

ZUR KENNZEICHNUNG AGROTECHNISCHER GEOSYSTEME MIT HILFE SPEKTRALER SIGNATUREN

Heiner Barsch
Pädagogische Hochschule Potsdam, DDR

Horst Weichelt, Rainer Söllner und Karl-Heinz Marek
Zentralinstitut für Physik der Erde Potsdam, DDR

1. Einleitung

Die Überwachung und Einschätzung des Zustandes und der Entwicklung landwirtschaftlicher Kulturen gewinnt angesichts der immer intensiver betriebenen Landwirtschaft ständig an Bedeutung. Die Aufgaben der Fernerkundung in diesem Zusammenhang wurden bereits an vielen Stellen erläutert /1, 2, 5/. Als flächenhaftes physikalisches Meßverfahren ist die Fernerkundung insbesondere prädestiniert zur Gewinnung von Daten über große landwirtschaftlich genutzte Gebiete.

Durch das Zentralinstitut für Physik der Erde der Akademie der Wissenschaften der DDR und den Wissenschaftsbereich Geographie der Pädagogischen Hochschule Potsdam werden seit mehreren Jahren Untersuchungen zur Kennzeichnung des Zustandes, insbesondere zur Erkennung von Wachstums- und Ertragsdifferenzierungen landwirtschaftlicher Kulturen mit Hilfe spektraler Signaturen durchgeführt. Diese Untersuchungen erfolgten im Rahmen internationaler Komplexexperimente der Interkosmos-Kooperation in der UdSSR und der DDR. Im vorliegenden Beitrag wird über Ergebnisse der im Rahmen des internationalen Komplexexperimentes GEDEX-86 durchgeführten Messungen spektraler Signaturen im Testpolygon "Falkenrehde" bei Potsdam im Jahre 1986 berichtet.

2. Untersuchungsgebiet

Das ca. 40 km umfassende Testpolygon "Falkenrehde" (Abb. 1) befindet sich etwa 15 km nordwestlich von Potsdam und weist für das Binnentiefeland der DDR charakteristische Agrarlandschaften auf den Grundmoränen der letzten Vereisung auf. Innerhalb des Testpolygons wurde ein etwa 5 km großes Untersuchungsgebiet ausgewählt, dessen südlicher Rand von einer ehemaligen Schmelzwasserrinne gebildet wird. Im Zentrum dieser Niederung, in der das Grundwasser nahe der Oberfläche ansteht, trifft man auf Moorböden, am Rand dagegen, wo der Talsand der Schmelzwassertäler erhalten geblieben ist, treten Humusgleye auf. Nach Norden schließt sich eine Grundmoränenplatte mit örtlichen Sanddurchspießungen an Kuppen an. Hier sind lehmunterlagerte Sande anzutreffen, die nur teilweise stau- oder grundwasserbeeinflusst sind und eine unterschiedliche Decksandmächtigkeit aufweisen. Durch die landwirtschaftliche Standortkartierung wird die in Abb. 2 gezeigte Catena regionaler Standorttypen ausgewiesen. Die beträchtliche Heterogenität der Bodendecke im Untersuchungsgebiet läßt eine spürbare raumzeitliche Differenzierung der Ertragsbildung bei Ackerkulturen erwarten.

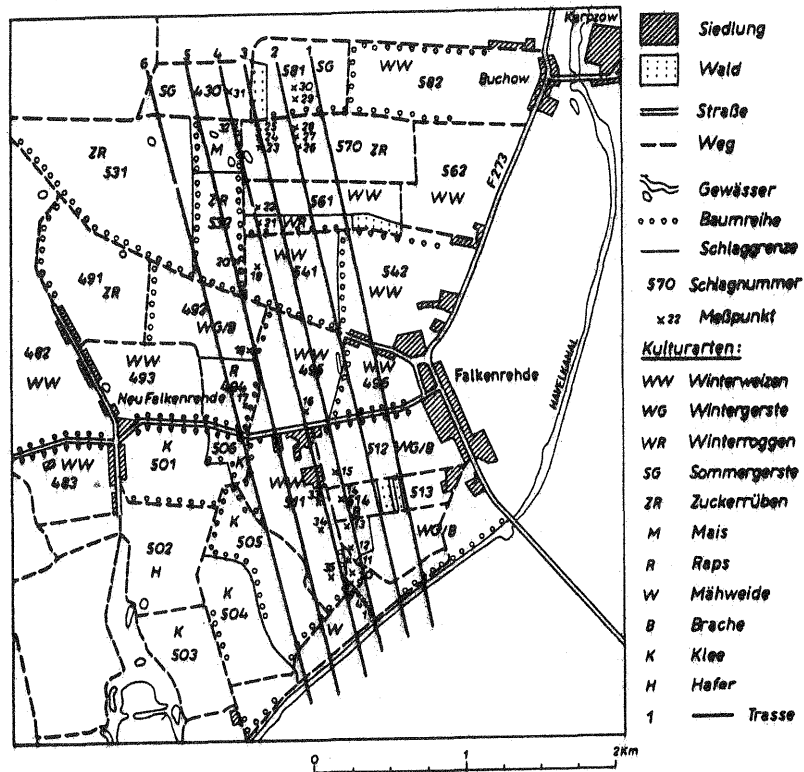


Abb. 1: Testpolygon Falkenrehde

3. Untersuchungsmethoden

Die Messung der spektralen Signaturmerkmale erfolgte zu allen repräsentativen phänologischen Phasen mit einem Radiometerkomplex, der sowohl im Flugzeug zur Gewinnung von Trassendaten aus Niedrighöhen (50-150 m) als auch am Boden zur Gewinnung von Daten an einzelnen Standorten eingesetzt wurde. Damit werden folgende Spektralbereiche erfasst:

MMR-Kanal	Wellenlänge (µm)
1-3	0,45 - 0,7
4	0,76 - 0,9
5	1,15 - 1,3
6	1,55 - 1,75
7	2,08 - 2,35
8	10,8 - 12,4

Parallel zu dem Multibandradiometer MMR wurde ein Mikrowellenradiometer der TH Ilmenau für die Messung der emittierten Strahlung im Wellenlängenbereich von ca. 3 cm eingesetzt. Ergänzend zur Messung der spektralen Signaturen wurden Bildflüge mit der Multispektralkamera MSK 4 durchgeführt. Zur terrestrischen Kontrolle der Pflanzenentwicklung und des Bodenzustandes wurden biometrische und pedometrische Parameter an 13 Meßpunkten während der gesamten Vegetationsperiode 1985/86 erfasst, deren Zahl während des eigentlichen Experimentes im Juli 1986 auf 35 erhöht wurde. Die folgenden Ausführungen konzentrieren sich auf die Untersuchungen am Winterweizen, wobei die Bodenmessungen an dem Meßpunkten F, G, H und I auf den Testschlag 511 erfolgten (Abb. 2).

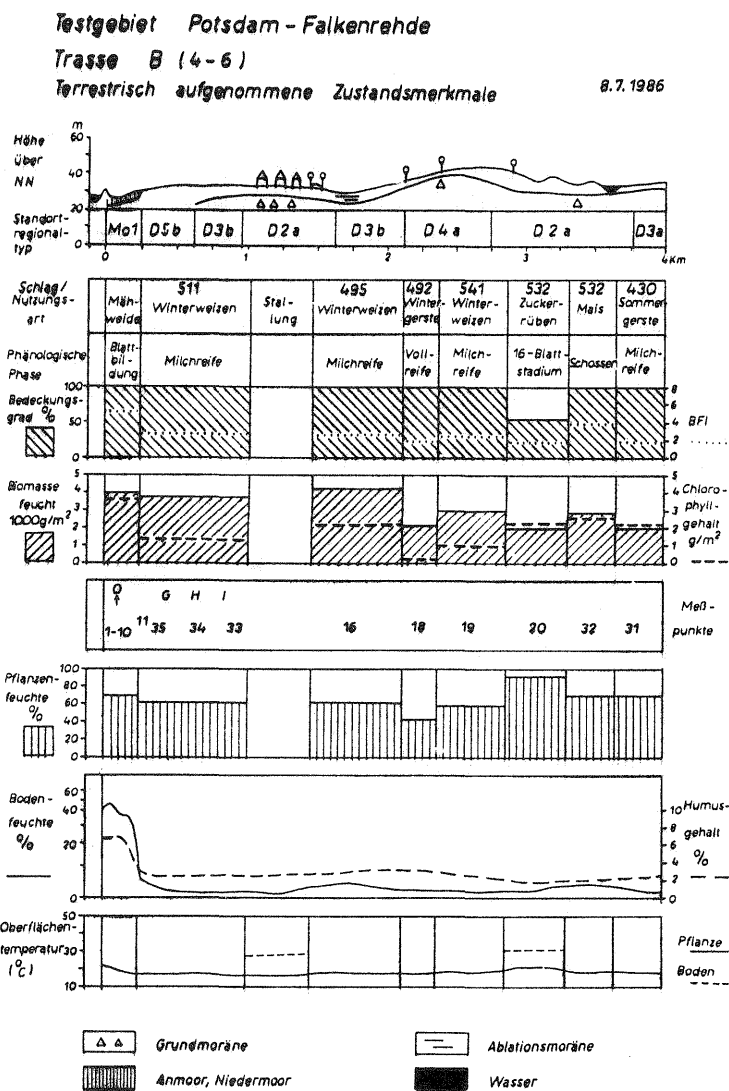


Abb. 2: Catena regionaler Standorttypen (Profile 4-6) und terrestrisch aufgenommene Zustandsmerkmale 8. 7. 1986

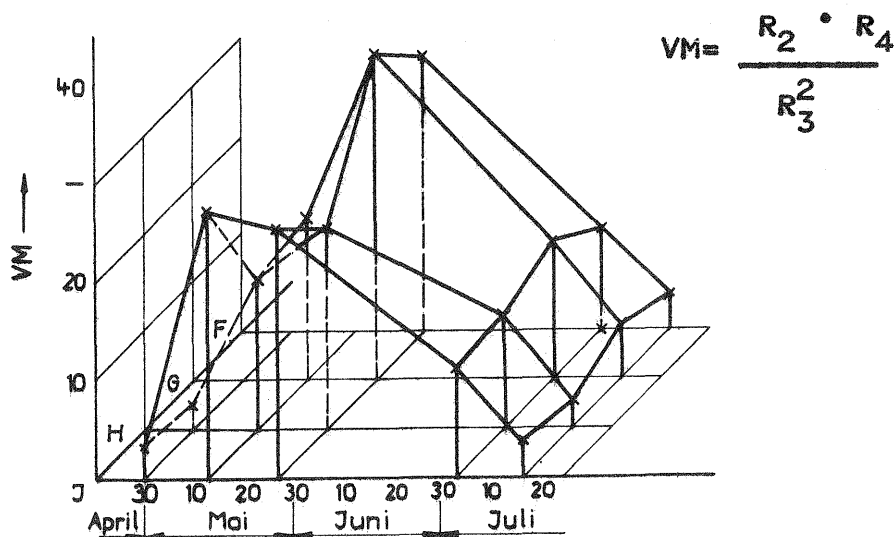
4. Ergebnisse terrestrischer Untersuchungen der Kulturpflanzenentwicklung

Die kühle und relativ feuchte Witterung zu Beginn der Vegetationsperiode 1986 führte dazu, daß bis Anfang Juni am sandigen und trockenen, am weitesten von der Niederung entfernter Meßpunkt I (Standorttyp D2a) die phänologische Entwicklung und die Biomasseproduktion des Weizens am weitesten fortgeschritten war. Die Chlorophylldichte lag zu dieser Zeit am MF I bei rund 4,5 g/m², an den infolge der starken Durchfeuchtung und damit geringeren Bodentemperaturen und der Niederungsnähe in ihrer Entwicklung verzögerten Meßpunkten H und G dagegen nur 3,6 - 3,9 g/m².

Ab Mitte Juni, kurz vor Einsetzen der Reife, kamen bei einer relativ warmen und trockenen Witterungsperiode die Nährstoff- und Feuchtigkeitsreserven des nunmehr erwärmten humusreichen Bodens am Meßpunkt G bei der Ährenfüllung immer stärker zur Geltung. Die Produktivität dieses Bereiches lag nun höher als die der Areale an den Meßpunkten H und I und ergab bei Vollreife die höchsten Ertragswerte auf dem Schlag.

Diese standortbedingt differenzierte Entwicklung des Winterweizens ist auch in den spektralen Signaturen deutlich erkennbar. Zur Bewertung der Vitalität der Vegetation wurde dazu ein Merkmal VM2 berechnet, daß auf der Grundlage der Remissionswerte im grünen, roten und infraroten Spektralkanal die Chlorophyllabsorption und die Höhe des Infrarotplateaus bewertet und in entsprechenden Voruntersuchungen die höchste Stabilität gegen atmosphärische Einflüsse gezeigt hatte /4/.

Abbildung 3 zeigt den Verlauf dieses Vegetationsmerkmals VM2 im betrachteten Zeitraum an den 4 Meßpunkten. Die durchgehend niedrigsten Werte des Vegetationsmerkmals VM2 weist der auf dem Hang gelegene Standort H auf, für den damit auch die ungünstigsten Standortbedingungen abgeleitet werden können.



Dynamik von VM an Winterweizen-Standorten

Abb. 3: Dynamik des Vegetationsmerkmals VM2 an den Winterweizenstandorten des Testschlages 511

5. Analyse der spektralen Signaturen der Profilmessungen

Wie in /2/ gezeigt wurde, ist es für die Bewertung des Zustandes von Vegetation günstig, zusätzlich zum sichtbaren und nahen Infrarotbereich weitere Spektralkanäle, die z. B. vom Wassergehalt der Objekte (MMR-Kanal 6 und 7) oder der Objekttemperatur (MMR-Kanal 8) beeinflusst werden, zu berücksichtigen und in geeigneter Weise zu einem Produktivitätskriterium zu verknüpfen. Aus diesem Grunde wurden für die Analyse der Profildaten alle Spektralkanäle des MMR sowie das Mikrowellensignal benutzt. Mit einem unüberwachten Klassifizierungsalgorithmus (KMEANS nach /3/) wurden die Profildaten in einem ersten Schritt in verschiedene Cluster separiert. Es wurden sowohl

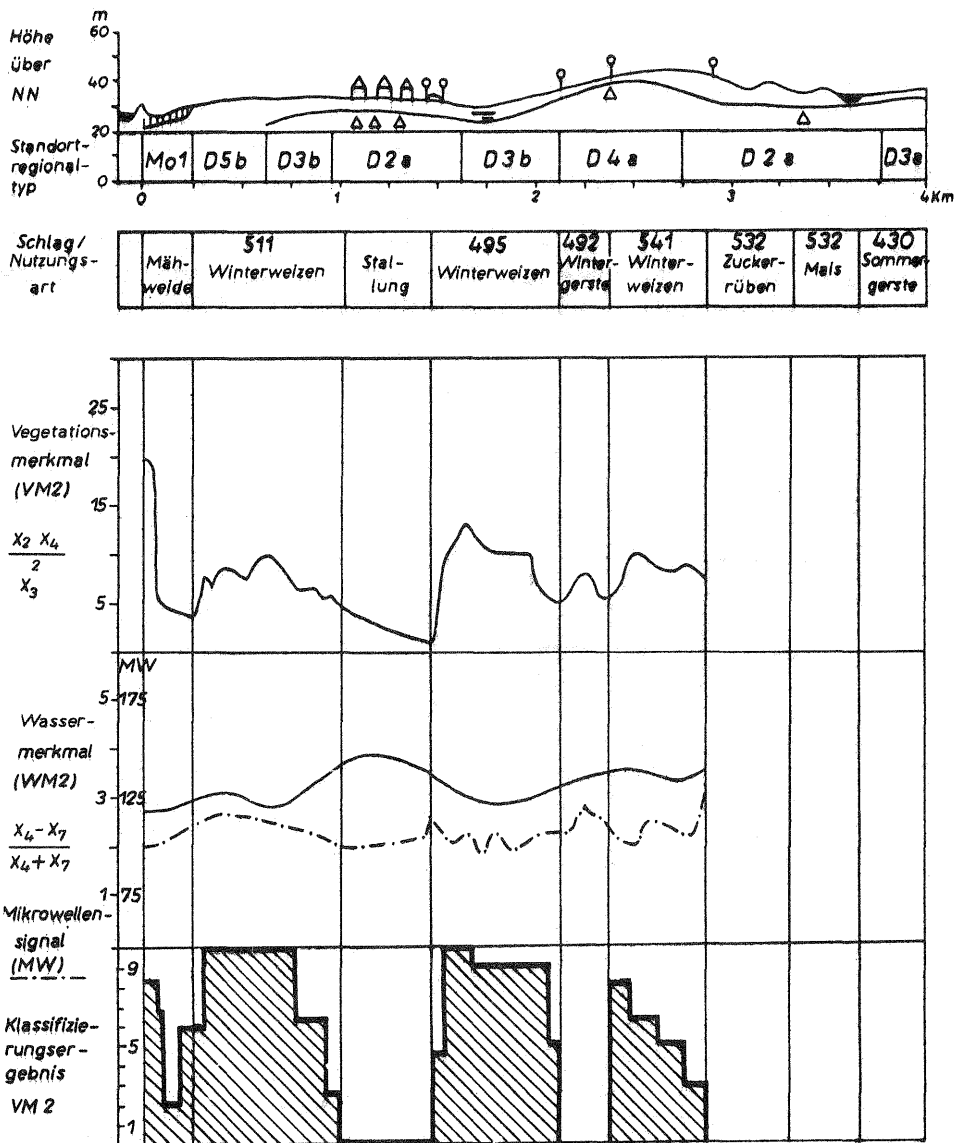


Abb. 4: Vegetations- und Wassermerkmal und Clusterergebnisse des Profiles 4 vom 8. 7. 1986

einzelne Profile als auch mehrere Profile gemeinsam und auch einzelne Ackerschläge mit der jeweils interessierenden Kultur bearbeitet. Dabei ergeben sich an Hand der spektralen Signaturen sowohl innerhalb der Ackerschläge als auch zwischen den Ackerschlägen mit gleicher Kultur deutliche Differenzierungen. Leichte Abweichungen in den Ergebnissen unterschiedlicher Profile sind durch die während der Messungen herrschenden ungünstigen Witterungsbedingungen mit stark wechselnden Einstrahlungsverhältnissen erklärbar.

Die mit Hilfe des Clusteralgorithmus gefundenen Cluster wurden an Hand der Spektralsignaturen der Clusterschwerpunkte bewertet. Dazu ist wiederum zur Vitalitätseinschätzung das Vegetationsmerkmal VM2 benutzt worden.

Abbildung 4 zeigt das nach steigendem Vegetationsmerkmal VM2 geordneten Clusterergebnis des Profiles 4 vom 8. 7. 1986 mit der entsprechenden Zuordnung der Cluster zu den Ackerschlägen. Auf der Grundlage der Standortunterschiede zwischen den Schlägen zeigen sich deutliche Unterschiede in der Vitalität gleicher Kulturen auf unterschiedlichen Schlägen. Innerhalb der Schläge ist die Differenzierung allerdings relativ gering. Durch die Beschränkung des klassifizierten Datensatzes auf die Weizenflächen wurde eine höhere Differenzierung innerhalb der Ackerschläge erreicht (Abb. 5). Dabei ist insbesondere das Absinken der Produktivität auf dem Hang im nördlichen Teil des Schlages und auf einer trockenen Sandinsel im südlichen Bereich deutlich hervorgetreten. In der Niederung liegt die höchste Produktivität vor.

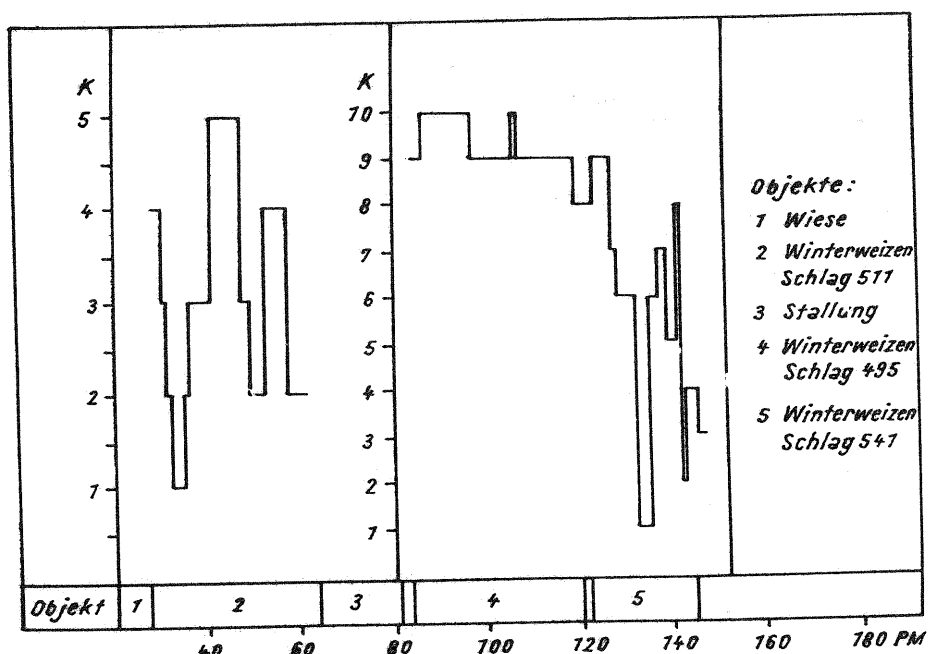


Bild : Ergebnisse der schlagbezogenen Klassifizierung, Profil 5, 8. 7. 86
 PM : Profilmesspunkt
 K : Klassennummer, nach VM2 geordnet

Abb. 5: Clusterergebnis auf der Grundlage spektraler Signaturen der Weizenschläge vom 8. 7. 1986, Trasse 5

Die im Ergebnis der Clusterung gefundenen Klassen aller Profile wurden zu vier Produktivitätsgruppen zusammengefasst. Grundlage für die Bewertung war dabei der in /2/ abgeleitete hierarchische Klassifikator, der hier jedoch auf die aus den Clusterschwerpunkten abgeleiteten Spektralmerkmale VM2, WM2 und die im Infrarotbereich gemessene Strahlungstemperatur angewandt wurde. Produktivitätsklasse 1 weist dabei die höchsten Werte der Vegetations- und Wassermerkmale und die geringsten Temperaturwerte auf und ist damit am vitalsten einzuschätzen. Abbildung 6 zeigt eine durch Verbindung von Profilabschnitten gleicher Produktivität extrapolierte flächenhafte Zuordnung der Produktivitätsgruppen. Bei Berücksichtigung der Klassifizierungsergebnisse des zweiten Befliegungstermins am 15. 7. 1986 läßt sich aus

Verteilung spektrometrisch erfaßter Produktivitätsklassen auf Weizenschlägen im Juli 1986

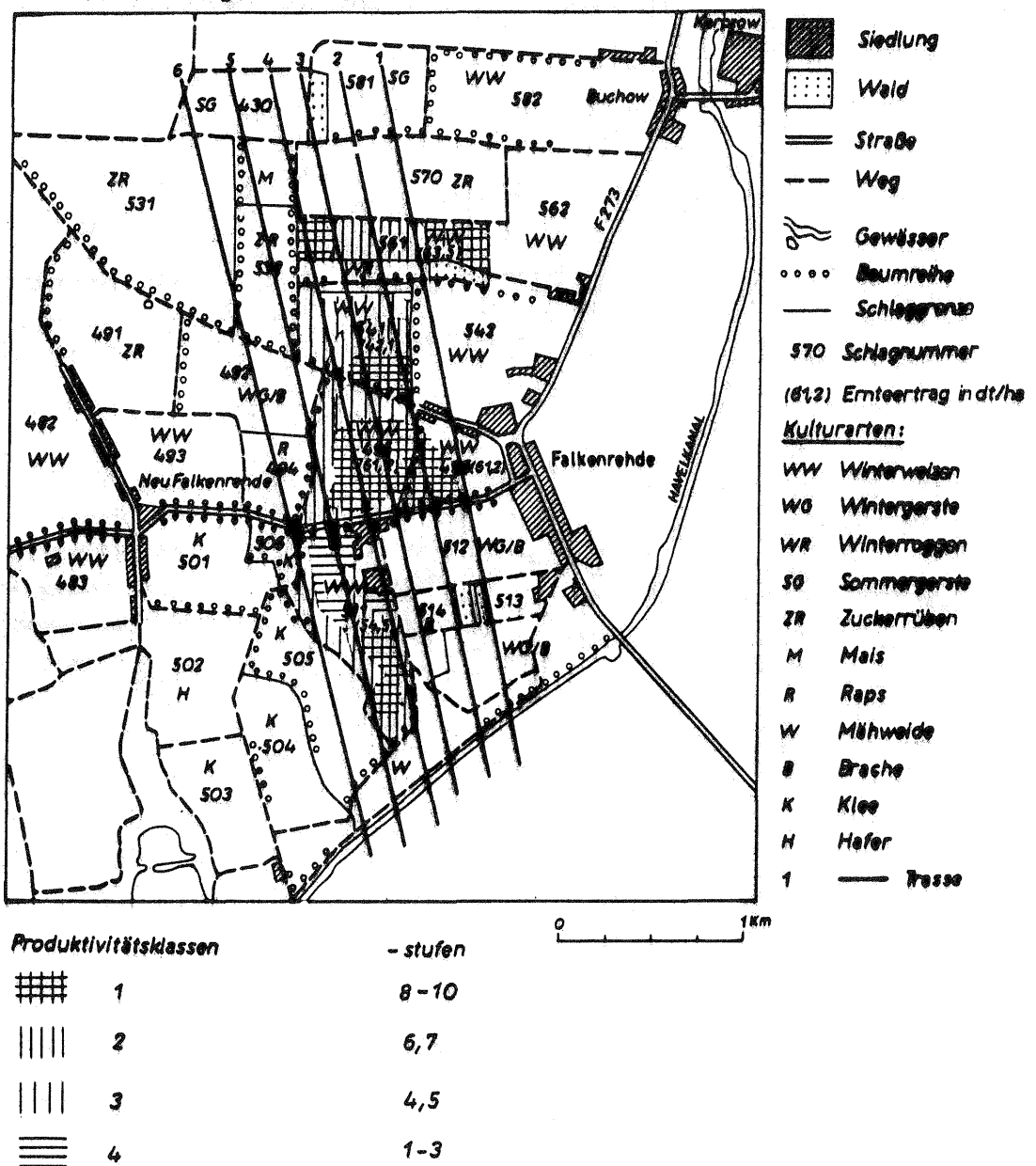


Abb. 6: Verteilung spektrometrisch erfaßter Produktivitätsklassen auf Weizenschlägen im Juli 1986

den Spektraldaten zusätzlich die Änderungsgeschwindigkeit der Vitalitätsmerkmale ableiten, die einen Schluß auf die Reifegeschwindigkeit ermöglicht. Abbildung 7 zeigt die Kombination beider Ergebnisse. Damit ist eine auf verschiedenen aus den Spektraldaten abgeleiteten Fakten beruhende komplexe Zustandeinschätzung der Weizenkulturen möglich, die mit den terrestrischen biometrischen Untersuchungen und Ergebnissen in guter Übereinstimmung steht. Eine Einschätzung der Produktivität der Ackerschläge mit der Kultur Winterweizen gibt die in Tab. 2 gegebene Reihenfolge, die mit der terrestrisch ermittelten übereinstimmt. Die auf dieser Grundlage berechnete Ertragsprognose (Tab. 1) weist um etwa 10 % zu hohe Werte auf, was insbesondere auf die nicht erfassten Ausfallflächen an den Rändern der Ackerschläge im Vorgewende zurückgeführt werden kann.

Verteilung spektrometrisch erfaßter Klassen unterschiedlicher Reifegeschwindigkeit auf Weizenschlägen im Juli 1986

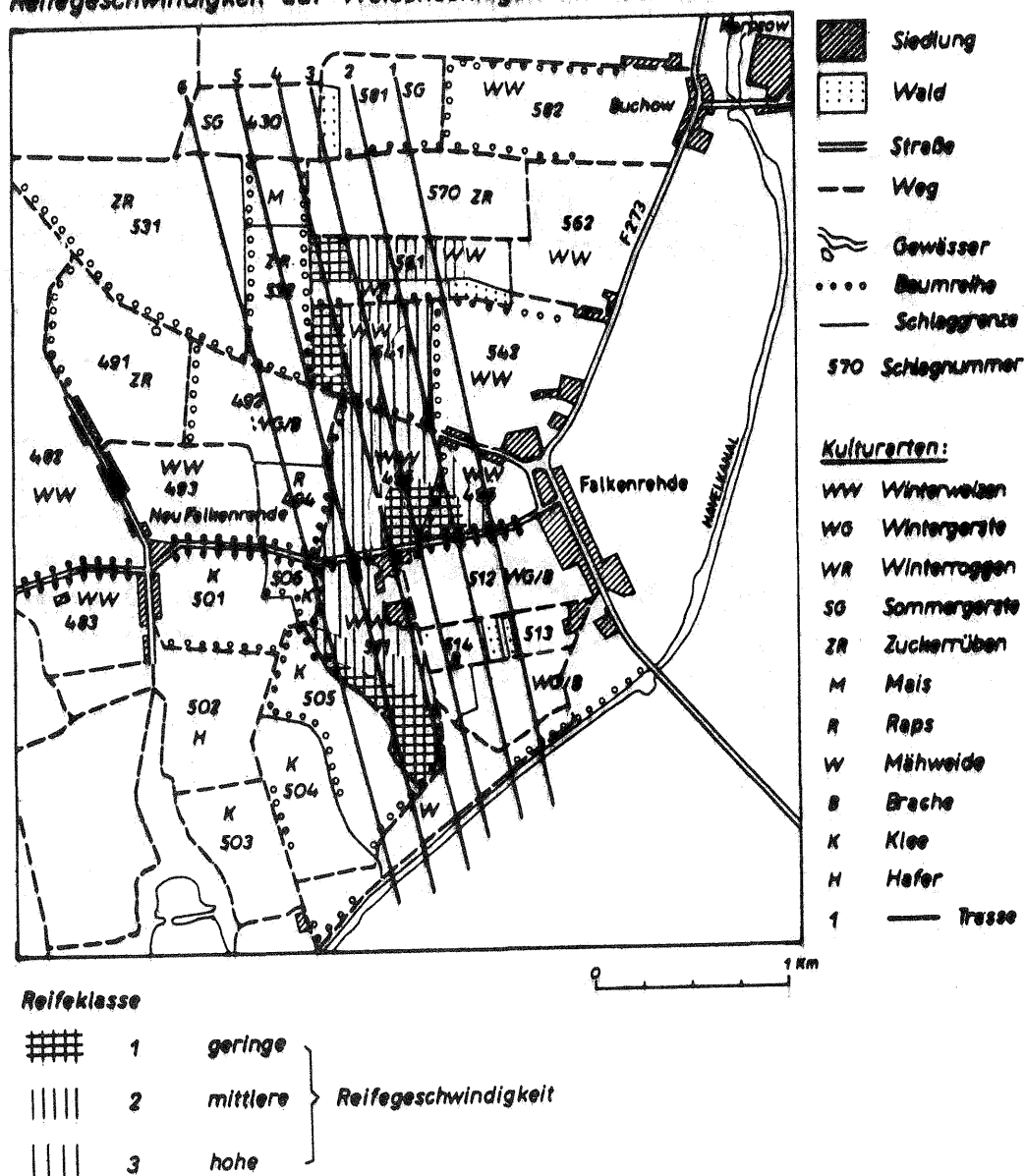


Abb. 7: Flächenhafte Verteilung der Änderungsgeschwindigkeit der spektralen Vegetationsmerkmale

Tabelle 1: Geschätzter und tatsächlicher Ertrag auf den Weizenschlägen des Testgebietes (in dt/ha)

I	Schlag	I	511	I	495/6	I	541	I	561	I	ges.	I
I	S	I	67,6	I	68,0	I	56,8	I	60,0	I	63,6	I
I	T	I	54,5	I	61,2	I	42,1	I	63,9	I	-	I

S: Schätzwert ; T: tatsächlicher Wert

Literatur:

- /1/ Barsch, H.; Söllner, R.; Weichelt, H.: Diagnose des Entwicklungszustandes von Getreide- und Grünlandflächen im Potsdam-Brandenburger Havelgebiet mit Hilfe der Multispektraltechnik. Geographische Berichte 112 (1984), Nr. 3, S. 197-206
- /2/ Barsch, H.; Söllner, R.: Erfassung von Komponenten der Ertragsbildung in agrotechnischen Geosystemen auf der Grundlage spektraler Signaturen. Peterm. Geogr. Mitt. 1987, Nr 1. S 41-50.
- /3/ Späth, H.: Cluster-Analyse-Algorithmen zur Objektklassifizierung und Datenreduktion R. Oldenburg Verlag, 1975
- /4/ Weichelt, H.; Herr, W.: Zur Vorverarbeitung multispektraler Daten. Vermessungstechnik 35 (1987), Nr. 8, S. 270-272
- /5/ Weichelt, H.: Beiträge zur in situ Messung von Spektralcharakteristiken natürlicher Objekte. ZIPE-Veröffentl. Nr. 90, Potsdam 1986

Zusammenfassung:

Im Rahmen des im Jahre 1986 durchgeführten internationalen Komplexexperimentes GEDEX-86 wurden im Testgebiet "Falkenrehde" Untersuchungen zur Zustandserfassung landwirtschaftlicher Kulturen unter den Bedingungen im pleistozänen Tiefland der DDR durchgeführt. Dabei wurden Messungen der spektralen Remissionscharakteristiken von Winterweizen, Wintergerste und Zuckerrüben mit dem mobilen Bodenmeßkomplex des Zentralinstitutes für Physik der Erde Potsdam und von einem niedrig fliegenden Flugzeug der Interflug aus sowie umfangreiche Untersuchungen verschiedener Parameter der Pflanzen und des Ackerbodens durch die Sektion Geographie der Pädagogischen Hochschule Potsdam durchgeführt. Über einige in diesem Zusammenhang erreichte Ergebnisse wird in dem vorliegenden Vortrag berichtet.