

# ERLÄUTERUNGEN

zur

## KARTE DER LANDSAT-BILDLINEAMENTE VON ÖSTERREICH 1 : 500.000

von MANFRED F. BUCHROITHNER

Mit 1 Abbildung und 1 Tafel



Wien 1984

Eigentümer, Herausgeber und Verleger:  
Geologische Bundesanstalt, A-1031 Wien, Rasumofskygasse 23

**Anschrift des Verfassers:**

**Dr. MANFRED F. BUCHROITHNER, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Institut für Kartographie, Abteilung Satellitenbildkartographie, Bäckerstraße 20, A-1010 Wien.**

**Alle Rechte vorbehalten**

**ISBN 3-900312-26-3**

**Redaktion: ALOIS MATURA**

**Satz: Geologische Bundesanstalt  
Druck: Ferdinand Berger & Söhne OHG, 3580 Horn**

*"The opinions of every person are likely to be biased in a way that depends upon the region with which he is most familiar."*

J. M. WELLER (1964, S. 614)

## Inhalt

	Seite
1. Einleitung .....	3
2. Verwendete Unterlagen .....	4
3. Zur Methodik .....	6
4. Einige Anmerkungen zum Karteninhalt .....	11
5. Literatur .....	14

### 1. Einleitung

Als Folge verschiedener Fernerkundungsarbeiten des Verfassers im Ostalpenraum und in der Böhmisches Masse mit sowohl rein wissenschaftlicher als auch angewandter Zielsetzung entstand der Plan, eine Karte der Republik Österreich mit geologisch relevanten Satellitenbildlineamenten im Rahmen der Themenkarten der Geologischen Bundesanstalt in Wien herauszugeben. Als probater Maßstab wurde nach Abwägung verschiedener Aspekte der Kartenherstellung sowie der späteren Verwendung 1 : 500.000 festgelegt, da bei diesem Maßstab einerseits schon ein gewisser Detailreichtum gegeben und andererseits das gesamte Bundesgebiet noch auf einem Blatt darstellbar ist. Mit der Definition des Maßstabes wurde auch eine ungefähre Maximaldichte des Lineamentmusters vorgegeben, deren Überschreitung bereits eine Verringerung des Informationsgehalts und, zumindest, eine schlechtere Lesbarkeit der Karte bedingt hätte (cf. Ch. CAZABAT, Taf. 3).

Daß Satellitenbildlineamentkarten in der Art der vorliegenden – nämlich mit vergleichbarem Maßstab und das gesamte Staatsgebiet bedeckend – bisher weltweit von anderen Staaten kaum erschienen sind (J.-Y. SCANVIC & G. WEECKSTEEN, 1978 a), mag nicht so sehr am Arbeitsaufwand als viel mehr an der Scheu der Fernerkundungsgeologen vor der Inkaufnahme einer gewissen Lageungenauigkeit (Beziehung Aufnahmejahreszeit/Lineamentstreichen), vor der Unvollständigkeit und Subjektivität der Interpretation (M. H. PODWYSOCKI, J. G. MOIK & W. C. SHOUP, 1975) sowie letztlich vor der Kritik durch die mit ihren Kartierungsgebieten vertrauten Geländegeologen liegen. Die grundlegende Intention bei der Erstellung der vorliegenden Karte war aber nur die möglichst objektive Erfassung geologisch relevanter linearer Bildelemente auf der Basis aller derzeit greifbaren geeigneten Unterlagen und ohne Überprüfung der in der Mehrzahl der Fälle vorhandenen bruchtektonischen Bedeutung jener Linien. Diese Zielsetzung soll auch in der Titelformulierung zum Ausdruck kommen.

Für die kollegiale und entgegenkommende Zusammenarbeit sei den Herren O. Binder, A. Daurer, A. Jilka, S. Laschenko und A. Matura von der Geologischen Bundesanstalt an dieser Stelle herzlich gedankt.

## 2. Verwendete Unterlagen

Als topographische Grundlage wurde eine Zusammenkopie von Situation, Schichtenlinien und Gewässernetz der Übersichtskarte der Republik Österreich 1 : 500.000 auf Diazofolie verwendet. Die Landsat-Informationen setzten sich aus Bildern und digitalen Magnetbanddaten der Satelliten Landsat 1, 2 und 3 (Abb. 1) zusammen. Die vorne stehenden Ziffern in der folgenden Liste geben Spalte und Zeile des international gültigen Index für die Szenen von Landsat 1–3 an.

### A) Diapositive und Papierbilder:

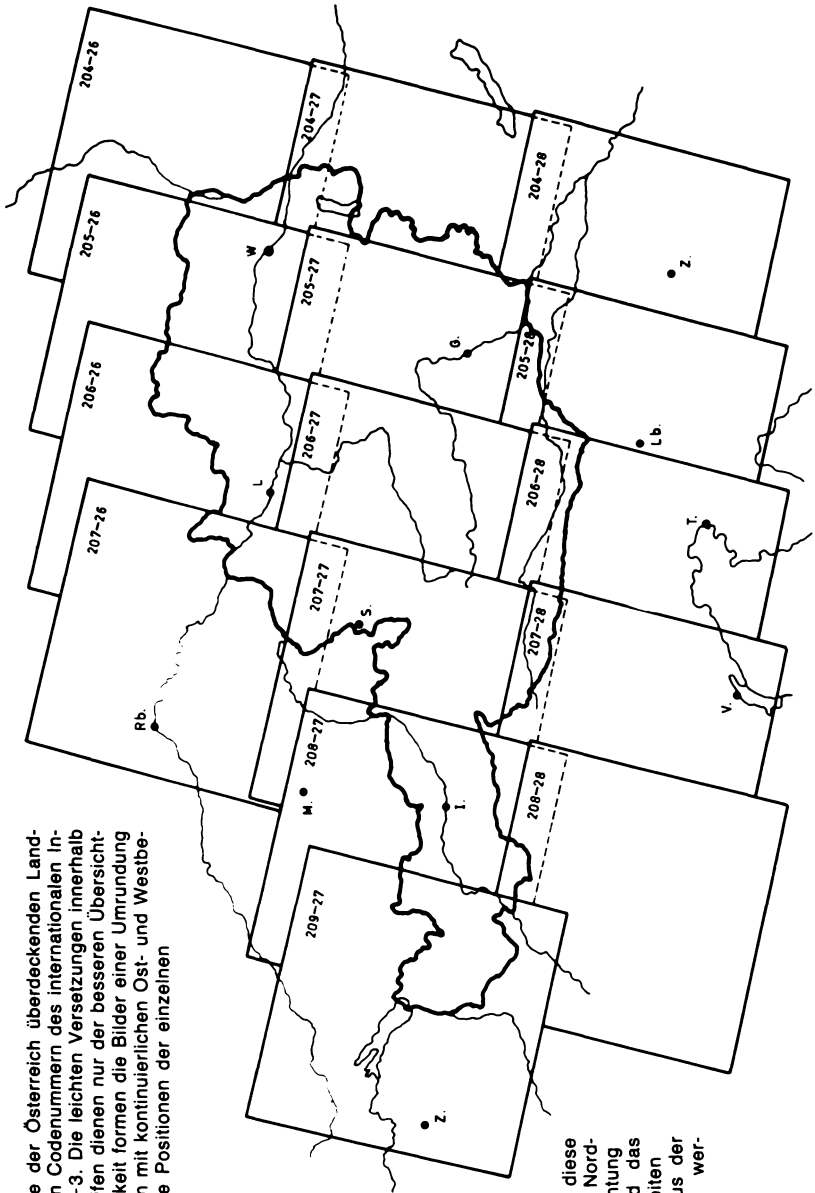
#### A) a) Schwarz-Weiß-Bilder von einem Band (Filmpositive, Filmnegative, Papierpositive, Papiernegative; Format vorwiegend 18×20 cm):

204–26 26. September 1975 Band 6  
204–27 26. September 1975 Band 6  
204–27 26. Februar 1981 Band 7  
205–26 25. August 1976 Band 7  
205–26 30. Dezember 1981 Band 7  
205–27 27. Februar 1981 Band 7  
206–26 26. August 1976 Band 7  
206–26 28. Februar 1981 Band 7  
206–27 26. August 1976 Band 7  
206–27 28. Februar 1981 Band 7  
207–26 19. Jänner 1982 Band 7  
207–27 7. Juni 1976 Band 6  
207–27 22. Dezember 1976 Band 6  
207–27 19. Jänner 1982 Band 7  
208–27 8. Juni 1976 Band 7  
208–27 20. Jänner 1982 Band 7  
209–27 12. September 1976 Band 7  
209–27 13. Februar 1981 Band 7

#### A) b) Blau-Grün-Rot-Farbkompositen der Bänder 4, 5 und 7 (Format zu meist 24×24 cm sowie Vergrößerungen):

204–27 25. November 1972  
204–28 8. November 1972  
205–26 30. Mai 1979  
205–26 30. Oktober 1979  
205–27 3. November 1973  
205–27 9. November 1973  
206–26 26. August 1976  
206–27 13. Juni 1973  
206–27 9. November 1973  
206–27 26. August 1976  
206–27 22. November 1973  
206–27 11. Dezember 1973  
206–28 6. August 1973  
207–27 13. August 1972  
208–27 7. Oktober 1972  
208–27 8. Juni 1976  
208–27 27. Oktober 1980

Abb. 1: Lageskizze der Österreich überdeckenden Landsat-Szenen mit den Codenummern des internationalen Index für Landsat 1-3. Die leichten Versetzungen innerhalb der einzelnen Streifen dienen nur der besseren Übersichtlichkeit. In Wirklichkeit formen die Bilder einer Umrundung einen Abtaststreifen mit kontinuierlichen Ost- und Westbegrenzungen. Da die Positionen der einzelnen Szenen innerhalb einiger Zehnerkilometer variieren, stellen sie nur die gemittelten Lagen aus den letzten Jahren dar. Zur Veranschaulichung des Überfliegungsablaufes wurden die Rahmen so eingezeichnet, daß die zuletzt gescannten Aufnahmen die jeweils älteren überdecken. Auf diese Weise kann die Nord-Süd-Bewegungsrichtung des Satelliten und das Ost-West-Fortschreiten der Flugbahnen aus der Skizze abgelesen werden.



**B) Digital verarbeitete Magnetbanddaten von Ausschnitten folgender Szenen (Falschfarbenkompositen der Bänder 4, 5 und 7 sowie Einzelbänder):**

204-26	8. Mai 1976
204-26	25. Juli 1980
204-27	26. September 1975
205-26	25. August 1976
205-27	11. September 1978
205-27	22. April 1981
205-28	12. September 1976
206-26	26. August 1976
206-27	26. August 1976
206-27	21. Dezember 1976
207-26	30. Juli 1978
207-26	15. August 1980
207-27	15. August 1976
208-27	8. Juni 1976
208-27	3. September 1980
208-28	20. Jänner 1982
209-27	27. Juni 1976
209-27	4. September 1980

Bezüglich der Datenerfassung durch das Landsat-System sei an dieser Stelle auf die entsprechenden einführenden Abschnitte in den Arbeiten von L. BECKEL (1981) sowie von M. F. BUCHROITHNER (1983) verwiesen.

### **3. Zur Methodik**

Da es Ziel der Satellitenbilddauswertung war, das Ergebnis weitestgehend lagerichtig in einer gängigen Kartenprojektion darzustellen, wurde nach der bereits bewährten, von W. AMBROSE & R. SHONE (1971) erstmals vorgestellten Methode mit Hilfe eines Bausch & Lomb Zoom Transfer Scopes (J. B. THEIS, 1976) das Grundgerüst der Bildlineamente erstellt. Zu diesem Zweck wurden zunächst die im vorigen Abschnitt unter Ziffer A) a) erwähnten photographischen Produkte, und zwar die Spätsommer/Frühherbstaufnahmen, auf der Diazofolie mit der Topographie ausgewertet. Der virtuelle Auswertemaßstab belief sich auf 1 : 250.000, war also zweimal so groß wie der Kartenmaßstab. Es wurde bei dieser Vergrößerung jeweils nur ein Gesichtsfeld von knpp 50 km im Durchmesser eingesehen. Dieser für Satellitenbilder relativ kleine Ausschnitt bewirkte, daß von überregionalen linearen Elementen nur jene Teile eingezeichnet wurden, die wirklich deutlich im kleinen Raum erkennbar sind (cf. P. CARDAMONE et al., 1977). Dadurch auftretende Lücken konnten später allerdings z. T. mit Hilfe anderer Datenquellen geschlossen werden (siehe unten).

Das Bundesgebiet wurde im Westen beginnend abgedeckt, jedes Satellitenbild – ein Gebiet von rund 180×180 km (Abb. 1) – wurde in Nord-Süd-Streifen von Westen nach Osten fortschreitend ausgewertet. Innerhalb jedes Gesichtsfeldes wurde wiederum zuerst von E nach W und dann ergänzend von W nach E interpretiert. Dabei wurde versucht der Reihe nach Richtungsklassen mit einem Streubereich von rund 20–30° (N, NNE, NE, ENE etc.) „visuell herauszufiltern“ und möglichst alle markanten in einem solchen Winkelintervall liegenden Lineamente zu erfassen.

sen, um so eine subjektive Richtungsbevorzugung nach Tunlichkeit zu vermeiden.

Aus Platzgründen am Auswertegerät mußte die Kartendiazofolie in eine Nord- und eine Südhälfte zerschnitten werden, die nacheinander bearbeitet wurden. Die weitestgehende Übereinstimmung der Bildlineamente an der Schnittlinie konnte als Anzeichen für eine relativ homogene Interpretation gewertet werden. (In der Endphase der Manuskriptkartenherstellung wurden die beiden Hälften freilich noch aufeinander abgestimmt.)

Bemerkenswert erscheint bei der Auswertung einkanaliger Schwarz-Weiß-Satellitenbilder die Tatsache, daß eine signifikante Abhängigkeit der Erkennbarkeit nicht nur der Lineamente an sich, sondern auch des überregionalen Durchstreichens dieser von der Materialart (Film, Fotopapier) und deren Qualität bzw. Steilheit der Grauskala bei Satellitenbildern gegeben ist. Entwicklungsweise und Filmmaterial resp. Fotopapier sollten so gewählt sein, daß die Zwischenwerte in der Grauskala etwas, aber nicht zu stark (Lineamentdetails!) unterdrückt sind.

In der nächsten Phase wurden die einkanaligen Schwarz-Weiß-Bilder (Band 6 und 7) des Früh- und Hochwinters für das gesamte Bundesgebiet in gleicher Weise ausgewertet. Durch den unterschiedlichen Sonnenazimut und -zenitwinkel werden wiederum andere lineare morphologische Merkmale als bei den Sommerbildern hervorgehoben. Auf den Aspekt dieser sogenannten multitemporalen Auswertung (Sommer- und Winteraufnahmen desselben Gebietes) wird später noch einzugehen sein. Jedenfalls treten überregionale Zusammenhänge durch Interpretation von Mehrfachaufnahmen zu verschiedenen Jahreszeiten wesentlich deutlicher hervor (cf. J. BODECHTEL & J. NITHAK, 1974).

Nach der Auswertung der Ein-Band-Szenen von Sommer- und Winteraufnahmen des gesamten Staatsgebietes wurden ergänzend verschiedenen Falschfarbenkompositen der Bänder 4, 5 und 7, die als Diapositive oder als Papierbilder vorlagen, speziell auf die voralpinen Gebiete hin durchgesehen. Durch die Kombination der Daten dreier Wellenbereiche sowie die unterschiedlichen Aufnahmejahreszeiten konnte bei diesem Auswertungsabschnitt ebenso wie bei dem folgenden eine merkbare Ergänzung des Lineamentmusters, vor allem in den gerade erwähnten Räumen, erzielt werden.

Die nächste und letzte Phase der eigentlichen Auswertung erfolgte am Rot-Grün-Blau-Bildschirm einer digitalen Bildverarbeitungsanlage (P. NOWAK, 1981) unter Verwendung von Magnetbanddaten sogenannter Computer Compatible Tapes (CCTs). Die Landsat-Informationen wurden in das System eingelesen, in Teilszenen von  $512 \times 512$  Bildelementen – das entspricht einem ungefähren Maßstab von  $1 : 110.000$  – direkt vom Bildschirm weg ausgewertet, und die Lineamente auf der Diazofolie eingetragen. Zum Teil lagen bereits geometrisch nach der Gauß-Krüger-Projektion entzerrte Landsat-Dateien aus dem Bundesgebiet vor, welche die Orientierung erleichterten. Um die Zuverlässigkeit der Kartierung der Bildlineationen im Bereich der Scan-Richtung ( $\pm 107^\circ$ ) zu erhöhen, wurden die häufig auftretenden feinen Linien in dieser Richtung, das sogenannte „(Sixth Line) Striping“, durch einen Destriping-Algorithmus in Form einer  $51 \times 51$  Bildpunkte großen Ausgleichsmatrix entfernt.

Die digitale Bildverarbeitung wurde für die voralpinen Gebiete sowie zur Bearbeitung von Bereichen, welche vom Verfasser bei den vorhergegangenen Schritten als klärungs- und ergänzungsbedürftig ausgezeichnet worden waren, angewendet. Zur Verdeutlichung der linearen Elemente in

den Bildschirmbildern (Display Images) wurden verschiedene relativ einfache Grauwertmanipulationen in den drei verwendeten Bandbereichen durchgeführt. Neben Kontrastverstärkungen wie Histogrammspreizungen und Kantenverstärkungen mit Filtern wie dem Laplace-Operator wurden auch sogenannte Farbkantenverstärkungen (Color Edge Enhancements; J. G. MOIK, 1980) mit – z. T. stückweisen – linearen Datentransformationen durchgeführt. "Edge enhanced" Falschfarbenkompositen (Bänder 4, 5, 7) bieten nach neueren Untersuchungen von G. L. BERLIN & P. S. CHAVEZ (1982) die meiste Information was Lineamente betrifft. In flachen Gebieten konnte teilweise mit sogenannten pseudoplastischen Bildern von Band 7, die mittels einer zweidimensionalen räumlichen Konvolutionsmatrix erstellt wurden, gut gearbeitet werden.

Weniger bei der Interpretation der Falschfarbenkompositen als vor allem bei der Auswertung der digital verarbeiteten Landsat-Bilder mußte darauf geachtet werden, daß keine zu große Lineamentdichte in den außeralpinen Bereichen erzielt wurde, die dem Gesamtverteilungsmuster der linearen Elemente nicht entsprochen und den falschen Eindruck einer gleichmäßigen Verteilungsdichte bzw. Erkennbarkeit vermittelt hätte. Tatsache ist allerdings, daß sich bei entsprechender adaptiver digitaler Transformation aus Landsat-Daten in diesen Bereichen noch beträchtlich mehr Lineamente herauslesen lassen (cf. M. F. BUCHROITHNER, 1982, S. 237).

Erwähnenswert scheint die Feststellung, daß vegetationsmäßig bedingt – sei es nun als Texturmuster in den Fluren oder in Form von linearen, z. T. perlschnurartigen, Farbabweichungszonen in landwirtschaftlich nicht genutzten Gebieten – Lineationen unterschiedlicher Richtung in Satellitenbildern aus verschiedenen Jahreszeiten deutlich hervortreten. Phänologische Unterschiede kommen hier dem Bildlinienauswerter sehr zugute. Zweifellos sind, vor allem im Frühjahr, Bodenfeuchtigkeitsunterschiede kausal mit den Vegetationsindikatoren verbunden und in manchen Fällen auch die alleinigen Hinweise auf Lineamente.

In jenen Gebieten Oberösterreichs, Niederösterreichs, des Burgenlandes, der Steiermark und Kärntens, von denen dem Verfasser Farbaufnahmen der Skylab-Mission zur Verfügung standen, wurden auch diese am Bausch & Lomb Zoom Transfer Scope zur Überprüfung durchgesehen, und die Ergebnisse der Landsat-Auswertungen bestätigt.

Nach den vier oben beschriebenen Interpretationsschritten wurde versucht, eine Wertung der Lineamente in zwei Kategorien vorzunehmen. Als Unterscheidungskriterien (cf. L. BISCHOFF, 1975; M. F. BUCHROITHNER, 1980) dienten Stärke und Schärfe der morphologischen Erscheinung, die Länge der mehr oder weniger kontinuierlich verfolgbaren Bildlineationen sowie die Dichte der Gruppierung und die Richtungskontinuität gleich orientierter Kleinlineationen zu Lineamentbändern. Dieser Vorgang wurde u. a. mittels stereoskopischer bzw. pseudostereoskopischer Betrachtung der Ein-Band-Schwarz-Weiß-Landsat-Bilder (M. F. BUCHROITHNER, 1982) sowie unter Zuhilfenahme des ersten Landsat-Mosaiks der Alpen, publiziert vom Französischen Geologischen Dienst im Maßstab 1 : ca. 1.000. 000 (BRGM-BEICIP), durchgeführt. Bei der synoptischen Betrachtung trat zum Unterschied von der vorhergegangenen gebietsweisen Detailinterpretation das Grundmuster der Bildlineationen relativ klar hervor. Interessant ist das oft nur in Form von Kleinlineamentzonen erkennbare Durchstreichen gewisser Richtungen (cf. M. F. BUCHROITHNER, 1982). Verständlicherweise muß eine derartige Lineamentklassifizierung



– gerade, wenn sie nur von einem Autor durchgeführt wird – immer etwas subjektiv bleiben und ist wohl als die heikelste Phase der Manuskriptkartenherstellung zu bezeichnen.

Die Hauptlineamente wurden auf der fertiggestellten Manuskriptkarte mit einem Lumocolor-Filzstift über die Bleistiftstriche der „normalen“ Lineamente eingetragen, eine Methode, die es dem Graveur ermöglichte, auch bei etwas unexakteren Markierungen unter dem Filzstrich noch den Verlauf der Bleistiftlinie zu erkennen. Bei der Gravur wurden nach verschiedenen Versuchen die Hauptlineamente mit einer Strichstärke von 0,7 mm, alle übrigen mit 0,3 mm ausgeschieden.

Die Farbwahl für den Druck wurde so durchgeführt, daß neben der dunkelgrau gehaltenen Situation die Schichtenlinien in hellbraun und das Gewässernetz in blau gedruckt wurden, um so die hohe Korrelation zwischen Lineamenten und Morphologie einerseits und Flußsystem andererseits klarer sichtbar zu machen. Durch die Verwendung einer roten Lasurfarbe für die linearen Satellitenbildelemente wurde erstens der Gesamteindruck der Karte aufgelockert, und blieb zweitens die darunterliegende topographische Information noch lesbar.

Einige weitere methodische Fragen sollen in diesem Rahmen noch kurz behandelt werden.

Bei zwei lokal oder auch über längere Strecken relativ eng beisammen liegenden, mehr oder weniger parallel zueinander verlaufenden Lineamenten, wie sie häufig auftreten, steht der Interpret vor der Entscheidung, ob er einen „dicken“ Strich – sozusagen die beiden erkennbaren Lineamente überdeckend – ziehen oder beide getrennt ausscheiden soll. Dies ist zweifellos primär eine Maßstabsfrage. In solchen Situationen wurden nicht selten zwei Linien gezogen. Eine Rechtfertigung dieser Lösung, die eigentlich in der Mehrzahl der Fälle bereits eine Generalisierung darstellt, ist aus der Taf. 1 ersichtlich. Während z. B. ein Lineament an der einen Abbruchkante eines Tales entlang einer Bruchfläche verläuft und dort eingezeichnet wurde, ist ein zweites Lineament an einen Fluß oder den anderen Hangfuß gebunden.

Im Zusammenhang mit der soeben erwähnten Maßstabsfrage sei hier auch noch auf die Genauigkeit der Lage der Lineamente eingegangen. Zunächst ergibt sich, vor allem bei den Hauptlineamenten, schon einmal durch etwas unexakte Linienführung und Strichdicken, eine gewisse Lagegenauigkeit. Zum anderen kann aber in den meisten Fällen (gerade Flußläufe im Lineamentstreichen beispielsweise ausgenommen) ein Bildlineament gar nicht exakt positioniert werden, da bereits die topographische Unterlage ungenau ist. Bei 1 : 500.000 ist es nicht so sehr die Zeichengenauigkeit von 0,2 mm = 100 m, sondern die Generalisierung, welche gerade im von Tälern zerlegten alpinen Raum auch häufig eine Verschiebung der Schichtlinien erfordert, von der Versetzung von Eisenbahnlinien, Straßen und Gebäuden/Siedlungsgebieten ganz abgesehen (F. KELNHOFER, 1980). Aus diesem Grund wurde auch die Einpassung der Satellitenbilder in die Karte mit dem Luftbildumzeichengerät nach dem Gewässernetz durchgeführt, da dieses auch bei stärker generalisierten Karten noch die größte Lagegenauigkeit aufweist. Ergänzend sei hier noch bemerkt, daß anlässlich von Untersuchungen an Landsat-Bildern, die 1979 generiert worden waren, Punktlageabweichungen von rund 165 m (Standard Error bei Linear Least-Squares 3-Parameter Fit) bei Vergleichen von 1 : 1.000.000-Filmprodukten und der 1 : 1.000.000-UTM-Weltkarte ergaben. Dies entspräche nach den Nationalen U. S. Kartengenau-

igkeitsstandards nur einem Maßstab von im besten Fall 1 : 677.000 (W. T. BORGESON, 1979), während hier auf 1 : 500.000 ausgewertet wurde. Unter der (falschen!) Annahme, daß die von der Österreichischen Karte 1 : 50.000 generalisierte Übersichtskarte der Republik Österreich 1 : 500.000 Gelände und Situation lagerichtig darstellt läge die Ungenauigkeit der Lineamente in bezug auf die Karte bei 1 mm = 500 m.

Wie bei Luftaufnahmen ist auch bei Satellitenbildern die Bildlineamentauswertung in bezug auf ihre Detailliertheit maßstabsbedingt. Da bei den verwendeten photographischen Produkten (und selbstverständlich auch bei den digitalen Daten) jedes gescannte Bildelement (also ohne absichtlich durchgeführte räumliche Detailreduktion) vertreten und im Maßstab von 1 : 250.000 bzw. am Bildschirm sogar 1 : 110.000 ausgewertet worden war, konnten die linearen Elemente, um die Karte nicht zu überladen, selektiv eingezeichnet werden. Das bedeutet, daß der Informationsgehalt bei der Interpretation nicht bis an seine oft fraglichen Grenzen ausgeschöpft werden mußte, und nur vage erkennbare Bildlinien (mit fraglicher geologischer Relevanz) nicht eingezeichnet wurden. Erwähnt sei noch, daß – wie bereits aus der Satellitenbildauswertungsliteratur bekannt – lineare Elemente, wenn sie einen gewissen Kontrast aufweisen, sich auch unter der theoretischen Auflösungsgrenze der Landsat-Aufnahmen erkennen lassen (P. ROSENBERG, 1971; A. P. COLVOCORESSES, 1972).

Im Zusammenhang mit solchen Verlässlichkeitsgrenzen bei der Interpretation soll noch auf das Problem der anthropogenen linearen Elemente kurz eingegangen werden. Beispiele von „Straßen-Störungen“ sind bekannt (cf. M. F. BUCHROITHNER, 1982) oder werden von Geologen ihren Fernerkundungskollegen in die Schuhe geschoben. Häufig folgen aber Straßen oder Autobahnen, auch Eisenbahnlinien, natürlichen linearen Elementen wie Flußläufen, Böschungskanten oder flachen, langgestreckten Mulden. In diesen Fällen wurde mit entsprechender Vorsicht vorgegangen und meistens mit digital verarbeiteten und/oder multitemporalen Bildern noch überprüft. Dem Betrachter der Karte wird auffallen, daß die großen österreichischen Siedlungsballungsräume wie Wien, Graz, Linz, Salzburg großteils ausgespart blieben, um Fehlinterpretationen von rein „anthropogenen Lineamenten“ in diesen Bereichen zu vermeiden. Mit ähnlichem Bedacht wurde bei der Auswertung in der Streichrichtung des Gebirges vorgegangen.

Um die Interpretationsrelevanz zu gewährleisten, erfolgte des weiteren eine Überprüfung der Auswertung von Spätsommernaufnahmen mit solchen aus anderen Jahreszeiten, vorwiegend Winternaufnahmen. Hierbei wurde beispielsweise in verschiedenen Gebieten die Interpretation der Winternaufnahmen selektiv auf eine mit Kontrollpunkten eingebaute durchscheinende Folie eingezeichnet. Die „Sommerlineamente“ auf der topographischen Diazofolie waren dabei nicht sichtbar und beeinflussten somit die Auswertung nicht. Bei der Überlagerung von Sommer und Winterbildinterpretation am Leuchttisch zeigte sich dann, daß fast immer genau dort „Winterlineamente“ verlaufen, wo die „Sommerlineamente“ alle in einer Richtungsflucht enden, ohne das diese „amputierenden“ Winterelemente in der Sommerszene (deutlich) erkennbar gewesen wären (und vice versa; cf. J. BODECHTEL & J. NITHACK, 1974). Dieser Effekt läßt sich in vielen Fällen durch den unterschiedlichen Sonnenstand leicht erklären. Ansonst sind phänologische Merkmale dafür verantwortlich zu machen. Die eben beschriebenen Tatsachen mögen auch als Indikator für die tektonische Natur der Bildlineamente gelten. Die Winterbildauswertung wurde dann

von der Folie zur Sommerbildinterpretation auf der Manuskriptkarte dazugezeichnet.

Die Vorteile, welche eine multi- oder zumindest bitemporale Auswertung für den Informationsgewinn bei der Bildlinieninterpretation bietet, liegen auf der Hand (J. BODECHTEL & J. NITHACK, 1974; R. P. GUPTA, 1977; F. JASKOLLA, 1978). Der gravierende Nachteil hierbei ist jedoch durch die azimutalbedingte Richtungsverschiebung gegeben. Bildlineamente, welche sich in einer Szene als ein mehr oder weniger durchgehendes,  $\pm$  richtungskonstantes Element darstellen, bestehen oft in einer Aufnahme von einer anderen Jahreszeit aus mehreren versetzten und um einige Grade verdrehten Einzellineamenten. Letztere werden häufig an schneidenden Linien disloziert. Ob nun in einem solchen Fall nur ein durchziehendes Lineament, die verdrehten Teillineamente oder – in jenen Fällen, wo letztere in der Flucht anderer schneidender Lineamente liegen – beide einzuzichnen sind, ist eine Entscheidung, die aufgrund des regionalen Strukturmusters und nicht selten nach der Erfahrung des Auswerters zu treffen ist. In diesem Sinne soll auch die Feststellung von J. BODECHTEL & J. NITHACK (1974), daß, „da die Geologie sich jedoch nicht geändert hat, sondern nur der Beleuchtungswinkel, alle ... Auswertungen addiert werden müssen“, zumindest für Detailinterpretationen nur mit Einschränkungen übernommen werden. Für die graphische Darstellung der multi-temporalen Gesamttrichtungsverteilung in Histogrammform ist jedenfalls sicherlich nicht, wie die soeben zitierten Autoren meinen, die einfache Addition der Kurven möglich, sondern nur die Addition der jeweiligen Differenzen zum Minimalwert pro Richtungseinheit zu letzterem, weil andernfalls lageidante Lineamente mehrfach gezählt würden.

## 4. Einige Anmerkungen zum Karteninhalt

Bezüglich ausführlicher Diskussionen des Themenkreises Lineament-, Luft- und Satellitenbild sei auf die betreffenden Abhandlungen bei F. K. LIST, D. HELMKE & N. W. ROLAND (1974), R. HEINRICH (1976), D. W. O'LEARY, J. D. FRIEDMAN & H. A. POHN (1976), P. KRONBERG (1977), A. TOLLMANN (1977), J. AARNISALO (1978) und F. JASKOLLA (1978) hingewiesen.

Von einer Aufzählung und Lagebeschreibung der wesentlichen, die Karte durchziehenden Lineamente und Lineamentgürtel (cf. J.-Y. SCANVIC & G. WEECKSTEEN, 1978 b) soll in diesem Rahmen Abstand genommen werden. Die Benennung der meisten von ihnen wurde bereits von A. TOLLMANN (1977) vorgenommen, und diese können leicht identifiziert werden. Es wird auch auf eine Analyse des Lineamentmusters verzichtet. Vielmehr sei auf die statistische Auswertung der Hauptlineamente bei M. F. BUCHROITHNER (1982) sowie die deskriptiven und genetischen Bemerkungen zu letzteren als Anzeiger bruchtektonischer Inhomogenitätsflächen und -zonen in der eben zitierten Abhandlung (cum lit.) sowie bei R. P. GUPTA (1977) und A. TOLLMANN (1977) verwiesen. In diesen Publikationen sowie in der grundlegenden, die Nordtiroler Kalkalpen behandelnden Arbeit von F. JASKOLLA (1978) wird u. a. auf die tektonische Relevanz der Satellitenbildlineamente eingegangen. Als wesentlich sind in diesem Zusammenhang auch Untersuchungen von R. E. ADLER & P. KRONBERG (1976) zu nennen, welche die kausale Beziehung zwischen Landsat-Bild-

lineamenten und der Bruchtektonik unter Tage am Beispiel des Ruhrkarbons sowie der Lippe-Mulde in der BRD deutlich klarlegen.

Stellen nun die in der Karte der Landsat-Bildlineamente der Republik Österreich eingezeichneten Linien (bruch-)tektonische Elemente dar? – Wie bereits eingangs erwähnt, sollte die Auswertung von „geologisch relevanten“ linearen Elementen unter möglicher Außerachtlassung des tektonischen Hintergrundwissens sowie ohne Rücksicht auf spätere Verifizierung als im Gelände feststellbare Störungen erfolgen. Es konnte jedoch nicht ausbleiben, daß die vorliegende Auswertung, vor allem in der Endphase ihrer Fertigstellung, von verschiedenen Geländegeologen mit Interesse in Hinblick auf Lineamente, welche von ihnen im Felde als Störungen kartiert worden waren, durchgesehen wurde. Die überaus hohe Korrelation zwischen Landsat-Bildauswertung und Tektonik veranlaßte in weiterer Folge den Verfasser, bei eigenen Geländebegehungen mit/sowie anhand der vorliegenden Literatur die tektonische Natur der ausgewerteten Bildlineamente zu überprüfen.

Detailliertere Informationen liegen diesbezüglich aus dem Osten des Bundesgebietes, und zwar aus der Böhmisches Masse (Raum Linz, Horner Becken), der nordalpinen Molasse (Raum Schwanenstadt–Vöcklabruck–Gmunden–Kirchdorf), aus der Flyschzone (Attersee–Traunsee–Kremstal, Raum Neulengbach), den Nördlichen Kalkalpen (Hagengebirge und Hoher Göller, Raum Werfen–Bischofshofen, Raum Ebensee–Bad Ischl–Dachsteingebirge, Raxalpe–Schneeberg, Hohe Wand), der Nördlichen Grauwackenzone (Raum Bischofshofen–Schwarzach im Pongau, Raum Schladming, Raum Veitsch), aus dem Kristallin der Zentralalpen (Bereich Döllach im Mölltal–Obervellach–Spittal a. d. Drau, Raum Schwarzach im Pongau–Dorfgastein–Radstätter Tauernpaß, Falkenbergzug NW Judenburg), dem Grazer Paläozoikum (Raum Graz–Voitsberg), den Südlichen Kalkalpen (Karawanken: Raum Faaker See–Loiblpaß–Eisenkappel) und aus dem Oststeirischen Tertiär (Raum Hartberg) vor. In den Molassebereichen konnten etliche Landsat-Bildlineamente auch durch die im Rahmen der geophysikalischen Erdölexploration und durch Bohrungen erhobenen Daten als Oberflächenindikatoren von Versetzungs- bzw. allgemein Inhomogenitätsflächen bestätigt werden. Überschlagsmäßig dürften nach den Befunden aus den gerade erwähnten Gebieten auf die Länge bezogen um 80 % der kartierten Lineamente als Störungen (wenn auch z. T. mit nur unmaßgeblichen Bewegungen) oder Klufthanhäufungen im Gelände feststellbar sein.

Bei niedrigen Befliegungen im Großraum Wien sowie anlässlich von Bergbesteigungen am Rande des alpinen Vorlandes ließen sich Bildlineamente als ca. 30 und bis über 100 m breite und zu gewissen Jahreszeiten auch vegetationsmäßig markierte Muldenstreifen erkennen. (Bei dem verwendeten Maßstab fällt diese Breite deutlich unter die Zeichengenauigkeit.) Verursacht werden derartig konkave Geländeformen nicht selten entweder durch Verstaltungen bzw. Verwerfungen in den unterlagernden kompetenten (und öfters auch in den nicht oder kaum konsolidierten hangendsten) Schichten (Tafel 1) oder durch ein – zwar nicht im Feld, aber geophysikalisch bzw. mit Bohrungen nachweisbares – steilstehendes Störungsbündel („Ausräumungszonen“). Bei vertikaler Versetzung von tiefliegenden (einige 100 m) Einheiten kann trotz ungestörter tertiärer und quartärer Deckschichten durch unterschiedliche Kompaktion und Subsidenz in letzteren eine solche Störung als Bildlineament an der Oberfläche erkennbar sein (cf. R. MÜHLELD, 1976). In einigen Fällen konnten im Ge-

lände die eben beschriebenen morphologischen Merkmale mit einigen 100 m Abstand subparallel zueinander verlaufend beobachtet werden (vgl. Karte). Am besten erwiesen sich für die Auswertungen derartiger Lineamente Landsat-Aufnahmen mit niedrigem Sonnenstand.

Analoge Erscheinungen können in Satellitenbildern teilweise auch in waldbedeckten Gebieten festgestellt werden, da sich tektonische Zerrüttungszonen durch intensivere Bodenbildung auszeichnen und deshalb oft auch morphologisch und/oder vegetationsmäßig in Erscheinung treten (cf. F. JASKOLLA, 1978). Auf den Karstplateaus der Nördlichen Kalkalpen sind die oben beschriebenen, aus einzelnen Ströungsbündeln bestehenden, manchmal einige km breiten Lineamentbänder am besten erkennbar („Kluftgassen“, „Dolinengassen“).

In Zusammenhang mit dem Oberflächenerscheinungsbild von Störungszonen sei noch der Verlauf von Landsat-Bildlinien entlang von Erosionsterrassenkanten im Alpenvorland erwähnt. Letztere dürften nach den Beobachtungen des Verfassers fallweise ebenfalls Inhomogenitäten folgen, sofern es sich nicht um Terrassen innerhalb einer jungen Talfüllung handelt, deren Kantenverlauf kaum (tektonische Kontrolle des Flusses z. B. ausgenommen) strukturell bedingt ist. Nicht selten konnte festgestellt werden, daß signifikante Richtungsänderungen von Flußläufen und gerade Flußstrecken (cf. N. POLYSOS, 1977; P. BANKWITZ et al., 1982) im Flysch, im Tertiär aber auch in Quartärsedimenten mit dem Verlauf von eingezeichneten Bildlineamenten zusammenfallen oder in deren Flucht liegen (Musterbeispiel Traun). Bei entsprechend mächtiger Überdeckung des Basements mit jungen Sedimenten ist eine durch ein tektonisch angelegtes Paläorelief bedingte Kontrolle des Flußnetzes auszuschließen. Das oben erwähnte Phänomen ließe sich am ehesten durch Inhomogenitätsflächen, welche durch – wenn auch nur unmaßgebliche – sehr junge bis neotektonische Bewegungen (W. FUCHS, 1976; H. PLACHY, 1981) entstanden sind, oder durch die weiter oben angeführten Kompaktionsinhomogenitäten erklären.

Abschließend sollen noch kurz einige Bemerkungen zum genetischen Aspekt bei der Lineamentauswertung gemacht werden. Daß ohne stratigraphische Gesteinskenntnisse keine altersmäßige Aussagen über die Genese der Lineamente möglich sind, ist klar. Feststellungen über das relative Alter lassen sich hingegen oft treffen. Das Phänomen der Schlepung entlang noch aktiver Horizontalbewegungsflächen ist bekannt und aus dem untersuchten Raum bereits beschrieben worden (R. P. GUPTA & J. NITHACK, 1976; R. P. GUPTA, 1977; M. F. BUCHROITHNER, 1982). In vielen Fällen konnte nur festgestellt werden, daß sich ein Lineament knapp (einige 100 bis etwa 1.000 m) vor seinem Schnittpunkt mit einem anderen nicht mehr deutlich oder gar nicht mehr erkennen läßt und folgedessen auch nicht eingezeichnet wurde. Häufig setzt sich ein solches Lineament auf der anderen Seite des gekreuzten Elementes dann etwas lateral versetzt fort. Es liegt daher der Schluß nahe, daß vielfach (sub-)rezente Horizontalbewegungen vorliegen, wenn sich Lineamente an Schnittpunkten nicht deutlich erkennen lassen. Diese „verwischen“ die Spuren mancher relativ älterer linearer Elemente.

Interessant ist auch die im Gelände festgestellte zonenartige Anordnung von tiefergreifenden Erosionsgebieten und Massenbewegungen (Hangrutschungen, Straßenversetzungen; cf. G. SCHÄFFER und M. F. BUCHROITHNER, Führer zur Arbeitstagung der GBA, Gmunden, 1983) entlang

von Landsat-Bildlineamenten in der Flyschzone, welche sich – durchaus in das heutige tektonische Schema passend – mit rezenten Bewegungen erklären läßt.

Die vorliegende Karte ist als Basisinformation gedacht. Sie kann die Grundlage bilden für Lineament-Intersektionsdichte-Karten, für Korrelationsstudien mit Aeromagnetik, Erdschwere, Vererzungen, Geothermie, Thermal- und Mineralwasser- sowie Bodengasvorkommen, mit Gebieten rezenter Erosion und Massenbewegungen sowie Erdbebenzonen (cf. P. CARDAMONE et al. 1977; J. DRIMMEL, 1982) usw. Für weiterführende Untersuchungen sollte die vorliegende Karte dem Prospektions- und Hydrogeologen ebenso wie dem technischen und dem rein kartierenden Geländegeologen Anhaltspunkte liefern.

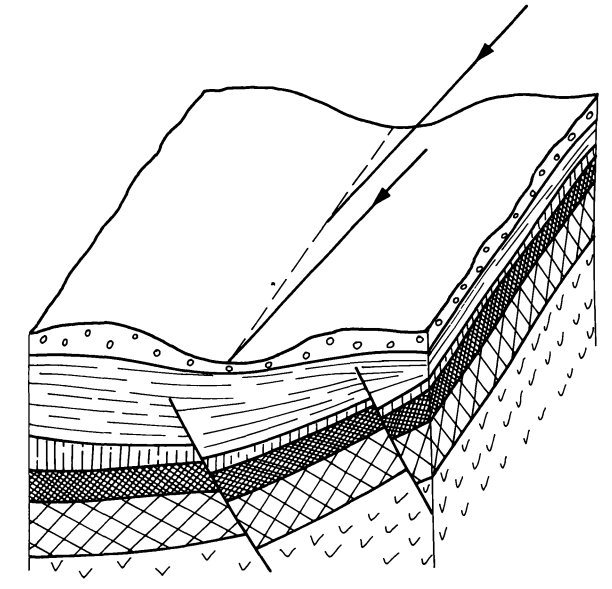
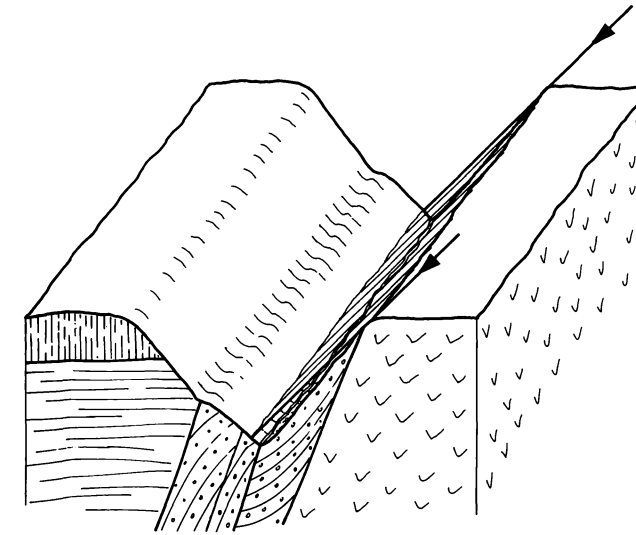
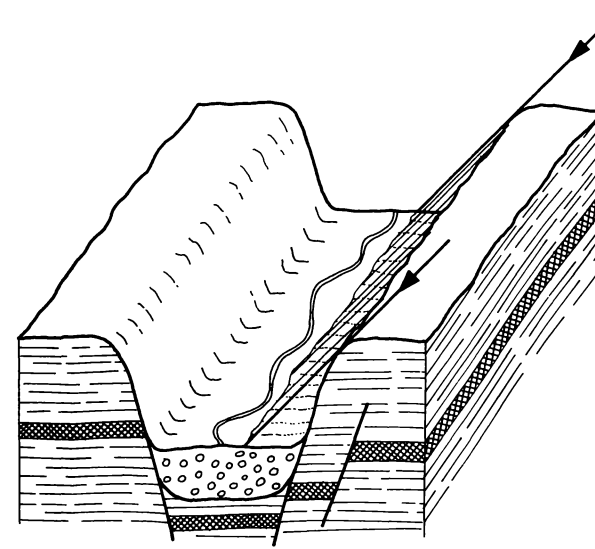
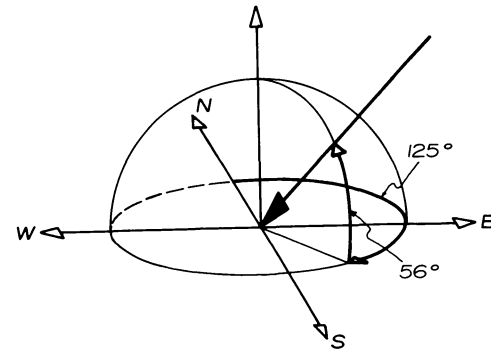
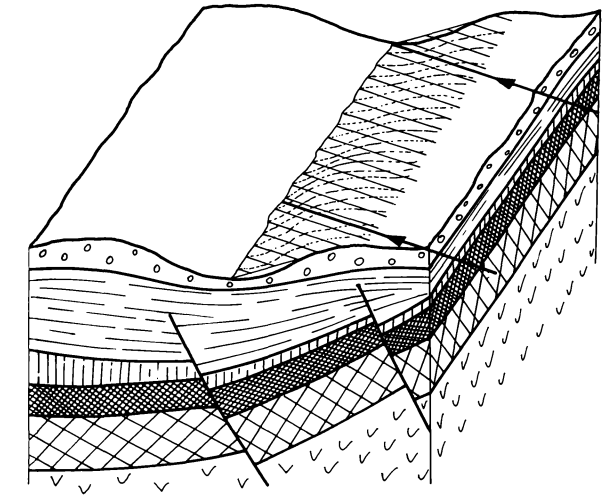
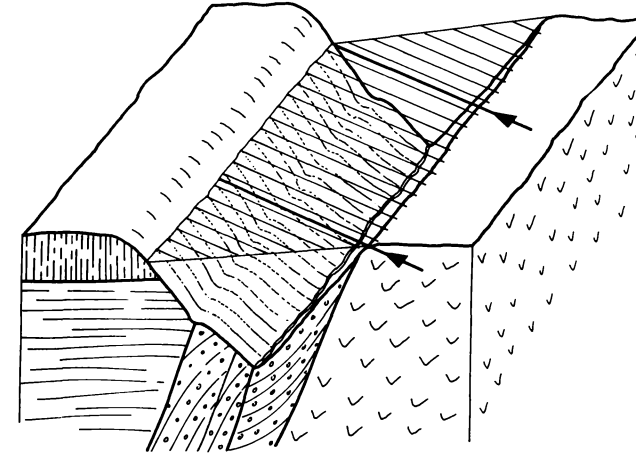
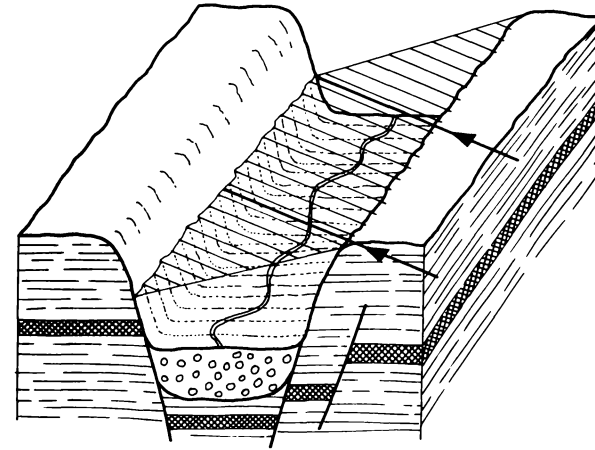
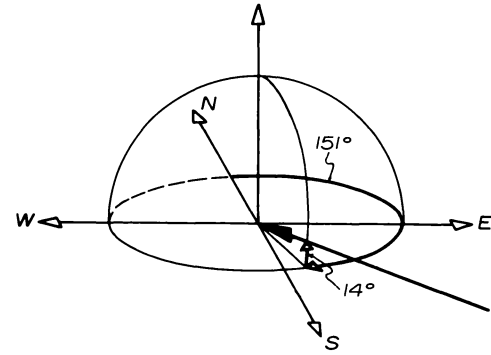
## 5. Literatur

- AARNISALO, J.: Use of Satellite Pictures for Determining Major Shield Fractures Relevant for Ore Prospectivity, Northern Finland. – Geologinen Tutkimuslaitos, Tutkimusraportti, 21, 1–59, Helsinki 1978.
- ADLER, R. E. & KRONBERG, P.: Vergleiche von Satellitenbildern mit der Bruchtektonik unter Tage. – Glückauf-Forschungshefte, 37, 1, 39–43, Essen 1976.
- AMBROSE, W. & SHONE, R.: New Cartographic Techniques with the Zoom Transfer Scope. – Proc. American Soc. Photogramm. Meeting Sept. 1971, San Francisco 1971.
- Arbeitstagung der Geologischen Bundesanstalt 1983, Gmunden, Salzkammergut, O.Ö., 26.–30. September 1983 (Red.: G. SCHÄFFER). – 66 S., Wien (Geologische Bundesanstalt) 1983.
- BANKWITZ, P., BANKWITZ, E., FRISCHBUTTER, A. & RÖSER, S.: Möglichkeiten der geologischen Interpretation von Radar-Aufnahmen. – Akad. Wiss. DDR, Veröff. Zentralinst. f. Phys. d. Erde, 74, 243–261, Potsdam 1982.
- BECKEL, L.: Entwicklung und Stand der Fernerkundungstechnik von Satelliten und ihre Anwendung für Geographie und Kartographie. – Mitt. Österr. Geogr. Ges., 123, 17–54, Wien 1981.
- BERLIN, G. L. & CHAVEZ, P. S.: Comparative Structural Evaluation of Landsat-3 RBV/MSS Standard and Digitally Enhanced Images. – Summaries Int. Symp. Remote Sensing Environment, 2<sup>nd</sup> Themat. Conf. "Remote Sensing in Exploration Geology", Fort Worth, Texas, Dez. 1982, 150–151, Fort Worth 1982.
- BISCHOFF, L.: Das Störungsmuster Zentralspaniens nach Auswertungen von ERTS-1-Aufnahmen. – Münster. Forsch. Geol. Paläont., 36, 69–79, Münster 1975.
- BODECHTEL, J. & NITHACK, J.: Geologisch-tektonische Auswertung von ERTS-1- und SKYLAB-Aufnahmen von Nord- und Mittelitalien. – Geoforum, 20, 11–24, Oxford 1974.
- BORGESON, W. T.: Accuracy Test of Two 1979 Landsat Images Made by EDIPS from NASA System-Corrected Digital Data. – EROS Data Center Doc. No. 0041, 3+9 S., US Geol. Surv., Sioux Falls, South Dakota 1979.
- BRGM-BEICIP (Bureau de Recherches Géologiques et Minières – Bureau d'Etudes Industrielles et de Coopération de l'Institut Français du Pétrole): La Chaîne des Alpes Vue de Satellite à 1/1 000 000. Photomosaïque obtenue à partir de 23 images des satellites des ressources terrestres LANDSAT 1 et 2. – Orléans 1978.
- BUCHROTHNER, M. F.: An Outline of the Geology of the Afghan Pamirs. – Tectonophysics, 62, 13–35, Amsterdam 1980.
- BUCHROTHNER, M. F.: Computer-Aided Evaluation of the Major Fracture Pattern in Austria Derived from Landsat Data. – Jb. Geol. B.-A., 125, 1–2: 219–271, Wien 1982.
- BUCHROTHNER, M. F.: Zur Satellitenbildkarte von Linz und Umgebung. – Linzer Atlas, Heft 7, 24 S., Linz 1983.
- CARDAMONE, P., LECHI, G. O., CAVALLIN, A., MARINO, C. M. & ZANFERRARI, A.: Application of Conventional and Advanced Techniques for the Interpretation of LAND-

- SAT 2 Images for the Study of Linears in the Friuli Earthquake Area. – Proc. 11<sup>th</sup> Int. Symp. Remote Sensing Environment, Envir. Res. Inst. Michigan, April 1977, 1337–1353, Ann Arbor 1977.
- CZABAT, Ch.: Topologie Ertienne de la France (Premier Résultats). – Bull. Soc. Franç. Photogramm., **60**, 21–26, Paris–St. Mandé 1975.
- COLVOCORESSES, A. P.: Image Resolutions for ERTS, SKYLAB, and GEMINI/APOLLO. – Photogramm. Eng., **38**, 33–35, Menasha 1972.
- DRIMMEL, J.: On the Map of Seismo-Active Deep Faults and Important Epicentres in Austria. – Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Symp. Analysis Seismicity and Seismic Hazards, Liblice, CSSR, Mai 1981, 163–169, Liblice 1982.
- FUCHS, W.: Gedanken zur Tektogenese der nördlichen Molasse zwischen Rhone und March. – Jb. Geol. B.-A., **119**, 207–249, Wien 1976.
- GUPTA, R. P. & NITHACK, J.: Delineation of Active Faulting and Some Tectonic Interpretations in Eastern Alps – Use of LANDSAT-1 und 2 Imagery. – Proc. 23<sup>rd</sup> Rass. Int. Elett. Nucl. Aerospaz./16<sup>th</sup> Convegno sullo Spazio, Rom, März 1976, 61–71, Rom 1976.
- HEINRICH, R.: Vergleichende tektonische Untersuchungen von Satellitenbild-Daten und Gelände-Daten im NW-Harz und Harzvorland. – Unpubl. Dipl.-Arb., Geol. Inst. Techn. Univ. Clausthal, 23 S., Clausthal-Zellerfeld 1976.
- JASKOLLA, F.: Geologisch-tektonische Untersuchungen an Satellitenbildlineamenten in den Nördlichen Kalkalpen. – Inaugural-Diss. Fachbereich Geowiss. Univ. München, 138 S., München 1978.
- KELNHOFER, F.: Darstellungs- und Entwurfsprobleme in topographischen Karten mittlerer Maßstäbe. – Österr. Akad. Wiss., Veröff. Inst. Kartogr., Forsch. z. Theoret. Kartogr., **5**, 228 S., Wien 1980.
- KRONBERG, P.: Die regionale und überregionale Bruchtektonik Mitteleuropas. Bestandsaufnahme und Interpretation. – Geotekt. Forsch., **53**, 7–41, Stuttgart 1977.
- LIST, F. K., HELMCKE, D. & ROLAND, W.: Vergleich der geologischen Information aus Satelliten- und Luftbildern sowie Geländeuntersuchungen im Tibesti-Gebirge (Tschad). – Bildmess. und Luftbildwesen, **142**, 4, 116–122, Karlsruhe 1974.
- MOIK, J. G.: Digital Processing of Remotely Sensed Images. – NASA Spec. Publ. **431**, 7+330 S., Washington D. C. 1980.
- MÜHLFELD, R.: Relationship between Vegetation, Soil, Bedrock, and Other Geologic Features in Moderate Humid Climate (Central Europe) as Seen on ERTS-1 Imagery. – Geol. Jb., **A 33**, 21–35, Stuttgart 1976.
- NOWAK, P.: Die Bildverarbeitungsanlage an der Abteilung für Satellitenkartographie. – Mitt. Österr. Geogr. Ges., **123**, 12–16, Wien 1981.
- O'LEARY, D. W., FRIEDMAN, J. D. & POHN, H. A.: Lineament, Linear, Lineation: Some Proposed New Standards for Old Terms. – Bull. Geol. Soc. America, **87**, 1463–1469, New York 1976.
- PLACHY, H.: Neue Erkenntnisse zur Tektonik im Wiener Raum. – Mitt. Österr. Geol. Ges., **74/75**, 231–243, Wien 1981.
- PODWYSOCKI, M. H., MOIK, J. G. & SHOUP, W. C.: Quantifications of Geologic Lineaments by Manual and Machine Processing Techniques. – Proc. NASA Earth Resources Surv. Symp. Houston, Texas, 1975, NASA TM X-58168, **1**, 885–903, Houston 1975.
- POLYSOS, N.: Untersuchungen zur geologischen Auswertbarkeit von LANDSAT-Aufnahmen am Beispiel Mittelgriechenlands. – Unpubl. Diss. Geol. Inst. Techn. Univ. Clausthal, 116 S., Clausthal-Zellerfeld 1977.
- ROSENBERG, P.: Resolution, Detectability and Recognizability. – Photogramm. Eng., **37**, 1255–1258, Menasha 1971.
- SCANVIC, J.-Y. & WECKSTEEN, G.: Carte des Linéaments de la France d'après les Images des Satellites Landsat (1972 à 1976). Echelle 1/1 000 000. – BRGM, Orléans 1978 a.
- SCANVIC, J.-Y. & WECKSTEEN, G.: Notice Explicative de la Carte des Linéaments de la France à 1/1 000 000. – Documents du BRGM, **14**, 14 S., Orléans 1978 b.
- THEIS, J. B.: The Zoom Transfer Scope TM – Experiences and Possibilities. – Proc. 42<sup>nd</sup> Ann. Meeting American Soc. Photogramm., Washington D. C., Februar 1976, 11 S., Washington D. C. 1976.

- TOLLMANN, A.:** Die Bruchtektonik Österreichs im Satellitenbild. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., **153**, 1, 1–27, Stuttgart 1977.
- WELLER, J. M.:** Development of the Concept and Interpretation of Cyclic Sedimentation. – In.: MERRIAM, D. F. (Ed.): Symposium on Cyclic Sedimentation. – Bull. State Geol. Surv. Kansas, The University of Kansas, **169**, 2, 607–621, Kansas City 1964.





Einfluß des Schattenwurfs auf die Nachzeichnung morphologischer Formen, schematisch illustriert anhand eines Trog- und eines V-Tales sowie einer flachen Muldenzone.

In der oberen Reihe ist der Sonnenstand am 15. Dezember, in der unteren jener vom 15. Juni dargestellt. Man beachte die teilweise sehr geringe oder vollkommen fehlende, in Bezug auf Störungslinien jedoch lagereuere Schattenbildung im Hochsommer. Die tektonischen Verhältnisse in den abgebildeten Blockbildern beruhen auf natürlichen Gegebenheiten.