke Überhöhung im Stereobild vielleicht manche geologische und besonders quartärgeologische Probleme des schweizerischen Mittellandes einer Lösung nähergebracht werden könnten. So zeigt beispielsweise die Anaglyphentafel 10, wie das Gebiet NW Rapperswil von SE nach NW verlaufenden Brüchen durchzogen wird. Diese Brüche sind im Feld absolut nicht zu erkennen; sie stehen möglicherweise mit dem noch keineswegs gelösten Problem der Entstehung der Alpenrandseen in Verbindung.

2.6 KETTENJURA

(Fig. 56—110, Anaglyphentafeln 12—18)

2.61 Allgemeines

Der Kettenjura ist ein einfaches Faltengebirge jüngeren geologischen Datums. An seinem Aufbau sind durchwegs karbonatreiche Gesteine in Form harter Kalke und weicherer Mergel beteiligt. Die Erosion ist im allgemeinen noch nicht weit fortgeschritten, so daß das heutige Talsystem weitgehend der geologischen Struktur entspricht. Die Höhenzüge folgen den Faltengewölben, die Täler den Mulden. Immerhin sind aber auch tiefere Schichten angeschnitten. Es sind zwei wichtige Boden-

typen vorhanden, die den einseitigen chemischen Charakter des bodenbildenden Gesteins verraten. Auf harten, sehr karbonatreichen und verwitterungsbeständigen Gesteinen (Gräten, Steilstufen, steilen Flanken der Faltengewölbe) bilden sich tonarme, sogenannte Humuskarbonatböden, auf den weicheren Mergelgesteinen (Mulden, angeschnittene Antiklinalen usw.) tonreichere, humusarme sogenannte Rendzinaböden. Bei natürlicher Vegetationsbedeckung bestehen gesetzmäßige Beziehungen zwischen den Bodentypen und den Pflanzengesellschaften. Auch der Mensch hat durch jahrhundertealte Erfahrung die Bodennutzung den Bodentypen angepaßt. Ganz unbewußt hat er dem Relief, der Morphologie und dem Bodenchemismus seines Landes Rechnung getragen: die steilen, mit Humuskarbonatböden bedeckten Gebiete überließ er vornehmlich dem Wald, die flacheren, umwandlungsfähigeren Rendzinaböden benutzte er zur intensiven Bewirtschaftung. Dadurch entstand ein ganz bestimmtes Vegetations- und Landnutzungsmuster, das ein Abbild der verschiedenen Bodentypen darstellt und letztlich mit dem geologischen Untergrund harmoniert.

Die Landnutzungskarte ist daher Hauptziel der formellen Auswertung, da sie sowohl der photogeologischen Interpretation wie auch der wirtschaftsgeographischen Gliederung dient. Es ist daraus auch die wichtige Rolle der Ökologie ersichtlich: Jede stoffliche Einheit (z. B. Waldeinheit) ist ein Ökotop, dessen Form mit derjenigen eines bestimmten Muttergesteins mit zugehörigem Boden identisch ist (vgl. Waldkarte, Fig. 106, mit photogeologischer Karte Fig. 107).

2.62 Großgliederung

Leider ist es nicht möglich, den ganzen Jura in einem einzigen Photomosaik als Illustration zu bringen. Jedoch schon der kleine Ausschnitt von Le Noirmont—Balsthal (Fig. 56) zeigt deutlich, daß die Luftbilder geeignet sind, die erdkundliche Forschung deduktiv zu erweitern. Der Inhalt des Photomosaiks läßt sich gut in vier Zonen gliedern: a) Kettenjura (Gefüge der verschiedenen Landnutzungs- und Vegetationszonen klar geregelt, entsprechend der geologischen Struktur), b) Zone der Freiberge (größere, gerichtet angeordnete Wälder fehlen, dafür ausgedehnte Waldweiden), c) Zone NW der Freiberge, Übergang zum Tafeljura (Vegetationsmuster entspricht mehr dem Relief als der geologischen Struktur, «cañon» des Doubs), und d) Zone des schweizerischen Mittellandes (Gefüge der Landnutzungszonen praktisch ungeregelt, große Flüsse mit Mäandern).

Die Details der Jura-Interpretation sind nachstehend in 8 Anaglyphentafeln mit zugehörigen Auswertungen ersichtlich. 7 zusammenhängende Tafeln betreffen den Kettenjura (Undervelier—Moutier—Welschenrohr) und 1 Tafel das Gebiet des Doubs nordöstlich der Freiberge, am Übergang zum Tafeljura. Der zusammenhängende Streifen von 7 Flugbildern soll insbesondere zeigen, wie sehr die Luftbild-Interpretation durch die Bearbeitung größerer, zusammenhängender Gebiete gewinnt.

2.63 Photogeologie

Ein näheres Eintreten auf die Details der photogeologischen Auswertung würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Es soll nur erwähnt werden, daß jede photogeologische Interpretation auf die lithologische Gliederung (sichtbar gemacht durch die selektive Erosion) und auf die tektonische Struktur (Schichtköpfe, Schichtfallen, Schichtumbiegungen in Klusen usw.) ausgerichtet ist. Stratigraphische Belange können ohne Feldarbeit nicht erkannt werden. Dies ist vorerst kein Nachteil, da die Stratigraphie für die Landschaftskunde weniger Bedeutung hat. Es ist beispielsweise für sie in der Regel gleichgültig, ob ein Kalk jurassischen oder kretazischen Alters ist. Wo die stratigraphische Einordnung für die Landschaftskunde wichtig ist (Quartärgeologie), vermag das Luftbild hinreichend Auskunft zu geben. So lassen sich z. B. Bergstürze, Badland-Bildungen, Verlandungen, Mäanderbildungen, Gletscherstadien meist ohne weiteres chronologisch ordnen.

Es wurde schon Seite 216 ausgeführt, daß auch im Jura Einheiten der Landesnatur — abiotische Gesamtkomplexe — auszuscheiden sind. Je nach der Begrenzung zweier solcher Einheiten ergibt sich eine Aufteilung in Synklinal- oder Antiklinalkomplexe, evtl. Isoklinalkomplexe. Diese Komplexe sind von Bedeutung für die wirtschaftsgeographische Gliederung und sind daher nachstehend behandelt.

Fig. 56: Luftbildplan des Berner und Solothurner Juras, zusammengesetzt aus 30 entzerrten Senkrechtaufnahmen der Eidg. Landestopographie; alle Rechte vorbehalten.

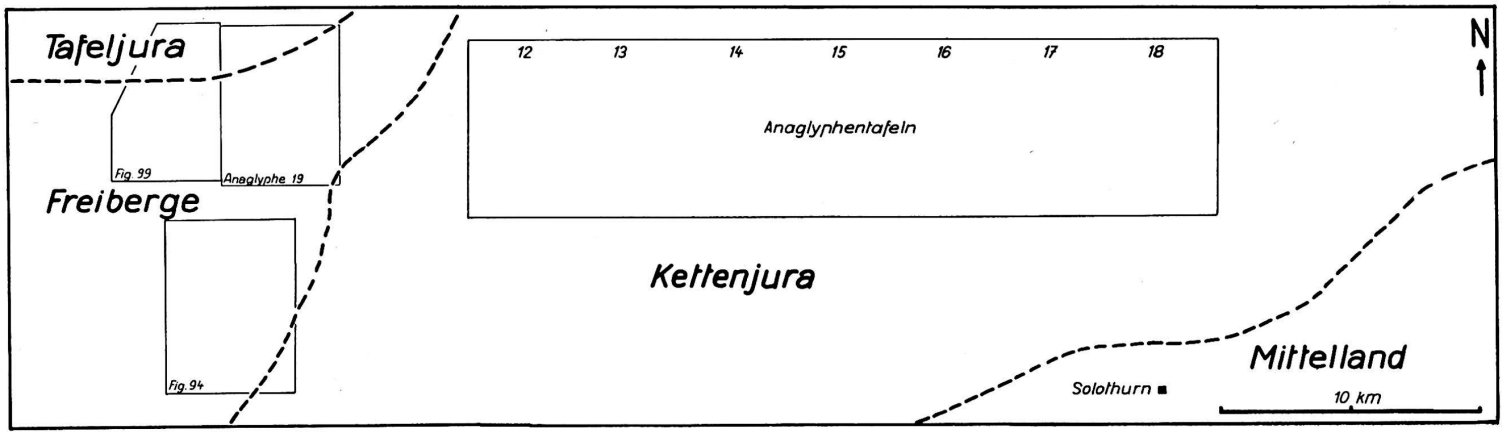


Fig. 57: Die primäre Großgliederung der Juralandschaft an Hand des Luftbildplanes der Fig. 56.

Vorausgehend soll jedoch noch auf eine mehr für die Praxis interessante Tatsache hingewiesen werden: Fig. 107 zeigt, wie es gelang, einzelne lithologische Schichtkomplexe über eine Strecke von ca. 50 km lückenlos zu verfolgen. Die Bedeutung dieser Tatsache für unerforschte Gebiete wird klar; sie ermöglicht, die Resultate weniger Feldbegehungen extrapolierend auf größere Flächen zu übertragen. In den nachfolgenden Beispielen wurde versucht, 5 lithologische Einheiten (in den Legenden bezeichnet mit a, b, c, d, e) auszuscheiden. Es bleibt dem Leser überlassen, diese Gliederung mit den stratigraphischen Verhältnissen (an Hand geologischer Karten) zu vergleichen und allfällige — nicht immer vermeidbare — Fehler aufzudecken.

2.64 Vegetation und Landnutzung

sind in den Luftbildern des Juras das primär Sichtbare. Die Unterscheidung in Wald-, Weide- und Mähwiese mit Acker erfolgt ohne Schwierigkeiten. Die intensiv genutzte Zone ist erkennbar an der Parzellierung. Diese ist weitgehend Ausdruck der Besitzesverhältnisse und wird besonders deutlich gemacht im Juni und August, während des Heuens und bei reifen Kornfeldern (die beigegebenen Fliegerbilder sind im Juni aufgenommen worden). Die stereoskopische Auswertung der Luftbilder läßt die Flureinteilungen vielleicht weniger vollständig erkennen, als wenn sie auf dem Grundbuchamt erfragt würden; dagegen können die Zusammenhänge zwischen Landnutzung, Relief, Orographie und Geologie ausgezeichnet studiert werden. Darüber hinaus ließen sich den Luftbildern aber auch Obst- und Gartenbau, Forstwirtschaft und andere spezielle Wirtschaftszweige (z. B. Torfgewinnung, Weinbau) entnehmen.

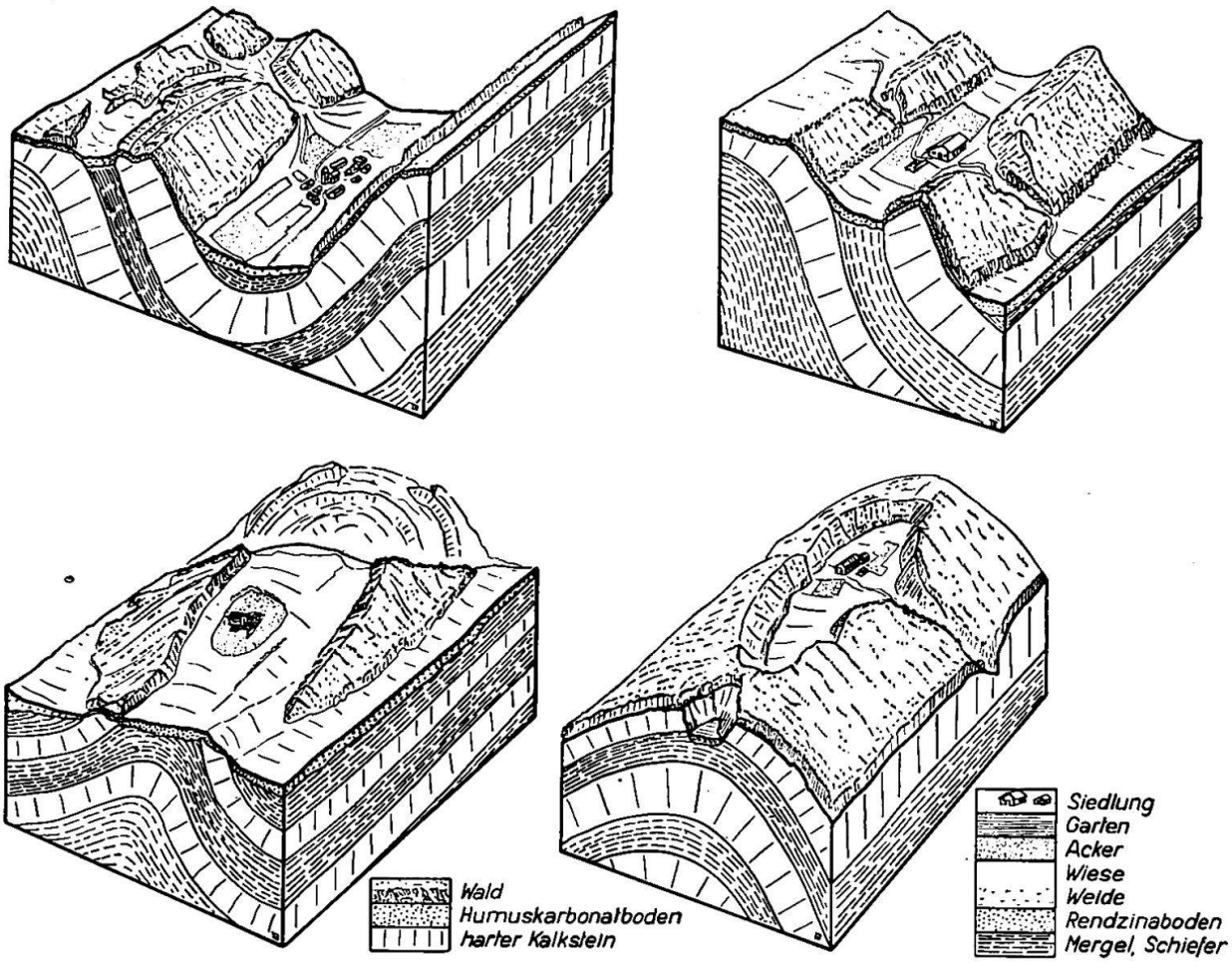


Fig. 58—61: Die geologisch bedingten Wirtschaftseinheiten des Kettenjuras.
Synklinaleinheit (oben links), Isoklinaleinheit (oben rechts), Antiklinaleinheit (unten links) und Antiklinaltaleinheit (unten rechts).

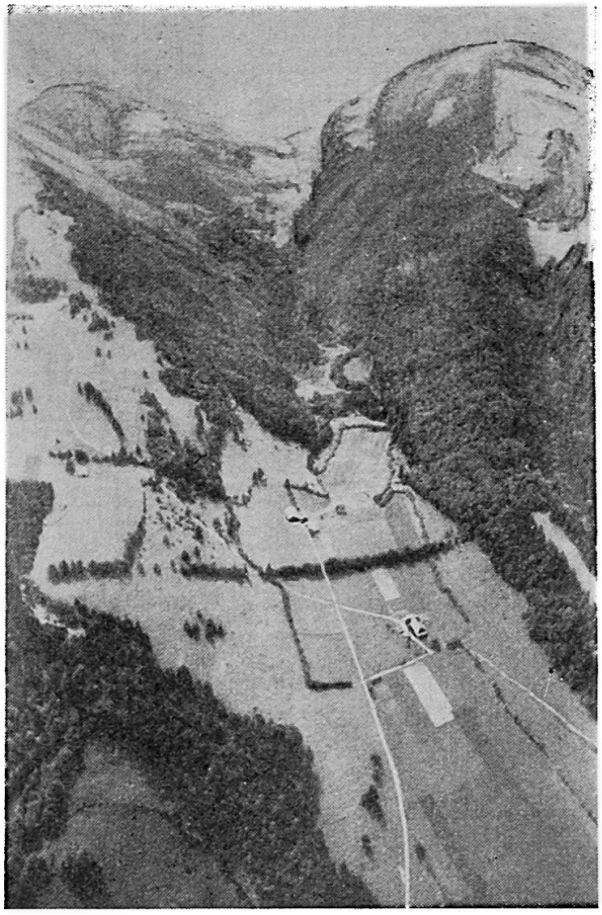


Fig. 62: Synklinal-Wirtschaftseinheit im Kettenjura. Die Grenzen zwischen den einzelnen Familienwirtschaften sind durch Grünhecken markiert, ebenfalls diejenigen zwischen Weide- und intensiv genutztem Kulturland. Im Hintergrund wird die Synklinale so schmal, daß der Platz für die Anlage einer Familienwirtschaft nicht mehr ausreicht; der Wald bedeckt die ganze Mulde. (Flugaufnahme von T. Hagen, behördlich bewilligt am 29. August 1950.)

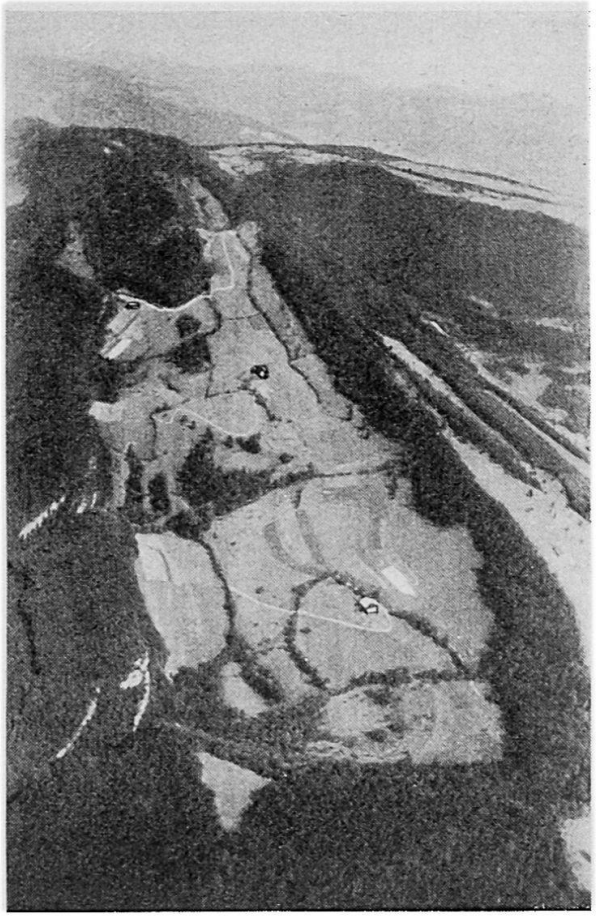


Fig. 63: Isoklinal-Wirtschaftseinheit im Kettenjura. Zwischen zwei harten, mit Wald bedeckten, steil nach links fallenden Kalkschichten hat sich auf einer weicheren Schicht eine konkave Geländeform gebildet. Diese ist ihrerseits durch querverlaufende Gräben mit Waldstreifen und Grünhecken (namentlich im linken Bildteil) unterteilt. In diesen natürlichen Geländekammern liegen einzelne Familien-Wirtschaftseinheiten. Verschiedene Nutzungszonen sind weitgehend durch Grünhecken voneinander getrennt. (Flugaufnahme von T. Hagen, behördlich bewilligt am 29. August 1950.)

2.65 Wirtschaftsfunktionelle Interpretation

ergibt sich aus der Gegenüberstellung von Landnutzungskarte und photogeologischer Karte. Sie führt zur Ausscheidung von wirtschaftsgeographischen Einheiten, bestehend aus Siedlung, intensiv genutztem Land, Weide und Wald. Ihre Form, Größe und Lage ist der geologischen Struktur angepaßt: Die Siedlung und das intensiv genutzte Land liegen auf weichen Gesteinen, die sanftes Relief zeigen und zu fruchtbaren Rendzinaböden verwittern; der Wald ist den harten Kalkschichten überlassen, die steile Hänge bilden und schlechtere Böden ergeben (Humuskarbonatböden); die Weide nimmt eine Mittelstellung ein, die vor allem durch die Höhenlage bestimmt ist.

Es können nun, den hauptsächlichsten abiotischen Gesamtkomplexen entsprechend, Antiklinal-, Synklinal- und Isoklinal-Wirtschaftseinheiten ausgeschieden werden, wobei sich die ersteren noch unterteilen lassen in Antiklinaleinheiten s. str. und in Antiklinaltaleinheiten (vgl. Fig. 58—65).

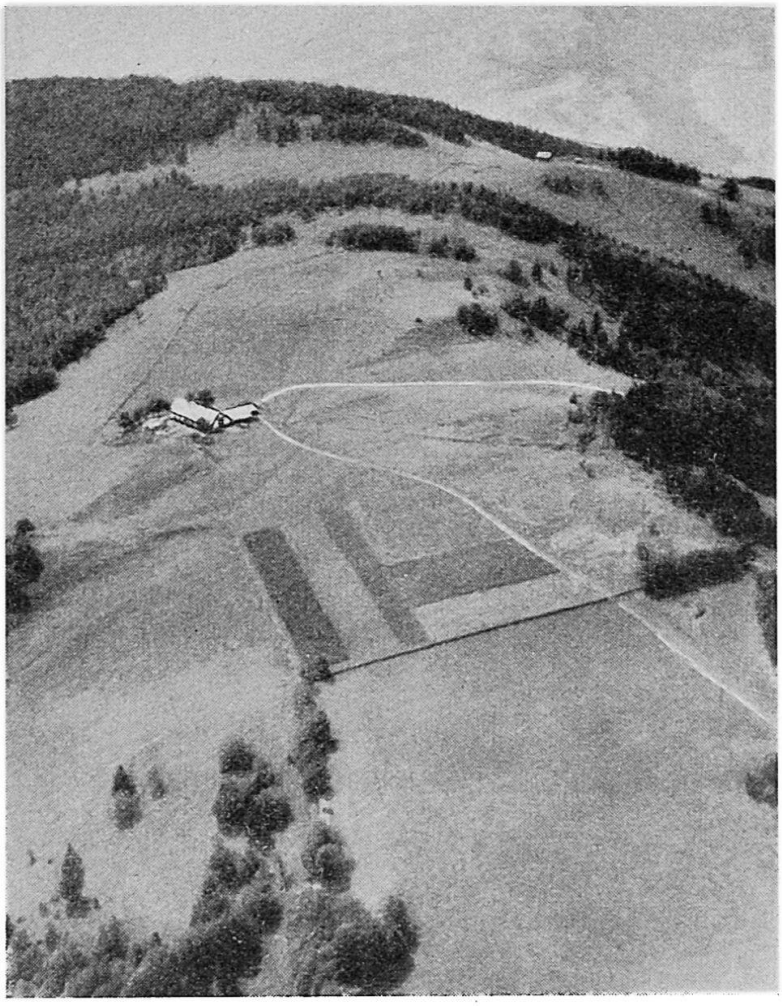


Fig. 64: Antiklinal-Wirtschaftseinheit im Kettenjura. Auf dem breiten Rücken eines Faltengewölbes (gut erkennbar an den bogenförmigen Waldstreifen im Hintergrund), hat sich eine einzelne Familien-Wirtschaftseinheit gebildet, allseitig natürlich begrenzt durch Wald. Verschiedene Landnutzungszonen sind eingerahmt durch Gebüschstreifen, Wege und Trockenmauern. Die Siedlung selbst scheint auf einer lithologischen Grenze zu liegen, die im Relief eine kleine Terrasse verursacht hat. Die Buschreihen im Vordergrund liegen zum Teil auch auf dieser lithologischen Grenze. Die letztere bildet auch die Grenze zwischen Acker und Mähwiese einerseits und Weide anderseits. (Flugaufnahme von T. Hagen, behördlich bewilligt am 29. August 1950.)

Die Wirtschaftseinheiten können Dorf- oder Familienwirtschaften umfassen. Es liegt zu einem guten Teil in der geologischen Struktur begründet, ob sich die eine oder andere Form entwickelt. Familienwirtschaften sind meist konkret gegeben, sei es, daß sie Rodungsinseln im Wald bilden (z. B. in kleinen Isoklinaltälern) oder auf schmalen Antiklinalrücken liegen (Fig. 64). Sie können natürlich oder künstlich umgrenzt sein, beispielsweise durch Bäche, Gräte, Grünhecken, Windschutzstreifen usw. Dörfer liegen naturgemäß in den breiten Synklinaltälern, und zwar inmitten des intensiv genutzten Landes (Ausnahme: Industrieorte). Das zugehörige Weideland umsäumt das intensiv genutzte Land an den steilen Talflanken; oft gehören die großen Weiden auf Antiklinalrücken, die wegen ihrer Höhenlage für die intensive Bewirtschaftung ungünstig sind, dazu. Das Studium der Verkehrserschlossenheit dieser großen Bergweiden läßt meist auch die Zugehörigkeit zu einer bestimmten Talsiedlung erkennen. Einzelhöfe liegen zum Teil nicht inmitten des intensiv genutzten Landes, sondern an der Grenze zur Weide. Andere Beispiele zeigen, daß die Gehöfte auf (agrikulturtechnisch) schlechtem Boden placiert sind, um möglichst viel nutzbares Land zu gewinnen. Man beachte auch den Unterschied zwischen Gewann- und Blockfluren der Dorf- und Familienwirtschaften!

Eine Sonderstellung nehmen die Freiberge ein, wo die Siedlungen ausnahmsweise an der Grenze Weide-, Mähwiese/Acker liegen. Für Einzelheiten sei auf die betreffenden Abbildungen (Fig. 94—98) verwiesen.

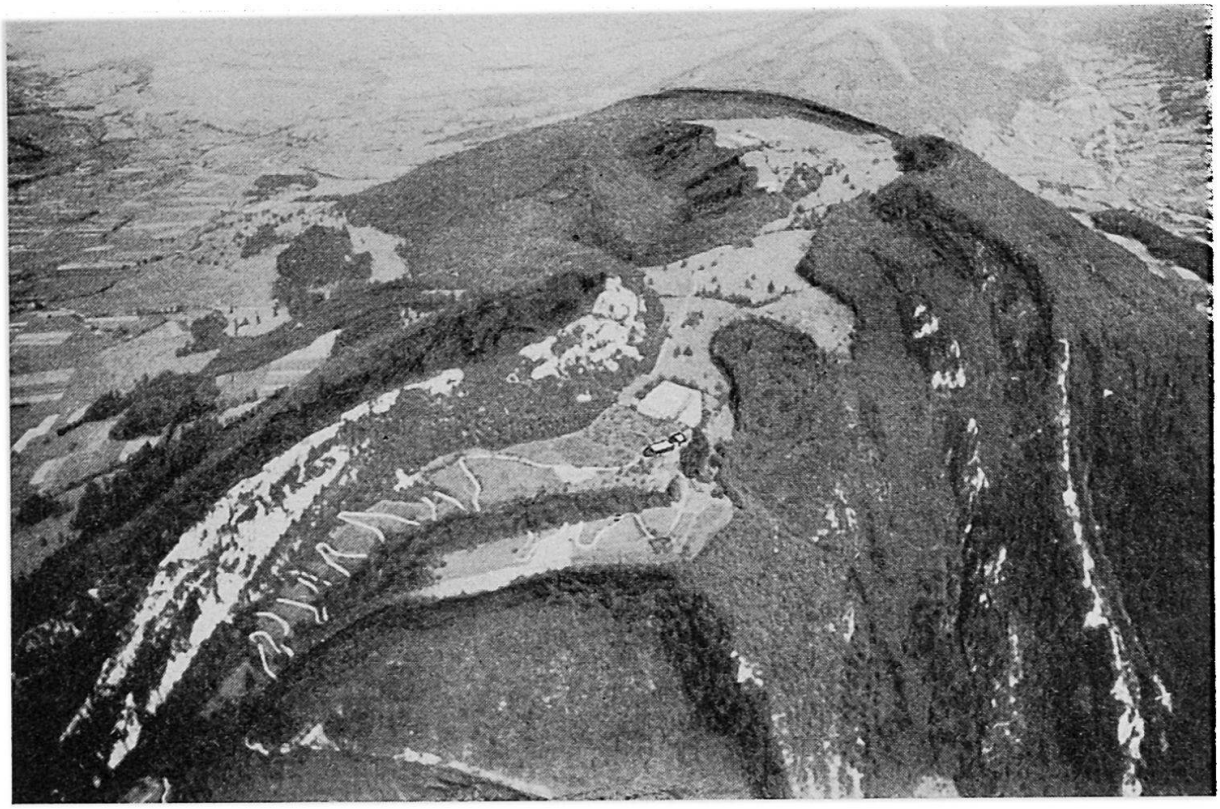


Fig. 65: Aufgebrochenes Faltengewölbe im Kettenjura. (Südlich Bassecourt, vgl. auch Anaglyphentafel 12.) Durch die Erosion wurde eine weichere Schicht im Kern der Antiklinalen bloßgelegt, wodurch eine konkave Geländeform erzeugt wurde (Anfangsentwicklung eines Antiklinaltales). Im Antiklinaltal unserer Abbildung liegt eine Familienwirtschaft, natürlich begrenzt durch die ausstreichenden harten, mit Wald bedeckten Kalkschichten. Der Zufahrtsweg (kurvenreiche Straße links im Bild) benützt ebenfalls die weiche Schicht. Verschiedene Landnutzungszonen sind durch Grünhecken voneinander getrennt. Im Vordergrund ist die Ostseite der Klus S Bassecourt sichtbar. (Flugaufnahme von T. Hagen, behördlich bewilligt am 29. August 1950.)

Vergleiche die Abbildung derselben Klus in Fig. 66—69 nebenan

2.66 Beschreibung der Anaglyphen des Kettenjuras

Fig. 66—69

Zwei Antiklinalen verlaufen von W nach E und sind durch prachtvolle Klusen aufgeschnitten. Die Gewölbe sind asymmetrisch; namentlich das südlichere ist südwärts überkippt. Die lithologischen Komplexe können aufgegliedert werden in die Schichten a—e, gemäß der Legende in Fig. 66. — Landnutzung: Beachte den Unterschied zwischen den Gewannfluren in den Synklinalen und den Blockfluren auf den Antiklinalen. Die regelmäßige Parzellierung in den Alluvialebenen deutet auf Urbarisierung jüngeren Datums. Gut hebt sich die Blockflur des Einzelhofes von der umgebenden Gewannflur in der NE-Ecke ab. — Wirtschaft: Die Gliederung in Antiklinal-, Synklinal- und Isoklinaleinheiten ist im Südteil schwierig, da die Hänge dort nach außen abfallen und in der Weitwinkelaufnahme schlecht zur Abbildung gelangen. Die Entwicklung der Antiklinaleinheit E der nördlichen Klus wurde offenbar durch den Verkehrsanschluß in der Klus erleichtert (vgl. hiezu Fig. 65).

Interpretation der Anaglyphentafel 12 (Bassecourt)

Fig. 66: Photogeologie

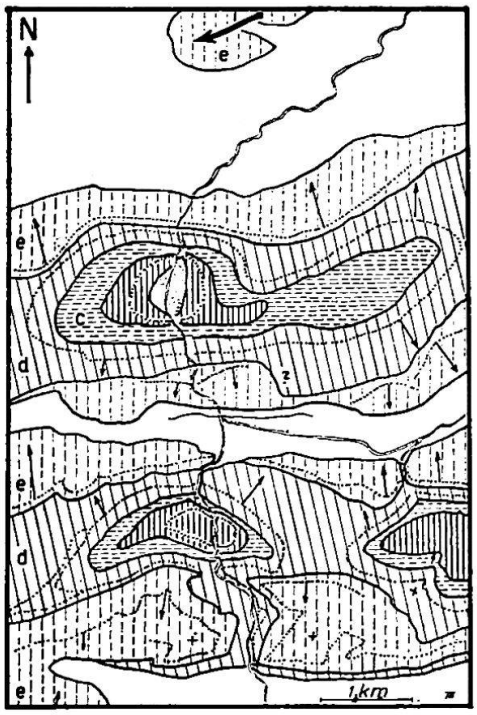
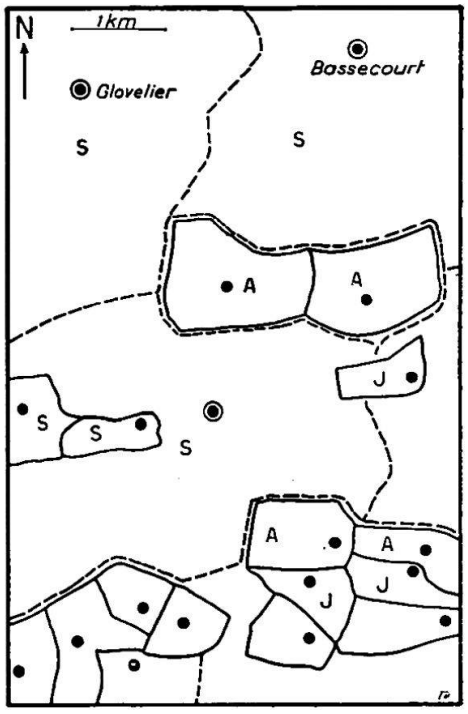


Fig. 67: Landnutzung

Fig. 68: Wirtschaft



e Harte Kalkschicht
d Harte Kalkschicht
c Weiche Schicht (Ton, Mergel)
b Harte Schicht
a Weichere Schicht

Oberkanten harter Schichten mit Fallrichtung

Horizontale Schichten

Wald
Weide
Mähwiese, Acker mit Parzellierung
Einzelhof
Dorf

Familienwirtschaft
Dorfwirtschaft
} Zentren der Wirtschaftseinheiten

Konkrete Wirtschaftseinheit

Abstrahierte Wirtschaftseinheit

S=Synklinal– A=Antiklinal– J=Isoklinal–
– Wirtschaftseinheit

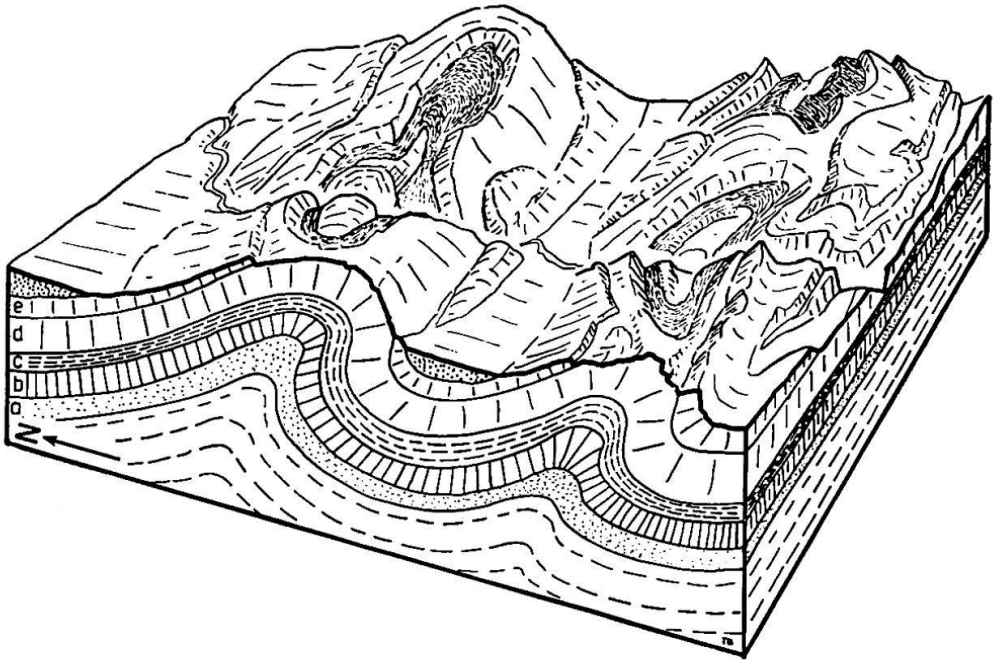


Fig. 69: Geologisches Blockdiagramm

Fig. 70: Photogeologie

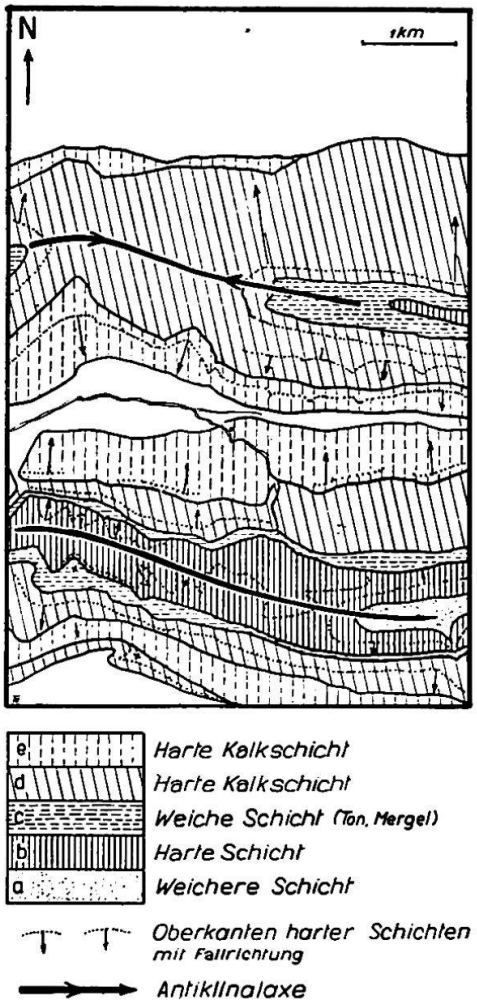


Fig. 71: Landnutzung

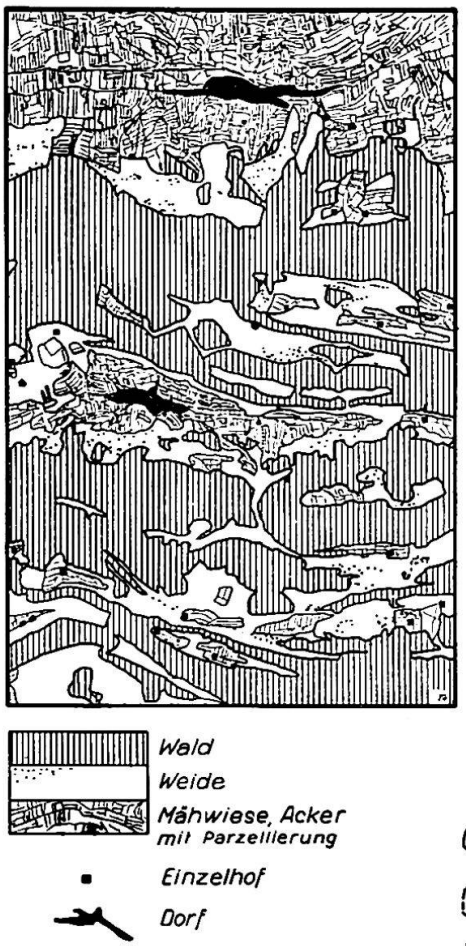
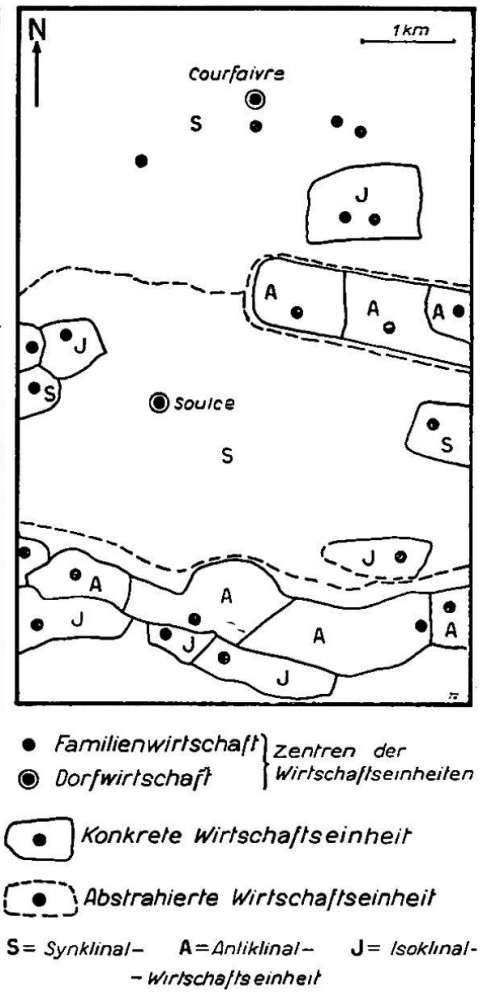


Fig. 72: Wirtschaft



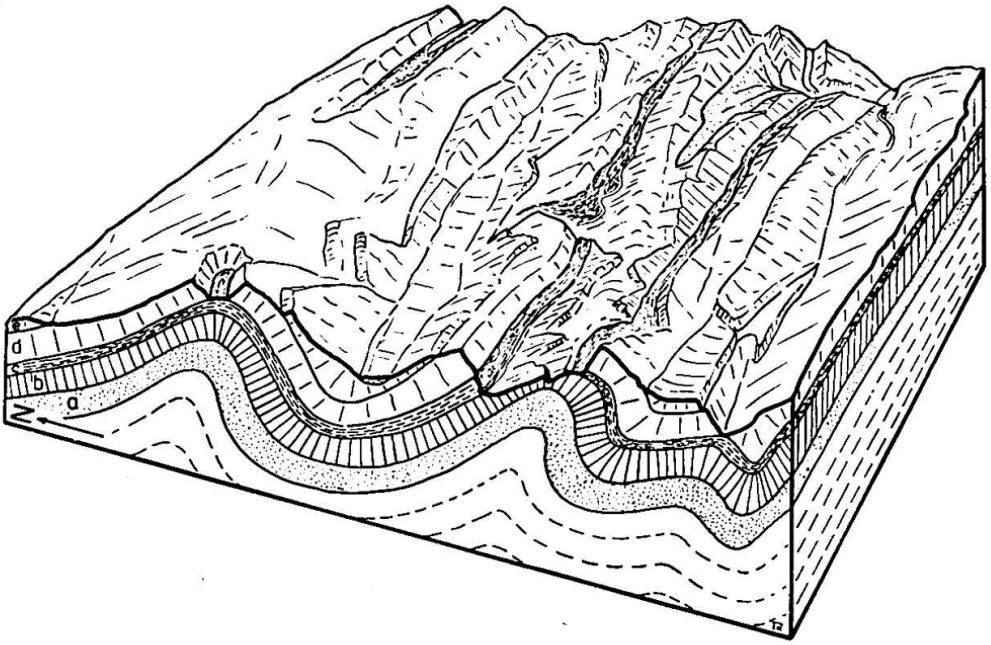


Fig. 73: Geologisches Blockdiagramm.

Dieselben zwei Antiklinalen wie in Fig. 69. Das nördliche Gewölbe ist durch Schicht d teilweise geschlossen; in der südlicheren Antiklinalen sind zum Teil tiefere Schichten angeschnitten; so ist im E-Teil eine schöne Combe entstanden (Schicht a anstehend). — Landnutzung: Entsprechend den zwei großen Synklinalen sind auch zwei große Zonen intensiver Nutzung vorhanden. Zur besseren Ausnützung der guten Böden liegen einige Einzelhöfe (im Westteil der mittleren Synklinalen) ganz im Weideland. — Wirtschaft: In den Synklinalen liegen zwei große Dorfwirtschaften. Wo die mittlere Synklinale ganz schmal wird (im E-Teil), reichte der Platz nicht mehr aus zur Entwicklung einer größeren Siedlung; wir finden dort eine konkret umgrenzte Familienwirtschaft. — 1 km N Soulce wird eine Waldlichtung intensiv genutzt; sie weist jedoch keine Siedlung auf. Offenbar war der Platz zu gering für eine selbständige Familienwirtschaft; das Land wird vom Tal aus bedient.

Fig. 74: Photogeologie

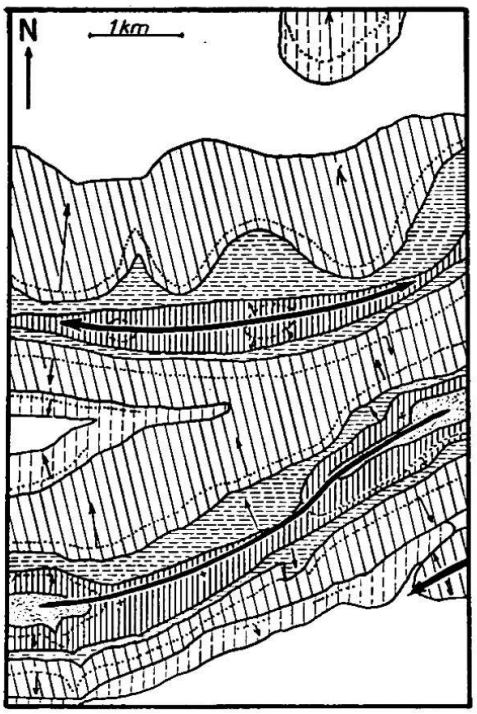
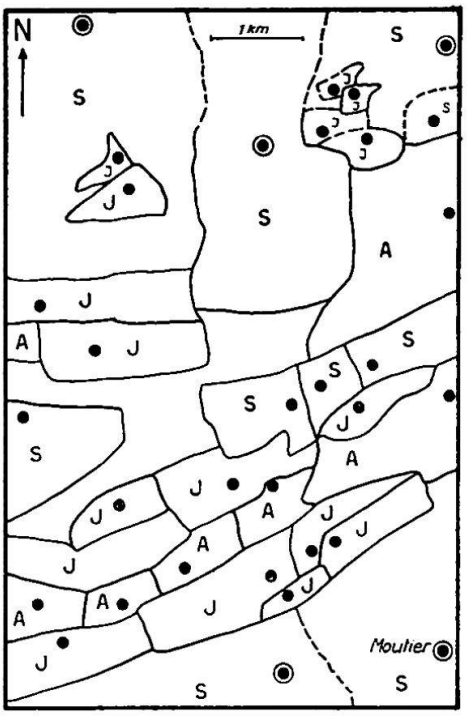
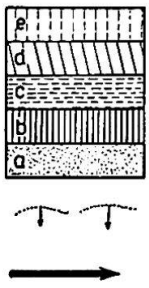
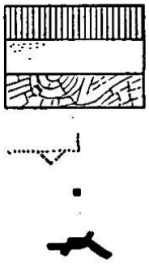


Fig. 75: Landnutzung

Fig. 76: Wirtschaft







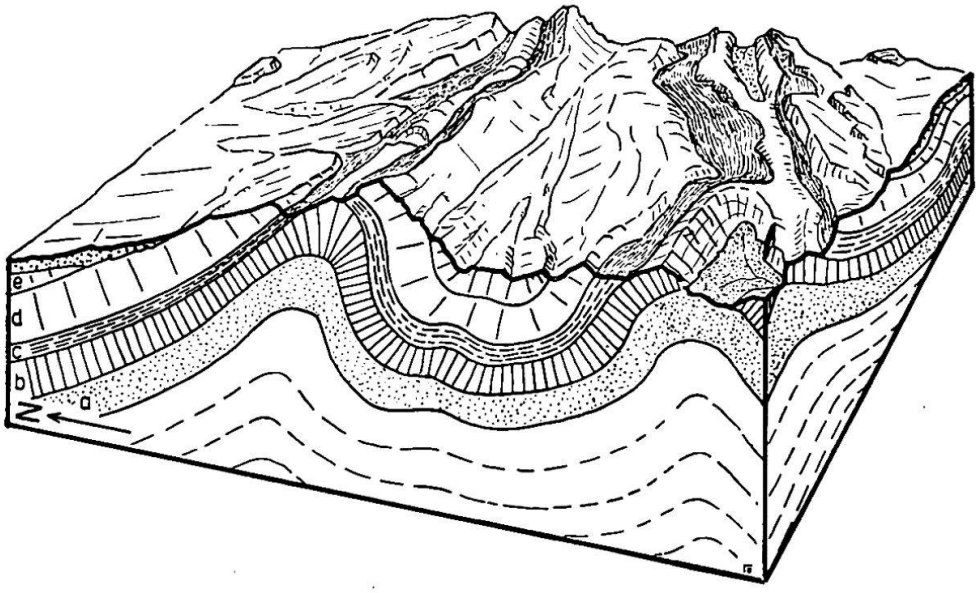


Fig. 77: Geologisches Blockdiagramm.

Die nördliche Antiklinale ist durch die Erosion geöffnet: Die harte Schicht bildet große dreieckförmige Schichtköpfe, und im Kern ist die Schicht b aufgeschlossen. Die südliche Antiklinale verbreitert sich zu einem breiten Rücken. Sowohl am westlichen wie auch am östlichen Bildrand sind tiefste Schichten angeschnitten (Comben). Die oberste Schicht e in der Synklinale keilt infolge axialen Anstiegs nach E aus. — Landnutzung: Der Wald folgt exakt den harten Schichten (z. B. an den großen Schichtköpfen). Die feinere lithologische Gliederung auf dem breiten Rücken der südlichen Antiklinale verursacht einen bunten Wechsel von Weiden und Fettwiesen. — In der großen Isoklinalform an der Nordflanke der nördlichen Antiklinale kam es infolge der Höhenlage nur zur Entwicklung von Weiden. Die Verkehrserschließung zeigt, daß die Nutzflächen von Norden her (Delsberger Becken) bewirtschaftet werden. — Wirtschaft: Dorfwirtschaften finden wir nur in der südlichen und nördlichen Synklinale. Die mittlere Synklinale kommt infolge des axialen Anstieges in eine ungünstige Höhenlage. Auf dem breiten Rücken der südlichen Antiklinalen entstanden infolge der vielgestaltigen lithologischen Gliederung viele einzelne Familienwirtschaftseinheiten.

Fig. 78: Wirtschaft

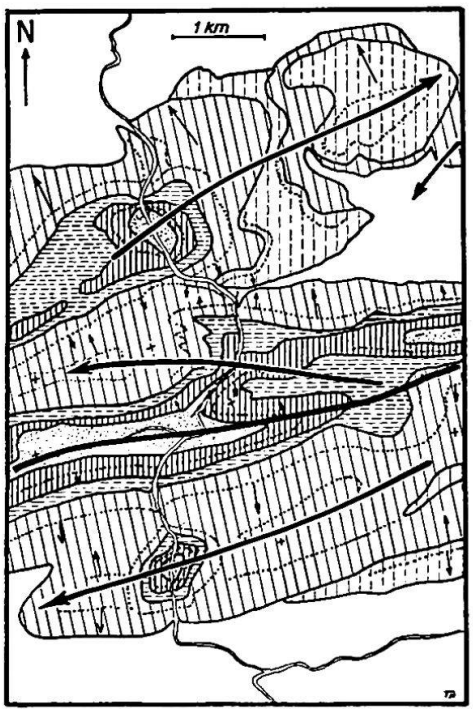
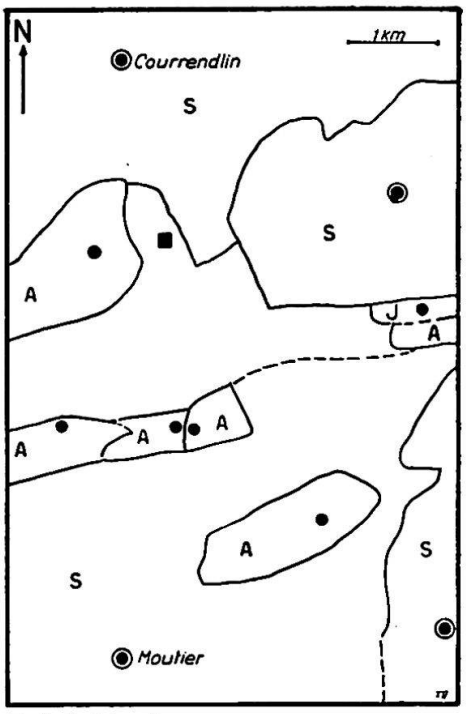
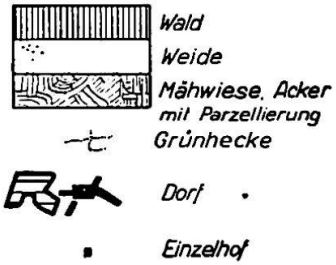


Fig. 79: Landnutzung

Fig. 80: Photogeologie





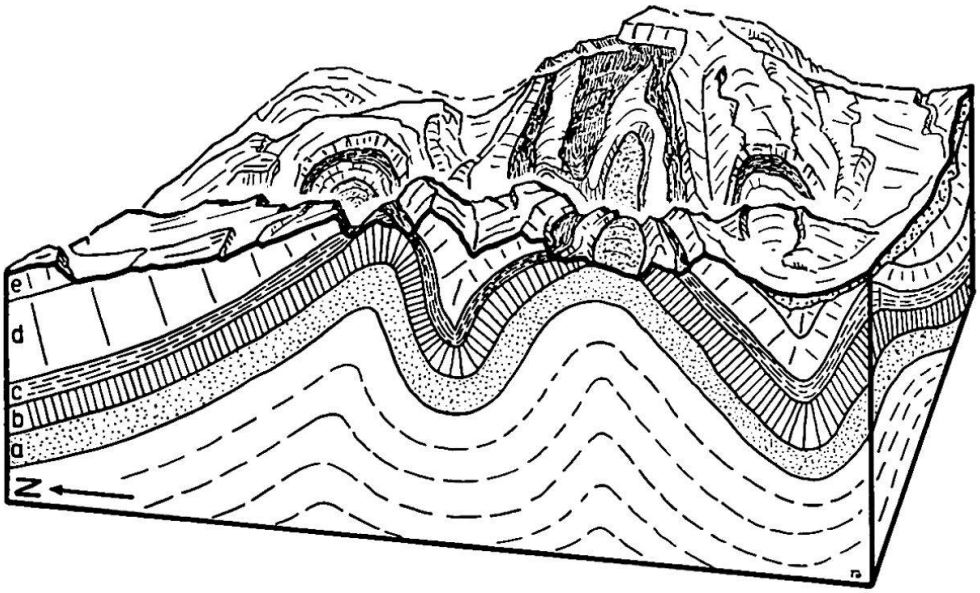
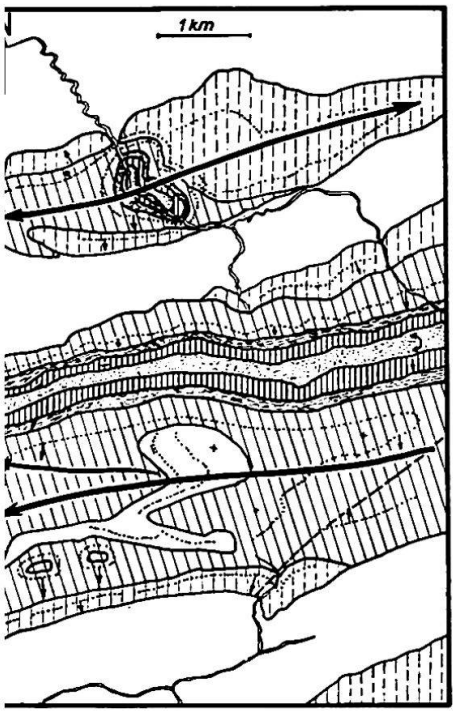


Fig. 81: Geologisches Blockdiagramm.

Die Klusen von Moutier sind berühmt. Auch im Luftbild ergeben sie einen prachtvollen, einzigartigen Einblick in die Struktur des Juragebirges. Die nördliche Antiklinale ist ein normales, großes Gewölbe mit Axengefälle nach E; aber unmittelbar SE ihres Endes taucht eine neue Antiklinale auf, mit Streichrichtung NE. Die südliche Antiklinale mit ihrem breiten Rücken zeigt gegen E die Entwicklung einer sekundären Mulde auf ihrem Scheitel. Auch taucht südlich davon eine neue Antiklinale auf mit beträchtlichem axialem Anstieg gegen E, so daß sie sich mit der Hauptantiklinalen vereinigt. Die Synklinale zwischen den beiden Hauptantiklinalen zeigt W der Klusen eine axiale Kulmination, so daß die Mulde von hier ab nach E wieder breiter wird. — Landnutzung: Die Landnutzung entspricht der wechselvollen geologischen Struktur; Einzelheiten sind aus den Figuren ersichtlich. — Wirtschaft: Die beiden großen Wirtschaftszentren liegen ausnahmsweise nicht inmitten des intensiv genutzten Landes, sondern am Rand. Ihre Lage an den Ein- und Ausgängen der Klusen ist offenbar nicht nur agrarwirtschaftlich bedingt, sondern auch durch Verkehr und evtl. Industrie. In der nördlichen Klus liegt ein reiner Industrieort, ohne jedes umgebende nutzbare Land (Ausnützung der Wasserkräfte). Größere Weidegebiete in der südlichen Synklinale sind zu Moutier gehörig (Verkehrserschließung).

Fig. 82: Photogeologie

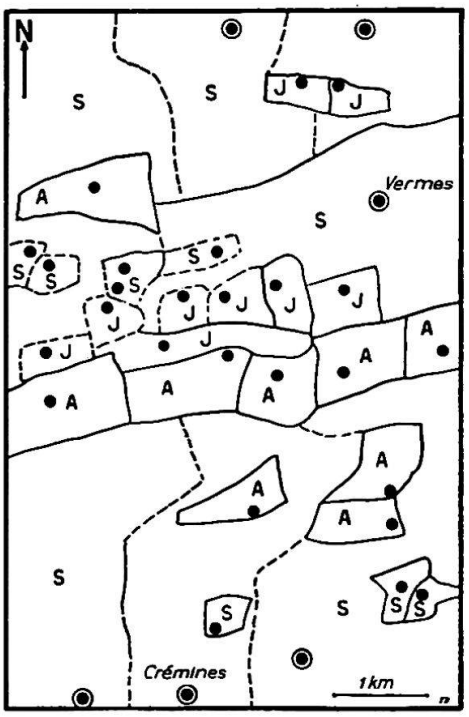


Harte Kalkschicht
Harte Kalkschicht
Weiche Schicht (Mergel, Ton)
Harte Schicht
Weichere Schicht
Oberkanten harter Schichten mit Schichtfallen
Antiklinalaxe
Bruch

Fig. 83: Landnutzung

Wald
Weide
Mähwiese, Acker mit Parzellierung
Einzelhof
Dorf
Grünhecke

Fig. 84: Wirtschaft



Familienwirtschaft
Dorfwirtschaft
Konkrete Wirtschaftseinheit
Abstrahierte Wirtschaftseinheit
S = Synklinal — A — Antiklinal — J — Isoklinal — Wirtschaftseinheit

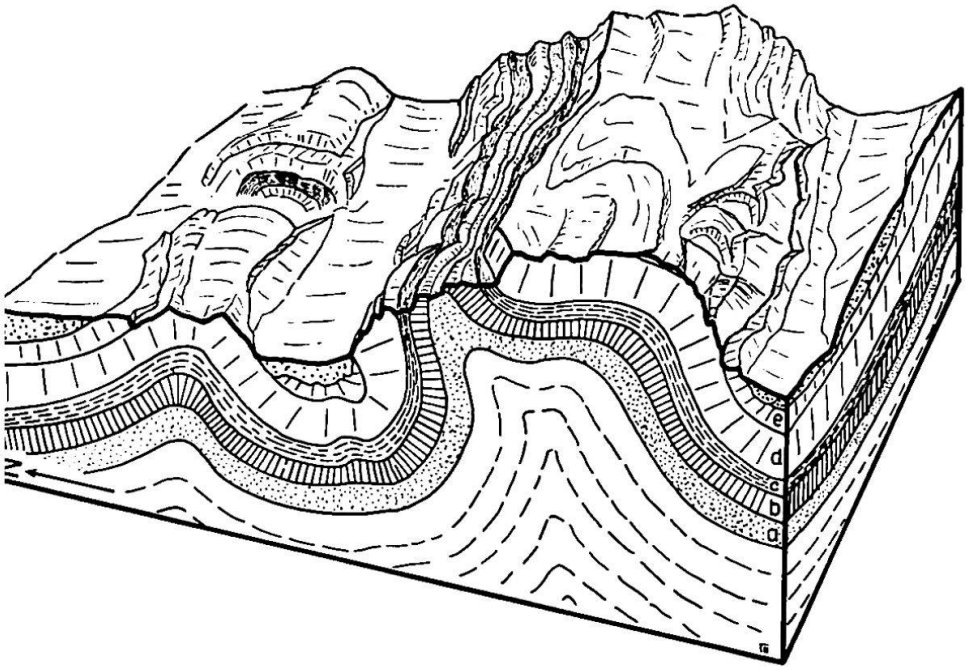


Fig. 85: Geologisches Blockdiagramm.

Die nördliche Antiklinale zeigt infolge Abtauchens beidseits ihrer Axenkulmination eine ausgeprägte elliptische Form. Sie ist durch eine Klus mitten entzweigeschnitten. — Die drei südlichen Teilantiklinalen der Fig. 78 haben sich im Bereich dieser Aufnahme zu einem einzigen, dafür breiten Gewölbe vereinigt. Das Gewölbe ist asymmetrisch, nach N überkippt. Der Rücken zeigt flache Muldenform, und der höchste Scheitel liegt im Nordteil, so daß die tiefsten Schichten (a) an der Nordflanke des Höhenzuges angeschnitten sind. Beachte die zwei schönen Erosionstrichter in der Südflanke der südlichen Antiklinalen. — Landnutzung: Diese entspricht exakt der geologischen Struktur. Auffallend sind die großen Weiden und Waldweiden auf der südlichen Antiklinalen. Daselbst fällt auch im Westteil eine Siedlungsgruppe ohne zugehöriges intensiv genutztes Land auf. Sie dürfte Sommerungsplatz für eine der großen Talgemeinden sein. — Unmittelbar nördlich davon bildet das Gelände eine Cuvette mit etwas dunklerer getönter Vegetation (Streueland?). Beachte auch in der NE-Ecke die Lage der Einzelhöfe auf Geländerippen (Ausbisse). — Wirtschaft: Der W-Teil der nördlichen Antiklinalen zeigt das Musterbeispiel einer Familienwirtschaft als Antiklinaleinheit. Die Umgrenzung ist konkret gegeben durch Wald, Felssturz in die Klus und durch Grünhecken (vgl. hiezu Fig. 60).

Fig. 86: Photogeologie

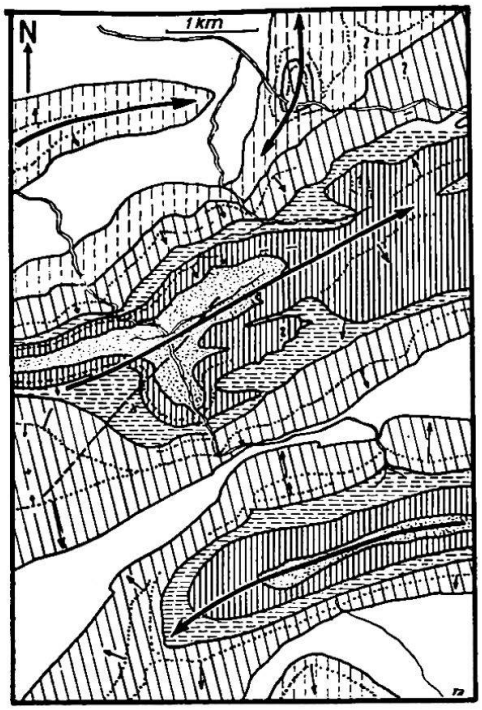
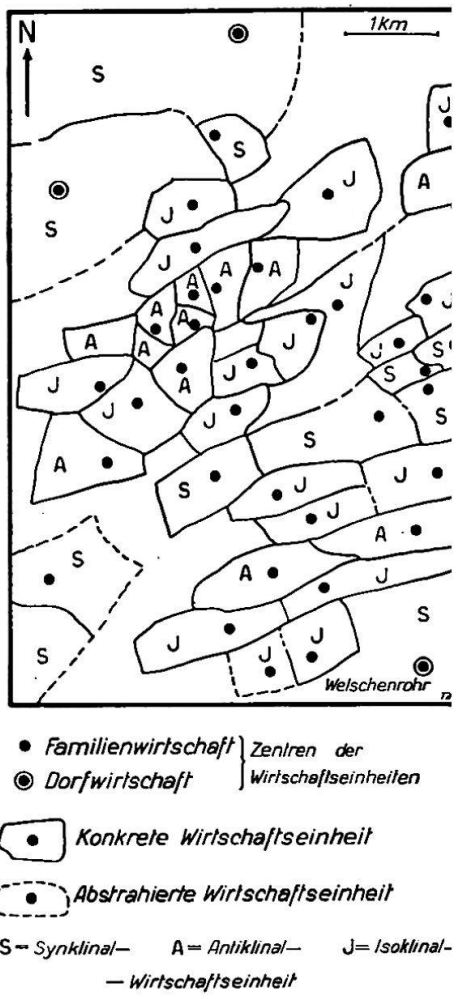


Fig. 87: Landnutzung

Fig. 88: Wirtschaft



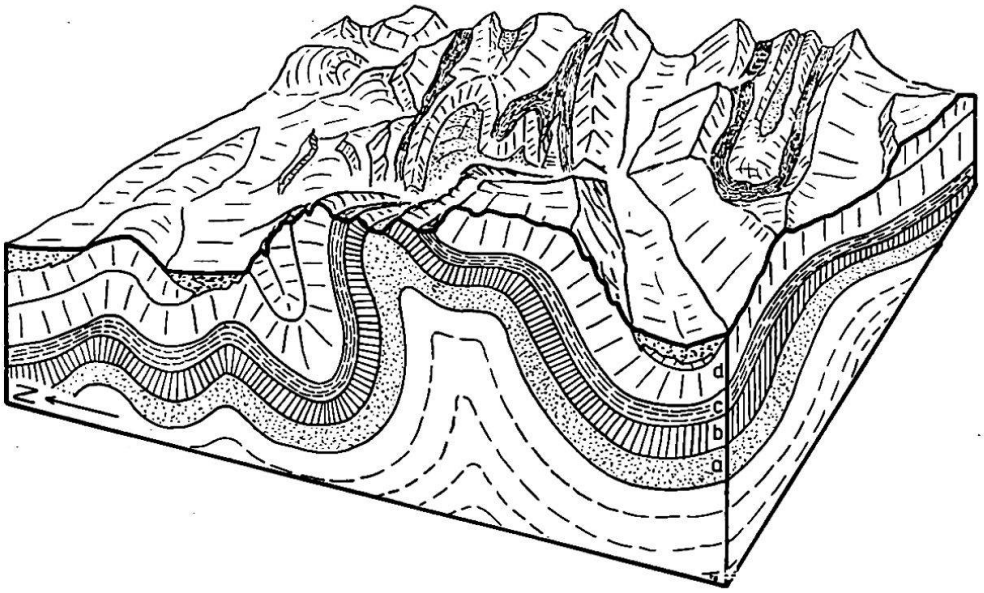


Fig. 89: Geologisches Blockdiagramm

Dieses Gebiet zeigt eine kompliziertere Struktur als die vorangegangenen Beispiele. Die nördlichste Antiklinale verschwindet durch axiales Abtauchen vollständig. Die große, breite, nach N überkippte Antiklinale ist durch ein Quertal tief aufgeschnitten. An ihrer N-Flanke löst sich eine neue Antiklinale ab, deren Streichen gegen N abdreht. Sie ist durch eine Klus schön aufgeschnitten. — Im südlichen Bildteil erscheint von SW her eine neue Antiklinale, deren Streichrichtung von NE nach ENE wechselt. Sie ist in ihrem Ostteil durch Erosion weitgehend aufgeschnitten. — Landnutzung: Der Anteil des Waldes ist gegenüber den vorhergehenden Beispielen größer. Entsprechend den geöffneten Antiklinalen mit ihren vielgestaltigen lithologischen Gliederungen besteht ein bunter Wechsel von intensiv und extensiv genutztem Land. — Wirtschaft: Die feinmaschige lithologische Unterteilung in den aufgeschnittenen Antiklinalen begünstigte die Entstehung zahlreicher Familienwirtschaften, insbesonders Antiklinal- und Isoklinal-Wirtschaftseinheiten.

Fig. 90: Photogeologie

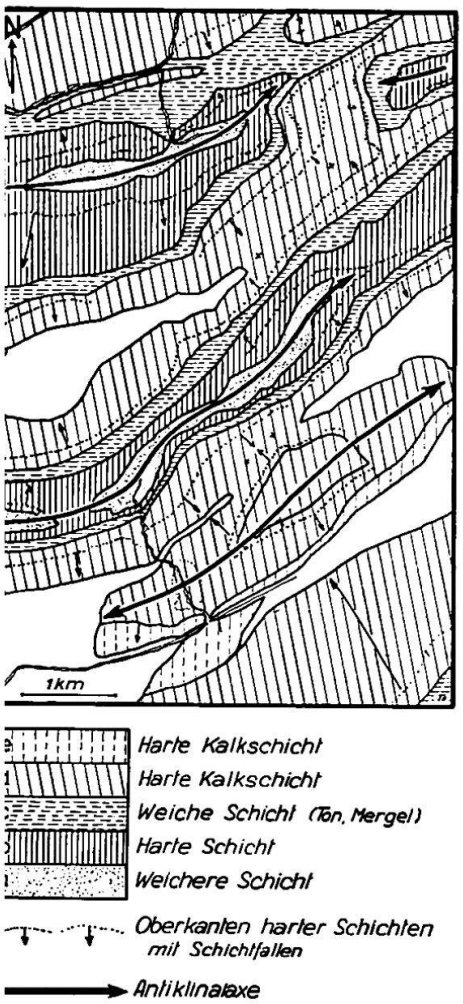
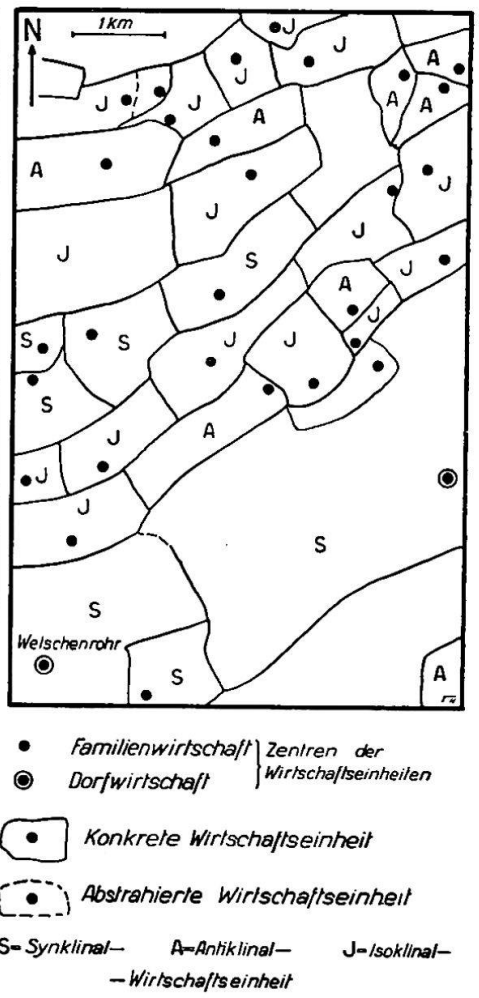


Fig. 91: Landnutzung

Fig. 92: Wirtschaft



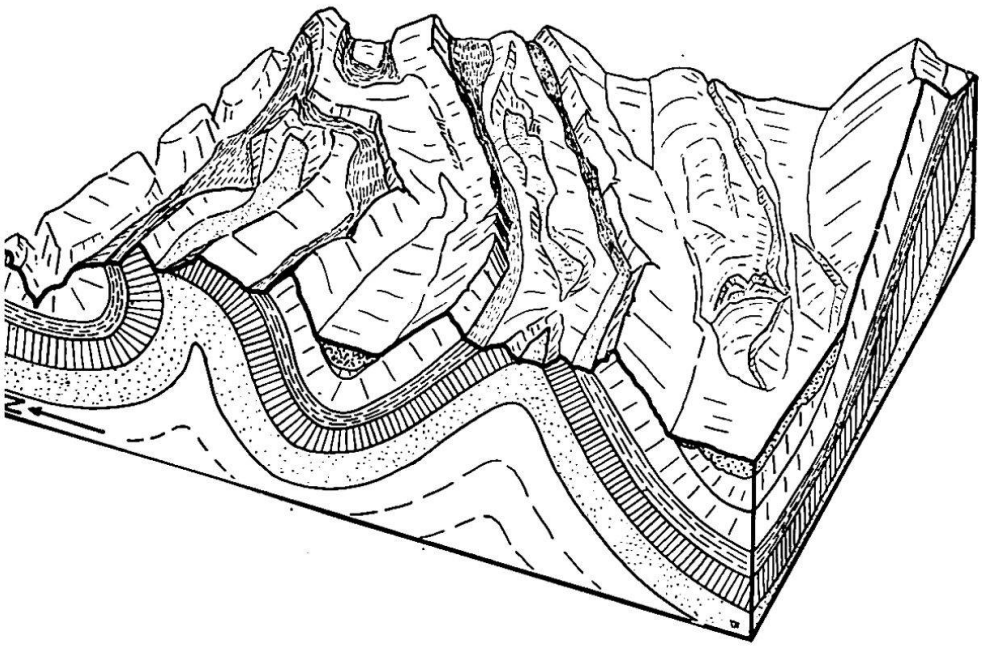


Fig. 93: Geologisches Blockdiagramm.
Die nördliche Antiklinale verschwindet durch Axialgefälle. Die südlich daran anschließende Synklinale steigt gegen Osten axial an, so daß sie immer schmäler wird. Es scheint, als ob sie durch eine Antiklinale abgelöst würde. Die nächst südlich gelegene, große Antiklinale weist in ihrer Streichrichtung eine Abbiegung nach NE auf. Südlich davon erscheint eine neue, kleinere, ellipsenförmige Antiklinale mit ausgeprägter Axenkulmination. In der SE-Ecke des Bildes ist die NW-Flanke einer weiteren, sehr großen Antiklinalen sichtbar.

– Landnutzung: Auffallend ist das auf Kosten des intensiv genutzten Landes starke Überhandnehmen der Weide. Auch der Wald bedeckt sehr große Flächen. — Wirtschaft: Das Überwiegen der Weide (infolge Höhenlage) zusammen mit der schlechten verkehrstechnischen Erschließung ist für die Entwicklung großer Dorfwirtschaften nicht günstig. Deshalb finden wir in der Wirtschaftskarte vornehmlich Einzelhöfe mit Familienwirtschaften. — Es muß hier noch besonders darauf hingewiesen werden, daß die Lage von Siedlung und intensiv genutztem Land für die Aufgliederung in Antiklinal-, Synklinal- und Isoklinaleinheiten maßgebend ist. Im vorliegenden Beispiel sind mehrere Einzelhöfe mit zugehörigen Äckern und Fettwiesen in kleinen Synklinaltälern gegen, während ihre Weiden auf den nahen Antiklinalrücken zu finden sind.

2.7 DIE FREIBERGE DES BERNER JURAS

(Fig. 94—98)

2.71 Allgemeines

Die Freiberge des Berner Juras, obwohl tektonisch zum Faltenjura gehörend, nehmen eine Sonderstellung ein. Sie sind eine teilweise peneplainisierte Zone des Faltenjuras. Infolge des Peneplaincharakters folgen die (nur schwach ausgeprägten) Täler nicht unbedingt den strukturellen Mulden (Synklinalen), und in gleicher Weise entsprechen auch die Höhenzüge im allgemeinen nicht den Antiklinalen. Dafür entstehen an der Erdoberfläche die so charakteristischen elliptischen Figuren, verursacht durch gekappte Antiklinalen mit Längskulminationen und Kernablösungen. Dieser spezielle morphologische Typus bedingt auch eine spezielle Wirtschaftsform, die von derjenigen des Faltenjuras abweicht.

Über die Freiberge ist vor kurzem eine Arbeit von H. Gutersohn erschienen, und es mag interessant sein, einen Vergleich zu ziehen zwischen dem Resultat der Photointerpretation und demjenigen der landschaftskundlichen Bearbeitung unter Zuhilfenahme von Karte, Feldarbeit und Statistik.

Zu Fig. 94: Photogeologie. Im Bereich der Anaglyphentafel liegen zwei größere Antiklinalen, wovon die südliche ein Axialgefälle gegen ENE und die nördliche ein solches in entgegengesetzter Richtung zeigt. Die photogeologische Interpretation wird durch selektive Erosion, die trotz der Peneplainisierung zur Bildung kleiner Schichtköpfe führte, ermöglicht. Andere wichtige Kriterien bilden Vegetation und Landnutzung. In der südlichen Antiklinalen beispielsweise ist im Kern eine weiche, nicht zerklüftete Schicht (b), also Schiefer, Mergel oder Ton, angeschnitten, so daß sich — im Verein mit der hangenden härteren Schicht (c und d) — eine eigentliche Cuvette bilden konnte. In dieser liegt ein größerer See mit umgrenzendem Moorland. (Der See ist durch einen gut erkennbaren Damm am Südende künstlich höhergestaut worden.) Im Hangenden der resistenten Schicht (c und d) folgt eine weichere, schwerer durchlässige Schicht (e), die sich abermals durch Moorbildung (südlich der Antiklinalaxe) auszeichnet. Die über der Schicht e liegende Schicht f ist wiederum härter als e; jedoch dürfte es nicht ein extrem karbonatreiches Gestein sein: die vorwiegend intensive Nutzung durch Mähwiesen und Äcker deutet auf die Existenz eines Rendzinabodens, der auf ein tonhaltiges, karbonatisches Muttergestein schließen läßt. In der nördlichen Antiklinale ist die weiche Schicht b nicht mehr angeschnitten; der Antiklinalkern wird durch das Gewölbe der Kalkschicht (c und d) gebildet. Die weiche Schicht e zeichnet sich (wie in der südlichen Antiklinale) durch Moorbildung mit einem kleinen See aus. Als jüngstes Schichtglied ist in den Synklinalen ein karbonatreiches Gestein (g) aufgeschlossen. Bemerkenswert ist die Reihe der Dolinen am Kontakt zwischen den Schichten g und f 1 km NE der Bildmitte. Fließende Gewässer fehlen im Bereich dieses Luftbildes völlig; infolge der Verkarstung erfolgt die Entwässerung unterirdisch.

Im ganzen genommen, ist die photogeologische Interpretation dieses Beispiels schwieriger als beim Kettenjura, weil das Relief nicht der geologischen Struktur entspricht. In solchen Fällen ist es vorteilhaft, die Interpretation über eine größere Zone auszudehnen. So konnten zum Beispiel das Ende der tauchenden Antiklinale 2 km SE der Bildmitte und die Synklinalen in der NW-Ecke nur auf Grund von Beobachtungen in benachbarten Senkrechtaufnahmen erkannt werden.

Zu Fig. 96: Vegetation und Landnutzung. Die Abhängigkeit der Landnutzung von der Geologie kommt sehr klar zum Ausdruck. Wald steht vor allem an den Schichtköpfen harter Gesteine (Kalke). Intensive Nutzung finden wir vorzugsweise dort, wo die Schichten flach ausstreichen. Die weichen Schichten tragen neben Mooren und normalen Weiden auch Böden mit intensiver Nutzung. Eine Sonderstellung nehmen die sogenannten Wytweiden (Waldweiden) ein; sie bedecken zum Teil weiche Schichten, zum Teil Kalke mit mageren Böden. Es fällt auf, daß ein und dieselbe Schicht am einen Ort Weide trägt, am anderen hingegen intensiv genutzt wird. So ist zum Beispiel die Kalkschicht (c und d) an der Südflanke der südlichen Antiklinale mit Wald, Waldweide und Weide bedeckt, während sie im Kern der nördlichen Antiklinale intensiv genutzt wird. Ein allgemein gültiges Gesetz für die Beziehung Litho-

logie—Landnutzungsart ist somit nicht abzuleiten. Gesetzmäßigkeit besteht nur insofern, als eine lithologische Grenze meist zugleich Vegetations- oder Landnutzungsgrenze ist. Für die Art der Landnutzung spielen indes offenbar noch andere Faktoren eine Rolle, beispielsweise die Lage der Schicht, die Klüftung, Schuttbedekkung, Glazialablagerung, Südexposition, das Lokalklima, deren Wirkungen im Luftbild nur teilweise erkannt werden können.

Zu Fig. 97: Wirtschaft. Im Luftbild ist leicht zu erkennen, daß wir es hier mit einer reinen Agrarwirtschaft zu tun haben. Die Lage der Siedlungen an der Grenze zwischen intensiv und extensiv genutztem Land ist allein durch die Zweckmäßigkeit bestimmt. Die Gehöfte sind linear angeordnet; größere Dörfer fehlen. In Gebieten mit ausgeprägter geologischer Struktur lassen sich Zonen einheitlicher Wirtschaft, Wirtschaftseinheiten höherer Ordnung, ausscheiden. So zeigt zum Beispiel die südliche Antiklinale im Gebiet ihres Scheitels Weidegebiet, an ihren äußersten Flanken intensive Landnutzung. Auf der dazwischenliegenden, lithologisch bedingten Grenze liegen die Siedlungen. Das Weidegebiet scheint vielen Siedlungen gemeinsam zu sein; Unterteilungen in Form von Hecken, Waldstreifen usw. fehlen. Eine gleichartige Wirtschaftseinheit finden wir auf der nördlichen Antiklinale. Die ausscheidbaren Wirtschaftseinheiten stimmen überraschend gut mit dem auf Seite 216 definierten abiotischen Gesamtkomplex, bestehend aus einer Antiklinalen mit mindestens zwei lithologisch verschiedenen Schichten, überein.

Neben den Antiklinaleinheiten können Synklinaleinheiten ausgeschieden werden, die ebenfalls auf Grund der geologischen Struktur natürlich umgrenzt sind (z. B. im nördlichen Bildteil). Die Umgrenzung wird durch bewaldete Schichtköpfe und Moore sichtbar gemacht. Wo die geologische Struktur wenig ausgeprägt und dementsprechend die Bodenbildung wenig differenziert ist, finden sich Wirtschaftseinheiten niederster Ordnung (einzelne Familienwirtschaften). Diese sind zumeist konkret begrenzt durch Waldstreifen, Grünhecken usw. Andere kleinste Wirtschaftseinheiten konnten aber auch dort entstehen, wo die geologischen Verhältnisse nur eng begrenzte nutzbare Flächen ermöglichen. Dies ist der Fall in einem Isoklinalkomplex in der NE-Ecke. Als weitere menschliche Eingriffe sind zu nennen die Windschutzstreifen, die durch ihre geradlinige, rechteckige Umgrenzung auffallen, sowie die Torfgewinnung und die Meliorationen, welch letztere sich in Form von feinen, fischgratartigen Gräben zeigen.

2.8 CLOS DU DOUBS (Fig. 99—105)

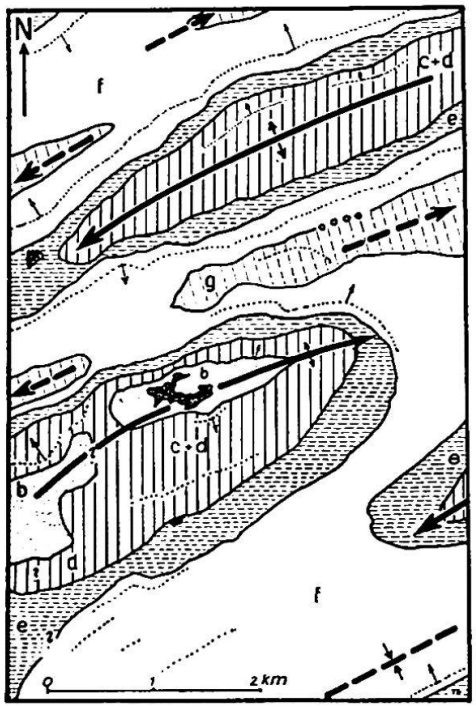
Fig. 99—103 betreffen die Übergangszone der Freiberge zum Tafeljura. Die photogeologische Karte zeigt am Südrand eine Synklinale, nördlich davon eine letzte deutlich ausgeprägte Antiklinale vor dem Ausklingen gegen den Tafeljura. Die Antiklinalaxe hat deutliches Gefälle nach W, und 2 km NW Les Enfers ist ein schönes Antiklinaltal entwickelt. Darin liegt eine natürlich umgrenzte, isolierte Wirtschaftseinheit. Das Axengefälle ist auch sehr deutlich in der nördlich gelegenen Synklinale zu sehen. Der Doubs folgt teilweise der Synklinalaxe nach E. Nach N folgt abermals eine Antiklinale, nördlich durch eine nicht genau identifizierbare, W—E verlaufende Störung begrenzt. Nördlich der Störung verlaufen die Schichten, von schwachen Verbiegungen abgesehen, horizontal. Nach E entwickeln sich diese Verbiegungen zu Falten, wie in den Fig. 104 und 105 zu sehen ist. Morphologisch entstehen dadurch Tafelberge, Plateaus, cañonartige Täler.

Zu Fig. 102: Wirtschaft. Entsprechend der geologischen Gliederung sind verschiedene Wirtschaftseinheiten zu unterscheiden: Synklinaleinheiten (S), Antiklinaleinheiten (A), Isoklinaleinheiten (J), Plateaueinheiten (P) und Taleinheiten (T). Konkret umgrenzt sind vorwiegend die Antiklinaleinheiten. Aber auch die Plateaueinheit in der NE-Ecke ist infolge der Steilböschung der harten Schicht natürlich umgrenzt.

Fig. 94: Die Freiberge des Berner Juras, la Gruyère (Senkrechtaufnahme der Eidg. Landestopographie; alle Rechte vorbehalten).

Interpretation der Fig. 94

Fig. 95: Photogeologie

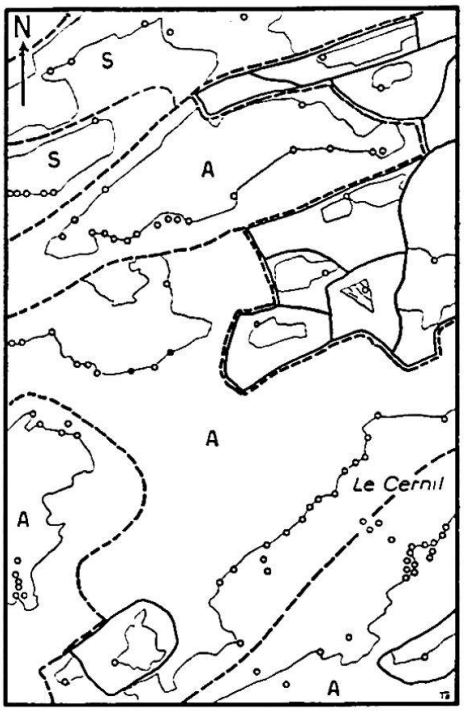


Lithologische Grenze
Oberkanten harter Schichten mit Fallrichtung
Antiklinalaxe
Synklinalaxe
See
Dolinen

Fig. 96: Landnutzung

Wald
Weide
"Wyrweide"
Fettwiese, Acker mit Parzellierung
Moor
Siedlung
Windschutzstreifen

Fig. 97: Wirtschaft



Wirtschaftszone auf "abiotischem Gesamtkomplex"
A = Antiklinalzone S = Synklinalzone
Einzelne Wirtschaftseinheit
Wirtschaftszentrum (Siedlung)
Grenze zwischen intensiv und extensiv genutztem Kulturland

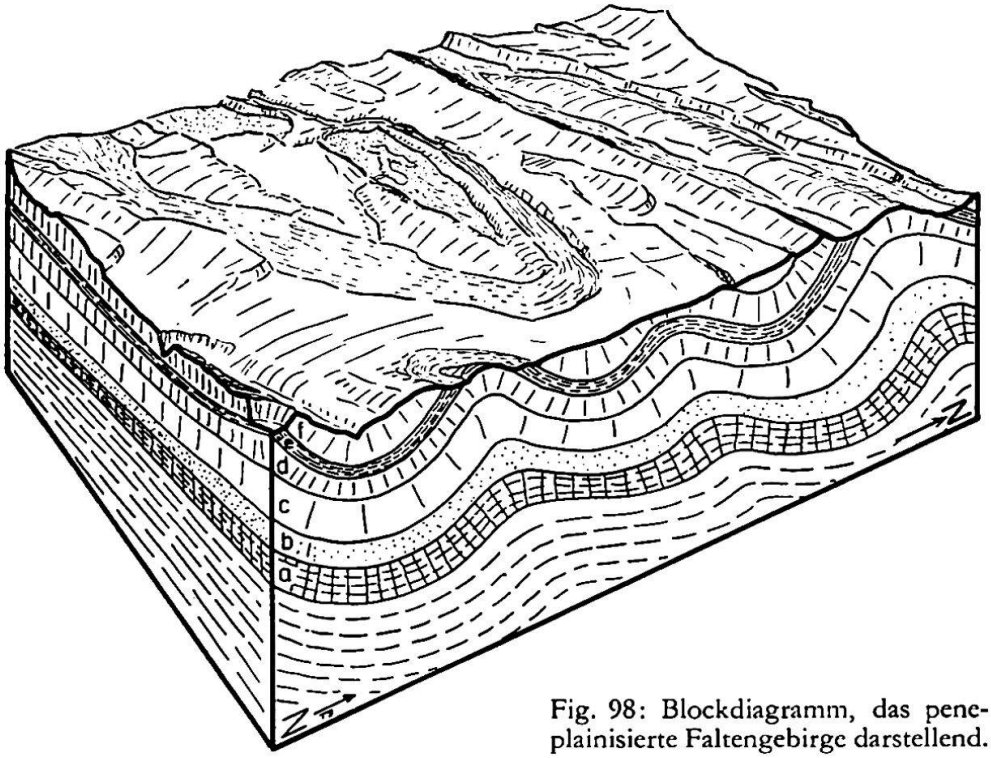
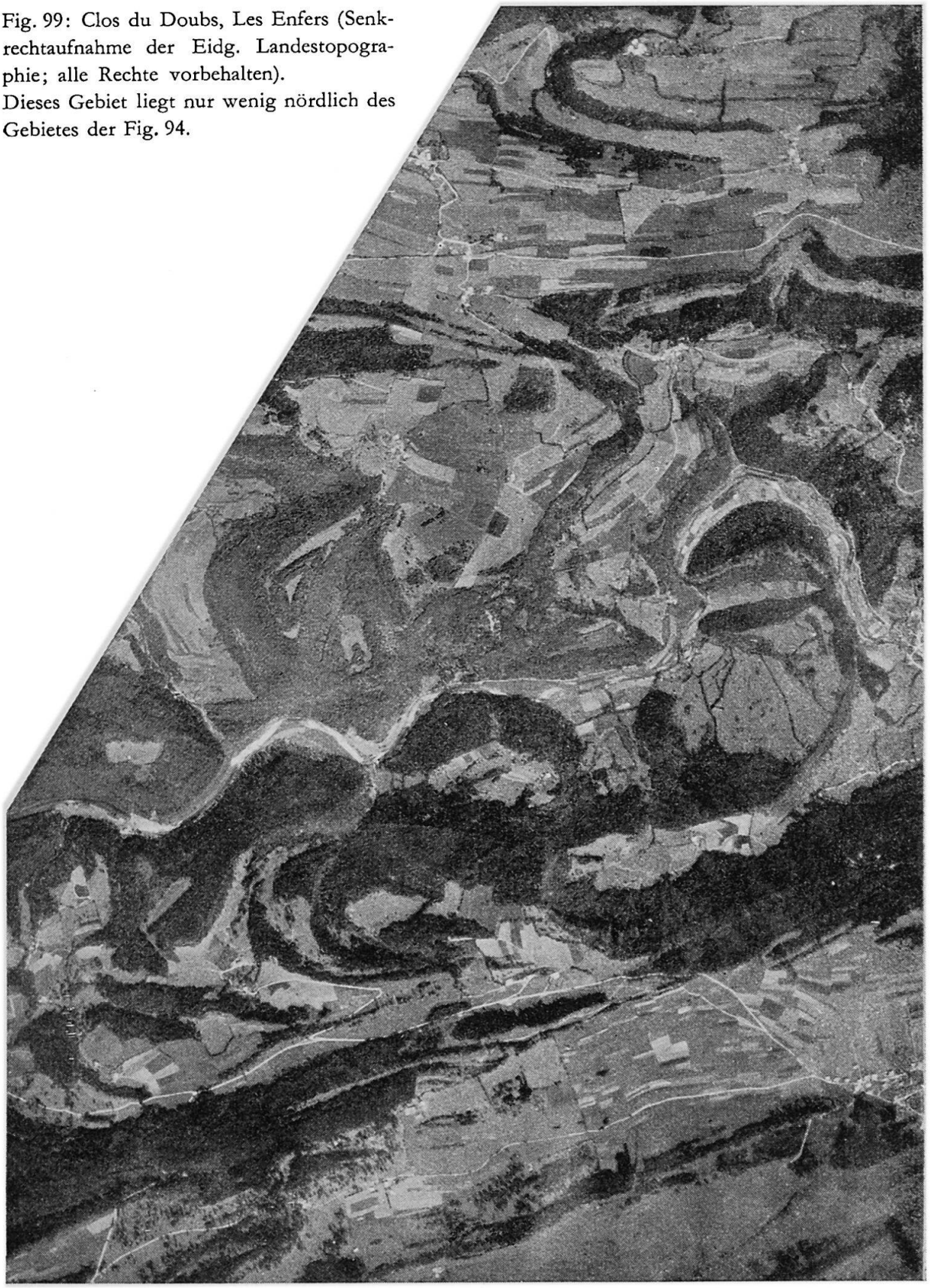


Fig. 98: Blockdiagramm, das peneplainisierte Faltengebirge darstellend.

Fig. 99: Clos du Doubs, Les Enfers (Senkrechtaufnahme der Eidg. Landestopographie; alle Rechte vorbehalten).
Dieses Gebiet liegt nur wenig nördlich des Gebietes der Fig. 94.



Auswertung der Fig. 99 (Les Enfers)

Fig. 100: Photogeologie

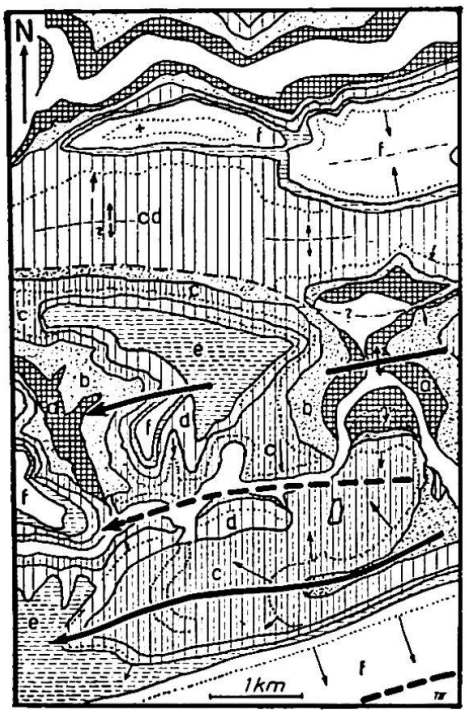
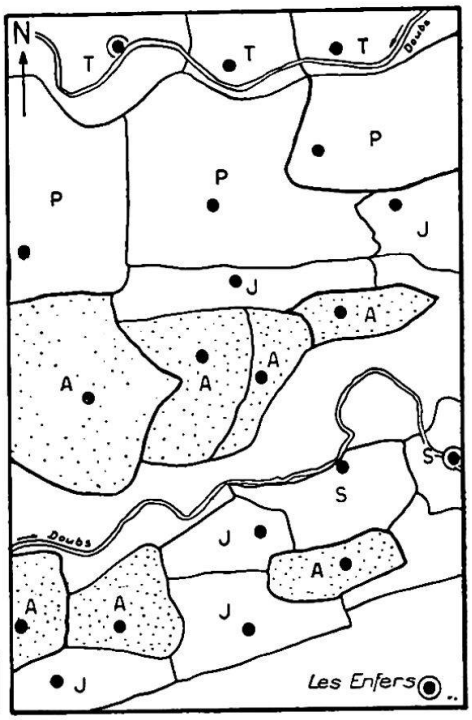


Fig. 101: Landnutzung

Fig. 102: Wirtschaft



Lithologische Grenze
Oberkanten harter Schichten mit Fallrichtung
Antiklinalaxe mit Axengefälle
Synklinalaxe mit Axengefälle
Horizontale Schichtung
Flache Schwelle
Flache Mulde
Tektonische Störung

Wald
Weide
Wiese, Acker mit Parzellierung
Siedlung

Einzelhof, Weiler
Dorf
} Zentren der Wirtschaftseinheiten
Konkrete Wirtschaftsgrenze
Abstrahierte Wirtschaftsgrenze

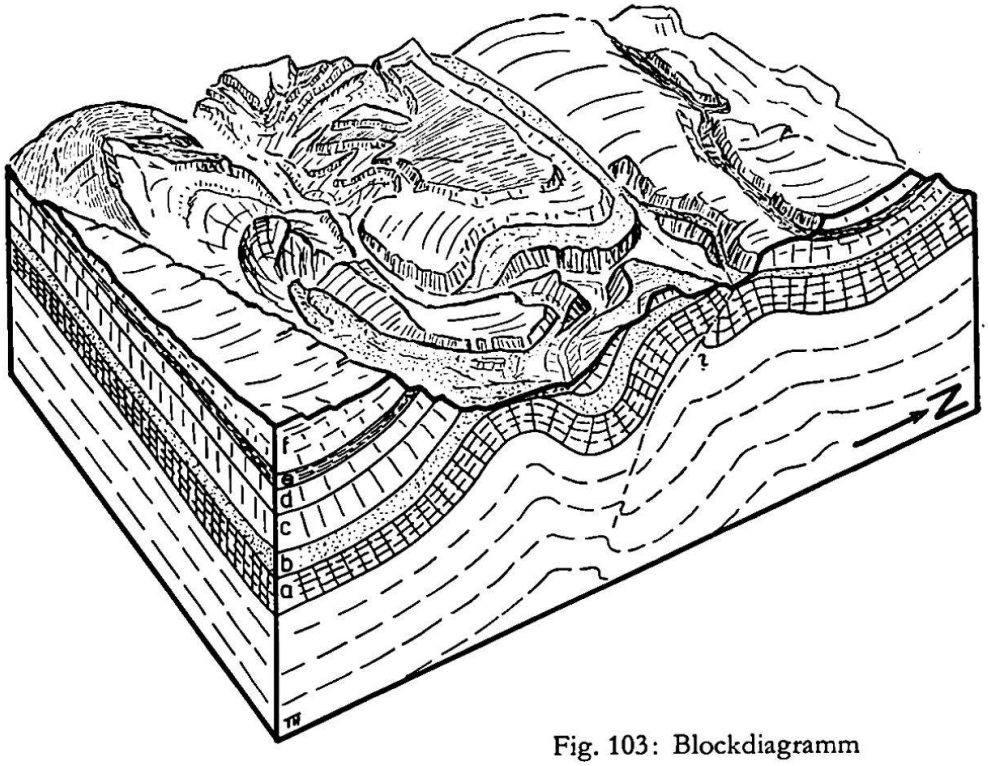


Fig. 103: Blockdiagramm

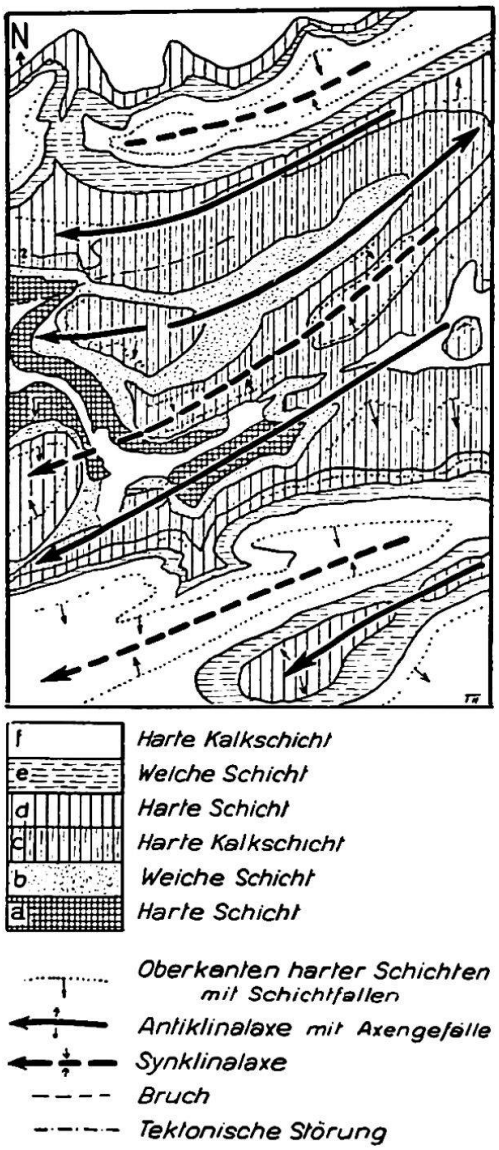


Fig. 104: Photogeologische Karte, ausgewertet von der Anaglyphentafel 19, Clos du Doubs

Anaglyphentafel 19 (Clos du Doubs) schließt nördlich an Fig. 95 (Freiberge) und östlich an Fig. 99 (Les Enfers) an. Da Landnutzung und Wirtschaftseinheiten ähnlich sind wie in den vorhergehenden Figuren, beschränken wir uns auf die photogeologische Auswertung (Fig. 104 und 105). — Der südliche Bildteil wird von der peneplainisierten Zone der Freiberge eingenommen. Die Intersektionen der Antiklinal- und Synklinalformen mit der Erdoberfläche rufen sehr charakteristische Figuren hervor (z. B. S-Form im SE-Bildteil, erkennbar an Relief, Wald und Landnutzung). Das Doubstal quert die Peneplain als tiefer Graben. Im westlichen Bildteil umfließt der Doubs zwei harte, synklinal gelagerte Schichtkomplexe, um hierauf auf längerer Strecke einem aufgebrochenen Antiklinalgewölbe (weicher Antiklinalkern) zu folgen. Die unmittelbar nördlich daran anschließende Synklinale steigt gegen E an und klingt allmählich aus. N des Doubsgrabens folgen weitere, allerdings weniger ausgeprägte Antiklinalen, im Westen voneinander getrennt durch eine tektonische Störung (vgl. hiezu Fig. 99). Am nördlichen Bildrand ist wieder das tiefe, cañonartige Tal des Doubs sichtbar. Die geologische Faltenbildung klingt nach N allmählich aus. Zwei Brüche verlaufen SSW—NNE; sie gehören offenbar zur großen Querstörung am W-Rand des Delsberger Beckens (vgl. Fig. 107).

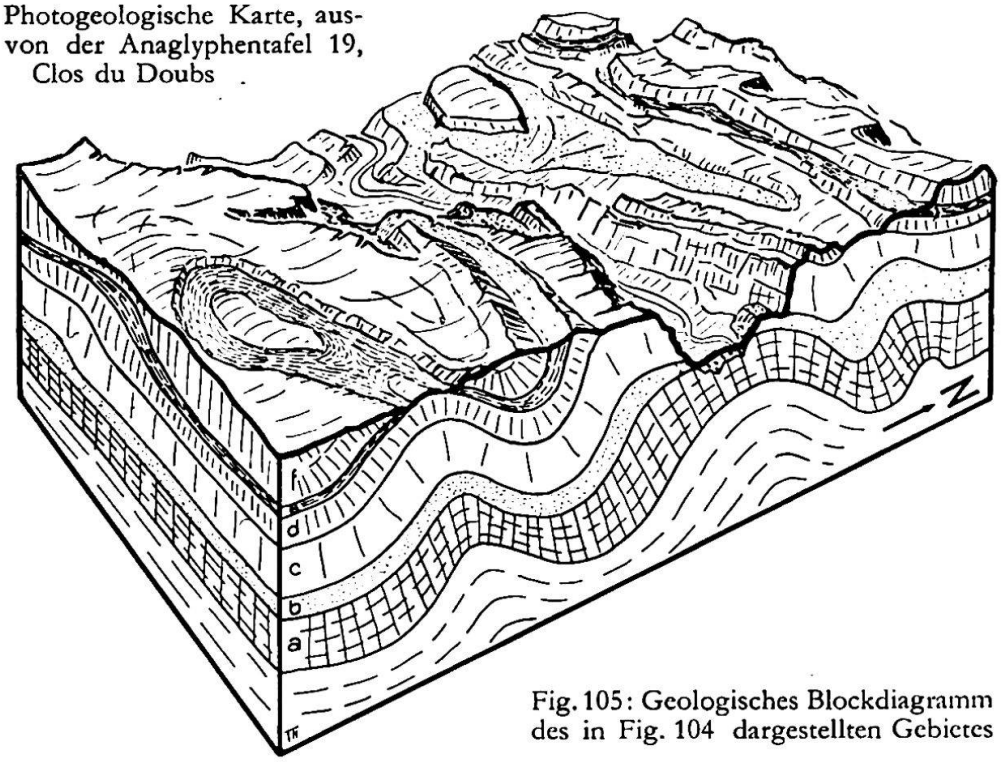
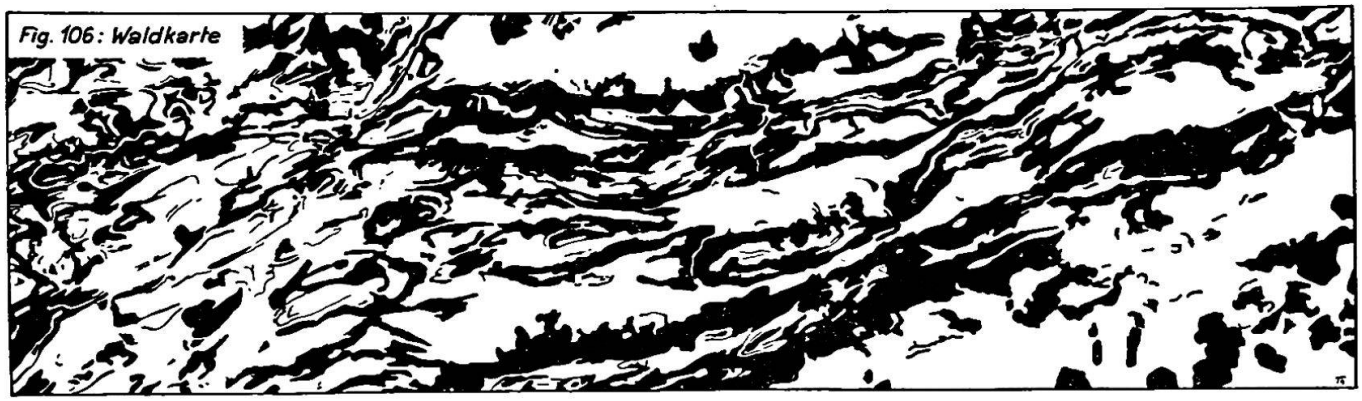
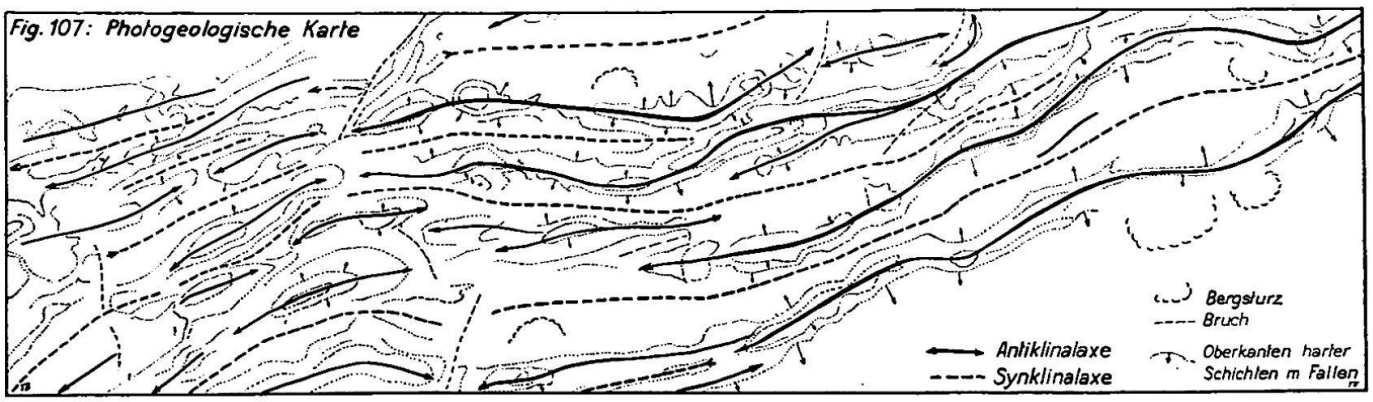
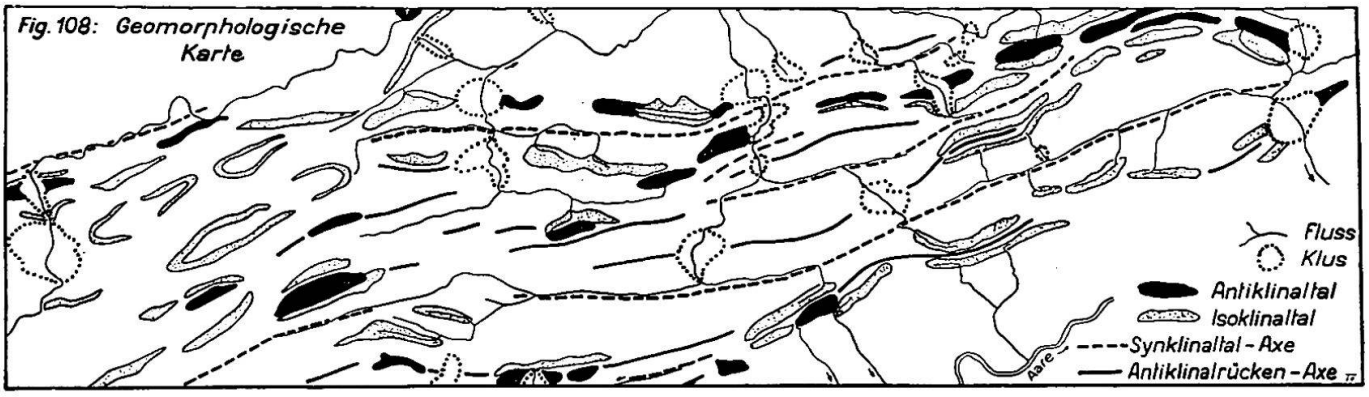
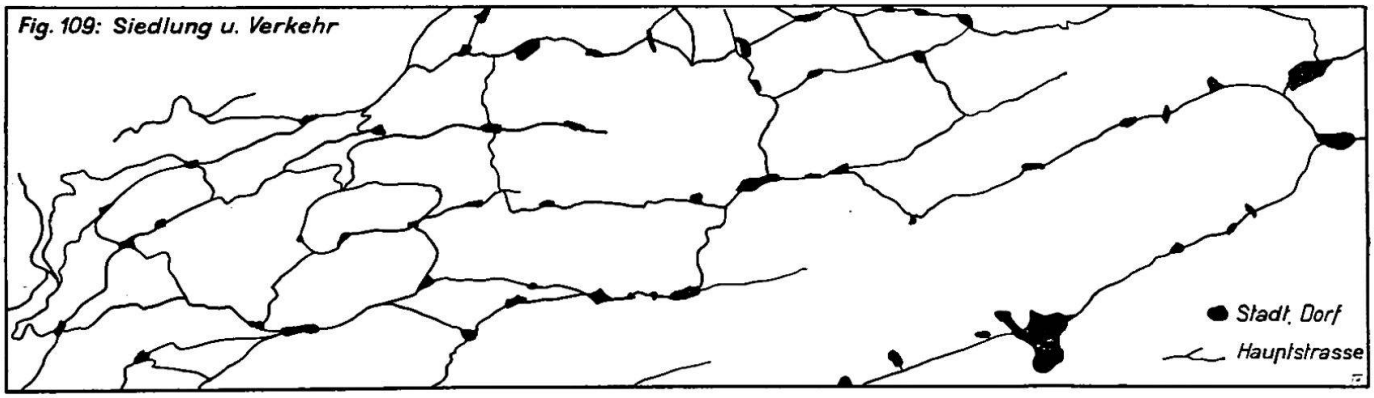


Fig. 105: Geologisches Blockdiagramm des in Fig. 104 dargestellten Gebietes









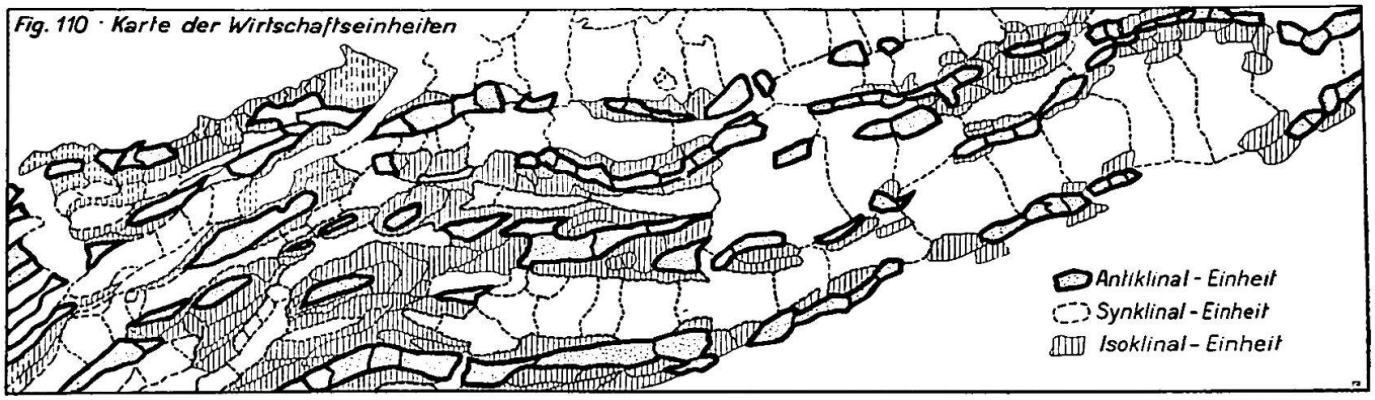


Fig. 106—110: Spezialkarten und Auszüge der Juralandschaft, hergestellt durch Zusammensetzen der Interpretationen einzelner Stereopaare; vgl. hiezu Fig. 56 und 57

2.9 ZUSAMMENSETZUNGEN UND SPEZIALKARTEN

Die Interpretationen einzelner Stereopaare müssen zusammengesetzt werden, damit größere Gebiete erfaßt und überblickt werden können. Dabei wird man zweckmäßigerweise nicht die gesamten Details der Einzel-Interpretationen übernehmen, sondern eine von Fall zu Fall — je nach dem Zweck der Arbeit — verschiedene Auswahl treffen. Es ist besonders in didaktischer Hinsicht reizvoll, bestimmte Daten in Sonderkarten darzustellen (wie dies beispielsweise in den Fig. 106—110 erfolgt ist) und die Zusammenhänge zwischen den Spezialkarten aufzuzeigen.

3 EIGENSCHAFTEN UND GEBRAUCH DER FLIEGERBILDER

3.1 AUFNAHMEARTEN DER FLIEGERBILDER

Es gibt verschiedene Aufnahmearten für Fliegerbilder. Sie richten sich nach dem Zweck der auszuführenden Arbeiten (Erkundung, extensive Kartierung oder genaue meßtechnische Auswertung), anders ausgedrückt, nach der verfügbaren Zeit und nach dem verlangten Genauigkeitsgrad der herzustellenden Karte. Dem verständlichen Bestreben, den Abbildungsbereich des einzelnen Luftbildes durch große Flughöhe und durch Verwendung von Weitwinkelkammern zu vergrößern, sind aus verschiedenen Gründen Grenzen gesetzt.

3.11 Schrägaufnahmen

Schrägaufnahmen werden seitlich aus dem Flugzeug gemacht. Man unterscheidet flache Schrägaufnahmen («high oblique») und steile Schrägaufnahmen («low oblique»). Bei den ersteren ist (in flachem Gelände) in der Regel der Horizont mit abgebildet, bei den letzteren dagegen nicht. Schrägaufnahmen wirken anschaulich, weshalb sie auch vorzugsweise als Illustrationen verwendet werden. Dagegen zeigen sie gegenüber einer orthogonalen Horizontalprojektion starke Verzerrungen, wodurch sie für die wissenschaftliche Luftbildinterpretation weniger gut geeignet sind. Die Vorteile der Schrägaufnahmen kommen namentlich im Gebirge zur Geltung, wo steile Bergflanken besser dargestellt werden können als mit den nachstehend beschriebenen Senkrechtaufnahmen.

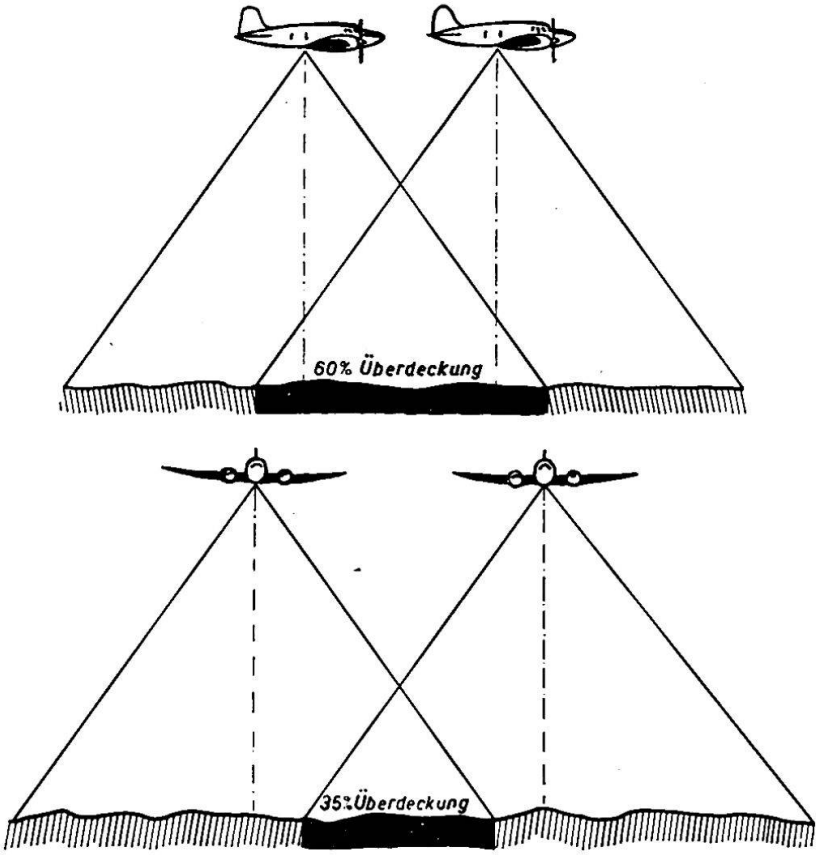


Fig. 111: Schematische Darstellung der senkrechten Reihenaufnahmen. Längsüberdeckung (oben) und seitliche Überdeckung (unten).

3.12 Senkrechtaufnahmen

werden aus Bodenluken des Flugzeugs mit lotrecht nach unten gerichteter Kammeraxe erstellt. Unter der Annahme, daß die Geländeoberfläche eine horizontale Ebene und daß die Kammeraxe genau lotrecht gerichtet sei,

wird das Gelände in maßstäblicher Verkleinerung abgebildet. Senkrechtaufnahmen zeigen daher die geringsten Verzerrungen. Ihr Abbildungsbereich ist jedoch gegenüber Schrägaufnahmen begrenzt (vgl. Fig. 113).

Heute werden vorzugsweise Senkrechtaufnahmen verwendet, namentlich wenn es sich darum handelt, große Gebiete lückenlos zu überdecken. Die Aufnahmen werden in automatischen Kammern in bestimmten Zeitintervallen gemacht. Eine Reihe solcher Fliegerbilder wird als Flugstreifen («run») bezeichnet. In der Regel wählt man die Zeitintervalle zwischen zwei Aufnahmen so, daß sich jede Aufnahme mit der vorhergehenden 50—70% überdeckt (Fig. 111). Auf diese Art ist jeder photographierte Geländepunkt auf zwei benachbarten Bildern mit verschiedenen Aufnahmestandorten enthalten, womit die Bedingung der stereoskopischen Erfassung erfüllt ist.

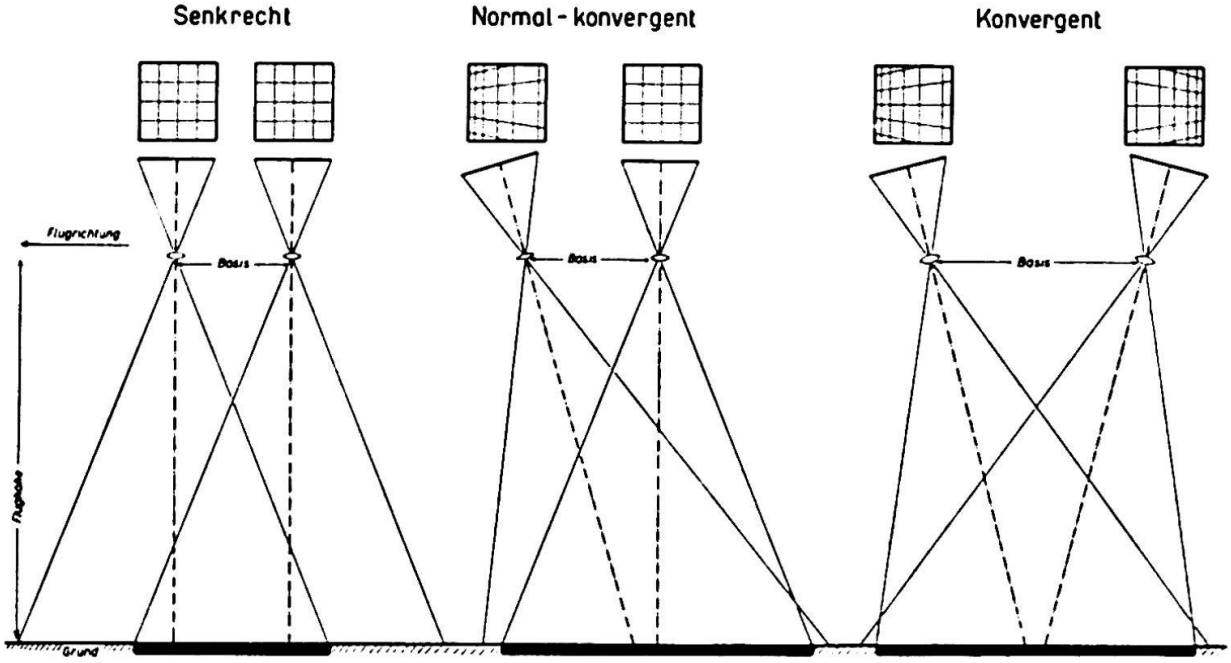
3.13 Kombinierte Aufnahmen

Die Kombination einer Senkrechtaufnahme mit zwei Schrägaufnahmen ist eine sogenannte Trimetrogonaufnahme. Die einzelnen Aufnahmen werden gleichzeitig mit drei zusammengebauten Kammern so erstellt, daß die Schrägbilder seitlich aus dem Flugzeug erfolgen. Dadurch gelangt ein langgezogener Geländeabschnitt quer zur Flugrichtung, vom einen Horizont zum andern zur Abbildung.

Im Bestreben, den Abbildungsbereich der Flugbilder noch mehr zu steigern, wurden sogenannte Panoramenkammern konstruiert, die aus mehreren Teilkammern (bis 9) bestehen, deren Teilbilder zu einem Luftbildplan zusammengesetzt werden können.

3.14 Spezielle stereoskopische Aufnahmearten

Neben den üblichen senkrechten Reihenaufnahmen gibt es noch spezielle Verfahren, um Fliegerbilder stereoskopisch aufzunehmen, nämlich konvergente Aufnahmen (Fig. 114) und normalkonvergente Aufnahmen (Fig. 113). Die letzteren bieten Vorteile namentlich in gebirgigem Gelände, wo beispielsweise bei Senkrechtaufnahmen eine Felswand auf dem einen Teilbild in einen sichttoten Winkel zu liegen kommen könnte. Um dies zu vermeiden, lassen sich normalkonvergente Aufnahmen herstellen und paarweise placieren. Normalkonvergente Aufnahmen eignen sich vorzugsweise für



Die Aufnahmearten für Stereobilder

Fig. 112: Senkrechtaufnahmen; Fig. 113: Normalkonvergente Aufnahmen; Fig. 114: Konvergente Aufnahmen. Die kräftig gezeichnete Linie bezeichnet das Gemeinsamkeitsgebiet eines Stereopaares.

kleinere Geländeabschnitte, weshalb sie hauptsächlich in der Schweiz Verwendung finden. Sie werden auch angewendet, um das sogenannte Basisverhältnis und damit die Genauigkeit der stereoskopischen Erfassung zu erhöhen.

3.2 GEOMETRISCHE EIGENSCHAFTEN DER FLIEGERBILDER

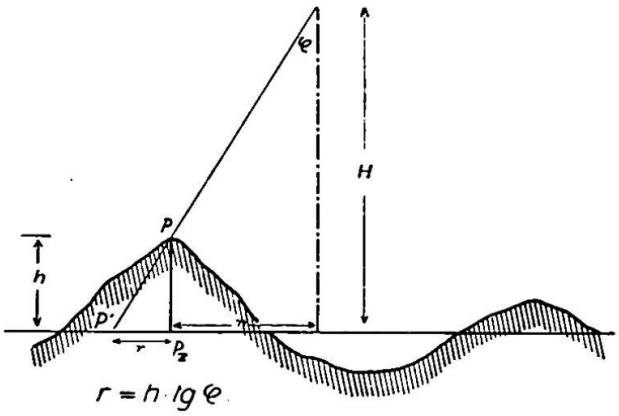


Fig. 115: Die Entstehung der Radialdeformation r (im natürlichen Maßstab des Geländes dargestellt).

Luftbilder weisen gegenüber einer vertikalen Orthogonalprojektion Verzerrungen verschiedener Art auf. Nachstehend wird auf einige Eigenschaften der Senkrechtaufnahmen eingegangen.

3.21 Maßstab

Der Maßstab einer Senkrechtaufnahme ergibt sich aus dem Verhältnis von Bildweite (Brennweite) F der Aufnahmekammer zur Flughöhe H, wie aus Fig. 112 leicht ersichtlich ist (zwei ähnliche Dreiecke). Die unter anderm in der Schweiz üblichen Aufnahmedaten ergeben folgende Bildmaßstäbe:

F (cm)	15	20	16,5	16,5
Flughöhe (m)	7000	4000	3000	1500
Maßstab ca.	1:50000	1:20000	1:20000	1:10000

3.22 Verzerrung

Unter Annahme, daß die Geländeoberfläche eine horizontale Ebene und die Kammeraxe bei der Aufnahme genau vertikal gerichtet war, ist der Maßstab im Bereich der ganzen Senkrechtaufnahme konstant. In gebirgigem Gelände treten dagegen Maßstabunterschiede auf, indem höhere Lagen einen größeren Maßstab (entsprechend der kürzeren Aufnahmedistanz), tiefer gelegene Geländepartien dagegen einen kleineren Maßstab aufweisen.

Ferner weist eine Senkrechtaufnahme in hügeligem Gelände sogenannte Radialdeformationen auf, die durch die zentralprojektive Abbildung der Photographie bedingt ist. In Fig. 115 ist ersichtlich, daß die Radialdeformation (im natürlichen Maßstab des Geländes) $r = h \cdot \operatorname{tg} \varphi$ ist, worin r = Radialdeformation, h = Höhe des Geländepunktes über Bezugsebene, φ = Bildwinkel bedeutet.

Die Radialdeformation ist also proportional zur Höhe des Reliefpunktes über einer gewählten Bezugsebene und proportional zum Tangens des Bildwinkels. Die letztere Tatsache kommt namentlich bei der Betrachtung von Weitwinkelaufnahmen zum Ausdruck, wo die Radialdeformation sich oft recht störend bemerkbar macht. Sie kann sogar bewirken, daß am Bildrand gelegene, nach außen geneigte Bergflanken «sichttot» werden.

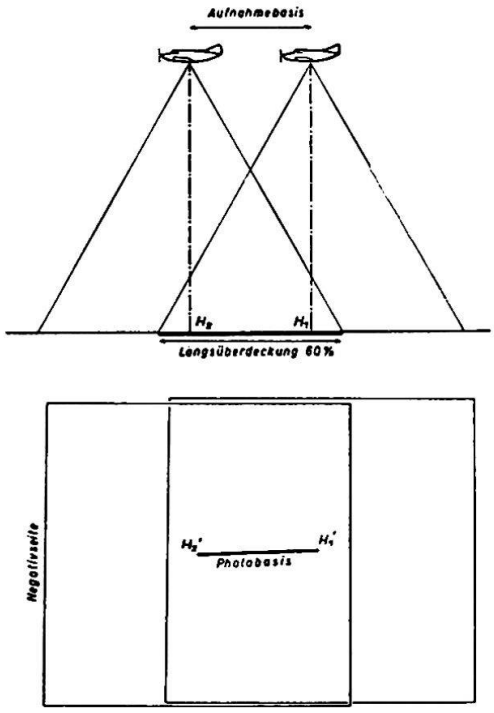


Fig. 116: Der Hauptpunkt. Die Strecke H_1—H_2 bezeichnet die Aufnahmebasis, die Strecke H_1'—H_2' die Photobasis (= Aufnahmebasis im Bildmaßstab).

3.23 Der Hauptpunkt

Unter Hauptpunkt eines Meßbildes versteht man das Lot der Objektivmitte auf die Negativebene. Er ist von Bedeutung beim richtigen Einpassen der Stereobilder in die Stereogeräte. Im Luftbild ist er identisch mit der Bildmitte, die in Meßkammern entweder direkt markiert ist (z. B. Aufnahmen von Südafrika) oder die dann mittels sogenannter Rahmenmarken konstruiert werden kann.

Bei mindestens 50% Überdeckung kann der Hauptpunkt einer Senkrechtaufnahme auf das benachbarte Bild übertragen werden und umgekehrt. Die Verbindungslinie von zwei benachbarten Hauptpunkten auf ein und derselben Aufnahme entspricht genähert der Aufnahmebasis im Bildmaßstab (Photobasis); ihre Richtung ist die Flugrichtung (Fig. 116).

3.24 Hilfen für die Betrachtung von Einzelbildern

Um die oben genannten, schädlichen Einflüsse der geometrischen Eigenschaften der Fliegerbilder und auch um störende subjektive Gewohnheiten in ihrer Wirkung bei der Betrachtung von Einzelbildern herabzumindern, können gewisse Hilfen angewendet werden. IMHOF (1950) hat sie ausführlich beschrieben. Es sind dies u. a. topographisches Aufrichten der Bilder (Hänge im Bild sollen gegen den Beschauer zu einfallen); perspektivisches Aufrichten (Betrachtung der Bilder in Richtung der Radialdeformation erhöhter Punkte, also vom Zentrum nach außen); Aufrichten des Bildes nach der Schattenwirkung (Orientierung so, daß das Licht von links oben einfällt; Erkennen des Reliefs an den Schlagschatten. Es sei jedoch erwähnt, daß diese Hilfen bei stereoskopischer Betrachtung teilweise überflüssig sind. Meist könnten sie auch gar nicht angewendet werden, da die Orientierung der Stereobilder nicht gestört werden darf.

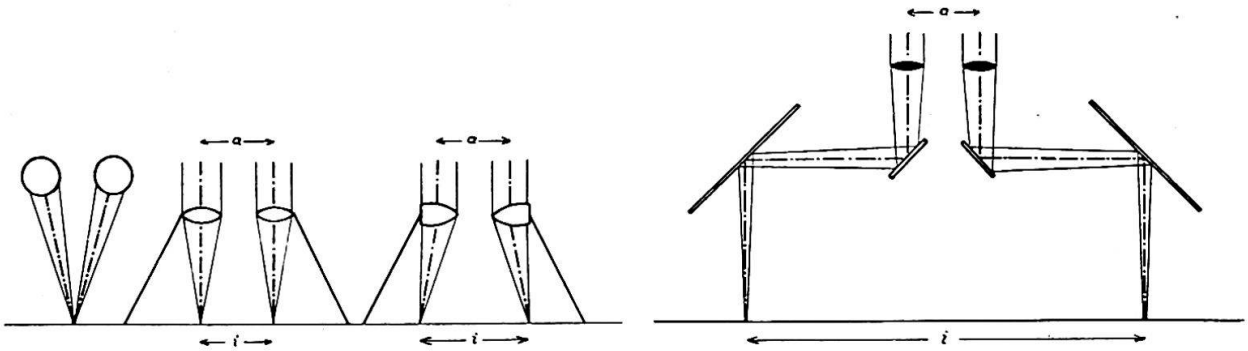
3.3 STEREOSKOPISCHE BETRACHTUNGSARTEN

3.31 Das stereoskopische Sehen.

Zwei photographische Aufnahmen des gleichen Objektes, von verschiedenen Standorten aus aufgenommen, bilden ein Stereopaar. Werden die beiden Teilbilder so betrachtet, daß das linke Auge das linke Teilbild, das rechte Auge das rechte sieht, so werden die beiden Teilbilder im menschlichen Gehirn zu einem einzigen virtuellen Raumbild vereinigt. Bei Betrachtung von bloßem Auge können infolge zwangsläufiger Koppelung von Akkommodation der Augenlinsen und Konvergenz der Augenachsen gewisse Schwierigkeiten auftreten: Bei Akkommodation auf Unendlich sind die Achsen eines normalen Augenpaares automatisch parallel gerichtet; bei Akkommodation in die Nähe (z. B. Stereobild 30 cm vor den Augen) konvergieren die Augenachsen so, daß sie sich ca. 30 cm vor den Augen schneiden. Beide Augen sehen in diesem Falle ein und denselben Bildpunkt, womit die Bedingung für stereoskopisches, plastisches Sehen nicht erfüllt ist. Es wurden daher verschiedene Instrumente geschaffen, welche die Koppelung von Akkommodation und Konvergenz unschädlich machen.

3.32 Einfache Stereogeräte

Der Normalzustand der Konvergenz und Akkommodation ist in Fig. 117 dargestellt: Stereoskopisches Sehen ist hier unmöglich. Beim Linsenstereoskop (Fig. 118) wird durch eine vergrößernde Linse die Akkommodation des Auges auf Unendlich gebracht, so daß die Augenachsen parallel verlaufen: jedes Auge sieht nur das ihm zugehörige Teilbild. Beim Spiegelstereoskop (Fig. 120) wird die Akkommodation praktisch unverändert gelassen; dafür aber werden die Sehstrahlen durch Spiegel oder Prismen auf etwa 26 cm auseinandergezogen. Schwach vergrößernde Okkularlinsen dienen hier weniger der Änderung der Akkommodation, sondern nur der Vergrößerung. Es gibt auch Linsenstereoskope, bei denen durch spezielle Konstruktion der Linsen sowohl die Akkommodation wie auch die Konvergenz beeinflußt wird (Fig. 119).



Von links nach rechts: Fig. 117: Stellung der Augenachsen bei Akkommodation auf kurze Distanz; Fig. 118 und 119: Der Strahlengang im Linsenstereoskop; Fig. 120: Der Strahlengang im Spiegelstereoskop.

Das Linsenstereoskop besitzt den Vorteil der Handlichkeit, dafür aber den Nachteil der Beschränkung der Bildformate (Bildseite) auf den Betrag der Instrumentenbasis, die ungefähr der Augenbasis (6 cm) entspricht. Für die praktische Arbeit verdienen daher die Spiegelstereoskope den Vorzug, da hier alle gebräuchlichen Fliegerbildformate (bis 26×26 cm²) betrachtet werden können. Für die Betrachtung in einfachen Stereogeräten sind sowohl die normalkonvergenten wie auch die konvergenten Aufnahmen nicht gut geeignet, infolge ungleicher und uneinheitlicher Bildmaßstäbe (vgl. verzerrte Abbildung von quadratischen Netzen in Fig. 113 und 114). Durch Unterlegen von geeigneten Keilen (Fig. 122) können diese Fehler etwas ausgeglichen werden.

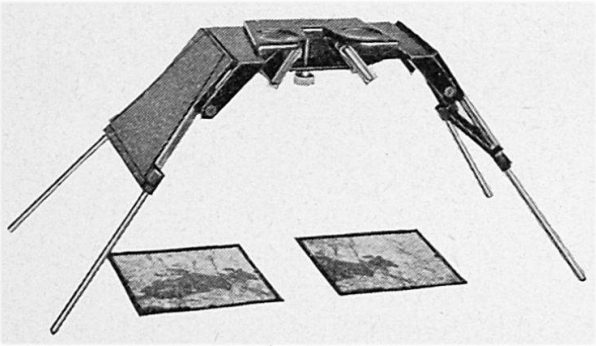


Fig. 121: Das Klapp-Spiegelstereoskop

3.33 Stereoprojektion und Druckverfahren. Ein schon sehr altes Verfahren der Raumbilddarstellung ist das Anaglyphenverfahren. Die beiden zu einem Raumbild zusammengehörigen Teilbilder werden in Komplementärfarben übereinander projiziert oder gedruckt und durch die entsprechenden Komplementärfarbfilter vor den beiden Augen betrachtet. Die Bildgröße ist hierbei beliebig. Dieses Prinzip wird auch beim Multiplex, einem viel angewendeten stereophotogrammetrischen Auswertegerät, verfolgt.

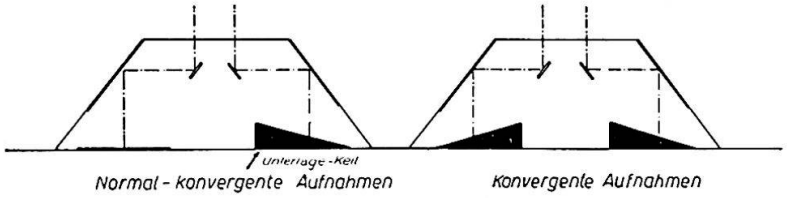


Fig. 122: Die Anordnung der Stereopaare im Spiegelstereoskop für die Betrachtung von konvergenten und normalkonvergenten Aufnahmen

Eine weitere Möglichkeit stereoskopischer Betrachtung ist durch die Verwendung von polarisiertem Licht gegeben, indem statt Komplementärfarbfilter zwei senkrecht zueinander polarisierte Projektionsbilder und Augenfilter benutzt werden. Dieses Verfahren eignet sich auch zur Projektion farbiger Stereobilder. Durch die Erfindung von polarisierendem Bildträger kann das polarisierte Licht auch für gewöhnliche Papierbilder angewendet werden. Dies sind sogenannte Vektographen.

Ein drittes Verfahren verwendet synchron arbeitende Blenden vor Projektor und Augen, die in raschem Wechsel bald dem einen, bald dem andern Auge das zugeordnete Teilbild zeigen. Dabei wird (wie beim Kinofilm) die Trägheit des menschlichen Auges ausgenützt.

Hier ist darauf hinzuweisen, daß die Wirkung von projizierten Stereobildern und besonders von Anaglyphen durch mangelhafte gegenseitige Orientierung und durch

ungünstige Wahl der Ausschnitte sehr beeinträchtigt werden kann. In bezug auf die Ausschnitte hat man die Möglichkeit, sie so zu wählen, daß das Relief gegenüber der Papierebene erhöht erscheint oder daß die Umrandung wie ein Rahmen wirkt, durch den hindurch das Relief vertieft erscheint (ähnlich wie ein Blick durch die Bodenluke eines Flugzeuges; vgl. hiezu die beiliegenden Tafeln). Im ersten Fall sollten die seitlichen Begrenzungen wenn möglich als Reliefschnitte konstruiert werden; im zweiten Fall dagegen können die Rahmen geradlinig gewählt werden. Die gegenseitige Orientierung muß dabei nach dem Bildinhalt vorgenommen werden. Es ist ferner klar, daß Senkrechtbilder sich besser eignen als konvergente und normal-konvergente Aufnahmen. Konvergente Aufnahmen zeigen infolge der Verzerrungen störende Höhenparallaxen.

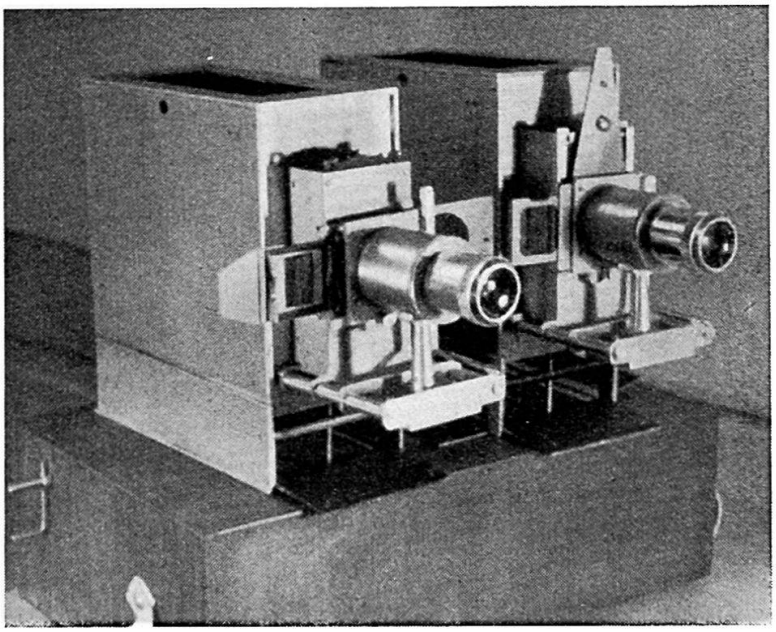


Fig. 123: Das Stereoprojektionsgerät der ETH. Doppelprojektor mit Polarisationsfilter und Kühlsystem. Die drehbare Bildbühne und die spezielle Konstruktion des Stativs (zugleich Transportkoffer) ermöglichen, eine sogenannte gegenseitige Orientierung vorzunehmen; das ist die geometrisch korrekte Einstellung eines Stereopaares. Lampenstärke je 250 Watt, Schirmbildgröße $2 \times 2m^2$ bei guter Helligkeit.

3.4 DIE KORREKTE ORIENTIERUNG VON STEREOBILDERN

Um einwandfreie stereoskopische Wirkung zu erzielen, müssen die Stereobilder in richtiger Lage unter das Betrachtungsgerät gelegt werden. Man spricht in diesem Fall von der sogenannten gegenseitigen Orientierung und versteht darunter die gleiche Lage, welche die Negativebenen der Fliegerkammern im Moment der Aufnahme, aber maßstäblich verkleinert, hatten. In modernen stereophotogrammetrischen Auswertegeräten erfolgt die gegenseitige Orientierung durch Drehung der Bilder um drei zueinander senkrecht stehende Achsen, nämlich um die Kammerachse (Verkantung), um die Basisrichtung (Querneigung) und um die Horizontale im rechten Winkel zur Basis (Längsneigung).

Bei gut geflogenen Senkrechtaufnahmen weisen die Kammerachsen eine Abweichung vom Lot von maximal 5 Grad auf, so daß die gegenseitige Orientierung in einfachen Stereogeräten (Spiegelstereoskop) sich auf die Verkantung beschränken kann. Die gegenseitige Orientierung im Spiegelstereoskop ist dann korrekt, wenn die Augenbasis parallel zur Bildbasis liegt. Die praktische Ausführung geschieht folgendermaßen: Auf jedem Bild werden die Hauptpunkte markiert (Bildmittelpunkt, gegeben durch Schnittpunkt der Verbindungslinien gegenüberliegender Rahmenmarken). Hernach werden auf jedem Bild die Hauptpunkte benachbarter Bilder übertragen. Die Verbindung zweier benachbarter Hauptpunkte auf ein und demselben Bild ergibt die Bildbasis; ihre Richtung stimmt mit der Flugrichtung überein, und ihre Länge ist die Aufnahmebasis im Bildmaßstab. Die beiden Teilbilder werden nun um ihre Hauptpunkte

so gedreht (verkantet), bis die zwei entsprechenden Bildbasen in die gleiche Richtung zu liegen kommen. Diese Richtung wird vorteilhaft parallel zur Tisch- oder Reißbrettkante gewählt. Nun müssen nur noch die beiden Teilbilder so parallel verschoben werden, bis der Abstand identischer Punkte der Länge der Instrumentenbasis (ca. 26 cm) entspricht. Bei der nachfolgenden Arbeit soll beachtet werden, daß das Stereoskop immer parallel verschoben wird.

3.5 DEFORMATIONEN VIRTUELLER RAUMMODELLE

Virtuelle Raummodelle in einfachen Stereogeräten weisen gegenüber einem maßstäblich verkleinerten (Miniatur-) Reliefmodell der Natur Deformationen auf. Diese beruhen einerseits auf der Tatsache, daß zwischen Miniaturmodell und virtuellem Modell ein zentralkollinearer Zusammenhang besteht, anderseits in subjektiven Einflüssen des Menschen. Aus der Zentralkollineation ergeben sich folgende Eigenschaften:

3.51 Überhöhung

Virtuelle Modelle weisen gegenüber der Landschaft Überhöhungen auf, die unter gewissen Vernachlässigungen durch die Formel

$$\frac{B}{H} : \frac{d}{a}$$

ausgedrückt werden. Darin bedeuten: B = Aufnahmebasis, H = Flughöhe über Grund, d = Betrachtungsdistanz (ca. 30 cm), a = Augenbasis (ca. 6 cm).

Die Formel kann auch geschrieben werden:

$$\frac{B}{H} \cdot \frac{a}{d}$$

wobei der Quotient $\frac{B}{H}$ das sogenannte Basisverhältnis darstellt. Da a und d meist gegeben sind (bei Anaglyphen beispielsweise), ist die Überhöhung genähert $5 \cdot \frac{B}{H}$.

Bei Senkrechtaufnahmen besitzt $\frac{B}{H}$ Werte von 1/2 (Weitwinkelaufnahmen) bis 1/4, so daß namentlich Weitwinkelaufnahmen beträchtliche Überhöhungen aufweisen können (vgl. beiliegende Anaglyphen).

3.52 Mitgehen des virtuellen Bildes

Das virtuelle Raummodell wird beeinflußt von der Betrachtungsrichtung. An den beigegebenen Anaglyphen ist deutlich zu sehen, wie das Modell mit der Betrachtungsrichtung mitgeht (z. B. bei Betrachtung senkrecht auf die Bildebenen, dann von links und von rechts).

3.53 Radialdeformation

Virtuelle Raummodelle weisen Radialdeformationen auf, ähnlich wie Einzelbilder.

3.54 Subjektive Einflüsse

Unberechenbare Modelldeformationen können unter anderem auftreten infolge einseitiger Schwachsichtigkeit und anderer subjektiver Sehstörungen. Im allgemeinen werden jedoch extreme, objektiv verursachte Deformationen subjektiv ausgeglichen.

3.6 EINFACHE AUSWERTEMETHODEN

Für die Kartenherstellung nach Luftbildern sind verschiedene Verfahren entwickelt worden. Sie unterscheiden sich hauptsächlich durch die Zahl der meßbaren Daten und deren Genauigkeit. Jedes Luftbild stellt an und für sich schon eine Karte dar. Es vermittelt jedoch nur die Situation, und zwar in einem nicht homogenen Maßstab. Zusammensetzungen von Luftbildern ergeben sogenannte «Luftbildskizzen» oder Photomosaiks.

Durch Entzerrung können Luftbilder auf einen runden Maßstab gebracht werden. Zusammensetzungen von entzerrten Luftbildern werden Luftbildpläne genannt. Luftbildpläne besitzen den Nachteil, daß sie nur die Situation liefern, jedoch keine Höhenkoten. Um ihn zu beheben, wurden die stereophotogrammetrischen Auswerteverfahren entwickelt, die eine Messung aller drei Dimensionen erlauben. Auch hier unterscheiden wir sehr rasche, dafür aber weniger genaue Methoden und Präzisionsauswertungen, die in sogenannten Stereoautographen ausgeführt werden.

3.61 Einbildauswertung

Die einfachste Kartierung nach Luftbildern erfolgt entweder mittels direktem Einzeichnen auf die (matte) Kontaktkopie oder mittels Verwendung einer Deckpause. Um die Auswertung auf einen runden Maßstab zu bringen, muß sie nachträglich photographisch oder mechanisch (Pantograph) reduziert werden. Es gibt jedoch ein einfaches Instrument, das gestattet, die Originalauswertungen direkt in einem runden Maßstab vorzunehmen; das ist der sogenannte Luftbildumzeichner. Die Verwendung des Luftbildumzeichners ist dann besonders vorteilhaft, wenn die Auswertungen in eine schon bestehende topographische Karte übertragen werden müssen. Dies ist zum Beispiel in der Schweiz für geographische Kartierungen aller Art meist der Fall. Im Luftbildumzeichner (Fig. 124) werden Luftbild und topographische Karte gleichzeitig durch einen halbdurchlässigen Spiegel betrachtet. Die virtuelle Übereinstimmung der verschiedenen Maßstäbe (Luftbild-Karte) wird durch Verstellung der gegenseitigen Betrachtungsdistanz hergestellt.

3.62 Stereoskopische Methoden

Im Spiegelstereoskop besitzen wir das einfachste Instrument zur stereoskopischen Auswertung. Die Kartierung erfolgt entweder direkt auf dem einen Teilbild oder auf einer Deckpause. Diese Methode ist heute weit verbreitet (z. B. Ölgesellschaften, Geological Surveys). Die Stereogeräte werden auch im Feld verwendet. In Verbindung mit dem Meßtisch hat sich (namentlich in unerschlossenen Gebieten) eine eigentliche Meßtisch-Photogrammetrie entwickelt, indem zum Beispiel Lage und Koten markanter Punkte im Feld mit dem Meßtisch bestimmt und nachher im Stereoskop Isohypsen (besser: Formlinien) interpolierend gezogen werden (sogenannte «spot-method»). In flachen unerschlossenen Gebieten wird zusammen mit der stereoskopischen Auswertung meist eine Luftbild-Triangulation (Radialtriangulation) ausgeführt. Um die topographische Kartierung genauer zu gestalten, werden mit den Stereoskopen sogenannte Stereometer verwendet, die gestatten, in Stereopaaren die sogenannte Horizontalparallaxe zu messen und damit auch die Höhen zu erfassen. Von diesen einfachsten stereophotogrammetrischen Auswerteverfahren leiten verschiedene verbesserte Methoden (z. B. Multiplex, beruhend auf der Stereoprojektion) über zu den modernen Stereokartiergeräten (z. B. Wild A6) und zu den hochpräzisen Stereoautographen (Zeiß-Planigraph, Wild-Autograph A5).

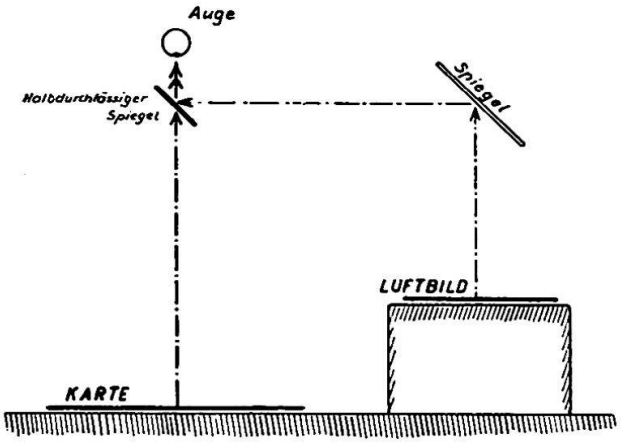


Fig. 124: Schematische Darstellung des Luftbildumzeichners. Das Maßstabverhältnis Luftbild/Karte ist umgekehrt proportional zu den Betrachtungsdistanzen.

3.63 Zusammensetzungen

Bei Auswertungen zusammenhängender Streifen müssen die Einzelblätter zusammengesetzt werden. Zu diesem Zweck sind verschiedene Methoden (einfache, oft gra-

phische Triangulationen) entwickelt worden. Hier soll nur kurz die einfachste Methode, nämlich die sogenannte Polygonzugmethode, skizziert werden. Die Aneinanderreihung der Einzelauswertungen erfolgt hiebei durch Aufeinanderlegen der gemeinsamen Photobasen benachbarter Stereopaare. Auf diese Weise entsteht ein Polygonzug, mit den Hauptpunkten als Knickpunkte und den Basisstrecken als Seiten.

3.7 FLIEGERBILDFORSCHUNG IN DER SCHWEIZ[1]

Es ist wohl den ausgezeichneten topographischen Karten und der fortgeschrittenen terrestrischen Forschung zuzuschreiben, daß die Luftbildforschung in der Schweiz noch nicht die Bedeutung erlangt hat wie in unerschlossenen Ländern und auch in den USA und der UdSSR. Dort findet das Luftbild nicht nur in der Praxis, sondern auch im Unterricht an den Hochschulen weitgehende Verwendung, währenddem seine Auswertung bei uns, speziell unter Berücksichtigung der Stereoskopie, trotz der langjährigen umfassenden Pionierarbeit von R. HELBLING, Flums und trotz wertvoller älterer Bestrebungen, etwa AL. HEIMS, O. FLÜCKIGERS (1924), W. MITTELHOLZERS u. a., so gut wie in den Anfängen steckt. Die bekannten Bildsammlungen «Die Schweiz aus der Vogelschau» und «Flugbild der Schweiz» müssen in dieser Beziehung als wertvolle Impulse betrachtet werden, und auch der jüngst erschienene Kommentar zu unsern amtlichen Landeskarten, das Werk «Gelände und Karte» von E. IMHOF wird zweifellos den vermehrten Gebrauch des Luftbildes fördern.

Dieser vermehrte Gebrauch, vor allem aber die allgemeine, wissenschaftliche wie praktische Auswertung des Luftbildes liegt um so näher, als bei der Eidg. Landestopographie in Bern (L + T) und bei der Eidg. Vermessungsdirektion (VD) ein umfangreiches und ausgezeichnetes, praktisch alle Bereiche der Schweiz erfassendes Fliegerbildmaterial archiviert ist, dessen Benutzung auf begründetes Gesuch von diesen Ämtern in entgegenkommender Weise ermöglicht wird. Bildkopien können jederzeit käuflich erworben werden. Bisher betrug der Jahresumsatz der Landestopographie nach ihren eigenen Angaben ca. 5000—6000 Bilder. Die Beteiligung der einzelnen Berufsgruppen war folgende: Geologen ca. 50 %, Förster 20 %, Kulturingenieure, Bauingenieure, Architekten ca. 10 %, Schulen (Sekundar- und Mittelschulen) ca. 10 %; der Rest verteilt sich auf Touristen, wissenschaftliche Geographie und spezielle Benützer (z. B. für die große Maikäferbekämpfungsaktion 1950 im Wallis). Der auf den «Plan Wahlen» zurückgehende landwirtschaftliche Produktionskataster gibt seinen gemeindeweisen Katasterheften in wertvoller Weise Luftbilder bei, die jedoch der Auswertung noch harren. So groß die Zahl der verwendeten Bilder dem Uneingeweihten erscheinen mag, täuscht sie doch nicht darüber hinweg, daß das Luftbild in der Schweiz eine noch weit größere Verwertung verdiente, wie dies namentlich auch der Eidg. Vermessungsdirektor, H. HÄRRY, immer wieder feststellt.

Es dürfte in diesem Zusammenhang einem Bedürfnis entsprechen, eine kurze Übersicht über das in der Schweiz vorhandene stereoskopische Luftbildmaterial zu geben. Außer den in Fig. 125 bezeichneten Gebieten sind noch stereoskopische Aufnahmen von kleineren Gebieten vorhanden, die insbesondere für private Auftraggeber (besonders für Kraftwerkprojekte) erstellt wurden. Ferner sei darauf hingewiesen, daß vom ganzen Alpengebiet stereoskopische Aufnahmen vom Boden aus vorhanden sind und große Teile der Schweiz auch aus der Luft mit Einzelbildern (Senkrechtaufnahmen) in verschiedenen Maßstäben aufgenommen sind. Weitere Archive, allerdings ohne stereoskopische Bilder, befinden sich beim Militärflugdienst und bei der Swissair.

[1] Eine Zusammenstellung über die Verwendung der Luftbilder im Unterricht an amerikanischen Hochschulen ist erschienen in «Photogrammetric Engineering», Dezember 1947 (Organ der amerikanischen Photogrammetrischen Gesellschaft).

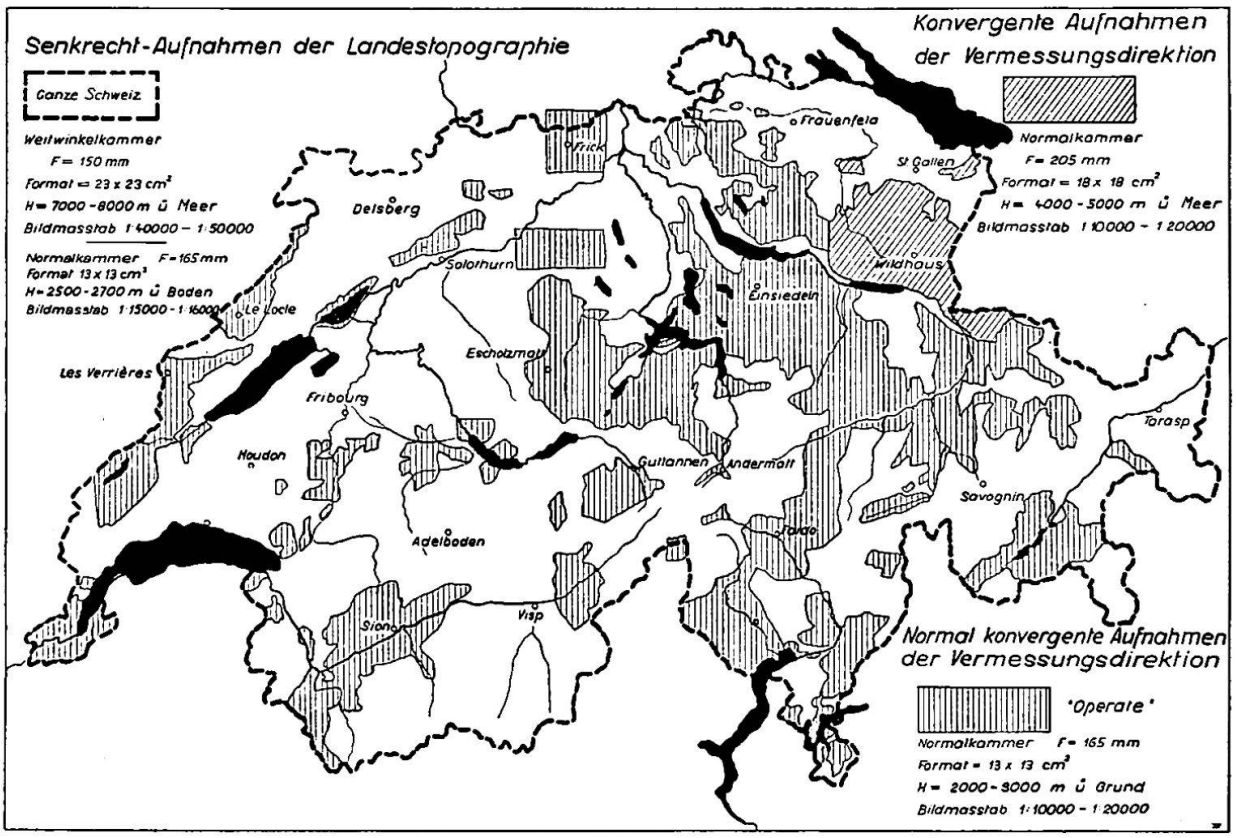


Fig. 125: Übersicht über die in der Schweiz zur Verfügung stehenden stereoskopischen Luftaufnahmen (nach Angaben und mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie und der Eidg. Vermessungsdirektion).

INTERPRÉTATION SCIENTIFIQUE DES IMAGES AÉRIENNES

Le problème consiste à analyser la nature du sol à l'aide des images aériennes, tout spécialement à l'aide des stéréogrammes. Dans la première partie, nous traitons les méthodes d'interprétation et la juxtaposition des différents éléments du sol visible sur les images. Dans la deuxième partie, nous appliquons les méthodes traitées à des exemples pratiques à l'aide d'anaglyphes (stéréogrammes) de différentes régions: Nouvelle-Guinée, Afrique du Sud, Plateau suisse (Rapperswil—Tössberg) et Jura. Ces exemples sont d'abord analysées à l'aide de mosaïques photographiques du point de vue de la disposition primaire des éléments du sol. Nous interprétons ensuite les images aériennes du terrain sous différents aspects scientifiques et finalement sous l'angle spécial de la Géographie descriptive. Dans la troisième partie, nous traitons les propriétés géométriques des vues plongeantes stéréoscopiques et nous donnons quelques instructions sur la manière de procéder.

INTERPRETAZIONE SCIENTIFICA DI FOTOGRAFIE AEREE

Il lavoro si pone il compito, di illustrare le applicazioni geografiche dell'interpretazione di aereo fotografie. Nella prima parte viene trattato il metodo usato per l'interpretazione di una aereofotografia, cioè la suddivisione del paesaggio in elementi differenti, riconoscibili su questa. Indi viene illustrato l'applicazione pratica. Allo scopo servono anaglifi (coppie stereoscopiche) della Nuova-Guinea, del Sud-Africa, della zona molassica della Svizzera (Rapperswil e Tössberg) e del Giura svizzero. I fotomosaici di queste regioni vengono in un primo tempo suddivisi sommariamente, indi analizzati da differenti punti di vista ed infine il paesaggio viene descritto. La terza parte accenna ai caratteri geometrici di fotografie stereoscopiche verticali e dà una spiegazione del loro uso.

Literaturverzeichnis. Baeschlin, C. F., und Zeller, M.: Lehrbuch der Photogrammetrie, Zürich 1934. — Baldwin, M., Howard, M., Smith, H. T. U., Howard, W., and Whitlock: The Use of Aerial Photographs in Soil Mapping. Photogrammetric Engineering, No. 4, 1947. — Benninghoff, W. S., Sigafoos, R. S., and Truesdell, P.: Use of Aerial Photographs for Geologic Mapping. Photogrammetric Engineering, Vol. XVI, No. 3, 1950. — Blondel, F.: L'emploi de l'Avion pour les recherches géologiques et minières dans les pays neufs. La Chronique des Mines Coloniales, No 1, 1937. St-Etienne 1936. — Bobek, H.: Luftbild und Geomorphologie. Luftbild und Luftbildmessung, Nr. 20. Berlin 1941. — Bobek, H., und Schmithüsen, J.: Die Landschaft im logischen System der Geographie. Erdkunde III, Heft 2/3. Bonn 1949. — Boesch, H.: Landnutzungskarten. Geographica Helvetica, V,

1950. — BRANCHE, M. C.: Aerial Photography in Urban Planning and Research. Cambridge 1948. — BÜDEL, J.: Das Luftbild im Dienste der Eisforschung und Eiserkundung. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. Berlin 1943. — BRADSHAW, K. E.: Use of Photos in the Forest Survey in California. Photogrammetric Engineering, Vol. XVI, No. 3, 1950. — BROOKS, A. H.: The Use of Geology on the Western Front. U. S. Geological Survey. Professional Papers, No. 128. Washington 1920. — BRUNDALL, L.: Photogeology Aids Oil Exploration. Photogrammetric Engineering, Vol. XIII, No. 1, 1947. — BRUNDALL, L., and WENGERD: Education in Photogrammetry and Photogeology, Discussion Forum. Photogrammetric Engineering, Vol. XV, No. 4, 1949. — CAMERON, H. L.: Air Photograph Interpretation in the Chimney Corner Cheticamp Aera, Cape Breton, Island, N. S. The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, Febr. 1948. — CAROL, H.: Die Wirtschaftslandschaft und ihre kartographische Darstellung. Ein methodischer Versuch. Geographica Helvetica, I, 1946. — COLWELL, R. N.: Uses of Aerial Photographs in Forest Recreation. Photogrammetric Engineering, Vol. XVI, No. 1, 1950. — CRAWFORD, O. S. G.: Air Survey and Archaeology. Ordnance Survey. Professional Papers, New Series, No. 7, 1924. — CRAWFORD, O. G. S.: Luftbildaufnahmen von archäologischen Bodendenkmälern in England. Luftbild und Vorgeschichte, Nr. 16. Berlin 1938. — CREUTZBURG, N.: Kultur im Spiegel der Landschaft. Leipzig 1930. — DIESEL, E.: Das Land der Deutschen. Leipzig 1931. — DIETZ, S. R.: Aerial Photographs in the geological study of shore features and processes. Photogrammetric Engineering, No. 4, 1947. — EARDLEY, A. J.: Aerial Photographs: Their Use and Interpretation. Harpers Geoscience Series, Harper Brothers. New York-London 1943. — EUBANKS, W. B.: Photogrammetry and Forest Taxation. Photogrammetric Engineering, Vol.XVI, No. 1, 1950. — EWALD, E.: Die Flugzeugphotographie im Dienste der Geographie. Petermanns Geographische Mitteilungen, 1920. — EWALD, E.: Einsatz des Luftbildes für die vorgeschichtliche Forschung in Deutschland. Luftbild und Vorgeschichte, Nr. 16, 1938. — Fairchild Aerial Surveys: Value of Aerial Photographic surveying and mapping to Petroleum Companies and their Geologists. Fairchild Bull. No. 3, February 1925. — FLÜKKIGER, O., und MITTELHOLZER, W.: Die Schweiz aus der Vogelschau. Erlenbach-Zürich 1924. — Flugbild der Schweiz: Mit Beiträgen von W. R. CORTI, E. EGLI und E. IMHOF. Zürich 1950. — FORTIER, Y. O.: Geological Mapping of the Ross Lake Area, Using Air Photographs. Photogrammetric Engineering, Vol. XIII, No. 4, 1947. — GAMS, H.: Das Luftbild in der Seen- und Moorforschung. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 1943. — GARVER, R. D., und MOESSNER, K. E.: Forest Service Use of Aerial Photographs. Photogrammetric Engineering, Vol. XV, No. 4, 1949. — GEBAUER, K.: Flieger sehen unter die Erde. Comptes Rendus du Congrès International de Géographie, Amsterdam 1938, Tome II, Section I, Cartographie. Leiden 1938. — GROBER, J.: Luftbild, Tropenhygiene und koloniale Siedlung. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin. Berlin 1943. — GUTERSOHN, H.: Die Freiberge des Berner Juras. Geographica Helvetica, Heft 1, 1950. — GUTERSOHN, H., und GASSMANN, E.: Kotenstreuung und Relieffaktor. Arbeiten aus dem Geographischen Institut der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich, Nr. 7, 1947. — GUTERSOHN, H.: Landschaften der Schweiz. Zürich 1950. — HAGEN, T.: Luftbild und Erdkunde. Separatabdruck aus der Beilage «Technik» der «Neuen Zürcher Zeitung». Zürich 1949. — HAGEN, T.: Moderne Kartierungsmethoden, Photogeologie. Separatabdruck aus der Beilage «Technik» der «Neuen Zürcher Zeitung». Zürich 1950. — HAGEN, T., und RUTISHAUSER, H.: Über die Deformationen virtueller Raummodelle in einfachen Stereogeräten. Mitteilungen aus dem Geodätischen Institut der ETH Zürich, 1950. (Im Druck.) — HAVEMANN A.: Luftbildmessung und die Erforschung der natürlichen Rohstoffquellen. Aktion der Wissenschaft der UdSSR. Moskau-Leningrad 1937. — HELBLING, R.: Die Anwendung der Photogrammetrie bei geologischen Kartierungen. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Neue Folge, 76. Lieferung. Bern 1938. — HELBLING, R.: Photogeologische Studien. Herausgegeben im Auftrag der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. Orell Füßli, 1948. — HENRIQUES, D. E.: Practical Application of Photogrammetry in Land Classification. Photogrammetric Engineering, Vol. XV, No. 4, 1949. — HERGESELL, H.: Luftfahrten zu wissenschaftlichen Zwecken. Petermanns Geographische Mitteilungen, I. 1912. — HESKE, F.: Gedanken und Vorschläge zum Einsatz des Luftbildes als Hilfsmittel forstlicher Großraumforschung und Planung. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 1943. — HITTLE, J. E.: Airphotointerpretation of Engineering Sites and Materials. Photogrammetric Engineering, Vol. XV, No. 4, 1949. — HIXON, H. J.: The Use of Aerial Photographs in Timber Cruising on the National Forests. Photogrammetric Engineering, Vol XVI, No. 3, 1950. — HUDSON, G. D.: Methods employed by Geographers in Regional Surveys. Economic Geography, 12/1, Clark University, Worchester, U.S.A. 1936. — HUDSON, G. D.: The Unit Aera Method of Land Classification. Annals of the Association of American Geographers, XXVI/2, 1936/1937, Albany, N. Y., 1936. — HUGHERSHOFF, R.: Grundlagen der Photogrammetrie aus Luftfahrzeugen. Stuttgart 1919. — HUGHERSHOFF, R.: Gegenwärtiger Stand und Aussichten der Photogrammetrie als Hilfsmittel der Forstvermessung und Forsttaxation. Bildmessung und Luftbildwesen, Hansa-Luftbild GmbH., 1933. — IMHOF, E.: Gelände und Karte. Erlenbach-Zürich 1950. — JENSEN, A. H., and COLWELL, R. N.: Panchromatic versus Infra-red minus-Blue Aerial Photography for Forestry purposes in California. Photogrammetric Engineering, Vol. XV, No. 2, 1949. — KELLOGG, CH. E.: World Food Production; the Rôle of the Photogrammetrist. Photogrammetric Engineering, Vol. XVI, No. 1, 1950. — KELLOGG, CH. E., MOESSNER, K. E., MOYER. SIMONSON, R. W.: Aerial Photograph for Agricultural Research and Planning. Photogrammetric Engineering, Vol. XVI, No. 3, 1950. — KIRCHEN, E.: Die Einheitsflächenmethode. Diss. Universität Zürich

1947. — KISTLER, PH. S.: Viewing Photographs in three Dimensions. Photogrammetric Engineering, Vol. XIII, No. 1, 1947. — KONSIN, M. D.: Aerophototopographie. Moskau 1949 (russisch). — KORNRUMPF, M.: Luftbild und Raumforschung. Luftbild und Luftbildmessung, Nr. 12. Berlin 1937. — LANG, A. H.: Air Photographs in Geological Mapping of Cordilleran Region, Western Canada. Photogrammetric Engineering, Vol. XIII, No. 4, 1947. — LEVINGS, W. S.: Aerogeology in mineral exploration. Colorado School of mines Quarterly, Vol. 39, No. 4, 1944. — MAGRUDER, E. W.: Aerial Photographs and the Soil Conservation Service. Photogrammetric Engineering, Vol. XV, No. 4, 1949. — MARTONNE, DE, E.: Géographie aérienne. Paris 1948. — MOORE, R. C.: Aerial Photographs as Aids in Stratigraphic Studies. Photogrammetric Engineering, Vol. XIII, No. 4, 1947. — MOYER, R. H.: Use of Aerial Photographs in Connection with Farm Programs administered by the Production and Marketing Administration, U.S.D.A. Photogrammetric Engineering, Vol. XV, No. 4, 1949. — NATIONAL RESOURCES PLANNING BOARD: Land Classification in the United Staates. Report of the Land Committee to the National Resources Planning Board. Washington, D.C. 1941. — OTREMBA, E.: Die Landschaft im Luftbild. Urania, 12, 1949. — PARVIS, M.: Drainage Pattern Significance in Airphoto Identification of Soils and Bedrocks. Photogrammetric Engineering, Vol. XVI, No. 3, 1950. — PASSARGE, S.: Die Grundlagen der Landschaftskunde, I. Hamburg 1916. — PFEIFFER, G.: Entwicklungstendenzen der regionalen Geographie in den Vereinigten Staaten. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 1938. — PITTNER, J.: Erschließung nordischer Wirtschaftsräume mit Hilfe der Luftfahrt. Verlag Ferd. Berger, Horn, Niederdonau, 1939. — POIDEBARD, A.: La Trace de Rome dans le désert de Syrie. Le Limes de Trajan à la conquête arabe. Recherches aériennes (1925—1932). Bibliothèque Archéologique et Historique, Tome XVIII. Paris 1924. — POWNALL, L. L.: Aerial Photographic Interpretation of Urban Land Use in Madison, Wisconsin. Photogrammetric Engineering, Vol. XVI, No. 13, 1950. — PRYOR, W. T.: Specifications for Aerial Photography and Mapping by Photogrammetric Methods for Highway Engineering Purposes. Photogrammetric Engineering, Vol. XVI, No. 3, 1950. — PUTNAM, W. C.: Aerial Photographs in Geology. Photogrammetric Engineering, Vol. XIII, No. 4, 1947. — RANGE, PAUL: Begleitworte zur geologischen Karte der Isthmuswüste. Zeitschrift des Deutschen Palästinavereins, 1922. — REGEL, C. v.: Landschaft und Pflanzenverein. Geographica Helvetica, Nr. 4. Bern 1949. — RICH, J. L.: Geological Applications of Oblique Photography. Photogrammetric Engineering, Vol. XIII, No. 4, 1947. — RICH, J. L.: Reconnaissance Mapping from Oblique Aerial Photographs without Ground Control. Photogrammetric Engineering, No. 4, 1947. — ROBBINS, C. R.: An Economic Aspect of Regional Survey. Journal of Ecology, XIX, No. 1, 1931. — ROONEY, G. W., and LEVINGS, W. S.: Advances in the Use of Air survey by Mining Geologists. Photogrammetric Engineering, No. 4, 1947. — RYKER, H. C.: Notes on Stereoskopy. Photogrammetric Engineering, Vol. XIII, No. 1, 1947. — SCHEPERS, J. H. G.: Het spiedend Oog der Luchtcamera. Leiden 1948 (u. a. mit Beiträgen von VAN FRIJTAG DRABBE über das Lesen der Luftbilder). — SCHMITHÜSEN, J.: Vegetationsforschung und ökologische Standortslehre in ihrer Bedeutung für die Geographie der Kulturlandschaft. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 1942. — SCHMITHÜSEN, J.: Das Fliesengefüge der Landschaft und Ökotop. Berichte zur deutschen Landeskunde, Nr. 5, 1948. — SCHULTZE, H. J.: Luftbildanwendung für Wirtschaftskarten. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 1943. — SCHUMANN, H. J. v.: Das Luftbild im Dienste der deutschen Landwirtschaftsgeographie. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 1943. — SEELY, H. E.: Some developments in the use of Air Photographs for Forest Surveys. Photogrammetric Engineering, Vol. XIII, No. 3, 1947. The Canadian Surveyor, April 1947. — SEELY, H. E.: Air Photography and its application to Forestry. Photogrammetric Engineering, Vol. XV, No. 4, 1949. — SERSEN, A. I.: Aerophotoaufnahme. Moskau 1949 (russisch, 256 S.). — SIMONSON, W. H.: Photogrammetry in Highway Engineering. Photogrammetric Engineering, Vol. XV, No. 1, 1949. — SISAM, J. W. B.: The use of aerial survey in forestry and agriculture. Imperial Forestry Bureau, Oxford, 1947. — SMITH, H. T. U.: Aerial Photos in Geologic Training. College and University Courses in Geologic Uses of Aerial Photos, and General Discussion. Photogrammetric Engineering, No. 4, 1947. — SMITH, H. T. U.: Symposium of information relative to uses aerial photographs by Geologists. Photogrammetric Engineering, Vol. XIII, No. 4, 1947. — SMITH, H. T. U.: Aerial Photographs and their application. D. Appleton Century Co., New York-London, 1943. — SMITH, H. T. U.: Trends and Needs in Photogeology and Photointerpretation, Discussion Forum. Photogrammetric Engineering, Vol. XV, No. 4, 1949. — SMITH, H. T. U.: Progress and Problems in Photogeology. Photogrammetric Engineering, Vol. XVI, No. 1, 1950. — STROBELL, J. D.: The Multiplex Compilation of Geologic Maps. Photogrammetric Engineering, No. 4, 1947. — TATOR, B. A.: University Instruction in Photogeology. Photogrammetric Engineering, Vol. XV, No. 4, 1949. — THWAITES, F. T.: Use of Aerial Photographs in Glacial Geology. Photogrammetric Engineering, No. 4, 1947. — TROBITZ, H. K.: Use of Aerial Photographs in the Inventory Phase of the Forest Management Job. Photogrammetric Engineering, Vol. XVI, No. 3, 1950. — TROLL, C.: Luftbildplan und ökologische Bodenforschung. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 1939. — TROLL, C.: Die wissenschaftliche Luftbildforschung als Wegbereiterin kolonialer Erschließung. Beiträge zur Kolonialforschung, Bd. I. Berlin 1943. — TROLL, C.: Fortschritte der wissenschaftlichen Luftbildforschung. Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin, 1943. — TROLL, C.: Methoden der Luftbildforschung. Sitzungsberichte europäischer Geographen zu Würzburg 1942. Leipzig 1943. — U. S. Department of Commerce: The Origin, Distribution, and Airphoto Identification of United States Soils.

Civil Aeronautics Administration, Washington, D.C., 1946. — VAGELER, P.: Die Technik der modernen bodenkundlichen Aufnahme von Großraumländern. Berlin 1942. — WASEM, A. R.: Petroleum Photogeology. Photogrammetric Engineering, Vol. XV, No. 4, 1949. — WENGERD, S. A.: Geologic Interpretation of Trimetrogon Photographs, Northern Alaska. Photogrammetric Engineering, No. 4, 1947. — WINKLER, E.: Was ist Geographie? Bildung I, 1933/34. — WINKLER, E.: Das System der Geographie und die Dezimalklassifikation. Geographica Helvetica, I, 1946. — WODERA, H.: Die Holzmassenermittlung nach Luftbildern. Allgemeine Forst- und Landwirtschaftliche Zeitung, 1948, 59. Jahrgang, Wien. — WOOLNOUGH, W. G.: Notes on the technique of aerial photographic survey for geological purposes in Australia. World Petroleum Congress. Inst. of Petrol. Technologists, South Kensington, London, 1934.

LA PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE AU SERVICE DE LA CARTOGRAPHIE

par ERNEST VUILLE

Ne pouvant pas voler par ses propres moyens, l'homme cherche à élargir son champ visuel en gravissant les points culminants du sol. L'enfant déjà veut voir son village du haut de la tour de l'église ou du sommet d'un tertre. L'adulte escalade la montagne pour y contempler sa vallée, son pays. Certes, du fond des vallées, nos Alpes offrent un spectacle majestueux; combien plus grandiose cependant est la nature du haut de leurs sommets. Et sur les plus hautes cimes, l'homme voit planer le roi des airs. Une envie intense de s'élever, lui aussi, dans l'éther azuré le saisit.

Après des siècles de recherches et d'essais, en passant par ICARE et LEONARD DE VINCI, le rêve de l'homme se réalise. En 1783, les frères MONTGOLFIER inventent l'aérostat. De son côté, en 1838, DAGUERRE réussit le premier à établir des images photographiques durables. En 1858, NADAR fait, depuis la nacelle d'un ballon captif, les premiers essais de photographie aérienne. LAUSSEDAT qui connaissait les lois de la perspective de LAMBERT, l'incite à utiliser ces photographies pour des buts de mensuration.

Il semble qu'il n'y avait qu'un pas à faire de la photographie aérienne à la cartographie. Ce pas impliquait cependant un vaste problème et il fallut créer une science pour le résoudre. L'élaboration de la carte et du plan à l'aide de la photographie aérienne devait s'appuyer sur des bases mathématiques. Il fallait trouver les méthodes des constructions géométriques nécessaires, les appareils et émulsions photographiques donnant la précision exigée, les instruments de restitution des levés photographiques. N'a-t-il pas fallu des siècles pour développer les méthodes de mensuration et le rapporteur rudimentaire de SEBASTIAN MÜNSTER et créer les théories modernes de la géodésie et les instruments actuels de précision.

Nous ne pouvons, dans le cadre de notre exposé, faire l'historique du développement de la science aérophotogrammétrique. Citons-en les principaux promoteurs: les Autrichiens SCHEIMPFLUG et KAMMERER, le Français SACONNEY, le Russe THIELE, les théoriciens allemands FINSTERWALDER et VON GRUBER et enfin les constructeurs POIVILLIERS, BAUERNSFELD, PRÉDHUMEAU, HUGERSHOFF, NISTRI et SANTONI. En Suisse, les pionniers de la photographie aérienne: l'aéronaute SPELTERINI et l'aviateur MITTELHOLZER, le promoteur de l'application de la méthode stéréophotogrammétrique: le géologue R. HELBLING et le constructeur génial d'appareils géodésiques et photogrammétriques: H. WILD.

Dans notre pays, les premiers essais de photogrammétrie aérienne furent exécutés en 1913. KAMMERER fit, avec la chambre panoramique de SCHEIMPFLUG, des levés photographiques à bord d'un ballon captif. Ces levés furent redressés au perspectographe de SCHEIMPFLUG. Les détails des vues redressées étant insuffisants pour l'élaboration de cartes précises, ces essais furent abandonnés.

Le ballon sphérique ne pouvant être dirigé à volonté, les ballons captifs et dirigeables exigeant de longs et coûteux préparatifs ainsi qu'un personnel nombreux, ces moyens ne se seraient jamais prêtés à des méthodes économiques de levés étendus. L'aérostat devait donc, pour la prise des vues aériennes, céder le pas à l'avion, mis au point en 1903 par les frères WRIGHT.

La première guerre mondiale obligea les belligérants à développer l'aviation, la photographie aérienne et la cartographie militaire à un rythme accéléré. Dans les années qui suivirent cette guerre, on vit surgir dans tous les pays de nouveaux appareils de prise de vues et des instruments de restitution. La photogrammétrie aérienne prit alors un essor considérable.

De 1924 à 1928, le Service topographique fédéral et la Direction des mensurations firent de nouveaux essais avec les chambres aériennes Zeiss, Heyde et Wild et restituèrent les vues prises d'avion à l'aide de l'appareil de redressement Zeiss et à l'autographe Wild A2. Ces essais furent concluants. Le redressement de photogrammes simples et la restitution de stéréogrammes pouvaient dès lors être appliqués avec succès pour l'établissement de plans et cartes précis.

Nous nous bornerons, dans cet exposé, à traiter brièvement les méthodes actuelles et les instruments de fabrication suisse.