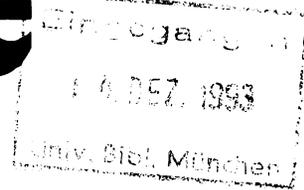
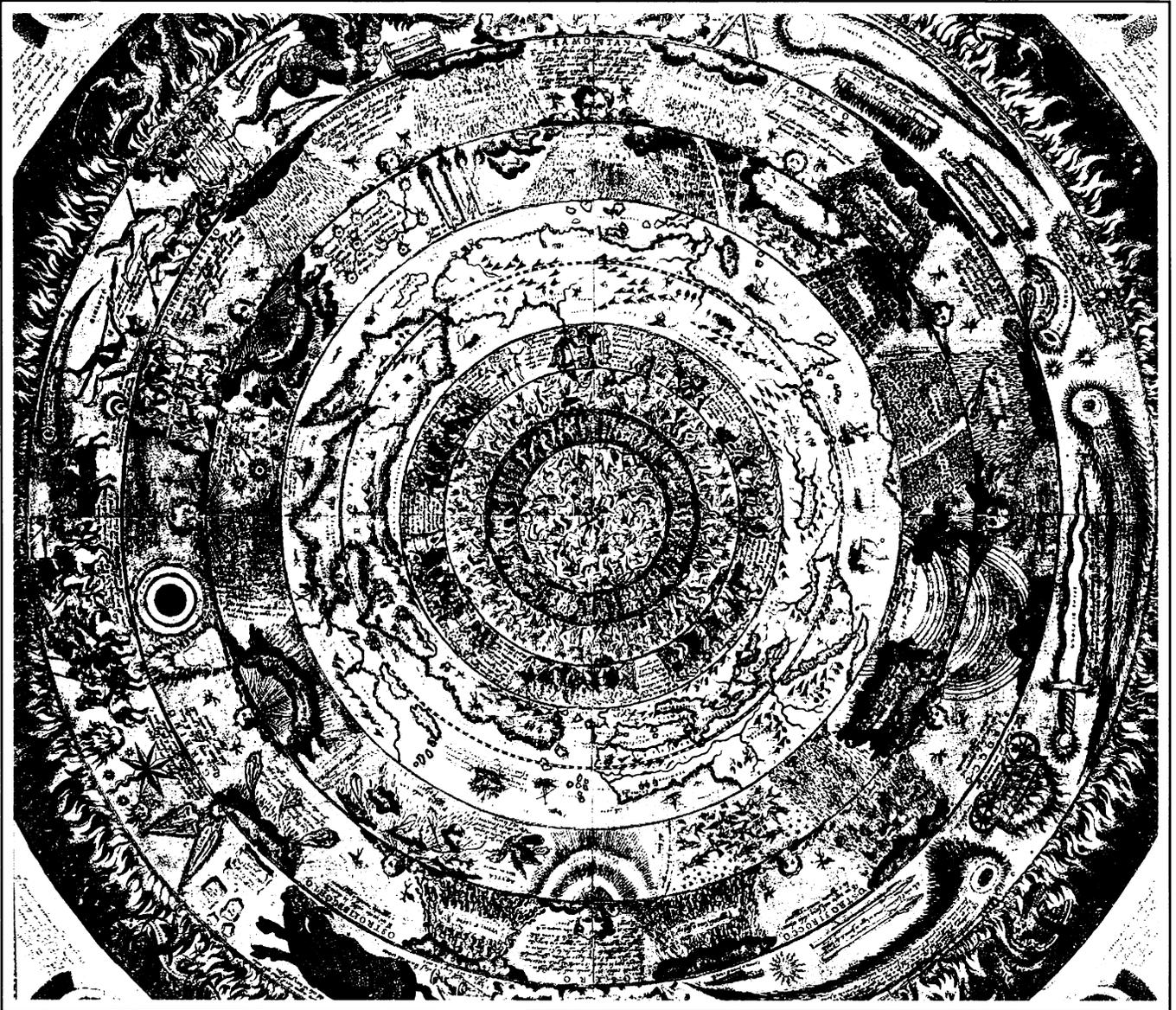


Geographische Rundschau

S 3211 E



Dezember 12/1993



Methoden und Forschungsfragen

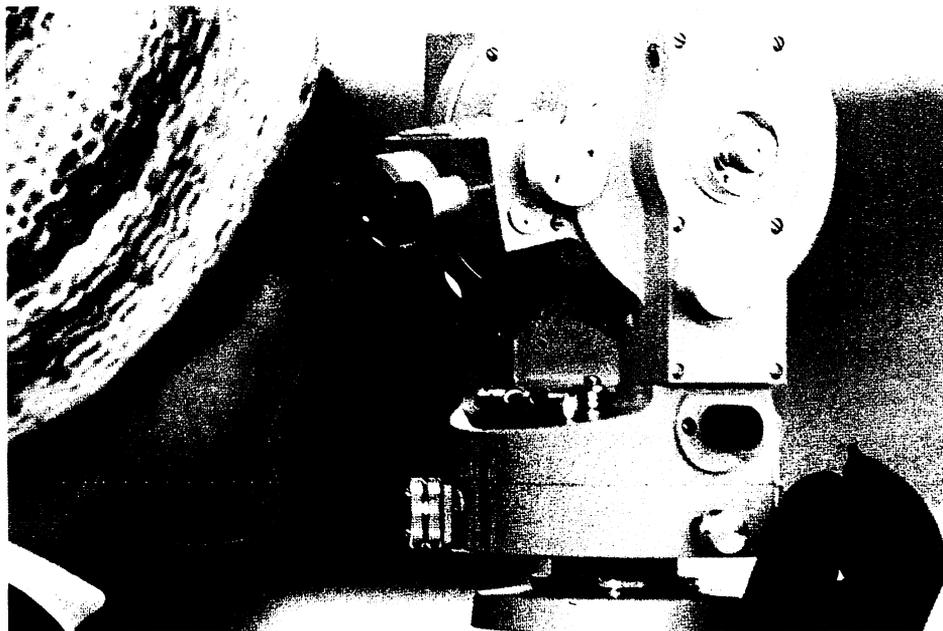
MIR-Weltraumfotos von Kalimantan
Vom Jakobsstab zum GPS
Kartographie schriftloser Kulturen
Von der Reisebeschreibung zum GIS
Erfassung fluvialer Dynamik
Sozialgeographische Raummodelle
Raumordnungsprognose 2010

westermann®

Geographische Rundschau

Jahrgang 45
Dezember 1993
Heft 12

westermann



Mit dem Reduktionstachymeter können im Gelände Richtungen und Entfernungen reduziert in die Kartenebene gemessen werden

Foto: G. Stäblein

Titelfoto
Weltkarte des Maltesers Antonino Saliba, Neapel 1582 (Ausschnitt)

Quelle: Herzog August Bibliothek Wolfenbüttel, Kartensammlung 3,6

Moderator dieses Heftes:
Gerhard Stäblein

Prof. Dr. Gerhard Stäblein, Moderator dieses Heftes und langjähriges Mitglied des Redaktionsbeirates, ist am 30.10.1993 nach kurzer schwerer Krankheit in Bremen verstorben. Eine Würdigung seiner Arbeit erfolgt in der nächsten Ausgabe der GEOGRAPHISCHEN RUNDSCHAU.

Daß die Geographie auf eine uralte Tradition zurückblicken kann, mag ihr heute nicht viel helfen. Die Erforschung ferner Länder und die Erklärung räumlicher Strukturen scheinen im Jet- und PC-Zeitalter anachronistisch. Wo also liegt die Zukunft der Geographie? Sicher einmal in der Anwendung modernster Techniken und Methoden zur Beantwortung der Frage, was „die Welt im innersten zusammenhält“. Hier vermögen Computer- und Satellitentechnik neue (Welt-)Anschauungen zu vermitteln. Aber der Schritt zur Problemlösung wäre nicht zu bewältigen, würde sich die Geographie in unzähligen Spezialdisziplinen verlieren. Denn wenn Lösungen für Zukunftsprobleme interdisziplinär entwickelt werden müssen, kann die Geographie auf ihre ureigenste Stärke zurückgreifen.

Methoden und Forschungsfragen

*Florian Siegert, Volker Liebig,
Anton Wanninger*

Fernerkundung zum Schutz des Regenwaldes 696

Fotos der russischen Raumstation MIR von Kalimantan

Gerhard Stäblein

Vom Jakobsstab zum GPS 702

Entwicklung der Verfahren der geographischen Ortsbestimmung

Frauke Kraas

Von der Reisebeschreibung zum Geographischen Informationssystem (GIS) 710

Zum Problem der Erhebung und Verarbeitung geographisch relevanter Daten

Andreas Dittmann

Raumauffassung und Kartographie bei schriftlosen Kulturen 718

Andere Perspektiven zur Welt

Benno Werlen

Handlungs- und Raummo- delle in sozialgeographischer Forschung und Praxis 724

Hansjörg Bucher

Die Raumordnungsprognose 2010 730

Ein Ansatz für ein zukunftsbezogenes Informationssystem

Dietrich Barsch, Roland Mäusbacher

Flüsse und Flußlandschaften 736

Die Erfassung der fluvialen Dynamik

Kuno Priesnitz

Abtragungsmessungen auf Festgesteinsoberflächen mit dem Erosionsmikrometer 744

Verschiedenes

Diskussion

Erich Plate, Wolfgang Kron

Naturkatastrophen und Katastrophenschutz 749

Die Internationale Dekade für
Katastrophenvorbeugung (IDNDR)

Geographie aktuell 751

Verband Deutscher Schulgeogra- phen e.V.: Verbandsexkursionen 1994 756

Impressum 758

In Heftmitte: Jahresinhaltsverzeichnis 1993

gedruckt
auf
chlorfreiem
Papier

Florian Siegert, Volker Liebig, Anton Wanninger

Fernerkundung zum Schutz des Regenwaldes

Fotos der russischen Raumstation MIR von Kalimantan

Die Zerstörung der Regenwälder hat ein noch nie dagewesenes Ausmaß erreicht. Weltraumgestützten Aufklärungssystemen kommt bei der Erfassung dieser großflächigen Umwelterstörung eine herausragende Rolle zu. Spezialkameras auf der russischen Raumstation MIR, die in 400 km Höhe

alle 90 Minuten die Erde umkreist, liefern Aufnahmen von den Regenwäldern mit einer bisher nicht gesehenen Qualität. Mit einer Bodenauflösung von ca. 7,5 Metern erlauben die Farbaufnahmen eine detailgenaue Analyse der Vorgänge in den weiträumigen, unzugänglichen Regenwaldgebieten.

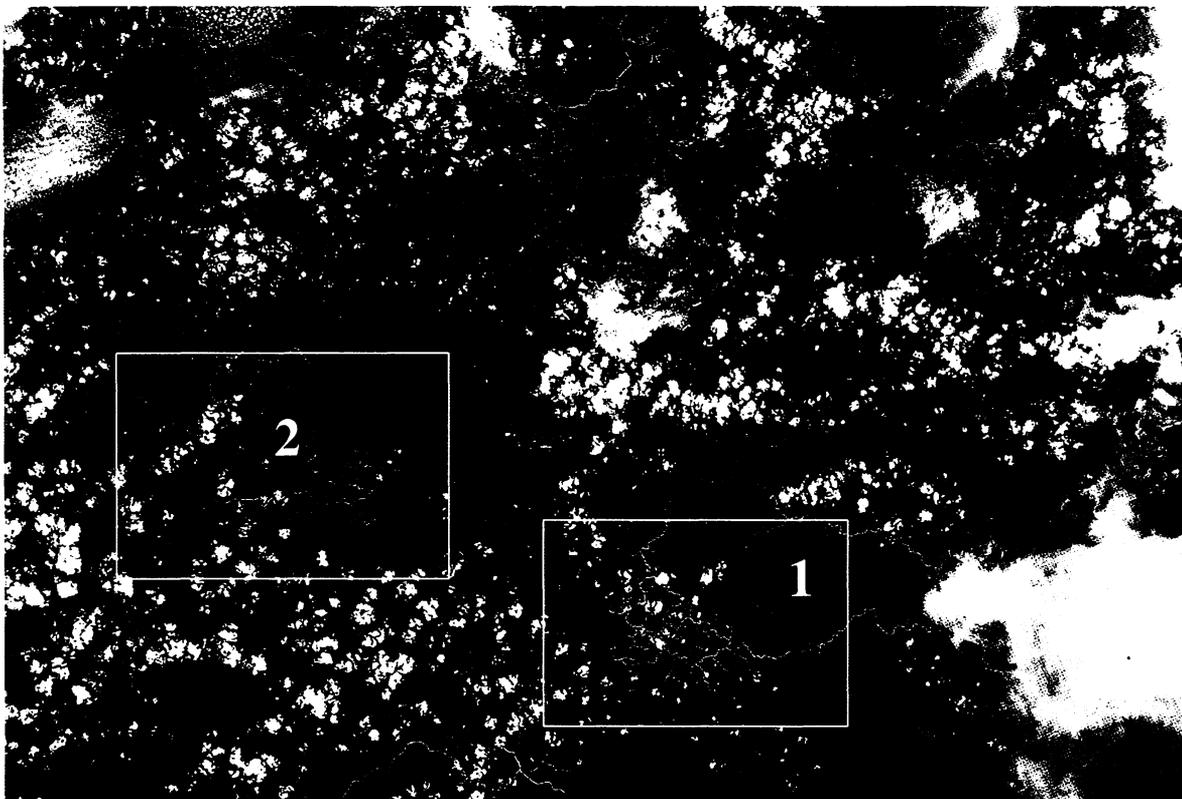


Foto 1: Das Foto entstammt einer Serie, die während eines Überfluges über Kalimantan, Indonesien, im Dezember 1991 aufgenommen wurde (Zentrum der Szene Breite $0^{\circ} 10'$; Länge $115^{\circ} 45'$; Seriennummer 22390)

Das Untersuchungsgebiet liegt am Mittellauf des Mahakam, eines der größten Flüsse auf Borneo (vgl. Abb. 1). Das Foto zeigt einen Ausschnitt von $100 \times 65 \text{ km}^2$. Links fließt der Mahakam durch das nur gering modellierte Tiefland. Der Fluß erscheint aufgrund einer Farbverschiebung bei der Negativentwicklung rot. Tatsächlich ist er aufgrund seiner immensen Sedimentfracht hellbraun gefärbt. Deutlich sind viele fein verästelte Strukturen zu erkennen, die auf den ersten Blick wie weitverzweigte Flußsysteme aussehen. Bei genauer Prüfung zeigt sich jedoch, daß diese Annahme falsch ist. Die Markierung 1 zeigt einen stark mäandrierenden Fluß, der von einer Straße gekreuzt wird (siehe Vergrößerung in Foto 3). Die Fotos 2-4 zeigen, daß der Informationsgehalt der Aufnahme durch Vergrößerung

erheblich gesteigert werden kann. Dann wird sichtbar, daß der gesamte Regenwald rechts des Flusses Mahakam von Straßen durchzogen ist, die die Holzfäller zum Abtransport der riesigen Stämme nutzen. Die Straßen beginnen immer an großen Flüssen. Auf denen wird der erforderliche schwere Maschinenpark vor Ort gebracht. Bulldozer graben vom Fluß aus 20 Meter breite Schneisen in den Wald, auf denen dann Lkws bis in die Fällgebiete fahren, um die Stämme aufzuladen und an den Fluß zu bringen. Zu riesigen Flößen zusammengebunden werden sie dann flußabwärts Richtung Meer geschifft. In den aktuellen Fällgebieten verzweigt sich die Hauptstraße in immer kleinere Nebenstraßen. Dadurch entstehen die baumartigen Strukturen.

Das feuchte und warme Klima der tropischen Regenwälder beherbergt mehr als 80% aller weltweit bekannten Pflanzen- und Tierarten. Nach neuesten Schätzungen sterben bei der gegenwärtigen Entwaldungsrate über tausend Arten pro Jahr aus – meist bevor sie wis-

senschaftlich erfaßt worden sind (Myers 1989). Zugleich wird der Lebensraum für Millionen von Menschen zerstört, die über Jahrhunderte gelernt haben, den Regenwald verträglich zu nutzen. Mit Sicherheit wirkt sich die großflächige Entwaldung auf das lokale Klima aus. Ungeklärt sind die

Konsequenzen für das globale Klimageschehen (Salati 1990, Enquete Kommission 1990). Alljährliche Hochrechnungen der Entwaldungsrate schwanken zwischen $80\,000 \text{ km}^2$ weltweit und $200\,000 \text{ km}^2$ für Brasilien allein (Myers 1989, Fearnside 1990).

zweigt eine breite Straße nach oben ab und verschwindet langsam im Grün des Regenwaldes. Sie führt in ein Lizenzgebiet, in dem der Einschlag schon einige Zeit zurückliegt. Lianen und nachwachsende Jungbäume bedecken den freiliegenden Boden, und das Netz der verlassenen Nebenstraßen wächst mit lichtliebenden, schnellwachsenden Pflanzenarten wieder zu.

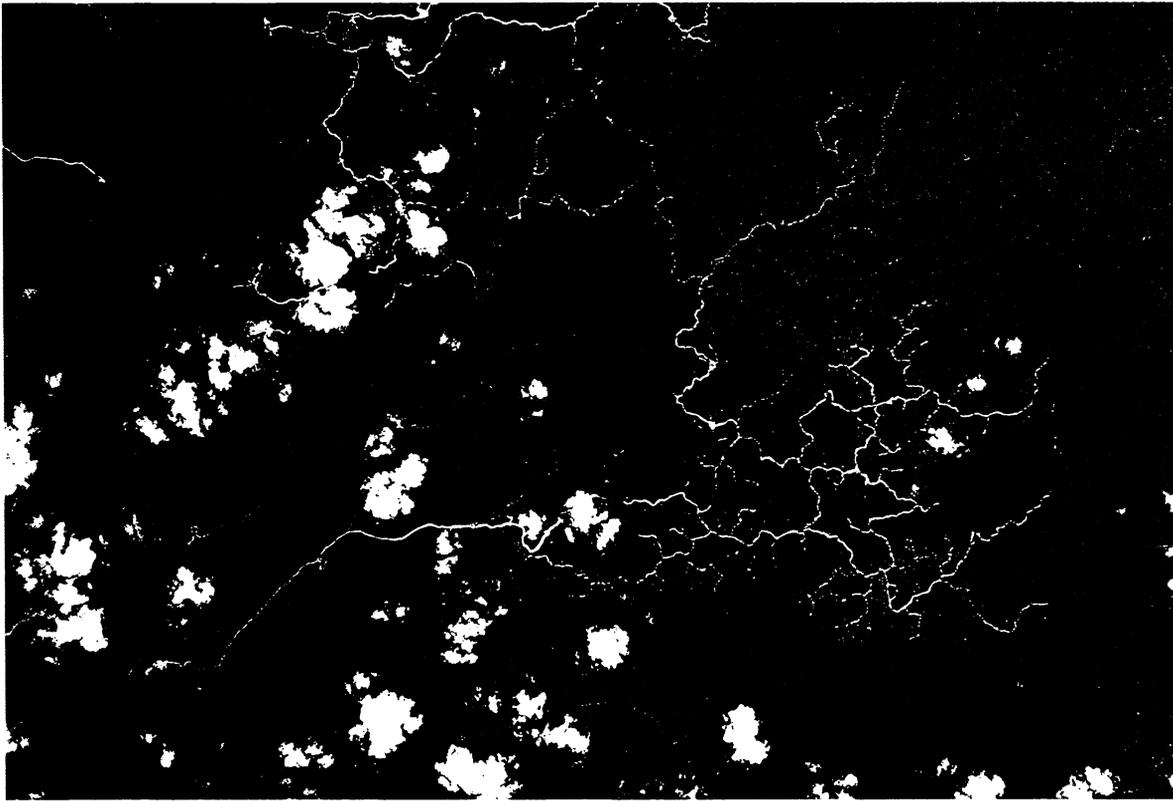


Foto 2: Vierfache Vergrößerung der in Foto 1 mit 2 markierten Region

Das Gebiet ist 30 x 20 km² groß. Am Flußufer sieht man einen großen Holzlagerplatz, auf dem die Stämme vor der Verschiffung zwischengelagert werden. Die Straße führt dann durch leicht hügeliges Gelände etwa 25 km tief in den Regenwald. Dort entfaltet sich ein feines Netz von Nebenstraßen, auf denen die Bulldozer zu jedem einzelnen, nutzbaren Baum vordringen und die gefällten Stämme an Stahlseilen auf die Straße ziehen. Konzessionen, in denen gerade gearbeitet wird, weisen braune Straßensysteme auf. In ruhenden Konzessionen erscheinen Straßensysteme grün, da Sekundärvegetation die Zufahrtswege überwuchert hat. In der Bildmitte der Aufnahme

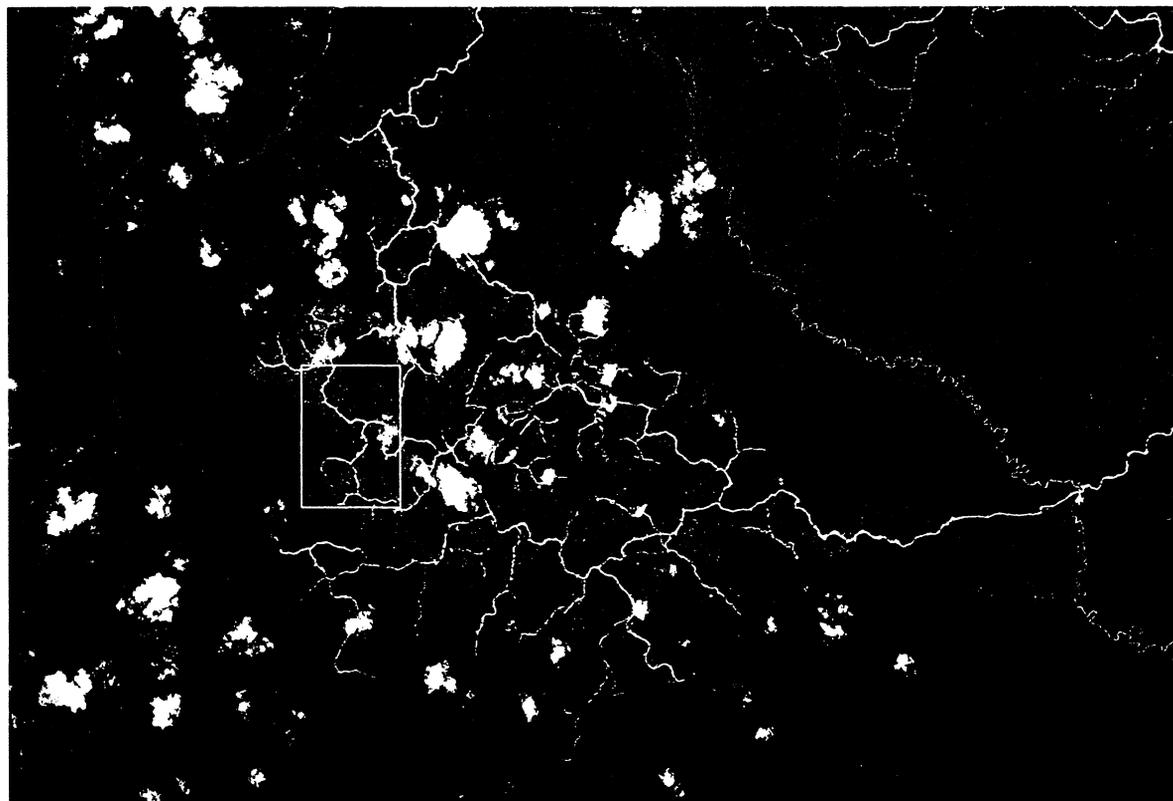


Foto 3: Fünffache Vergrößerung der in Foto 1 mit 1 markierten Region

Das Gebiet ist 27 x 19 km² groß. Am rechten Bildrand kreuzt eine Holzfällerstraße einen mäandrierenden Fluß. Am Flußufer sieht man einen großen Holzlagerplatz. Bei maximaler Vergrößerung lassen sich dort lagernde Baumstämme identifizieren. Am linken Bildrand sind Siedlungsaktivitäten auszumachen. In der Nähe von Straßen ist das Grün des Waldes von braunen Flecken durchbrochen, das Kronendach erscheint schütter. Die braune Färbung ist auf durchscheinenden braunroten Boden und vertrocknete Vegetation zurückzuführen, die von den Holzfällern zurückgelassen wird. Im Fallen reißen Urwaldriesen viele andere mit ihnen durch Lianen verbundene Bäume um. Die

unbrauchbaren Baumkronen und Brettwurzeln werden abgetrennt und im Wald zurückgelassen. Nur etwa die Hälfte eines Baumes wird auf Lkws verladen und abtransportiert. In Gebieten intensiver Nutzung erscheinen etwa 20–40% der Fläche als braun. Damit bestätigen sich frühere Untersuchungen der FAO vor Ort, nach denen bei der selektiven Holznutzung bis zu 40% der Waldfläche zerstört wird (Nesctoux und Kuroda 1989).

Die Diskrepanz beruht auf dem unsicheren Datenbestand. Hier kommt Welt-raumfotos und digitalen Satellitendaten eine herausragende Rolle zu, denn nur die regelmäßige Beobachtung aus großer Höhe erlaubt die Kontrolle der riesigen, meist schwer zugänglichen Regenwaldgebiete. Neue Möglichkeiten bieten Fotos, die von der russischen Raumstation MIR aufgenommen wurden. Mit 7,5 m Bodenauflösung gehören sie zu den besten Farbaufnahmen unserer Erde. Die politischen Veränderungen in der früheren UdSSR haben dazu geführt, daß diese bisher ausschließlich militärisch genutzten Aufnahmen jetzt allgemein verfügbar sind. Weltweit erkennt eine zunehmende Anzahl von Politikern und Entwicklungsplanern die Bedeutung einer ökologisch verträglichen Nutzung der Regenwälder. Eine zuverlässige Einschätzung vergangener und aktueller Entwaldungsraten ist für diese Entscheidungsträger unverzichtbar. Voraussetzung hierzu sind vollständige und zuverlässige Informationsquellen. Falsche Entscheidungen bei der Ausbeutung der natürlichen Ressourcen können den Wohlstand und die weitere Entwicklung von Millionen von Menschen entscheidend beeinflussen.

Raumstation MIR

MIR kreist seit 1986 um die Erde. Geplant, gebaut und in den Orbit gebracht wurde die russische Raumstation noch zu Zeiten des Kalten Krieges. MIR entstand als ein weiterer konsequenter Schritt der sowjetischen Raumfahrtstrategie. Zum Mars reisen und den Mond besiedeln konnte man nur, wenn man vorher im erdnahen Raum Langzeitmissionen durchführte. Dazu wollte man natürlich auch als erster eine ständig bemannte Station im Weltraum haben, um die Führungsrolle in der Raumfahrt zu demonstrieren. Weiterhin war die Raumstation auch als eine Plattform für militärische Aufklärung gedacht, die die verschiedenen unbemannten Aufklärungssatelliten ergänzt. Es blieb trotz deren Zuverlässigkeit nämlich immer noch ein Rest von Aufgaben, die nicht durch einen Automaten, sondern nur von Menschen erledigt werden konnten. So haben z. B. nur die Kosmonauten den Überblick über die ganze Erdoberfläche, nur sie können schnell entscheiden, was interessant sein könnte, um die Kamerasysteme dort hinzulenken.

Nach der Öffnung der GUS zum Westen versucht *NPO Energia*, die größte russische Raumfahrtfirma mit Sitz in Kaliningrad bei Moskau, als Betreiber der Raumstation MIR, Teile ihrer Aktivitäten zu kommerzialisieren (Liebig 1992). Seit kurzem werden die hochauflösenden Welt-raumfotos von der Raumstation MIR im Westen zum Verkauf angeboten.

Im Augenblick besteht die MIR-Station aus vier Modulen, dem Basisblock, KWANT, KWANT-2 sowie KRISTALL. KWANT ist in Längsrichtung an den Ba-

sisblock angekoppelt. KWANT-2 und KRISTALL sind die beiden senkrecht zur Hauptachse der Raumstation angebrachten Module. Bis zum Frühjahr 1994 sollen die Module PRIRODA (Natur) und SPEKTR dazukommen. Hauptzielsetzung der PRIRODA-Mission wird die Erdbeobachtung sein.

Durch ihre hohe Inklination von 51,6° fliegt MIR über alle Gebiete der Erde von 51,6° Süd bis 51,6° Nord. Damit ist die MIR-Station weitaus besser für die Erdbeobachtung geeignet als jedes andere bemannte System, wie z. B. das amerikanische Spaceshuttle oder die geplante Raumstation FREEDOM mit nur 28° Inklination.

Die MIR-Station fliegt in ca. 400 km Höhe alle 90 Minuten einmal um die Erde. Zur optimalen Energieversorgung ist die Raumstation im Normalfall durch das Bordlageregelungssystem mit seinen Solarpanels zur Sonne hin ausgerichtet. Nur während Aufnahmeperioden wird die Station so gedreht, daß die Flugrichtung parallel zur Bewegungskompensation der Kamera ist. Diese Ausrichtung kann für etwa drei Umläufe beibehalten werden, was ca. 270 min entspricht. Danach müssen die Speicherzellen an Bord wieder mit Sonnenenergie aufgeladen werden. (Persönliche Information *NPO Energia* 1991)

PRIRODA-5 Kamerasystem

An Bord von MIR sind verschiedene Erdbeobachtungskameras installiert. Auf KWANT-2, einem der vier Module der Raumstation, sind die KAP-350 Kamera und die Multispektralkamera MKF-6MA angebracht. KAP-350 ist eine mittelgroße Kamera (350 mm Brennweite) mit einer Bodenauflösung von ca. 40 m. Die Bodenbedeckung beträgt 200 x 200 km² (alle Daten bezogen auf eine Orbithöhe von 400 km). Die ostdeutsche MKF-6MA ist eine analoge Multispektralkamera mit einer Bodenauflösung von 25 m und einer Bodenbedeckung von 175 x 260 km².

Die in diesem Artikel vorgestellten Farbaufnahmen aus dem Weltraum stammen von einer der beiden KFA-1000 Kameras, die zusammen das PRIRODA-5 System auf dem Modul KRISTALL bilden (zu den technischen Daten vgl. Tab. 1).

Tab. 2: Kosten- und Systemvergleich

Satellitenkamera	Kosten pro Bild (US\$)	Bodenauflösung (m)	Flächenauschnitt (km ²)	Bildfläche (km ²)	Kosten (US\$/km ²)
Landsat MSS	1 000	79	170 x 185	31 450	0,03
Landsat TM	4 400	30	170 x 185	31 450	0,14
Spot-XS	ca. 2 100	20	60 x 60	3 600	0,58
Spot-Pan	ca. 2 650	10	60 x 60	3 600	0,74
KFA-1000	ca. 1 150	7,5	120 x 120	14 400	0,08
MKF-6MA	ca. 880	20	175 x 260	45 500	0,02
MK-4	ca. 1 200	10	150 x 150	22 500	0,05

Quelle: Liebig 1992, S. 15

Diese in der ehemaligen Sowjetunion hergestellten Kameras sind parallel montiert und mit einer Neigung zum Nadir von jeweils 8° angeordnet. Deshalb überschneiden sich die Bilder der zwei Kameras seitlich um 1° (ungefähr 7 km am Boden).

Beide Kameras sind in Vorwärtsrichtung bewegungskompensiert. In der Regel werden die Bilder mit einer Überdeckung von 60% in Flugrichtung aufgenommen. Mit den so gewonnenen Bildern sind Stereoaufwertungen und damit die dreidimensionale Erfassung des Geländes möglich. Man kann mit dem Bildmaterial somit auch Höhenmodelle von topographisch bisher schlecht vermessenen Gebieten der Erde erzeugen.

Die hohe Auflösung der Kameras von ca. 7,5 m bei Farbdarstellung läßt wesentlich mehr Details am Boden erkennen, als vergleichbare Bilder aus westlichen Systemen wie SPOT oder Landsat (vgl. Tab. 2). Diese Daten sind damit sehr gut zur Städteplanung oder Landnutzungsplanung verwendbar. Auch große Abholungsflächen oder Brandrodungsflächen sind mit dieser hohen Auflösung auszumachen. Kann man aber auch erkennen, wenn aus einem intakten Waldbestand nur vereinzelt Bäume geschlagen werden? Ziel einer Untersuchung der Autoren war, diese sogenannte „selektive Holznutzung“ als Prüfstein für das Potential der KFA-1000 Bilder zu nehmen.

Probleme der selektiven Holznutzung

Bisher erfolgt die Ausbeutung der tropischen Regenwälder weitgehend unkontrolliert und planlos. Die Ursachen der Regen-

Tab. 1: Technische Daten der KFA-1000 Kamera

– Brennweite:	1 000 mm
– Durchschnittl. Maßstab:	1:400 000 (je nach Flughöhe)
– Durchschnittl. Bildgröße:	120 x 120 km ²
– Bodenauflösung:	ca. 7,5 m
– Film SN 10 Spektrozonalfilm	560...680 nm
	680...810 nm
– Filmkapazität:	1 500 Aufnahmen
– Bewegungskompensation	

waldzerstörung sind vielfältig. Zwei Faktoren treffen jedoch weltweit zu: erstens der übermäßige, unkontrollierte Holzeinschlag in den Tropenwäldern und zweitens die Besiedlung der Regenwälder durch Menschen, die keine Tradition in einer dem Regenwald angepaßten Landwirtschaft haben. Beide Faktoren wirken in den Ländern SO-Asiens auf ungünstige Weise zusammen, denn erst die Öffnung der Wälder durch Holzfällerstraßen ermöglicht es Siedlern, denen der Regenwald nicht vertraut ist, dort Fuß zu fassen.

Die Philippinen, Malaysia und Indonesien lieferten in der zweiten Hälfte der 80er Jahre über 80% aller weltweit gehandelten, unverarbeiteten Tropenhölzer, obwohl diese Länder nur etwas mehr als 10% der globalen Regenwälder stellen. Malaysia begeht heute den gleichen Fehler wie Indonesien, Thailand und die Philippinen schon früher. Ohne staatliche Kontrolle und Planung wird so schnell und so viel Holz wie möglich exportiert, meist als unverarbeitetes Rundholz, weil die Kapazitäten zur Weiterverarbeitung nicht ausreichen (Nectoux und Kuroda 1989). *Dipterocarpaceen*-Wälder sind besonders einträglich, weil hier mehr nutzbare Baumarten pro Hektar wachsen als in anderen Regenwäldern. Durch den unkontrollierten Holzeinschlag entstehen den Volkswirtschaften bedeutende finanzielle Verluste. Indonesien hätte zwischen 1979 und 1982 dreimal höhere Einnahmen aus der Holzwirtschaft erzielen können, wenn alles nutzbare Holz verwertet und mit höchstmöglichem Gewinn verkauft worden wäre (Repetto 1990). Die Ausfuhr von unverarbeitetem Rundholz wurde erst beschränkt, nachdem alle leicht zugänglichen Waldbestände erschöpft waren.

In Indonesien wie auch anderen Ländern SO-Asiens ist der Holzeinschlag gesetzlich reglementiert, das Holz wird meist nach der sogenannten „selektiven“ Methode geschlagen. Die Theorie sieht vor, daß pro Hektar nicht mehr als 2–5 Stämme entnommen werden und daß durch einen Rotationszyklus von 15–30 Jahren der Wald nachhaltig, das heißt langfristig, genutzt werden kann. Die Praxis zeigt jedoch, daß sich Konzessionäre selten oder nie an diese gesetzlichen Vorgaben halten. Konzessionäre, die vorgeben, den Wald selektiv zu nutzen, zerstören nach einer Untersuchung der FAO (Food and Agriculture Organisation) bis zu 40% der Waldfläche, weitere 14% kommen durch den Bau von Erschließungsstrassen hinzu (Lanly 1982). Andere setzen sich über alle gesetzlichen Bestimmungen hinweg und schlagen alle wirtschaftlich interessanten Bäume.

Auf den Holzfällerstraßen dringen Siedler tief in den Wald vor und brennen bei ihrer Suche nach geeignetem Ackerland den geschädigten Wald ab. Vielen ist das System des Wanderfeldbaus unbekannt und oft ist die Siedlungsdichte zu hoch. Die für die Bodenfruchtbarkeit not-

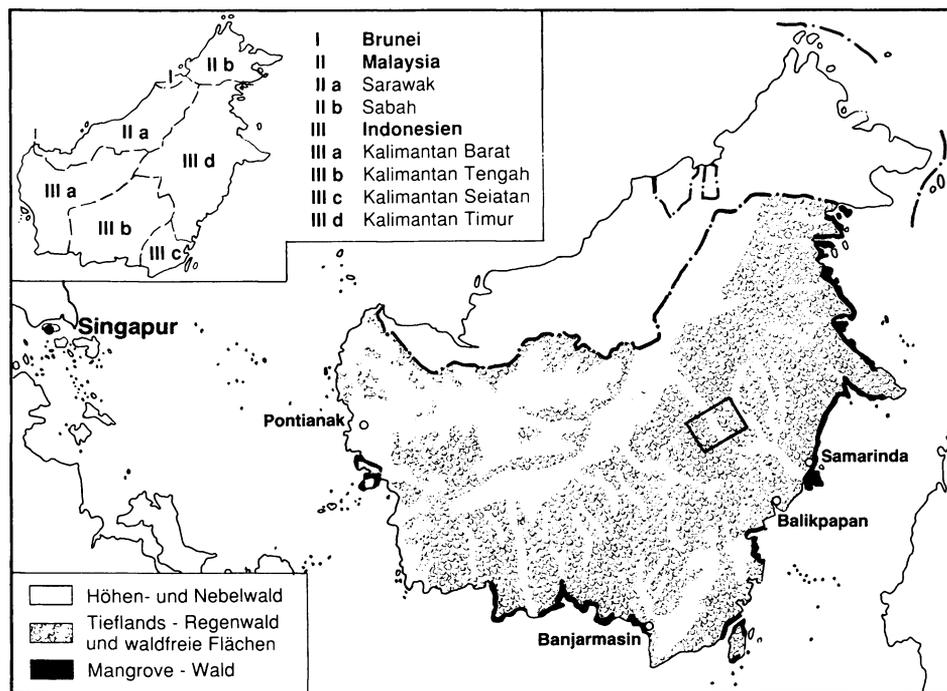


Abb. 1: Untersuchungsgebiet in Kalimantan (markiertes Gebiet entspricht Foto 1)

Quelle: Nach Zimmermann 1992

wendigen Regenerationszeiten werden nicht eingehalten und nach Jahren der Übernutzung breiten sich unfruchtbare Grassavannen anstelle der Regenwälder aus (Zimmermann 1992).

Fallbeispiel: Kalimantan Timur

Hochauflösende Weltraumfotos und digitale Satellitendaten sind bei der Kontrolle der selektiven Holznutzung unverzichtbar. Zunehmende Bedeutung erlangt die Landnutzungsplanung in bereits holzwirtschaftlich erschlossenen Gebieten. Die Leistungsfähigkeit der MIR-Aufnahmen bezüglich der oben genannten Problemstellungen wurde anhand einer Aufnahme aus Zentralborneo untersucht (vgl. Foto 1 und Abb. 1). Der jährliche mittlere Niederschlag liegt in dieser Region bei etwa 3500 mm. Aufgrund der klimatischen Bedingungen im tropischen Regenwald erhält man wolkenfreie Aufnahmen relativ selten. Dieses Problem stellt sich bei allen optischen Fernerkundungssensoren. Für kontinuierliche Überwachungsaufgaben wird man daher in tropischen Regionen aktive Fernerkundungssysteme, wie zum Beispiel Radar, hinzuziehen müssen.

Exakte quantitative Aussagen wird man erst mit Hilfe der digitalen Bildanalyse erhalten. Photographische Vergrößerungen können mit Hilfe eines Farbscanners mit einer Auflösung von 400 dpi digitalisiert werden. Damit wird eine Samplingrate von 2,5 Metern erreicht, eine Größe, die erforderlich ist, um 7,5 Meter tatsächliche Auflösung zu erhalten. Die resultierenden digitalen Daten können dann mit spezieller Bildverarbeitungssoftware

bearbeitet werden. Diese Arbeiten wurden begonnen.

Durch Analyse des Verhältnisses zwischen Bildpunkten mit Brauntönen (Erde, vertrocknete Vegetation) und Grüntönen (lebende Vegetation) läßt sich die Nutzungsintensität ermitteln. So zeigt die in Foto 1 mit 1 markierte Region deutliche Unterschiede in der Nutzungsintensität zur Region in der oberen Bildmitte. In diesem Gebiet sind fast 70% der Waldfläche durch Einschlag zerstört, während es in Gebiet 1 nur etwa 30% sind. Beide Konzessionen übertreffen jedoch bei weitem das gesetzlich zulässige Maß von 2–5 gefällten Bäumen pro Hektar. Waren diese Untersuchungen bisher auf kleine Testgebiete vor Ort beschränkt, so erlauben die MIR-Aufnahmen eine großflächige Analyse. Konzessionäre, die gesetzliche Auflagen eindeutig und großflächig übertreten, können anhand dieser Aufnahmen identifiziert und zur Verantwortung gezogen werden.

Anhand der Siedlungsmuster (vgl. Foto 6) können Fachleute unterscheiden, ob die Felder von Siedlern oder Ureinwohnern angelegt wurden. Es lassen sich Migrationsverhalten und Landnutzung analysieren. Immer wieder wird bezweifelt, daß die Holznutzung der Neubesiedlung von ungestörten Wäldern vorausgeht. Es zeigt sich jedoch, daß an verschiedenen Stellen Brandrodungsflächen ihren Ausgang von Holzfällerstraßen nehmen. Neu gerodete und gerade abgebrannte Waldstücke erscheinen als braunrote Flecken, während Rodungsflächen und Felder in hellgrünen Tönen erscheinen. Oft sind es Siedler, die über das indonesische Transmigrationsprogramm nach Kalimantan kamen, die auf der Suche nach neuem, fruchtbarem Land

*Foto 4 zeigt eine 50fache Vergrößerung der in
Foto 3 markierten Region*

Die Vergrößerung zeigt ein Gebiet von $2,5 \times 1,6 \text{ km}^2$. Das entspricht einer 50fachen Vergrößerung aus der Originalaufnahme. Bei dieser Auflösung sind einzelne, freistehende Baumkronen zu erkennen. Hier wird deutlich wie stark das Kronendach des Regenwaldes durch die Holzfäller gelichtet wurde.

den Straßen folgen und Waldstücke abbrennen. Neu-Siedler und Transmigranten, die mit dem System der *shifting cultivation* (Brandrodungsfeldbau) nicht vertraut sind, brennen den Wald in Form geschlossener Fronten ab, die ausgehend von Flüssen oder Straßen immer weiter in den Wald vordringen (vgl. Foto 6).

Ganz anders zeigt sich das Siedlungsmuster der traditionellen Bevölkerung Borneos, den vorwiegend trockenreisbauenden Dayak. Die Dayak legen kleine inselartige Rodungsflecken im Wald an. Durch langjährige Rotation ergibt sich ein komplexes Muster von nachwachsenden Sekundärwäldern aller Altersklassen, gerade verlassen, aber noch genutzten Feldern und neu abgebrannten Flächen.

Ausblick

Zur effektiven Überwachung großflächiger Umweltveränderungen in den tropischen Regenwäldern der Erde ist eine Kombination verschiedener Erfassungsmethoden notwendig. Eine herausragende Rolle kommt dabei den weltraumgestützten Aufklärungssystemen zu. Die Überwachung vor Ort ist aufgrund der Unzugänglichkeit vieler Regenwaldgebiete und des hohen Personal- und damit Kostenaufwan-



*Foto 6:
Ausschnitts-
vergrößerung
menschlicher
Siedlungs-
aktivitäten
(rechter Rand
untere Hälfte
von Foto 1)*



Foto 5 zeigt eine 120fache Vergrößerung eines Holzlagerplatzes (1 000 x 600 m²)

Hier werden Stämme zum Abtransport auf dem Fluß zwischen-gelagert. Der Lagerplatz liegt in Foto 2 am linken Flußufer des Mahakam, etwas oberhalb der Bildmitte. Bei dieser Vergrößerung ist das maximale Auflösungsvermögen der Filmemulsion erreicht.

Literatur

- Feamside, P. M.*: The rate and extent of deforestation in Brazilian Amazonia. *Environmental Conservation* Vol. 17 (1990) No. 3, S. 213–226
- Lanly, J. P.*: Tropical forests resources. Rom 1982 (Food and Agriculture Organization, Forestry Paper 30)
- Liebig, V.*: High Resolution Stereo Images from the Space Station MIR. ISY Conference. München 1992
- Myers, N.*: Extinction rates past and present. *Bio-Science* Vol. 39 (1989) No. 1, S. 39–41
- Ders.: Deforestation rates in tropical forests and their climatic implications. London 1989 (Friends of the Earth Report)
- Nectoux, F., and Y. Kuroda*: Timber from the South Seas. Gland (CH) 1989 (WWF International Publication)
- Repetto, R.*: Die Entwaldung der Tropen: ein ökonomischer Fehlschlag. *Spektrum der Wissenschaften* (1990) H. 6, S. 122–129
- Salati, E.*: Entwicklung und Umweltprobleme im Amazonasgebiet. In: *P. J. Crutzen und M. Müller*: Das Ende des blauen Planeten? München 1990, S. 77–88
- Schutz der Regenwälder. Hrsg. von der Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“ des Deutschen Bundestages. Bonn 1990, S. 248 ff. (Berichte der Enquete-Kommission „Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre“, 2. Bericht; Drucksache 11/7220)
- Zimmermann, G. R.*: Der tropische Regenwald in Kalimantan (Indonesisch Borneo). GR 44 (1992) H. 1, S. 40–47

des nicht flächendeckend zu realisieren. Die Diskussion um Zahlen, die auf vereinzelt Hochrechnungen beruhen, kann mit Weltraumfotos hoher Auflösung beendet werden. Satellitendaten und Weltraumfotos erlauben ausreichende Detailgenauigkeit bei großer räumlicher Auflösung. Im tropischen Regenwald haben optische Systeme jedoch einen entscheidenden Nachteil: Aufgrund der hohen Luftfeuchtigkeit gibt es nur selten Tage, die einen vollständig wolkenfreien Blick auf große Regenwaldgebiete zulassen. Damit ist eine regelmäßige Versorgung mit weltraumgestützten Daten nicht sichergestellt, und kurzfristige Ereignisse werden nicht erfaßt. Einen Ausweg könnte der 1991 von der ESA gestartete Radarsatellit ERS-1 bieten. Dieser Satellit durchdringt mit Radarstrahlen mühelos jede Wolkenschicht und liefert auch bei Nacht einwandfreie Aufnahmen. Damit ist es möglich, alle drei Monate eine aktuelle Aufnahme aus einer bestimmten

Region zu erhalten. Nachteilig sind das geringe Auflösungsvermögen und der reduzierte Informationsgehalt dieser Aufnahmen gegenüber multispektralen optischen Systemen. Eine Kombination beider Systeme würde optimale Ergebnisse liefern. Ausgehend von einem guten Datenbestand optischer Weltraumfotos und Satellitendaten kann die Leistungsfähigkeit des Radarsystems für bestimmte Fragestellungen überprüft werden. Mit Sicherheit lassen sich mittels ERS-1 Radarbildern großflächige Brandrodungen und übermäßige Holznutzung verhältnismäßig schnell und leicht identifizieren.

Die Dringlichkeit der globalen Umweltprobleme gebietet zuverlässige Entscheidungsgrundlagen. Die MIR-Weltraumfotos sind dazu ein Hilfsmittel. Denn letztendlich liegt es an der Überzeugungskraft der Ergebnisse, von denen sich politische Entscheidungsträger leiten lassen sollten. ●

Autoren

Dr. **Florian Siebert**, geb. 1957.
Zoologisches Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München,
Luisenstraße 14, 80333 München.
Arbeitsgebiete/Forschungsschwerpunkte:
Biologie; Entwicklungsbiologie, Tropenökologie, digitale Bildverarbeitung.

Volker Liebig, geb. 1956
DARA,
Königswinterer Straße 522–524, 53227 Bonn.
Arbeitsgebiete/Forschungsschwerpunkte:
Geophysik, Fernerkundung.

Anton Wanninger, geb. 1955
Kayser-Threde GmbH,
Wolfratshauser Straße 48, 81379 München.
Arbeitsgebiete/Forschungsschwerpunkte:
Raumfahrt, Fernerkundung.