

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

**Herausgeber:** Verband Geographie Schweiz ; Geographisch-Ethnographische Gesellschaft Zürich

**Band:** 30 (1975)

**Heft:** 3

**Artikel:** Automatisierte Schneeflächenbestimmung mit digitalen Multispektraldata des ERTS-1

**Autor:** Gfeller, R. / Seidel, K.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-53397>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

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

# Automatisierte Schneeflächenbestimmung mit digitalen Multispektraldaten des ERTS-1

Mit Hilfe der wiederholten Satellitenaufnahme ist es erstmals möglich, die Veränderungen der Schneedecke über größere Gebiete hinweg festzustellen und zu kartieren. Eine erste Aufgabenstellung umfaßt deshalb die automatisierte Kartierung und Messung der mit Schnee bedeckten Flächen im Gebirge. Es sollen Charakteristika, die diese Flächen im Satellitenbild meßtechnisch kennzeichnen, bestimmt werden. Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Methode, um die Digitaldaten der Multispektralaufnahmen des Erdkundungssatelliten ERTS-1 für die automatische Schneeflächenbestimmung einsetzen zu können. Am

Beispiel eines 20 x 22 km<sup>2</sup> großen Alpen-Ausschnittes (Bergell) der ERTS-Aufnahmeserie 1076-09442 (Fig. 1) vom 7. Oktober 1972 wurde eine konkrete Lösung erarbeitet (Fig. 2).

Da die im Testgebiet berücksichtigten Oberflächenobjekte in verschiedenen Spektralbereichen unterschiedliches Reflexionsverhalten aufweisen, wurde eine Methode angewandt, bei der für die Schneearkterisierung jeweils simultan die zugehörigen Reflexionswerte aus allen vier MSS-Spektralbereichen beigezogen werden.

Als Verfahren wurde die aus der Statistik bekannte

*Tabelle 1: Neue Stichprobensammlung (17 Stichproben)*

		$\bar{x}$	$\sigma$			$\bar{x}$	$\sigma$			$\bar{x}$	$\sigma$
A	a)	118.94	14.09	B	21.20	1.69		C	31.87	2.12	
	b)	118.69	14.20		11.33	1.29			31.53	2.28	
	c)	108.27	17.77		7.08	1.11			42.02	1.82	
	d)	41.12	9.60		1.04	0.53			21.93	1.26	
D		13.37	1.07	N	13.56	0.66		O	35.62	1.13	
		6.80	1.24		5.36	0.93			20.37	0.82	
		5.25	2.11		2.77	0.66			7.43	0.93	
		1.44	1.35		0.01	0.11			0.29	0.45	
P		36.03	4.39	Q	24.05	2.87		R	19.79	1.22	
		35.30	4.11		21.56	2.96			14.16	1.46	
		40.78	2.62		36.13	4.50			39.56	3.45	
		20.14	1.87		20.05	2.74			23.34	2.46	
S		15.85	1.05	T	12.63	1.06		U	125.00	6.57	
		10.20	1.50		5.25	1.27			125.15	6.55	
		19.11	2.91		3.77	1.04			117.75	10.82	
		10.22	1.92		0.70	0.70			45.84	8.53	
V		23.18	2.69	W	20.50	2.92		X	125.58	1.01	
		12.84	1.64		11.34	2.19			125.86	1.03	
		8.58	1.47		8.16	2.86			116.20	4.92	
		1.58	0.66		1.82	1.26			42.28	2.37	
Y		29.82	1.73	Z	125.41	3.42			a) = Kanal 4		
		19.66	1.90		124.29	4.96			b) = Kanal 5		
		13.44	1.57		104.47	7.56			c) = Kanal 6		
		3.20	0.65		35.59	2.53			d) = Kanal 7		

#### Legende:

SO = Sonnenseitenlage  
SA = Schattenseitenlage

Anzahl  
Bildpunkte

A	= Schnee SO	111
B	= Schnee SA	90
C	= Gras SO	96
D	= Gras SA	128
N	= Silsersee SO	75
O	= Gletschersee Albigna SO	72
P	= Gras/Boden SO	84
Q	= Gras SO	72
R	= Laubwald SO	99
S	= Nadelwald SO	68
T	= Nadelwald SA	99
U	= Schnee SO	84
V	= Schnee SA	82
W	= Schnee und Fels SA	75
X	= Schnee und Eis SO	60
Y	= Schnee und Eis SA	75
Z	= Gletscher SO	72
Bildpunkte Total		1442

Dr. Rudolf Gfeller, Geographisches  
Institut der Universität Zürich,  
Blümlisalpstraße 10, 8006 Zürich.  
Dr. K. Seidel, Photographisches  
Institut der ETH Zürich, Sonnegg-  
straße 5, 8006 Zürich

lineare Diskriminanzanalyse benutzt. Die vom Multispektralscanner gelieferten Videodaten standen uns in digitaler Form zur Verfügung. Zuerst wurden aus der Datenmatrix eine Anzahl Objekte als Stichproben abgegrenzt (Tab. 1). Die Trennbarkeit dieser Stichproben beruht mathematisch auf der Tatsache, daß sie im 4-dimensionalen Variablenraum unterschiedliche Gebiete einnehmen. Zur Berechnung der Trennfunktion dieser Gebiete wurde das am RZETH vorhandene Programm BMD07M verwendet, das die lineare Diskriminanzanalyse schrittweise durchführt.

Es konnte gezeigt werden (Tab. 2), daß sich Schnee in verschiedenen Expositionen zur Sonne allein aufgrund seiner Reflexionscharakteristika in den vier ERTS-MSS-Kanälen bestimmen läßt. Allerdings muß man hierfür eine genügende Anzahl repräsentanter Stichproben auswählen. Mit der errechneten Trennformel läßt sich die Schneedecke aus den Satellitenbildern kartieren, indem man die vom Computer kommenden Klassifikationsresultate wieder bildmäßig dar-

stellt. In jedem Fall ist die Qualität der Methode abhängig von der Auswahl der Stichproben, d. h. von deren Abgrenzung nach Lage und Umfang.

In unserem Falle wurden zur Schneeklassierung und -kartierung zwei Stichprobensätze zusammengestellt, wobei der erste für den sogenannten Normalfall dient (trockener Neuschnee, Tab. 3), während der zweite für Bilder verwendet werden kann, deren Aufnahme im Zeitpunkt einer Schneeausaperungsperiode (z. T. feuchter, schmelzender Schnee) erfolgte.

Wichtig ist bei beiden Varianten, daß für die Schneegränzzone eine Stichprobe genau abgegrenzt werden kann. Die Festlegung der Stichproben sollte darum zum Zeitpunkt der Aufnahme im Felde vorgenommen werden.

Anhand der aus der Diskriminanzanalyse resultierenden Trennfunktion lassen sich alle Bildpunkte einer ERTS-MSS-Bildmatrix in «Schnee» oder «schneefreien Bildhintergrund» einteilen (Fig. 2). Die Klassifikationsmatrix repräsentiert die Summenhäufigkeit der Bild-

*Tabelle 2: Klassifikationsmatrix für die in Tabelle 1 aufgeführten Stichproben*

Gruppe	Zahl der Fälle klassiert in die Gruppe:																
	A	U	X	Z	B	V	W	Y	C	P	Q	R	S	N	O	D	T
SSO	A	29	37	27	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	U	6	39	29	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	X	0	8	44	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	2	0	8	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SSA	B	0	0	0	0	43	22	24	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	V	0	0	0	0	10	51	20	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	W	0	0	0	0	18	16	30	1	0	0	0	0	1	0	9	0
	Y	0	0	0	0	0	6	0	67	0	0	0	0	0	2	0	0
HGO	C	0	0	0	0	0	0	0	69	20	7	0	0	0	0	0	0
	P	0	0	0	0	0	0	0	27	57	0	0	0	0	0	0	0
	Q	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69	1	2	0	0	0	0
	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	97	0	0	0	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	2	0
	N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	39
	O	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	69	0	0
HGA	D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	32	0	63	30
	T	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	27	0	32	38

punkte (Tab. 4) einer Szene in den verschiedenen Stichproben-Kategorien, und damit kann schließlich deren Bedeckung auf der Erdoberfläche ermittelt werden. Ein Bildpunkt umfaßt in der Orthogonalprojektion auf der Erdoberfläche ein Gebiet von 4514 m<sup>2</sup>. Sofern eine möglichst genaue Angabe über die Flächenbedeckung durch Schnee gewünscht wird, sollte vor allem in Gebirgsregionen nicht einfach die aus dem Satellitenbild durch Parallelprojektion auf eine Ebene bezogene Fläche gemessen werden, sondern die wahre Oberfläche. Für das Testgebiet (Bergell) beträgt der Unterschied zwischen der wahren Oberfläche und der Orthogonalprojektion ca. 20%. Im Hinblick auf ein operationelles Schneeforinformationssystem wäre eine Lösung dahingehend denkbar, daß man die vom Satelliten übermittelte Bildinformation direkt in ein digitales

Reliefmodell projizieren würde. Mit diesem System wäre jederzeit eine exakte Flächenbestimmung von Schnee im Gebirge möglich.

Neben der eigentlichen Klassifikation beinhaltet das erarbeitete System noch zahlreiche vorverarbeitende Programmteile zur geometrischen und radiometrischen Korrektur der Daten sowie zur Ausgabe der Ergebnisse in Form photographischer Bilder. Ein erst kürzlich von der ETHZ erworbenes Bildaufbelichtungsgerät (Optronics Photomat 1700) erlaubt es, die Klassifikationsergebnisse wieder bildmäßig darzustellen und zwar in Bildern von photographischer Qualität.

Bei dem von uns entwickelten Verfahren handelt es sich um eine weitgehend automatisierbare Methode, da lediglich zur Abgrenzung und Auswahl der geeigneten Stichproben (evtl. mit Feldarbeit) ein Interpret

*Tabelle 3: Klassifikationsmatrix für die neue Lerngruppenauswahl*

Gruppe		Zugeordnete Anzahl Bildpunkte zur Lerngruppe:								
		U	E	B	Y	O	P	Q	S	T
SSO	U	78	6	0	0	0	0	0	0	0
	A	80	31	0	0	0	0	0	0	0
	X	60	0	0	0	0	0	0	0	0
	Z	62	10	0	0	0	0	0	0	0
	E	12	54	0	0	0	4*	0	0	0
SSA	B	0	0	87	0	0	0	0	0	3*
	V	0	0	77	4	0	0	0	0	1*
	W	0	0	58	1	0	0	0	0	16*
	Y	0	0	4	70	1*	0	0	0	0
HGO	N	0	0	9*	0	0	0	0	0	66
	O	0	0	0	1*	71	0	0	0	0
	P	0	0	0	1*	0	79	4	0	0
	Q	0	0	0	0	0	0	68	4	0
	R	0	0	0	0	0	0	99	0	0
	S	0	0	0	0	0	0	0	67	1
	C	0	0	0	0	0	53	43	0	0
HGA	T	0	0	10*	0	0	0	0	0	89
	D	0	0	5*	0	0	0	0	3	120
		Schnee				Bildhintergrund				

\* = Fehlklassierungen von Schnee zum Bildhintergrund oder umgekehrt

*Tabelle 4: Klassifikationsmatrix für den Bildausschnitt*

Gruppe	Zugeordnete Anzahl Bildpunkte zur Lerngruppe:								
	U	E	B	Y	O	P	Q	S	T
U	78	6	0	0	0	0	0	0	0
E	12	54	0	0	0	4	0	0	0
B	0	0	87	0	0	0	0	0	3
Y	0	0	4	70	1	0	0	0	0
O	0	0	0	1	71	0	0	0	0
P	0	0	0	1	0	79	4	0	0
Q	0	0	0	0	0	0	68	4	0
S	0	0	0	0	0	0	0	67	1
T	0	0	10	0	0	0	0	0	89
Testgebiet	8034	19200	6571	11843	803	16644	14523	9994	10692
		SSO		SSA			HGO		HGA
	45648 Schnee				52656 Bildhintergrund				

notwendig ist. Es ist aber denkbar, daß nach weiteren Untersuchungen eine umfassend gültige Stichprobensammlung erarbeitet werden kann, so daß auch dieser Schritt automatisiert werden könnte.

Bevor aber ein routinemäßiger Einsatz von automatisierten Systemen in Betracht gezogen wird, ist noch zusätzliche Grundlagenforschung notwendig. Insbesondere setzt die Interpretation von Fernerkundungsdaten hinreichende Kenntnisse über die physikalischen Eigenschaften der Geländeobjekte voraus. Für die Auswertung multispektraler Daten liegen bisher nicht genügend Informationen über das Reflexionsverhalten von Oberflächen vor. Hinzu kommt, daß sowohl die räumliche Struktur von Geländeobjekten als auch die Mischung verschiedener Reflexionssignale innerhalb eines einzelnen Bildelementes die Auswertung

erschweren. Neben umfassenden Kenntnissen über die Spektraleigenschaften der Objekte sind wirksamere Methoden zur Elimination von Störeffekten notwendig, wie z. B. von der Atmosphäre verursacht werden.

## Literatur

GFELLER, R., 1975: Untersuchungen zur automatisierten Schneeflächenbestimmung mit Multispektral-Aufnahmen des Erdekuungssatelliten ERTS-1, Diss. Univ. Zürich.

SEIDEL, K., 1975: Analoge und digitale Auswertung von Satellitenbildern (ERTS-1), (Arbeitstitel), in Vorbereitung.