

## Zusammenfassung

Zur Interpretation multispektraler Luftbilder für die Kennzeichnung differenzierter Lössböden wurden an Bodenbeispielen methodische Untersuchungen zur Spektralcharakteristik und zu den photographischen Abbildungsbedingungen durchgeführt. Anhand der Ergebnisse kann der Einfluß von Humusgehalt, Kalkgehalt und Bodenfeuchte auf die Remission genetisch einheitlicher Böden getestet werden. Möglichkeiten und Grenzen der Unterscheidung dieser Böden anhand von Dichteunterschieden im multispektralen Luftbild werden dargestellt. Die visuelle Bildinterpretation erfordert Kenntnis der Spektralcharakteristik, Nutzung von Referenzdaten, landschaftsökologische Kenntnisse und ergänzende Geländearbeit.

## Summary

### *Investigations into the representation of loess soils in multispectral aerial photos*

Methodological examinations concerning the spectral characteristics and the conditions of photoimageries have been performed, using examples of soils, to interpret multispectral aerial photos for the identification of differentiated loess soils. Based on the results tests can be carried through on the influence of humus content, lime content and soil humidity upon the diffuse reflection of genetically uniform soils. Possibilities and limits of distinguishing these soils with reference to density differences in the multispectral aerial photo are demonstrated. Visual photo interpretation requires the knowledge of spectral characteristic, use of reference data, landscape-ecological knowledge and supplementary field work.

## Резюме

### *Исследования об изображении лёссовых почв на мультиспектральных аэрофотосъёмках*

В целях интерпретации мультиспектральных аэрофотосъёмок для характеристики дифференцированных лёссовых почв на примере отдельных почв проводились методические исследования по спектральной характеристике и по фотографическим условиям изображения. На основании результатов можно испытать вли-

# Untersuchungen zur Abbildung von Lössböden in multispektralen Luftbildern

*Mit 6 Abbildungen, 1 Photo und  
1 Tabelle im Text*

## *Autor:*

Dr. CORNELIA GLÄSSER  
Martin-Luther-Universität  
Halle-Wittenberg  
Sektion Geographie  
Wissenschaftsbereich  
Physische Geographie  
4020 Halle (Saale)  
Domstraße 5

---

Hall. Jb. f. Geowiss. Bd. 10  
Seite 93...102  
VEB H. Haack Gotha 1985

яние содержания гумуса, известковистости и почвенной влаги на уменьшение генетически однородных почв. Излагаются возможности и пределы различения этих почв при помощи различий оптический плотность на мульти-спектральной аэрофотосъемке. Для визуальной интерпретации аэрофотосъемок необходимы знания по спектральной характеристике, использованию рекомендационных данных, ландшафтно-экологические знания и дополнительные полевые работы.

## 1. Einleitung

Fernerkundungsdaten verschiedener Aufnahmesysteme und Aufnahmehöhen werden zunehmend für geowissenschaftliche Arbeiten verwendet. Bei der Nutzung multispektraler Luftbilder für bodengeographische Fragestellungen sind methodische Untersuchungen notwendig, da durch vielfältig verknüpfte bodenphysikalische und -chemische Eigenschaften die Abbildungsbedingungen kompliziert sind.

Boden- und Reliefmerkmale ermöglichen einerseits Rückschlüsse auf das landschaftliche Gefüge, andererseits sind sie wesentlich für die landwirtschaftliche Nutzung und für Meliorationsmaßnahmen. Da eine optimale Nutzung der sich jährlich verringernden landwirtschaftlichen Nutzfläche von besonderem Interesse ist, gewinnen rationelle Verfahren zur thematischen Luftbildinterpretation auch unter wirtschaftlichem Aspekt an Bedeutung.

## 2. Das Untersuchungsgebiet

Das im östlichen Harzvorland gelegene Untersuchungsgebiet umfaßt den weiteren Bereich des Süßen Sees im Kreis Eisleben, Bezirk Halle. Es ist den regionalgeologischen Einheiten Mansfelder Mulde und Teutschenthaler Sattel zuzuordnen. Um den Muschelkalkkern der NW-SE gerichteten Mansfelder Mulde streichen oberer, mittlerer und unterer Buntsandstein schüsselförmig aus. Helle Sandsteine mit Tonsteinlagen bauen an den Steilrändern der Subrosionsbecken den mittleren Buntsandstein, dunklere braunrote Tonsteine mit oolithischen Kalksteinbänken den unteren Buntsandstein auf.

Klimatisch nimmt der Raum eine Sonderstellung ein. Aufgrund der Lage im Lee des Harzes und des Hornburger Sattels im Südwesten beträgt die mittlere Jahresniederschlags-summe für Seeburg (95 m NN) nur 445 mm mit einem deutlichen, zumeist als Gewitterregen fallenden, Sommermaximum (158 mm). Das Jahresmittel der Lufttemperatur liegt bei etwas

Probe Nr.	Reliefposition	Neigung (°)	Körnung (% des Feinbodens)			Mächtigkeit des humosen Oberbodens (cm)	Humusgehalt (%)
			<0,002 (mm)	0,002...0,06 (mm)	0,06...2 (mm)		
1	Oberhang	1,5	23,4	52,4	24,2	50	3,13
2	Rücken	0	16,8	39,4	44,0	25	1,93
3	Oberhang	3	20,1	4,99	30,0	25	1,62
9	Unterhang	5,5	24,1	62,0	16,8	20	1,66
10	Hangfuß	0	23,2	56,0	20,7	120	3,09
11	Unterhang	5,5	22,7	57,9	15,4	-	0,46

Probe Nr.	CaCO <sub>3</sub> (%)	Farbe nach MUNSELL		Eisen (frei, %)	pH-Wert	Bodenform
		lufttrocken	feucht			
1	6,05	10 YR 4/2	10 YR 3/1	0,66	7,33	Löß-Schwarzerde
2	7,73	10 YR 6/2	10 YR 4/3	0,78	7,59	lößbeeinflusste Berglehm-Rendzina
3	4,70	10 YR 6/3	10 YR 4/4	0,49	7,29	Löß-Rendzina
9	11,09	10 YR 6/3	10 YR 4/3	0,66	7,04	Löß-Rendzina
10	2,02	10 YR 4/2	10 YR 3/1	0,70	7,31	Kolluviallöß-Schwarzerde
11	13,78	10 YR 7/4	10 YR 5/6	0,53	7,15	Löß-Rendzina

Tabelle 1  
Bodeneigenschaften  
ausgewählter Bodenmonolithe

mehr als 8,5 °C, das Januarmittel bei 0 °C, das Julimittel bei 18 °C.

Das Relief des Gebietes wurde vor allem durch starke subrosive Prozesse im Zechstein-salinar während des Tertiärs und Quartärs geprägt (KUGLER und JÄNCKEL 1978, KUGLER und MÜCKE 1979). Besonders erosionsgefährdet sind die flach eingeschnittenen Hänge mit kleinräumigem Hangneigungswechsel und Gebieten mit subrosionsbedingten Senkungsmulden.

Im Untersuchungsgebiet treten großflächig Lößböden auf, die in Abhängigkeit vom Relief von Löß-Schwarzerden auf den Hochflächen und schwach geneigten Hängen über unterschiedlich intensiv erodierte Löß-Schwarzerden und Löß-Rendzinen an steileren Hängen bis zu Kolluviallöß-Schwarzerden in Mulden, Senken und am Hangfuß variieren. Der sehr erosionsanfällige Löß unterliegt schon bei geringer Hangneigung intensiver bodenerosiver Abspülung. Im Ausstrichbereich des Buntsandsteins und auf der ihm aufliegenden Schuttdecke finden sich Verwitterungsböden, vorrangig lößüberdeckte Berglehm- und Schuttrendzinen. An typischen Hangcatenen wurden Bodenmonolithe für die methodischen Untersuchungen entnommen (Tabelle 1).

3.

## Methodik

Da für die Abbildung von Böden in Luftbildern ihre stoffliche Zusammensetzung ausschlaggebend ist, muß die qualitative und quantitative Untersuchung solcher objektspezifischer Merkmale im Vordergrund stehen, die die Abbildungsunterschiede, d. h. die Schwärzungsunterschiede, hervorrufen. Die Variation dieser Objektmerkmale spiegelt sich in den spektralen Remissionsdaten wider. Deshalb ist im ersten Arbeitsschritt das *spektrale Remissionsverhalten der Testböden* zu messen. Generell sind dafür zwei Möglichkeiten vorhanden. Bei *Messungen im Labor* sind die konstanten und reproduzierbaren Versuchsbedingungen vorteilhaft. Nachteilig ist, daß die verfügbaren Spektrometer nur die Messung sehr kleiner und gefügezerstörter Proben ermöglichen und die Versuchsbedingungen, insbesondere die Beleuchtung, nicht den natürlichen Bedingungen im Gelände entsprechen. Arbeiten zur laborativen spektralen Remissionsmessung von Böden wurden u. a. von MINNUS (1967), CONDIT (1970), TOLČELNIKOV (1974) sowie WESTIN und LEMME (1978) durchgeführt. Vorteilhaft bei der *Spektrometrierung* der Bö-

den *im Gelände* mit Feldspektrometern ist die Messung der ungestörten Böden *in situ* unter Beleuchtungsverhältnissen, wie sie auch bei der Aufnahme von Luftbildern auftreten. Nachteilig wirkt sich aus, daß die Messungen zu verschiedenen Tages- und Jahreszeiten nicht direkt vergleichbar sind (vgl. SHIELDS u. a. 1968, EVANS 1975, IDSO u. a. 1975).

Ein zweiter Schritt zur Klärung der Objekt-Abbild-Beziehungen ist die *terrestrische multispektrale Photographie* der Böden und die sich anschließende densitometrische Auswertung der Bildnegative. Dabei werden die spektralen Remissionsunterschiede in Abhängigkeit von Objekteigenschaften und Filmmaterial aufgezeichnet. Ausgeschlossen werden die Atmosphäreinflüsse, die bei Luftbildern eine modifizierende Wirkung haben.

Als dritter Schritt schließt sich die *gerätegestützte Interpretation der Luftbilder* an, die zugleich eine Reliefanalyse und eine Analyse der arealen Grautonverteilung umfaßt.

Festzustellen ist, daß sich ein großer Teil der aus der Literatur bekannten Arbeitsmethoden und Ergebnisse nur bedingt auf das Arbeitsgebiet und seine großmaßstäbige Analyse übertragen ließ, da jene einerseits oft kleinmaßstäbig angelegt sind und andererseits auf die Erkennung und Abgrenzung genetisch stark unterschiedlicher Böden abzielen. Im hier bearbeiteten Gebiet waren demgegenüber die Möglichkeiten der Nutzung multispektralen Bildmaterials in Bereichen mit einer nur gering differenzierten Bodendecke zu prüfen (vgl. RIEDEL 1981).

### 3.1.

#### Spektrometrie

##### 3.1.1.

##### Versuchsordnung

Für den vorgestellten Untersuchungszweck wurde die Spektrometrie im Gelände als geeignetere Variante gewählt. Zur Verfügung stand ein Feldspektrometer, dessen Meßbereiche das sichtbare Licht und das nahe Infrarot ( $0,4 \mu\text{m} \dots 1,0 \mu\text{m}$ ) umfassen (Herrn Dr. LEITERER, Aerologisches Observatorium Lindenberg, sei herzlich für die Durchführung der Spektrometrierung gedankt). Gemessen wurde bei einem Öffnungswinkel von  $1^\circ$  an 34 Meß-

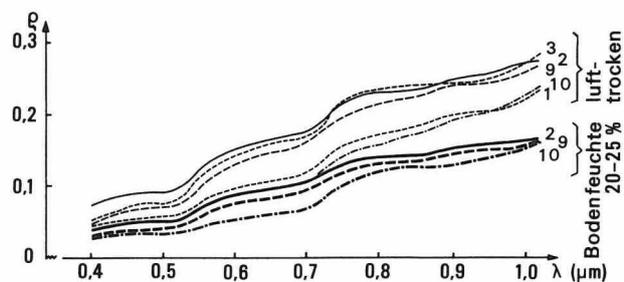


Abbildung 1  
Spektral gerichteter Reflexionsgrad  $\rho$  ausgewählter Bodenmonolithe (Bodeneigenschaften der Bodenproben vgl. Tabelle 1)

stellen mit einer Meßgenauigkeit von  $\pm 2\%$  relativ zur extraterrestrischen Solarstrahlung. Die gemessene Bestrahlungsstärke einer punktförmigen Strahlungsquelle (Sonne) wurde in die einstrahlungsabhängige Bestrahlungsstärke  $R_B$  (in  $\mu\text{W cm}^{-2} \text{ nm}^{-1} \text{ sr}^{-1}$ ) umgerechnet. Unter Berücksichtigung der Globalstrahlung  $G$  kann der *spektral gerichtete Reflexionsgrad*  $\rho$  berechnet werden

$$(\rho = R_B \cdot \pi \cdot G^{-1}).$$

Um den Einfluß der Bodenfeuchte auf die Remission zu testen, wurden die Bodenproben im lufttrockenen und im feuchten Zustand spektrometriert.

##### 3.1.2.

##### Diskussion der Ergebnisse

Für alle Böden ist ein Anstieg der Remission vom blauen Licht zum nahen Infrarot zu verzeichnen (Abbildung 1). Bei  $0,54 \dots 0,55 \mu\text{m}$  und  $0,72 \dots 0,74 \mu\text{m}$  sind zwei steilere Anstiege deutlich sichtbar. Die insgesamt geringe Remission übersteigt  $\rho = 0,3$  nicht. Die lufttrockenen Proben zeigen gegenüber den feuchten Proben einen höheren Remissionsgrad. Mit größerer Wellenlänge verstärkt sich der gemessene *Remissionskontrast* zwischen den Böden und zwischen trockenen und feuchten Proben. Bei *lufttrockenen Böden*, und damit unter Ausschluß der Bodenfeuchte als Einflußfaktor auf die Remission, sind *Humus-* und *Kalkgehalt* Haupteinflußgrößen auf die Remission. *Schwarzerde* (Probe 1) und *Kolluvialschwarzerde* (Probe 10) haben aufgrund der höchsten Humusgehalte die geringste Remission. *Löß-Rendzinen* (Proben 3 und 9) und die *lößbeeinflusste Berglehm-*

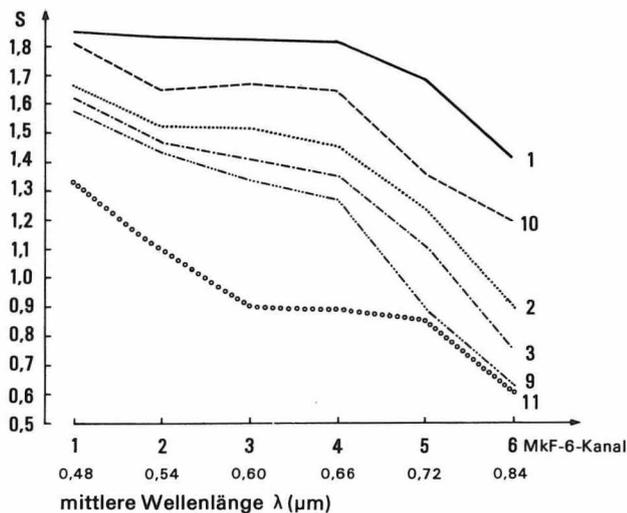


Abbildung 2  
Mittlere Schwärzung S ausgewählter Bodenproben am 12.6.1980 bei Bodenfeuchtwerten von 20...25 Gewichtsprozent. Messung Kanal 1...4 digital; Kanal 5 und 6 photometrisch (Bodeneigenschaften der Bodenproben vgl. Tabelle 1)

*Rendzina* (Probe 2) remittieren durch geringere Humusgehalte stärker und sind nicht eindeutig voneinander zu trennen. Noch stärker als der Einfluß des Humusgehaltes (Variationsbereich 1,6%) wirkt sich die Aufhellung des humosen Oberbodens durch das Ausgangsmaterial der Bodenbildung aus. Eingepflügter gelber Löß aus dem C-Horizont bzw. die helle Eigenfarbe des Buntsandsteins verursachen hohe Remissionswerte. Die Remissionsunterschiede zwischen den Proben 3 und 9 basieren bei nahezu identischem Humusgehalt und vergleichbarem Ah-Horizont auf Unterschieden im Kalkgehalt, der in Probe 3 rund dreimal höher als in Probe 9 ist.

Der Verlauf der Kurven zeigt, daß bis  $0,55 \mu\text{m}$  die Proben schlecht voneinander zu trennen sind, sich dann der Kontrast verstärkt und im nahen Infrarot die beste Differenzierung möglich wird. Deshalb sind die Kanäle 1 und 2 der MKF-6 für diese Fragen ungeeignet, die Kanäle 3 und 4 sowie die Infrarot-Kanäle 5 und 6 dagegen für die Differenzierung der Bodenmerkmale gut geeignet. Geringer sind Remission und Remissionsunterschiede für Böden mit hoher Bodenfeuchte. Ihr spektraler Remissionsgrad liegt für alle Proben unter  $\rho = 0,15$ .

Sehr gut lassen sich in den Infrarot-Kanälen *trockene und feuchte Proben* voneinander tren-

nen. Damit wird die Eignung dieser Spektralbereiche zur Erkennung feuchter Standorte deutlich. Unterhalb  $0,68 \mu\text{m}$  ist eine Trennung der Proben nicht mehr eindeutig möglich.

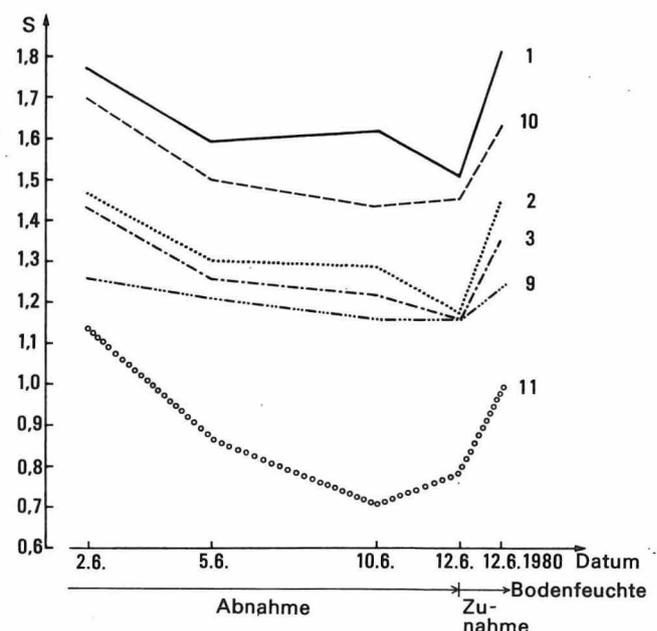
Die Spektrometrierung zeigte, daß auch in Gebieten mit einheitlichem Ausgangsmaterial und geringfügigeren Differenzen der bodenchemischen und -physikalischen Parameter Remissionsunterschiede nachgewiesen werden können, die eine detailliertere Untergliederung der Böden erlauben.

## 4. Phototest

### 4.1. Versuchsanordnung

Zur Untersuchung der photographischen Aufzeichnung dieser Böden in multispektralen, speziell MKF-6-Aufnahmen, diente ein terrestrischer Phototest. Unter Verwendung einer  $9 \times 12 \text{ cm}$  Plattenkamera und eines MKF-6-Filtersatzes wurden die Bodenproben bei

Abbildung 3  
Mittlere Schwärzung S ausgewählter Bodenproben im Kanal 4. Messung: digital (Bodeneigenschaften der Bodenproben vgl. Tabelle 1)



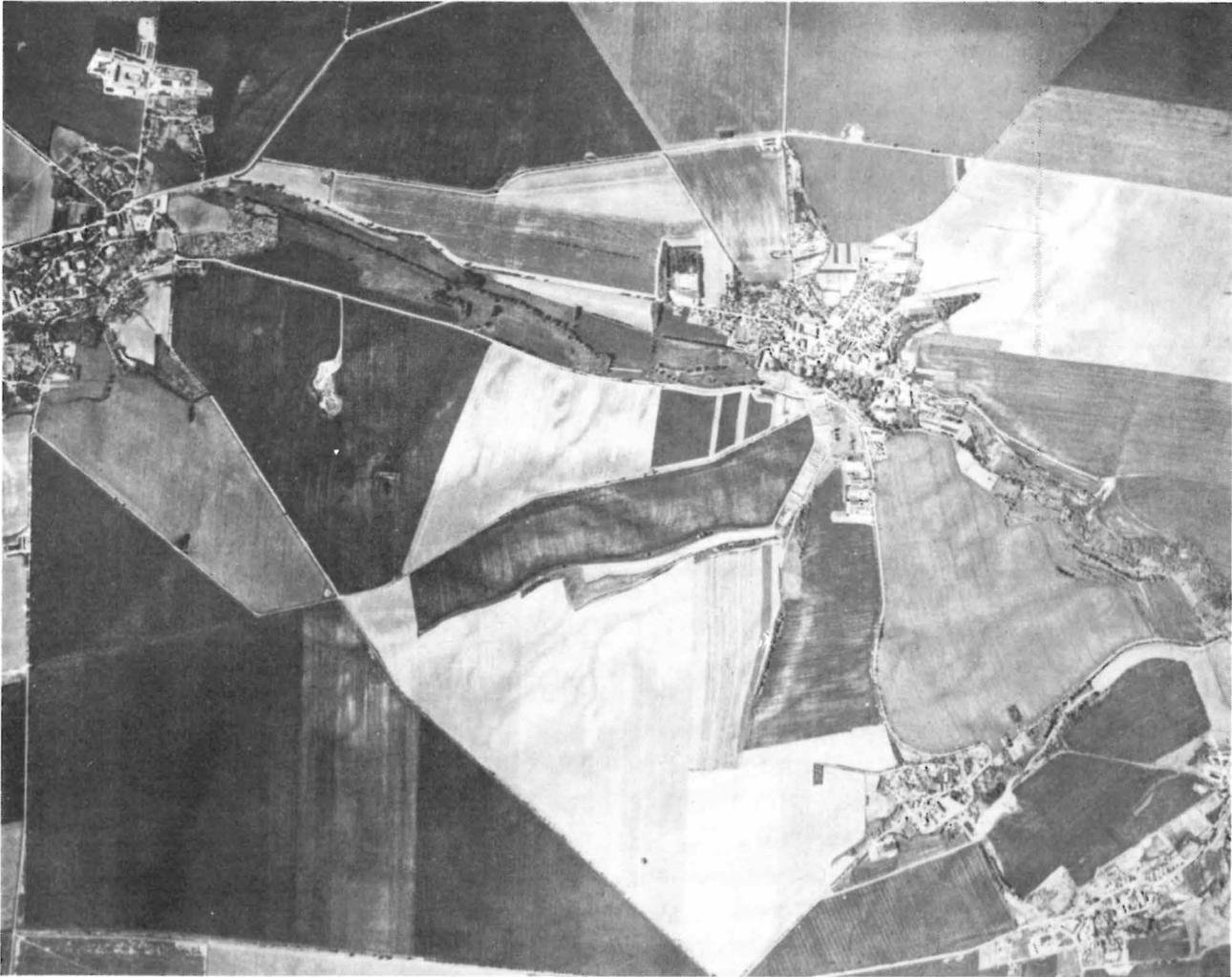


Photo 1  
 Multispektrales Luftbild Raum Dederstedt, Spektralbereich 0,68...0,72  $\mu\text{m}$ , Aufnahmezeit: 17.6.1976;  
 zur Veröffentlichung freigegeben unter LFB-Nr. 20/85

verschiedenen Bodenfeuchtegehalten unter weitestgehend naturnahen Bedingungen fotografiert. Um an den einzelnen Testtagen möglichst konstante Versuchsbedingungen zu haben, erfolgten die Aufnahmen nur an Tagen mit Sonne und wolkenlosem Himmel in Schattenlage, d. h. bei diffusem Licht, sowie stets zur gleichen Tageszeit, um neben der Änderung der spektralen Lichtzusammensetzung auch Licht-Schatten-Effekte auszuschließen. Alle Negative wurden mit dem Trommelscanner des Photomation P 1700 (Optronics) abgetastet, und die Schwärzung wurde ermittelt. Die gemessenen Negativwerte konnten anhand eines mitphotographierten Graukeiles geeicht und in die entsprechenden Positivwerte umgerechnet werden.

#### 4.2.

#### *Versuchsergebnisse*

Als Bestätigung der Remissionsmessungen nimmt die Schwärzung in den Bildpositiven von Kanal 1 zu Kanal 6 ab (Abbildung 2, Böden mit Feuchtegehalten von 22...28 Gew.%). In Abhängigkeit von den Bodenparametern (Tabelle 1 und Abbildung 2) wird die *Löß-Schwarzerde* am dunkelsten, die *Kolluviallöß-Schwarzerde* etwas heller abgebildet. Die *Löß-Rendzinen* und *lößbeeinflussten Berglehm-Rendzinen* sind als eine Gruppe zusammenzufassen; ihre Schwärzung ist in allen Kanälen geringer. Mit nur 0,46 % Humusgehalt, aber 13,78 % Kalkgehalt wird der unverwitterte Löß deutlich heller als die erodierten Lößböden ab-

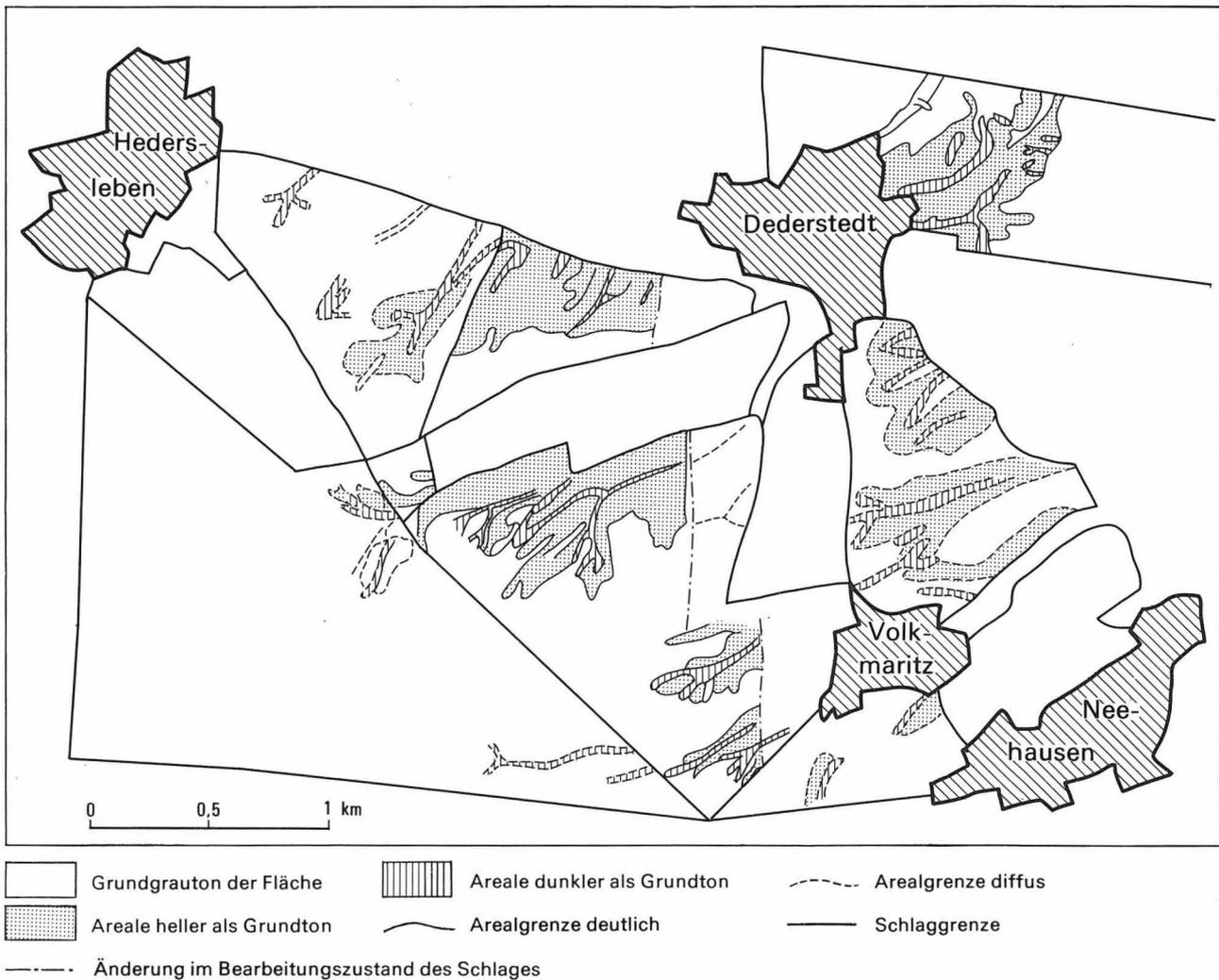


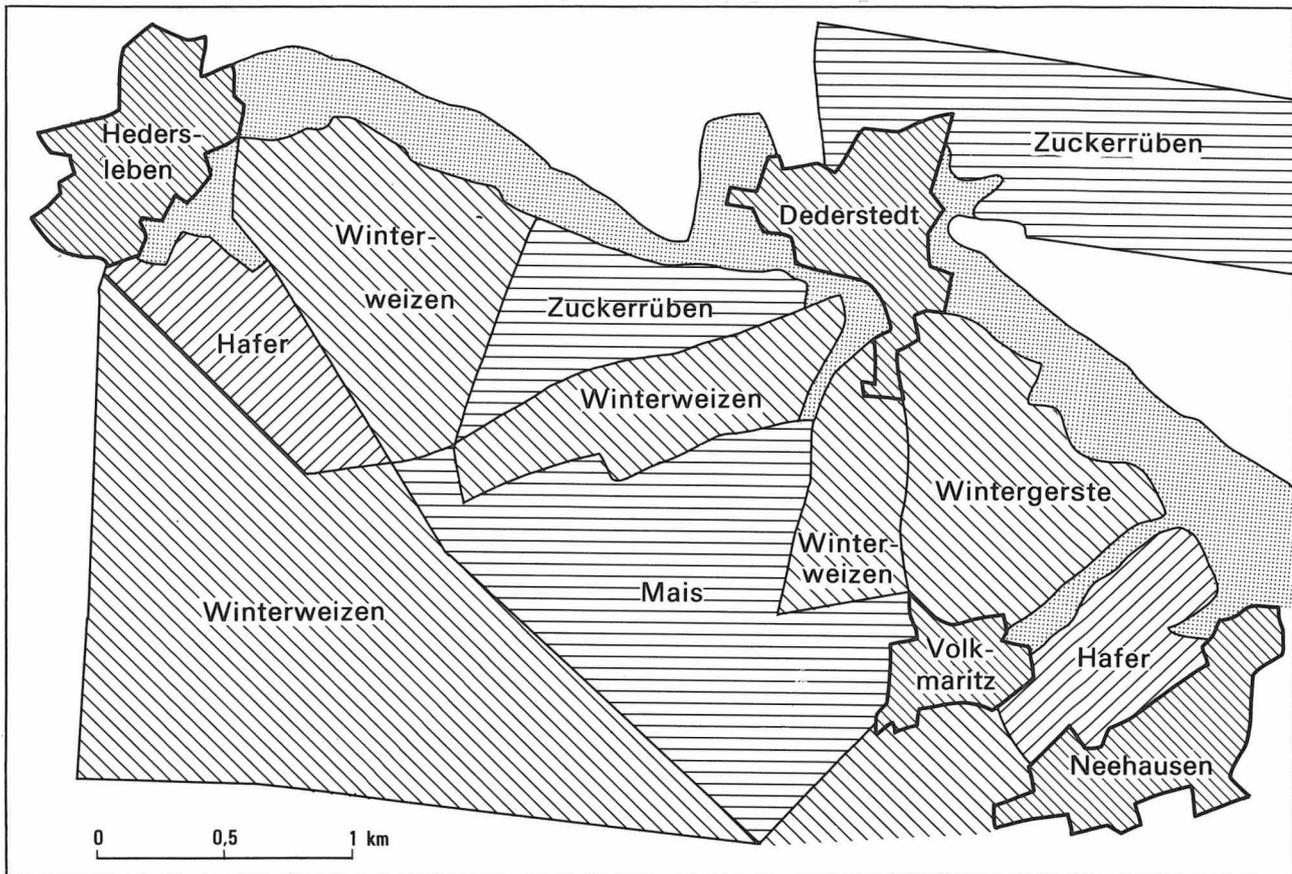
Abbildung 4  
Interpretationsskizze arealer Grautonmuster

gebildet. Mit Ausnahme des Löß können die Böden mit zunehmender Wellenlänge aufgrund der stärkeren Schwärzungskontraste besser differenziert werden. Die *Eignung der Infrarotkanäle* wird hier besonders deutlich.

Wegen der wellenlängenabhängigen Abbildungsunterschiede ist es von besonderem Interesse, den *Einfluß der Bodenfeuchte* auf die Schwärzungsunterschiede im Bild zu untersuchen.

Die Variation der Bodenfeuchte, von starker Durchfeuchtung bis zum lufttrockenen Zustand und anschließender Wiederbefeuchtung, äußert sich in den Schwärzungswerten an den einzelnen Testtagen (Abbildung 3). Mit diesem Test konnten aus der Literatur bekannte Ergebnisse spektraler Remissionskurven von Bö-

den bei unterschiedlicher Bodenfeuchte auch durch die Schwärzungswerte der Multispektralaufnahmen bestätigt werden. Mit abnehmender Bodenfeuchte sinken die Schwärzungswerte im Bildpositiv, steigen jedoch bei Bodenfeuchtwerten zwischen 12 und 17% noch einmal etwas an (TOLČELNIKOV 1974 u. a.). Diese Tendenz trifft auch für die Lößböden (Abbildung 3, 10. 6. 1980) zu. Der Unterschied zwischen trockenen und feuchten Böden zeigt sich bei konstanten Bodenparametern und Lichtverhältnissen, besonders deutlich am 12. 6. 1980, als die Böden lufttrocken und stark durchfeuchtet photographiert wurden. Die Bedeutung des Vorwetters für die bodengeographische Interpretation von Luftbildern ist deshalb hervorzuheben.



Erkennbarkeit von Standortdifferenzierungen im Luftbild



Abbildung 5  
Landwirtschaftliche Nutzfläche Raum Hedersleben-Dederstedt (Stand Juni 1976)

## 5. Visuelle Bildinterpretation

Die mit den beschriebenen Tests gewonnenen Erkenntnisse sind mittels flächendeckender Bildauswertung auf die Kennzeichnung der Bodenareale der Landschaft zu übertragen. Nachfolgend sollen die Ergebnisse vorgestellt werden, die bereits mit einfacher visueller Bildinterpretation zu erzielen sind.

Für die visuelle Interpretation wurde ein Multispektralbild im Bereich  $0,68...0,72 \mu\text{m}$  (Aufnahmetag 17. 6. 1976, Photo 1) verwendet, das die gebietstypische, reliefabhängige areale Bodendifferenzierung gut darstellt. Bereits bei Hangneigungen über  $2^\circ$  setzen erosive Prozesse ein. Dendritische Bildgefügemuster kennzeichnen flache Hangmuldensysteme.

Erster Schritt bei der visuellen Interpretation war die Erfassung der arealen Grautondifferenzierung (Abbildung 4), wobei in Abhängigkeit von der durch die Flächennutzung bestimmten Bildschwärzung Areale mit einer Abweichung von der nutzungsgebundenen „Normschwärzung“ ausgegliedert wurden. Art und Entwicklungsstadium der Nutzpflanzen zeichnen die dendritischen Gefüge unterschiedlich gut nach. Bei Mais und Zuckerrüben ist eine gute Ausgliederung möglich. Winterweizen und Hafer lassen dunklere Areale gut, hellere nur schlecht erkennen. Sommergerste und Erbsen verdecken das natürliche Bodenmuster (vgl. Abbildung 5).

Durch *Kombination von stereoskopischer Reliefinterpretation* (Abbildung 6) und *arealer Grautondifferenzierung* (Abbildung 4) sowie

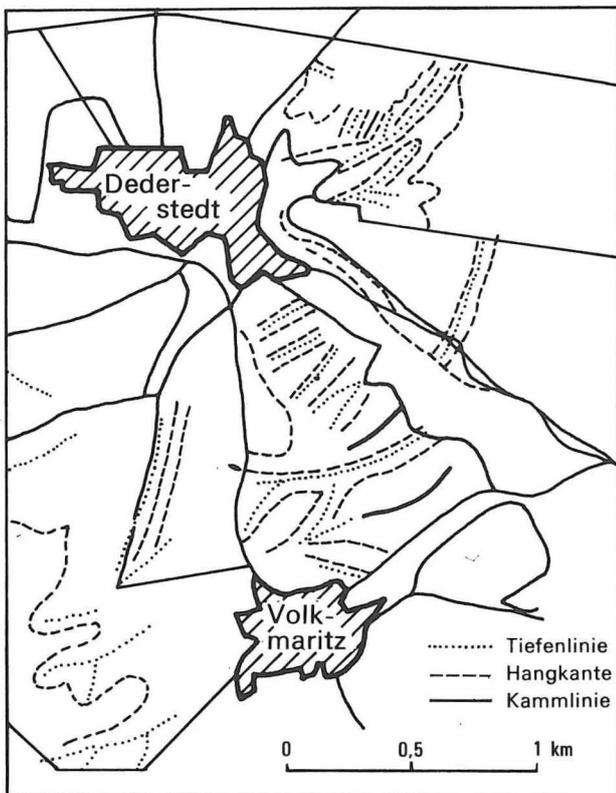


Abbildung 6  
Reliefinterpretationsskizze

unter Berücksichtigung der Ergebnisse der *Spektrometrie* und des *Phototestes* lassen sich folgende Aussagen treffen. Der für einen Schlag dominante Grauton tritt auf den Hochflächen oder an schwach geneigten Hängen auf und repräsentiert die Areale der Löß-Schwarzerden. Die erosiv beanspruchten Hänge werden aufgrund des geringeren Humus- und Feuchtegehaltes ihrer Oberböden und der Aufhellung durch eingepflügten, unverwitterten Löß sowie wegen der standortbedingten geringen Bestandsdichte heller abgebildet. Die kolluvialen Löß-Schwarzerden sind hauptsächlich durch die lageabhängigen höheren Feuchtegehalte dunkler abgebildet. Ohne Berücksichtigung der Reliefinterpretation lassen sich Schwarzerden und kolluviale Böden nicht immer eindeutig trennen. Lößbeeinflusste Berglehm-Rendzinen und Löß-Rendzinen können nur durch die Kombination der Bildanalyse mit Referenzdaten aus geologischen Karten und Bodenkarten unterschieden werden.

Mit Hilfe von Luftbildern kann die areale Verteilung von Böden wesentlich schneller

und detaillierter erfaßt werden, als es im Gelände möglich ist. Die Verwendung verschiedener Spektralbereiche oder von Farbsynthesebildern erhöht die Aussagegenauigkeit. Die inhaltliche Charakterisierung der Böden ist in dem Maß möglich, wie Zusatzinformationen (thematische Karten, Geländekenntnis, Kenntnis landschaftsökologischer Zusammenhänge, Spektralcharakteristika) zur Verfügung stehen.

Luftbilder zeigen Momentzustände der Aufnahmegebiete, können aber auch kurz- oder langfristig wirkende Prozesse anhand abgebildeter Prozeßspuren widerspiegeln. Nach einer ersten Bildinterpretation können gezielt die Gebiete für die Geländearbeit festgelegt und nachfolgend die Interpretationsskizzen modifiziert werden.

## 6. Schlußfolgerungen

Um für weitere Interpretationsarbeiten und für die vielfältig mögliche effektive Nutzung von Luftbildern in Praxiseinrichtungen die Sicherheit der Aussagen zu erhöhen, sind die Grundlagenuntersuchungen weiterzuführen. Neben einer Erweiterung des Umfangs der Testuntersuchungen zur statistischen Absicherung muß ein breiteres Spektrum von Böden und Gesteinssubstraten untersucht werden. Die Ergebnisse könnten zugleich von anderen Einrichtungen genutzt werden (z. B. landwirtschaftliche Standortkartierung). Anzustreben ist eine Erweiterung der genutzten Spektralbereiche durch Einbeziehung des thermalinfraroten Bereiches sowie die Durchführung terrestrischer Untersuchungen synchron zur Überfliegung.

Exakte Kenntnisse der Spektralcharakteristik von Böden gleichen oder verschiedenen Ausgangsmaterials sowie des Einflusses der Oberbodenparameter Humusgehalt (einschließlich Humusstoffuntersuchungen), Kalk- und Eisengehalt und Bodenfeuchte sind Voraussetzung für eine inhaltliche Charakteristik der Grautonareale, insbesondere wenn eine automatische Klassifikation angestrebt wird.

Untersuchungen zur multiplen Regressionsanalyse der multispektralen Abbildung von Bodeneigenschaften, wie sie begonnen wurden (VINOGRADOV, KAPZOV und RIEDEL 1984), sollen fortgeführt werden.

VINOGRADOV, B. V., A. N. KAPZOV und C. RIEDEL (GLÄSSER):

Množestvennye regressii cenalis mnogozonalnogo fotografičeskogo izobraženia svojstv počv centralnoj ravnimoi GDR. — In: Počvo-vedenie. — Moskva. — 85 (1985).

WESTIN, F., und G. LEMME:

Landsat spectral signatures: studies with soil association and vegetations. — In: Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. — Falls Church 44 (1978), 3, S. 315...325.

## Literatur

CONDIT, H. R.:

The spectral reflectance of american soils.  
— In: Photogrammetric Engineering.  
— Washington 36 (1970), 4, S. 955...966.

EVANS, R.:

Multiband photography for soil survey in Breckland, East Anglia. — In: Photogrammetric Record. — London 45 (1975), 8, S. 297...308.

IDSO, S., u. a.:

The dependence of bare soil albedo on soil water content.  
— In: Journal of Applied Meteorology. — Boston 14 (1975), S. 109...113.

KUGLER, H., und R. JÄNCKEL:

Zur geographischen Interpretation der Multispektralaufnahme „Süßer See“. — In: Geogr. Berichte. — Gotha/Leipzig 23 (1978), 2, S. 99...111.

KUGLER H., und E. MÜCKE:

Geomorphologische Skizze des Halleschen Raumes. — In: Wiss. Beitr. Martin-Luther- Univ. Halle-Wittenberg. — Q5 (1979), 45, S. 77...98.

MINNUS, E.:

Spektrale Remission unbewachsener Böden als Faktor bei der Luftbildinterpretation. — In: Landeskundl. Luftbildauswertung im mitteleurop. Raum. Sonderfolge Geographische Luftbildinterpretation. — Bad Godesberg (1967), 2.

RIEDEL, (GLÄSSER), C.:

Untersuchungen zur bodengeographischen Interpretation von multispektralen Luftbildern. — Halle (Diss. A) 1981.

SHIELDS, J. A., u. a.:

Spectrometric measurement of soil color and its relationship to moisture and organic matter.  
— In: Canadian Journal of Soil Science. — Ottawa 48 (1968), 8, S. 271...280.

TOLČELNIKOV, Ju. S.:

Optičeskie svojstva landšafta. — Leningrad, 1974.