

Münster. Forsch. Geol. Paläont.	98	31-46	10 Abb., 2 Tab.	Münster April 2004
------------------------------------	----	-------	-----------------	-----------------------

Strukturgeologische Untersuchungen im Bereich des Arunta Block und des Amadeus Basin/Zentralaustralien mit Hilfe digitaler Fernerkundungsanalysen und Geländebefunden

**Structural analysis of the Arunta Block and Amadeus Basin (Central
Australia) by means of digital remote sensing techniques and field data**

SILKE BUDE¹ & TORSTEN PRINZ²

Schlüsselwörter: Australien, Arunta Block, Amadeus Basin, intrakratonische Tektonik, Fernerkundung

Keywords: Australia, Arunta Block, Amadeus Basin, intracratonic tectonics, remote sensing

Zusammenfassung

Der proterozoische Arunta Block und das altpaläozoische Amadeus Basin zeichnen sich durch jeweils eigenständige lithologische Abfolgen und tektonische Deformationstypen aus. Der Kontaktbereich dieser intrakratonen Blöcke wirft seit Jahren Diskussionen hinsichtlich des tektonischen Baus auf: von hypothetischen weitreichenden Überschiebungsdecken (nappes) bis hin zu einfachen kleindimensionierten Störungen oder Verschleppungen (thrusts). Im Rahmen dieser Arbeit wird versucht, diese Elemente anhand von multispektralen Landsat-TM-Daten und Analysen von Luftbildern und ERS-1-Daten makroskopisch zu erfassen und zu deuten. Es ist möglich, Gesteins-einheiten und die unterschiedlichen Deformations-stile repräsentativer Untersuchungsgebiete zu differenzieren, sowie auf der Basis der topographischen Karten ein digitales Höhenmodell der Region zu erstellen, das die Zusammenhänge zwischen morphologischen Gegebenheiten vor Ort und im Satellitenbild in Bezug auf die Verbreitung von Lithologien und Störungszonen verdeutlicht. Auf diese Weise entsteht das Bild eines komplexen tektonischen Spannungsfeldes, das für jeden intrakratonen Block individuelle, zeitlich voneinander getrennt wirkende Ereignisse als Auslöser für die anzutreffenden Strukturen vorsieht.

Abstract

The Proterozoic Arunta Block and the younger late Palaeozoic Amadeus Basin each show significant lithological sequences and tectonic deformation styles. Since years the contact zone of these intracratonic blocks raises controversial discussions concerning its tectonic origin: from hypothetic widespread nappes to simple faults and thrusts of smaller dimension everything is taken into consideration. Within the scope of this paper it is attempted to detect their macroscopic pattern by applying multispectral and further remote sensing data analysis of aerial photographs, Landsat-TM and ERS-1 data. It is possible to distinguish rock units and different deformation styles of representative areas as well as to create a digital elevation model of the region on the basis of topographic maps that elucidates the coherence of morphological features in place and in the satellite image as far as the propagation of lithologies and fault zones is concerned. It arises the picture of a complex tectonic tension field, that contains individual tectonic events separated by time for each structure within the intracratonic blocks.

¹ Silke Bude, Geologisch-Paläontologisches Institut, Corrensstr. 24, 48149 Münster, bude@uni-muenster.de

² Dr. Torsten Prinz, IVV Geowissenschaften, WWU Münster, Robert-Koch-Str. 26-28, 48157 Münster, prinz@uni-muenster.de

Einleitung

Der australische Kontinent mit seinen geologisch stabilen Kratonen und Blöcken ist mit einem Alter von 4,15 Ga nahezu so alt wie die Erde. Hinweis dafür sind u.a. Zirkone, die am Mt. Narryer, W.A. (vgl. KRONER 1981) in Sandsteinen gefunden wurden, welche selbst bereits 3,65 Ga alt sind und als fluviatile Sedimente auf einem älteren, granitoiden Basement (Kraton) abgelagert wurden. Diese Art der Ablagerung ist sehr charakteristisch für den geologischen Aufbau Australiens: Kristalline, alte Kratone wechseln sich mit umlagernden, wenige Millionen Jahre jüngeren Gesteinen ab, bei denen es sich zumeist um Sedimente oder Vulkanite handelt. Die jüngeren Gesteine sind oftmals (teil-)metamorph überprägt und werden deshalb zu den sogenannten *metamorphic belts* gerechnet. Da Australien schon sehr früh in der Erdgeschichte plattentektonisch isoliert wurde und vor allem in jüngerer Zeit von tektonischen Ereignissen verschont wurde, lassen sich die alten Gesteinseinheiten sowie ihre Verzahnung untereinander gut vor Ort, aber auch auf Grund häufig fehlender dichter Vegetationsdecke mittels Fernerkundungsdaten analysieren. Zahlreiche Kratone befinden sich in West- und Zentralaustralien im sogenannten *outback*, sind also schwer zugänglich und durch extreme klimatische Bedingungen gekennzeichnet. Der Einsatz der digitalen Fernerkundung in Zusammenspiel mit stichprobenhaften geologischen Geländeuntersuchungen ist hier sehr sinnvoll.

Im Folgenden wird ein Blick auf den lithologisch-strukturellen Bau einer intrakratonen Grenzregion im Bereich Arunta Block (ca. 1 Ga) im Norden und altpaläozoischem Amadeus Basin (Kambrium bis ca. Devon) im Süden geworfen; beide gehören zu den *central cratons* in den Northern Territories.

Geographischer Überblick

Das Untersuchungsgebiet befindet sich etwa 180 km WSW' von Alice Springs im Herzen Australiens (23°49'S und 132°19'E). Zentraler Teil des Gebietes ist die halbwüstenhafte Missionary Plain (Abb. 1), die im Norden durch die E-W streichen-

den MacDonnell Ranges, im Süden durch die ebenfalls E-W streichenden Krichauff, Petermann, Gardiner und James Ranges begrenzt wird. Innerhalb der südlich gelegenen Faltengebirgslandschaft befindet sich das erwähnenswerte Palm Valley, dessen geschützte Senken sich dadurch auszeichnen, dass trotz der wüstenhaften Umgebung die namengebenden Palmfarne (Cykadeen) dort seit dem Tertiär endemisch erhalten blieben. Das Untersuchungsgebiet weist eine durchschnittliche Höhe von 600 bis 800 m über NN auf, die in Kammlagen wie den MacDonnell Ranges noch um weitere 300 m überragt wird. Letztere, im nördlichen Grenzgebiet befindlich, weisen im Vergleich zu den südlich gelegenen Mittelgebirgszügen eine rauere, zerklüftete Morphologie auf. Die Missionary Plain ist durch eine etwa 23 km weite Meteoriteneinschlagsstruktur (Impaktkrater) gekennzeichnet, den Gosses Bluff, der morphologisch durch einen zentralen Kraterring von etwa 4,5 km Durchmesser auffällt (GLIKSON 1969; PRINZ 1996). Die nur während der Regenzeit sporadisch wasserführenden Finke River, Undandita und Palmer Creek fungieren als zentrale Vorfluter. Am Finke River, am östlichen Rand des Untersuchungsgebietes befindet sich auch die einzige nennenswerte Ansiedlung von Menschen, Hermannsburg, eine ehemals deutsch-lutherische Missionsstation, die seit den frühen 1980er Jahren in die Selbstverwaltung der einheimischen Aranda übergegangen ist und nun Ntaria heißt.

Geologischer Überblick

Von prägendem Einfluss für das Untersuchungsgebiet erweisen sich die metamorphen Arunta und Musgrave Blöcke, die das Amadeus Basin im Norden und Süden begrenzen (Abb. 2). Beide Blöcke streichen von Ost nach West und bestehen aus unter- bis mittelproterozoischen magmatischen Gesteinen und Sedimenten, die im mittleren Proterozoikum eine amphibolit- und granulitfazielle Metamorphose durchlaufen haben (vgl. Tab. 1; MATHUR & SHAW 1982). Die daraus entstandene kontinentale Kruste stabilisierte sich vor etwa 900 Millionen Jahren.

<i>Formation/Gruppe</i>	<i>Gesteinsart</i>	<i>Alter</i>
Strangways Metamorphic Complex	Gneis, granulitfaziell veränderte mafische Gesteine	1,82-1,79 Ga
Narwietooma Metamorphic Complex	Magmatite von mafisch über intermediär bis felsisch	1,77 Ga
Magmatische Intrusionen im Narwietooma Metamorphic Complex	Granulite, Gneise, Granite, granulitfaziell überprägte Magmatite	ca. 1,76 Ga
Redbank Thrust Zone	Gneise, Metasedimente, Migmatite	älter als 1,5-1,4 Ga
Redbank High Strain Zone	Gneis, Migmatite	älter als 1,5-1,4 Ga
Madderns Yard Metamorphic Complex	migmatitische Gneise mit vulkanischen und sedimentären Einschlüssen	1,68-1,66 Ga
Iwupataka Metamorphic Complex	Metasedimente, felsische Metamagmatite, Granite	ca. 1,6 Ga
Granite des Iwupataka Metamorphic Complex	gneisartig, nicht migmatitisch	syn- und post-Iwupataka Metamorphic Complex
Chewings High Strain Zones	schieferige Mylonite, amphibolitfaziell überprägt	ca. 1,6 Ga
Alice Springs High Strain Zone	grünschieferfaziell überprägt, mylonitisch	400-300 Ma

Tab. 1: Vereinfachte Stratigraphie des Arunta Block, modifiziert nach WARREN & SHAW (1995).

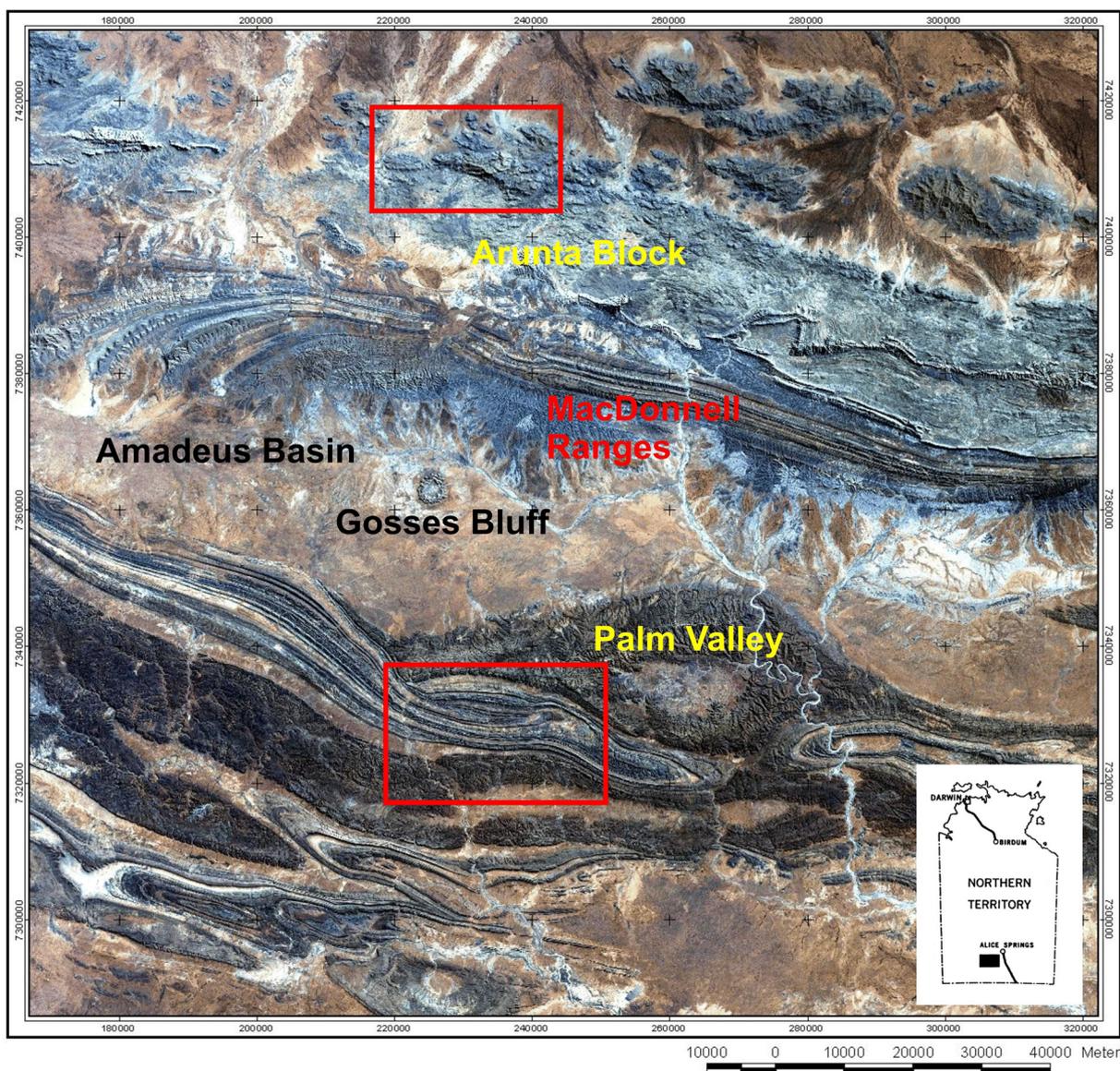


Abb. 1: Landsat-TM-Echtfarbkompositum, Untersuchungsräume hervorgehoben durch rote Umrandung.

Nichtsdestotrotz diente sie sowohl als Liefergebiet als auch als Basement für Sedimentfolgen, die sich in drei verschiedenen Becken eines ehemals intrakratonen Saummeeres wiederfinden: das Ngalia Basin im Norden, das Amadeus Basin in der Mitte zwischen den Blöcken und das Officer Basin im Süden. In den Becken finden sich oberproterozoische flachmarine Sedimente, die diskordant von einer stark verfalteten paläozoischen (Kambrium bis Karbon) Sequenz aus flachmarinen bis kontinentalen Sedimenten überlagert sind. Im Allgemeinen lässt sich feststellen, dass der für das Amadeus Basin besonders relevante Arunta Block mit Beginn des Proterozoikums vor 2,5 Ga in einem ersten Stadium gebildet wurde. Im Verlauf des

Proterozoikums war der Arunta Block dann mehreren Umformungsprozessen unterworfen. Trotzdem lässt sich sagen, dass die Bildung und Kratonisierung des Arunta Blockes mit der Ablagerung des Teapot Granite Complexes vor 1,14 Ga endete und seitdem als stabil zu bezeichnen ist (WARREN & SHAW 1995). Das Amadeus Basin, das heute eine Fläche von 170.000 km² umfasst, entwickelte sich erst mit der Ablagerung des Heavytree Quartzite vor etwa 800 Millionen Jahren (vgl. Tab. 2). Erst seit dem späten Devon, das das Ende der Alice Springs Orogeny markierte, ist das Amadeus Basin als stabil anzusehen und war zu dem Zeitpunkt auch auf die heutigen Ausmaße zusammengeschrumpft.

<i>Formation/Gruppe</i>	<i>Geseinsart</i>	<i>Mächtigkeit</i>	<i>Alter</i>
	von fluviatil über flachmarin hin zu marin, Karbonate, Evaporite und Sedimente	1300 m	spätes Proterozoikum (ca. 800-600 Ma)
Pertaoorra Group	nicht-marin bis marin (proximal-distal), auch Salzteknik	1700 m	Kambrium (ca. 600-500 Ma)
Larapinta Group	marine Sedimente, Quelle und Reservoir für Hydrokarbone	2000 m	Ordovizium (500-440 Ma)
Mereenie Sandstone	Quarzsandstein, Frischwasseraquifer	1000 m	Silur bis frühes Devon (440-390 Ma)
Pertnjara Group	nicht-marine Sedimente, lakustrin, fluviatil und alluvial	4000 m	mittleres bis spätes Devon (390-360 Ma)

Tab. 2: Vereinfachte Stratigraphie des Amadeus Basin, modifiziert nach SHAW (1991).

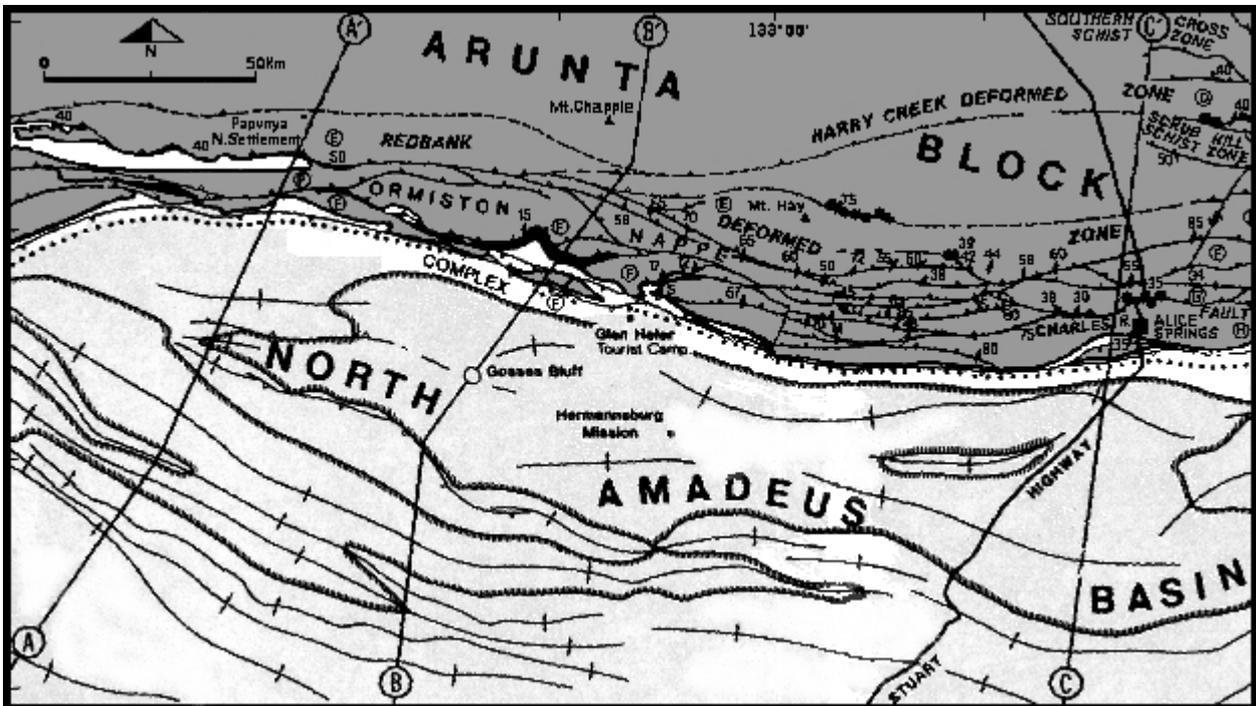


Abb. 2: Die intrakratonen tektonischen Groseinheiten im Untersuchungsraum (modifiziert nach TEYSSIER 1985).

Nach TEYSSIER (1985) und LINDSAY & KORSCH (1991) lässt sich das Basin strukturell in zwei Becken unterteilen, die durch ein E-W verlaufendes Basement-Hoch getrennt sind:

i) Im Süden des Amadeus Basin befinden sich oberproterozoische Adelaide-Sequenzen von 5 km Mächtigkeit, die entlang des nördlichen Randes des Musgrave Block während der Petermann Orogenese vor 600 Ma stark verformt wurden (FORMAN 1966). Dabei bildeten sich ausgedehnte Deckenstrukturen, Überschiebungen und Falten, auch Diskordanzen sind häufig. Das Basement wurde gekippt und fällt nun nach S ein. Außerdem entstand ein Molassebecken, das stellenweise bis zu 10 km mächtig ist.

ii) Im Norden des Amadeus Basin hingegen sind die jungproterozoischen Abfolgen ohne bedeutende Diskordanz von einer paläozoischen Sequenz mit bis zu 8 km Mächtigkeit (PREISS & FORBES 1981) überlagert. Dieses nördliche Becken ist 600 km lang in E-W Richtung und 150 km breit; es vertieft sich gen Norden bis auf eine Mächtigkeit von 13 km am Nordrand, wobei dieser Teil durch zunehmend bruchhafte Deformation, syntektonische Molasseschüttungen und weitreichende Überschiebungen gekennzeichnet ist. Das Basement fällt nach Norden ein, was sich auch in einem negativen Schwerewert widerspiegelt. Es stellt somit in Hinblick auf i) eine Umkehrung der Lagerungsverhältnisse des gleichen Basements dar. Die kambrischen bis karbonen Sedimentfolgen sind im Zuge der Alice Springs Orogenese (ca. 300-400 Ma) in enge Faltenzonen gelegt worden.

In den folgenden Untersuchungen wird nur auf den nördlich gelegenen Teiltrog samt seiner strukturellen Grenze zum Arunta Block eingegangen, da dieser Bereich zahlreiche tektonische Elemente in aufgeschlossener Form aufweist, deren Beziehung zur Alice Springs Orogenese noch weitgehend unverständlich sind. In Anbetracht der großen räumlichen Ausdehnung ist die Einbeziehung von unterschiedlichen Fernerkundungsdaten von großem Vorteil.

Datengrundlage

Für die lithostrukturellen Untersuchungen standen folgende (Fernerkundungs-) Daten zur Verfügung (vgl. auch Abb. 3):

- Topographische Karten im Maßstab 1:100.000 bzw. 1: 250.000
- Digitales Geländemodell (DGM) auf der Basis topographischer Karten (1:100.000)
- S/W-Luftbilder 1:25.000 und 1:80.000
- Multispektrale Landsat-TM Daten (28m/Pixel)
- ERS-1 Radardaten (10m/Pixel)

Alle Datensätze wurden auf der Basis einer einheitlichen Geokodierung unter ERDAS Imagine und ArcGIS miteinander in Beziehung gesetzt. Des Weiteren wurde aus den 1:100.000 topographischen Karten ein vektorisiertes DGM mit einer Gitterweite von 30 m generiert.

Datenverarbeitung

Nachdem grundlegende Bildverarbeitungsschritte wie Streckung, Geokodierung etc. an den Landsat-TM Daten durchgeführt wurden, erfolgte eine Untersuchung hinsichtlich des Korrelationsgrades innerhalb der einzelnen Kanäle des Datensatzes. Dabei zeigte sich, dass sowohl innerhalb des VIS-Spektrums als auch innerhalb des IR-Spektrums starke spektrale Korrelationen vorherrschen. Über die Berechnung des OIF (PRINZ 1996) konnten dennoch geeignete Falschfarbkompositen aus den TM-Kanälen 3 (sichtbares Rot), 5 (mittleres IR) und 7 (mittleres IR) ermittelt werden, die als Basis der multispektralen Interpretation dienen sollten. Diese TM-Kanäle zeichnen sich in den meisten Fällen durch eine geringe Korrelation sowie einen hohen Kontrastreichtum aus, sodass eine Vielzahl an lithologischen Details zu erkennen ist, das Bild also einen hohen Informationsgehalt aufweist (KAPPAS 1994). Darüber hinaus kamen auch Kanal-Summutationen, -Ratios und Hauptkomponententransformationen zum Einsatz, die feinere Spektralunterschiede verstärken und diese in neuen Datensätzen rekombinieren. So bot sich beispielsweise eine Quotientenbildung aus Kanal 3 und 1 an, die im Allgemeinen zur Betonung von Fe-Oxiden genutzt wird; in diesem Fall war sie durch eine hohe Varianz gekennzeichnet. Auch die 1. Hauptkomponente ermöglichte eine gute Differenzierung der unterschiedlichen Lithologien und spiegelte darüber hinaus die Gesamtalbedo aller beteiligten Kanäle wider. Die auf diese Weise einzeln optimierten Datensätze wurden zu hybriden Falschfarbkompositen zusammengesetzt, mit Hilfe derer die geologische Kartierung ausgesuchter Teilgebiete möglich war. Als besonders geeignet haben sich hier RGB-Kompositen aus der 1. Hauptkomponen-

te, dem Ratio 3/1 sowie dem Ratio 5/4 (Abb. 4) bzw. dem TM-Kanal 4 der Landsat-Szene erwiesen. Des Weiteren kann es in ariden Gebieten von Vorteil sein, die Farbkodierung der Reflexionswerte vom klassischen addierenden RGB-Farbsystem in das IHS-System (und zurück) zu transformieren, um die Sättigungskomponente zu strecken. Dadurch nimmt die Unterscheidbarkeit oberflächlicher Materialien anhand der Farbe deutlich zu. Auf Basis dieser Daten sowie unter Einbeziehung der Luftbilder war es möglich, zahlreiche Lineationen zu kartieren und über Klüftrosen auszuwerten. Ihre morphologische Ausprägung wurde dann u.a. auf der Grundlage eines aus topographischen Karten abgeleiteten Höhenmodells untersucht. Insbesondere die Kombination mit den hochauflösenden Luftbildern (Abb. 6), aber auch mit den multispektral aufgearbeiteten Landsat-Subszenen erwies sich als vorteilhaft. Mit Hilfe dieser Methode (vgl. SGAVETTI et al. 1995) gelang es zudem, ein Härteprofil für ausgewählte Bereiche anzufertigen (Abb. 4). Anhand des Höhenmodells war es auch möglich, den tektonischen Aufbau, der beson-

ders in den geokodierten ERS-1 SAR-Daten deutlich hervortrat, besser zu verstehen.

Neben der visuellen Interpretation wurde auch der Versuch einer teilüberwachten, multispektralen Klassifikation der TM-Daten unternommen, die jedoch stark von den kartierten Ergebnissen abwich. Ein Grund dafür ist sicherlich die starke Mischpixelbildung innerhalb der geometrisch schwach auflösenden Landsat-TM-Daten, so dass eine zukünftige Einbindung höher auflösender Multispektraldaten (ASTER, Quickbird) sinnvoll erscheint und in einem Folgeprojekt bereits erprobt wird.

Das Verschneiden der Landsat-Szene mit einem zuvor erstellten Luftbild-Mosaik sorgte für eine geometrisch höhere Auflösung der Landsat-Szene. Mögliche Lineationen und strukturelle Besonderheiten im Untersuchungsgebiet konnten besonders durch die Anwendung richtungsorientierter Filtermatrizen hervorgehoben werden (Abb. 5); diese fanden Anwendung an den kontrastreichen Kanälen 3, 5 und 7 (*edge enhancement*, vgl. MAH et al. 1995).

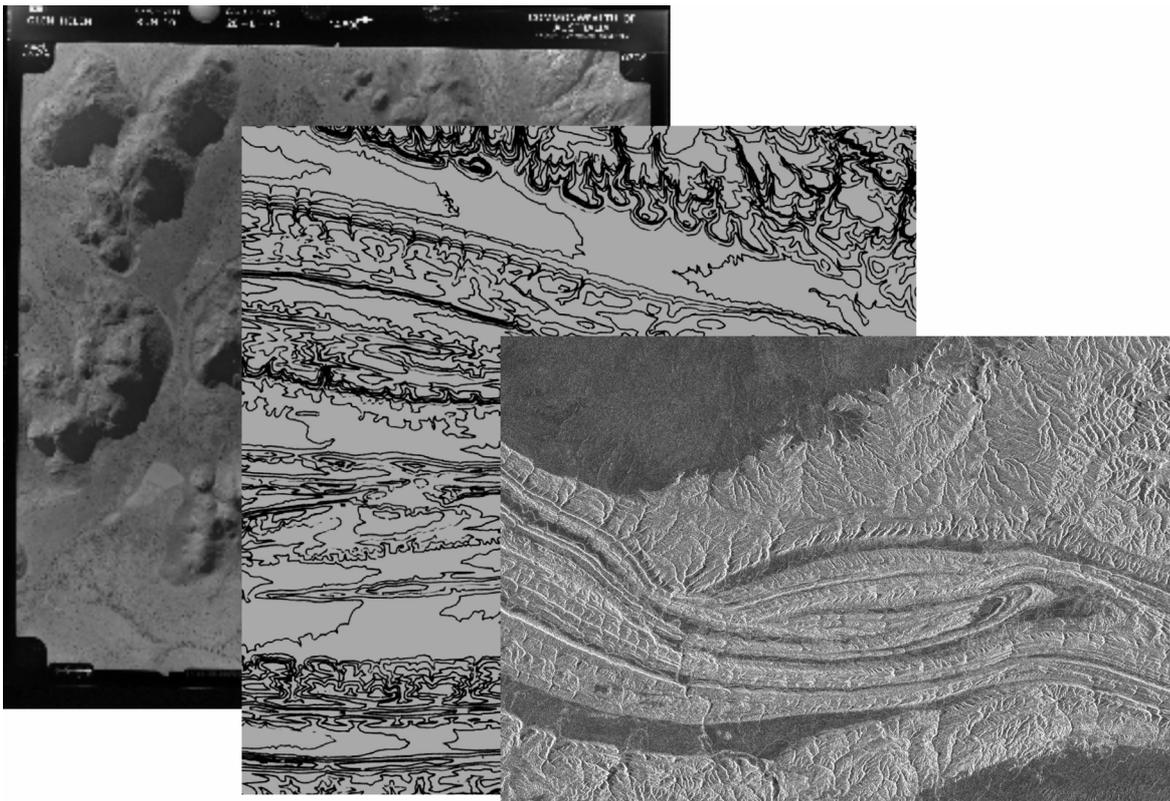


Abb. 3: Die unterschiedliche Datengrundlage am Beispiel von Luft-, Karten- und ERS-Bild (v.l.n.r.).

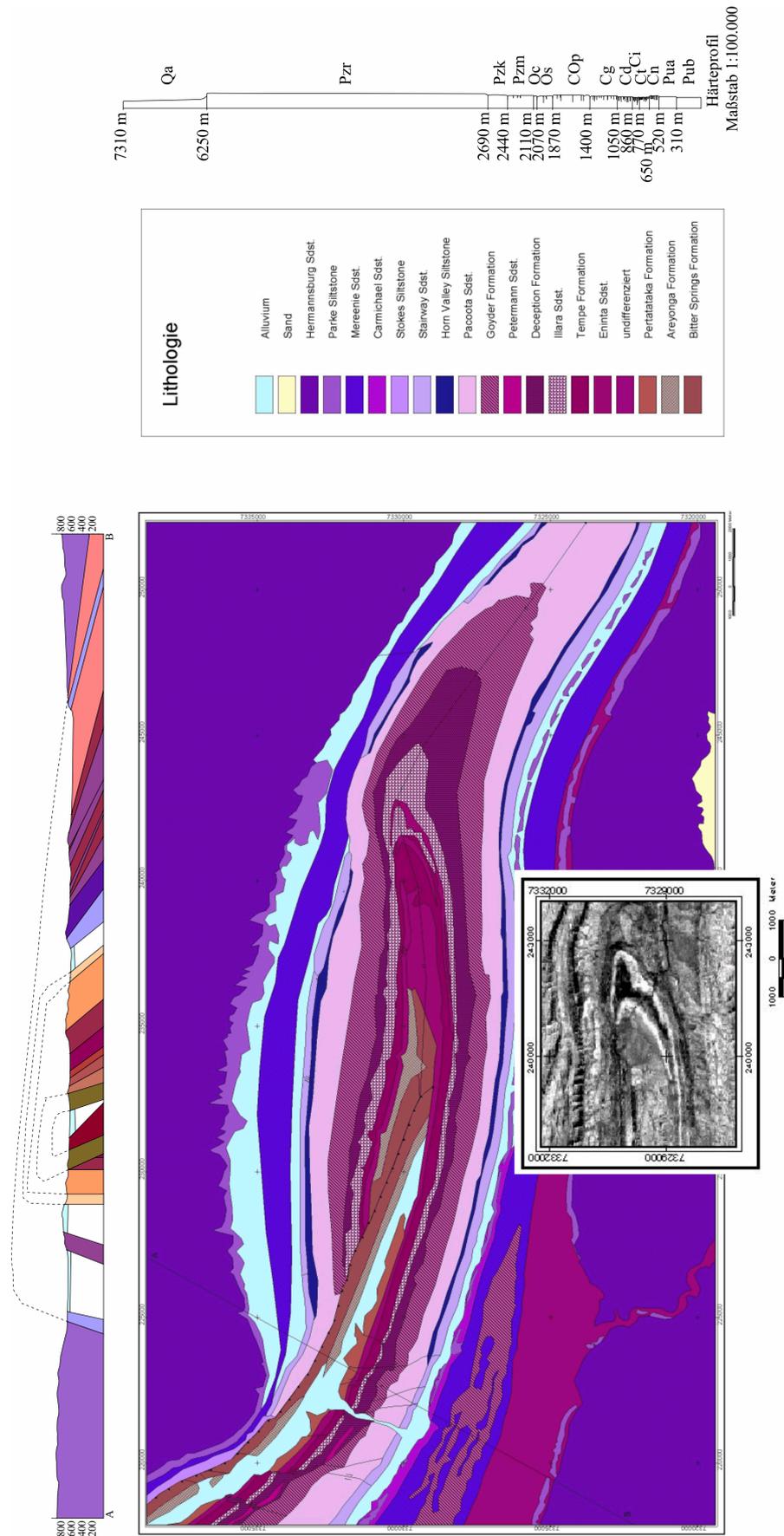


Abb.4: Multispektral aufbereitete TM IR-Farbkomposite (357) einer Sattelstruktur SW Palm Valley und die resultierende lithologische Karte, ein Profil sowie ein Härteprofil.

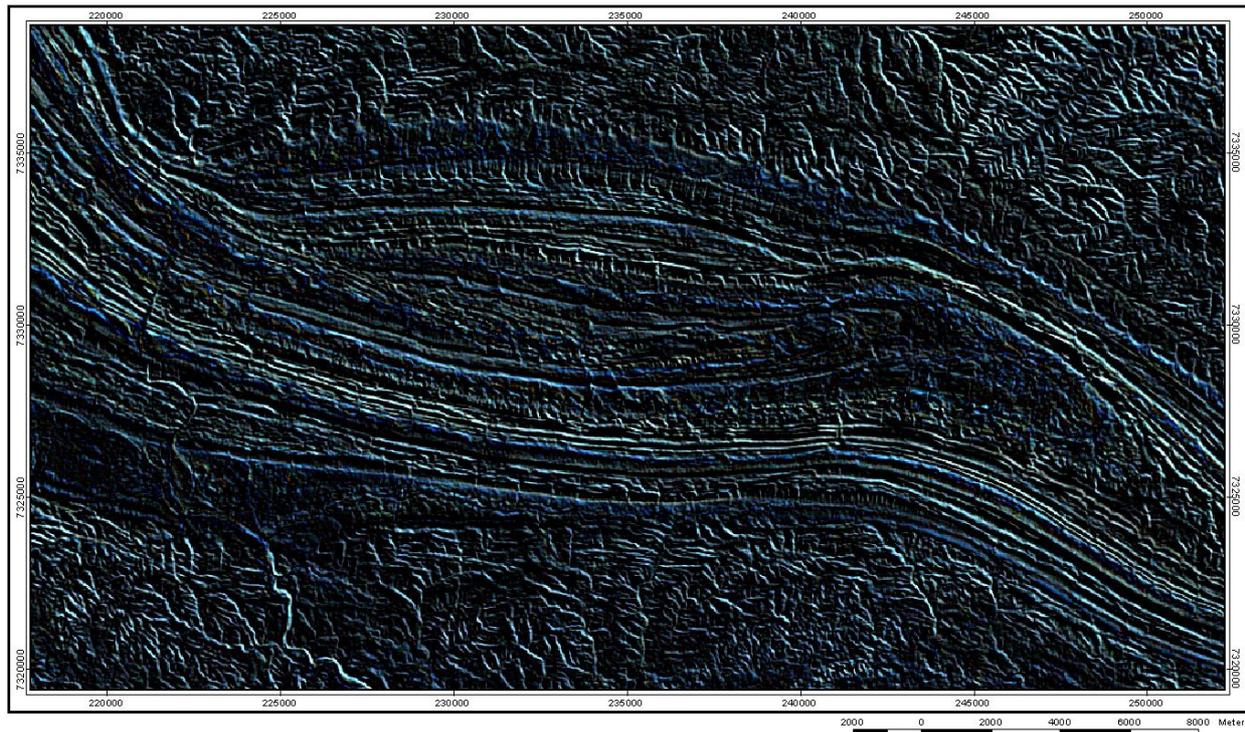


Abb. 5: Kantenverstärkte TM IR-Farbkomposite (457) einer Sattelstruktur SW' Palm Valley mit Betonung NNW-SSE streichender Lineationen.

Lithostratigraphie und struktureller Bau

Der Arunta Block, der dem Amadeus Basin im Norden als Begrenzung dient, ist durch die Redbank Thrust Zone in Central und Southern Province unterteilt (OBEE & WHITE 1985). Eines der Untersuchungsgebiete liegt genau in diesem Bereich (*Glen Helen*). Die Gesteine der Central Province wurden im Zuge der Strangways Orogeny vor 1,76 - 1,75 Ga deformiert und metamorphisiert. Ein Großteil der Gesteine ist dem Narwietooma Metamorphic Complex zuzuschreiben (WARREN & SHAW 1995), der im Untersuchungsgebiet durch die Bunghara Metamorphics vertreten wird. Dabei handelt es sich um Granulite mit hauptsächlich magmatischem Ursprung, die flache, rundliche Hügel entlang des nördlichen Randes der MacDonnell Ranges ausbilden (Abb. 6). Sie erheben sich aus dem flachen, mit quartären Sanden und Alluvionen bedeckten Umland und lassen sich von diesem sowohl farblich (bearbeitete Landsat-TM-Daten)

als auch morphologisch (Luftbilder) gut unterscheiden. Sie werden vom sogenannten Mount Zeil Granite intrudiert, einem Orthogneis granitischen bis granodioritischen Ursprungs, der die Höhenzüge der MacDonnell Ranges und besonders den namensgebenden Mt. Zeil, den höchsten Berg des Northern Territory (1531 m ü. NN), bildet (Abb.7). Die Form unterscheidet sich deutlich von den umgebenden Bunghara Metamorphics, ist sie doch zerklüftet und scharfkantig; farblich ist auf den Landsat-TM-Daten eine Differenzierung schwerer. Die Redbank Thrust Zone tritt vor allem in Form von zwei größeren migmatitischen Gneis-Körpern auf (GLIKSON 1987), die beide durch Bruchschollen begrenzt sind. Im Wesentlichen bestehen sie aus Relikten von Metamorphiten, die aber auf Grund der Deformation häufig retrograd ausgeprägt sind. Fernerkundlich lässt sich die Thrust Zone anhand eines Boudinage-artigen Störungskörpers festmachen, der sich in den zerscherten Mount Zeil Granite einschneidet.

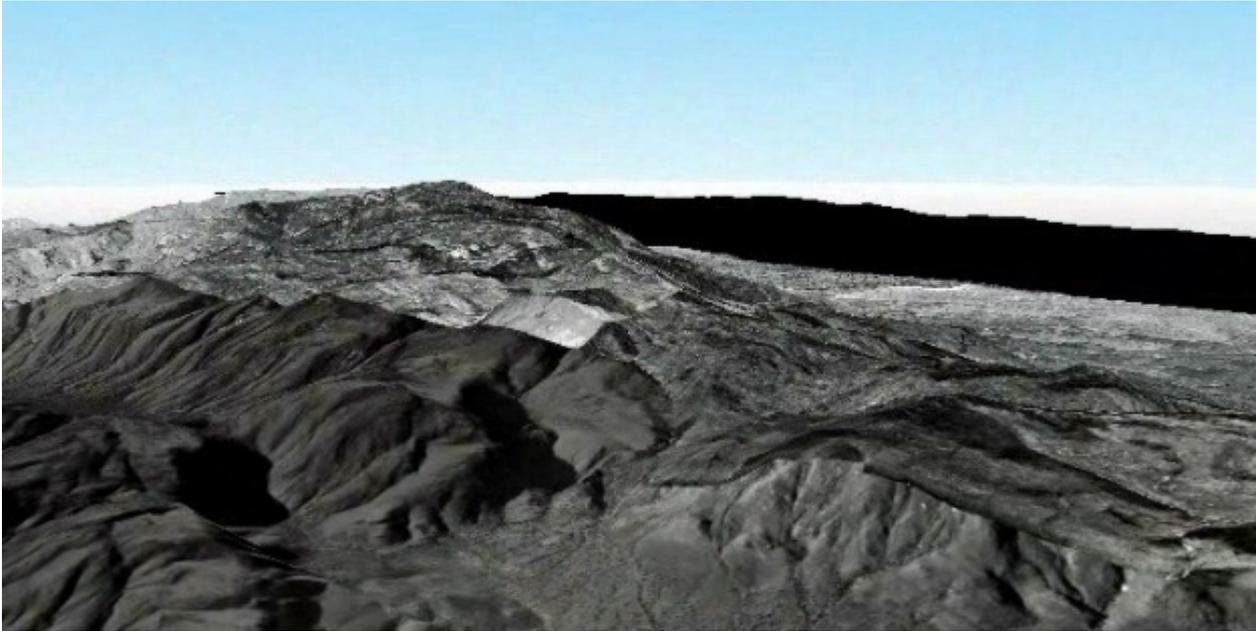


Abb. 6: Kombiniertes DGM/Luftbildmosaik der Redbank Thrust Zone (Blickrichtung SE, Mt. Zeil). Tektonische Zerscherungen zwischen rundlichen metamorphen Granuliten (Bunghara Metamorphics, im Vordergrund) und den scharfkantigen Mt. Zeil Gneisen (im Hintergrund); spröde, bruchhafte Lineationen sind zu erkennen.



Abb. 7: Zerklüftete Gesteine im Gebiet des Mt. Zeil (Foto: C. Glotzbach/T. Karow).

Gesteine der Southern Province wurden in zwei Zyklen gebildet, die auf Extension zurückgehen, bei der es zu mafischen und felsischen Intrusionen, vulkanischer Aktivität und Ablagerung von Sedimenten kam. Die ältesten Gesteinseinheiten sind unter dem Madderns Yard Metamorphic Complex zusammengefasst. Im Untersuchungsgebiet ist der Complex durch die Glen Helen Metamorphics vertreten. Dabei handelt es sich um einen migmatisierten und gebänderten Gneis, der morphologisch deutlich flacher und mit ebeneren Oberflächenstrukturen in Erscheinung tritt; auch die Zerschierung bzw. Zerklüftung ist weniger ausgeprägt als bei den Gesteinen der Central Province. Auf dem Madderns Yard Metamorphic Complex lagert der Iwupataka Metamorphic Complex, der aber nur in Form einer kleinen, örtlich begrenzten Intrusion auftritt, die sich farblich gut in den bearbeiteten Landsat-TM-Daten von den Glen Helen Metamorphics abgrenzen lässt. Des Weiteren intrudierten Gesteine des Dashwood Gabbro Complex in die Glen Helen Metamorphics. Diese alterierten Gabbro-Dolerit-Körper, die durch felsische Gesteine begrenzt werden, treten nahezu kreisförmig zutage und fallen durch ihre helle Färbung und „wellige“ Oberfläche in den Fernerkundungsdaten auf. Als sehr schwer zu differenzieren erwies sich der Teapot Granite Complex, unter dem so unterschiedliche Gesteine wie Granite, Gneise oder Migmatite zusammengefasst sind, die wiederum alle unterschiedliche, in den TM-Daten erfasste Reflexionseigenschaften aufweisen. Gemeinsam ist allen Gesteinen dieses Complex ihre unauffällig flache Morphologie, die so gut wie keine makroskopischen Anzeichen tektonischer Zerschierung aufweist. Eine letzte, sehr deutlich auszumachende Einheit der Southern Province ist die Alice Springs High-Strain Zone. Dabei handelt es sich um Mylonite, die sich im Falle des Untersuchungsgebietes im Liegenden einer großen Scherzone befinden, die gleichzeitig auch die Gesteine der Central Province von denen der Southern Province trennt (Abb. 8).

Das Amadeus Basin hingegen ist gekennzeichnet durch mächtige sedimentäre Ablagerungen, die durch häufige Veränderungen des Meeresspiegels entstanden (vgl. Abb. 9; COOK 1968). Ein Großteil der Sedimente wurde im Missionary Plain Trough abgelagert, der zwei Teilbecken voneinander trennt. Die Basis des Amadeus Basin wird durch den Heavytree Quartzite gebildet, der direkt den

erodierten Gesteinen des Arunta Block auflagert. Ein weiteres Untersuchungsgebiet, das sich im Amadeus Basin befindet, weist als älteste Gesteine jedoch die Bitter Springs Formation auf, deren karbonatische bis evaporitische Zusammensetzung in geeigneten Ratios deutlich im Faltenkern hervortritt (Abb. 4). Die auflagernde Areyonga Formation, die Teil eines quer durch Australien verlaufenden glazigenen Gürtels aus Tilliten aus dem späten Proterozoikum ist, lässt sich auf Grund ihrer gröberen Zusammensetzung in den Fernerkundungsdaten von der Bitter Springs Formation abgrenzen. Ebenfalls im Faltenkern anzutreffen ist die Pertatataka Formation, die grau bis grünlich in Erscheinung tritt und aus Siltsteinen und Schiefen besteht. Im Zuge der Petermann Ranges Orogeny wurde in den oben erwähnten Teilbecken die Pertaoorra Group abgelagert, deren Sedimente stark die jeweilige Ablagerungssituation, proximal oder nicht-marin, distal bis marin widerspiegeln. So zählen zur Pertaoorra Group Sandsteine (KENNARD & LINDSAY 1991; BRADSHAW 1991a, b), Siltsteine, Karbonate, Salzstrukturen, Schiefer und einige stromatolithische Biostrome. Die Differenzierung in den Fernerkundungsdaten erfolgte hier anhand der Färbung der unterschiedlichen Einheiten, die von braun über rot-braun bis hin zu gelb reichte, aber auch mithilfe von Ratios, durch die sich z.B. Karbonate hervorheben ließen. Auch die Morphologie bzw. die Härte der Gesteine gaben Hinweise hinsichtlich ihrer Unterscheidung. Gegen Ende des Kambriums vollzog sich eine Veränderung der Ablagerungsbedingungen insofern, als nun im Gesamtbecken die Bildung der Larapinta Group stattfand, deren Mächtigkeit bis zu 2000 m reicht (GORTER 1991). Ihre verschiedenen Silt- und Sandsteineinheiten lassen sich hervorragend anhand ihrer Färbung voneinander abgrenzen, die von grau über weiß bis hin zu rot-braun geht. Im Zuge des Rodingan Movement wurde der Mereenie Sandstone, ein Quarzsandstein mit Mächtigkeiten von bis zu 1000 m abgelagert. Die Pertnjara Group bildet mit ihren nicht-marinen Ablagerungen den Abschluss der Sedimentation innerhalb des Amadeus Basin. Die Gesteine wurden zeitgleich mit der Hebung des Arunta Block am erodierten Nordrand des Amadeus Basin abgelagert. JONES (1991) beschreibt sie als eine Serie von lakustrinen, verzweigten und mäandrierenden fluvialen sowie alluvialen Fächerablagerungen, die im Verlauf der Alice Springs Orogeny entstanden.

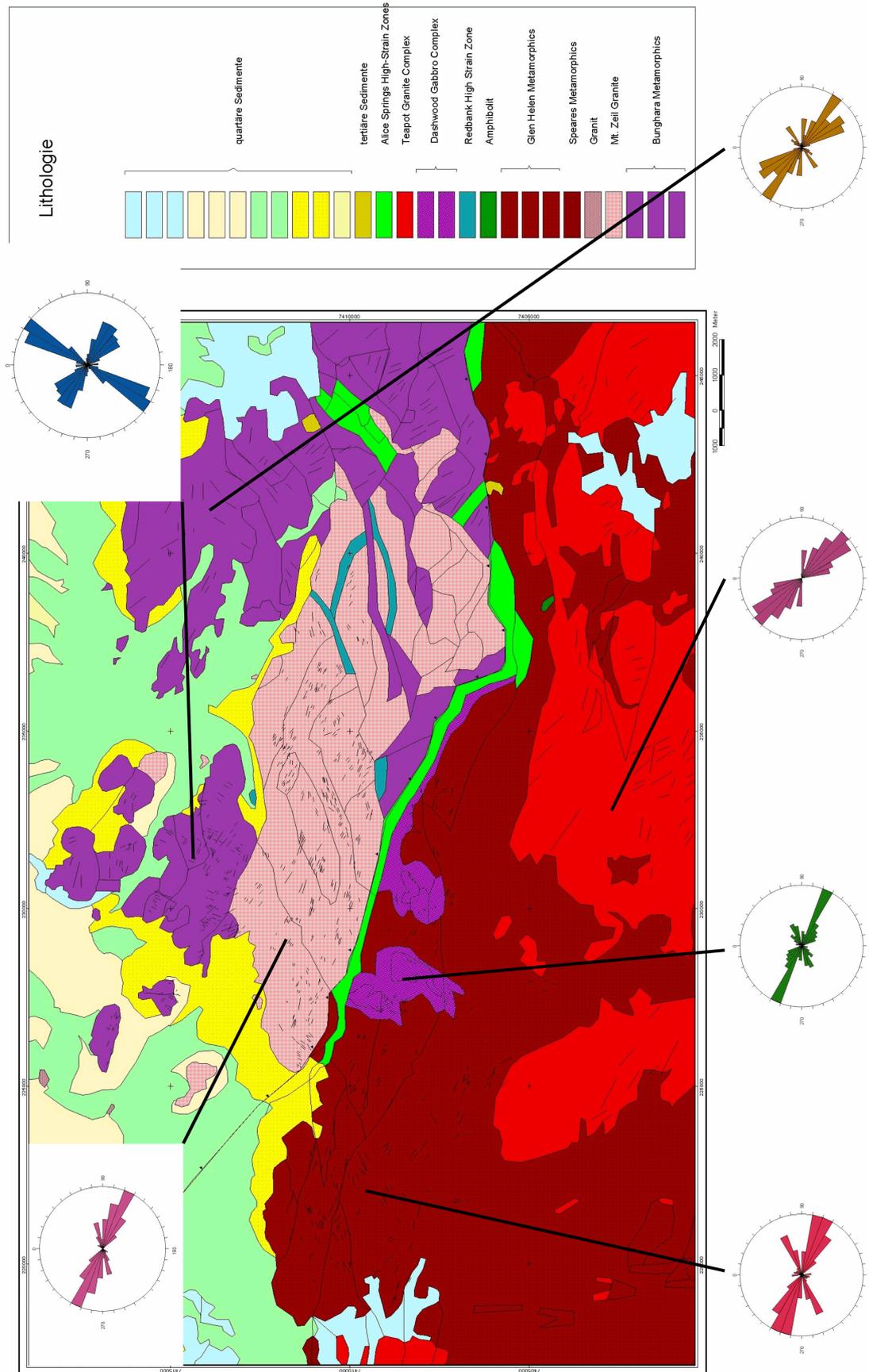


Abb. 8: Photogeologische Karte des Gebietes um die Redbank Thrust Zone, inklusive der relevanten strukturgeologischen Aufnahme von Lineationen/Störungen aus dem DGM. Deutlich zu sehen ist die Suture zwischen Central und Southern Province.

Im Untersuchungsgebiet lassen sich die beiden darunter zusammengefassten Einheiten dadurch unterscheiden, dass die eine (Hermannsburg Sandstone) flächige, von Abflussstrukturen gezeichnete Hochebenen bildet, während die andere Einheit (Parke Siltstone) wie eine randliche Begrenzung nur in schmalen, farblich helleren Streifen auftritt.

Die Klüftrosen, die aus den kartierten Lineationen entstanden sind, verraten einiges über das Spannungsregime und die Ablagerungsverhältnisse: das südlichere der Untersuchungsgebiete, das sich innerhalb des Amadeus Basin befindet, weist nur wenige Lineationen auf, es konnten lediglich 310 lineationshafte Strukturen gemessen werden. Die Hauptstreichrichtung verläuft ca. E-W bzw. ESE-WNW ($90-100^\circ$ zu $270-280^\circ$). Daraus lassen sich mehrere Schlüsse hinsichtlich der Deformationsursache ziehen: Kompression, bedingt durch eine von N und von S kommende Kraft, oder Scherkräf-

te, die in Richtung E-W laufend, an den Gesteinen Zug ansetzen, oder Extensionskräfte in einem Richtungsspektrum von NW bis NE bzw. SW bis SE. Da Lineationen immer im Rahmen des regionalen Spannungsfeldes zu sehen sind, legt die Betrachtung der nach N vergentenden Antiklinale eine Kompression der Schichten in N-S-Richtung nahe. Das Vorhandensein einer weiteren Lineationsrichtung zwischen $30-40^\circ$ bzw. $210-220^\circ$ könnte bedeuten, dass es nach der ersten Deformationsphase zu einer weiteren Krafteinwirkung gekommen ist. Auch hier kommen mehrere Möglichkeiten in Betracht, von Kompression in NW-SE-Richtung, über Scherkräfte in NE-SW-Richtung hin zu Extension in Richtung WSW bis NNE bzw. ENE zu SSW. In Anbetracht der Form der Antiklinale scheint das Vorhandensein von NE-SW gerichteten Scherkräften, die eine Rotation der Antiklinale im östlichen Ende nach sich ziehen, am Wahrscheinlichsten.

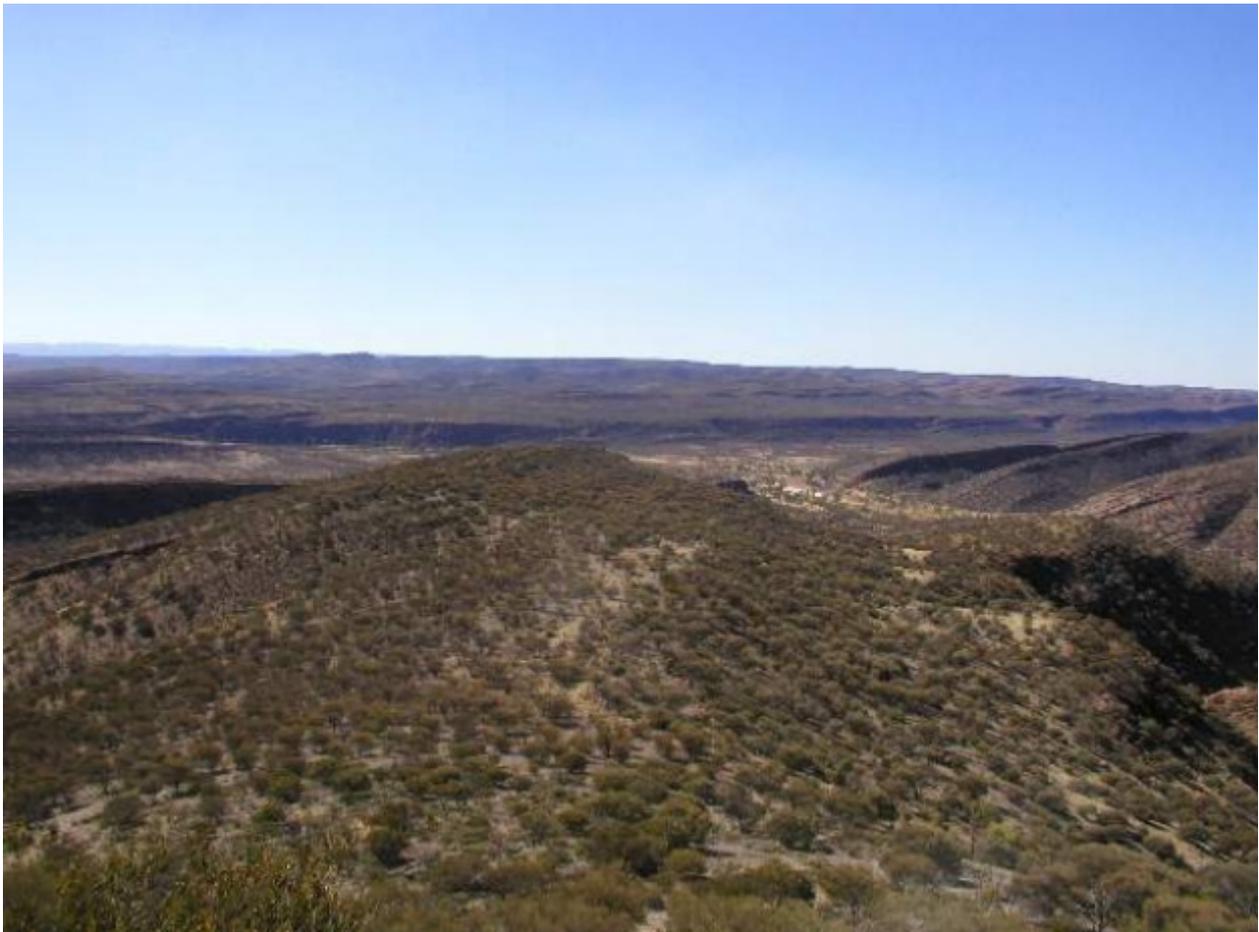


Abb. 9: Eine typische Faltenstruktur im Gebiet SE' des Palm Valley (Foto: C. Glotzbach/T. Karow).

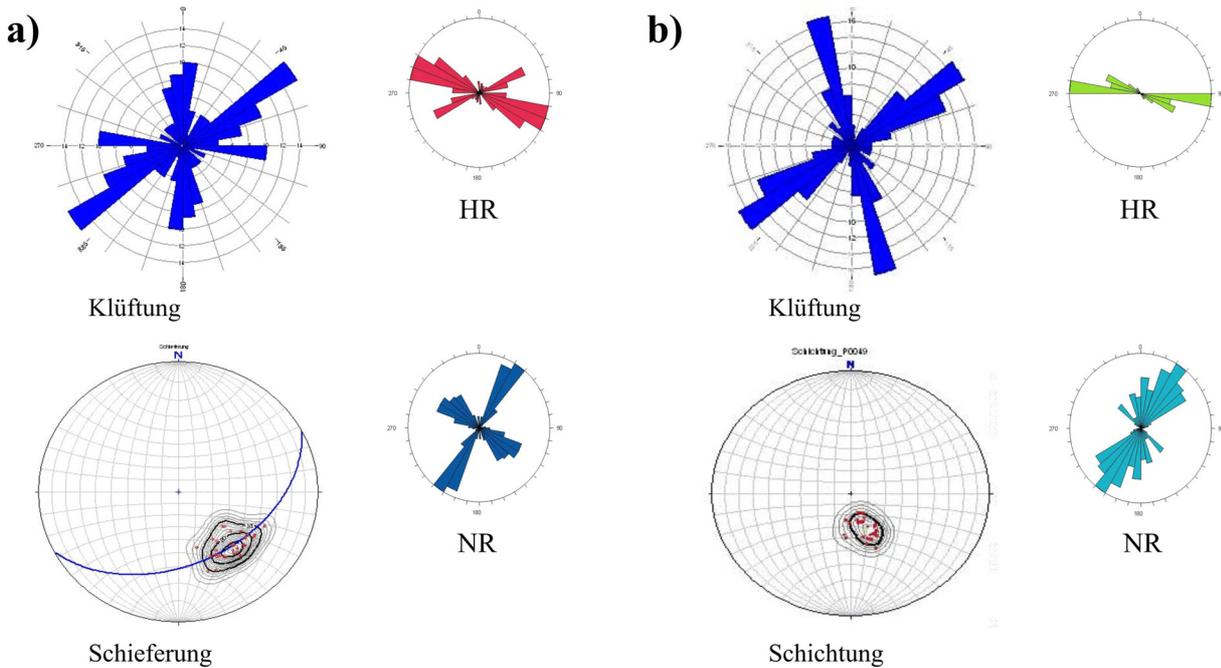


Abb. 10: Gegenüberstellung der fernerkundlich ermittelten Lineationsrosen im Vergleich zu vor Ort durch GLOTZBACH & KAROW (unver.) gemessenen Klüftungs-, Schichtungs- und Schieferungsdaten aus dem a) nördlichen metamorphen Arunta Block, nahe der Redbank Thrust Zone und b) des sedimentären Amadeus Basin nahe Palm Valley (HR=Haupttrichtung, NR=Nebenrichtung).

Ein Vergleich mit bislang noch nicht veröffentlichten Daten von GLOTZBACH & KAROW, die allerdings in einer östlich angrenzenden Falte vor Ort aufgenommen wurden, zeigt leichte Abweichungen von den fernerkundlich aufgenommenen Lineationswerten (Abb.10). Es gibt zwar auch in den vor Ort gemessenen Daten zwei verschiedene Klüftungsrichtungen, allerdings sind beide jeweils von den durch Datenanalyse gewonnenen Daten um jeweils 30° gegen den Uhrzeigersinn in den Klüftrosen verschoben. Es zeigt sich also, dass anhand von reiner Fernerkundung zwar die grobe Richtung von Lineationen auszumachen ist, diese aber doch scheinbar stark an die Schichtung angelehnt sind, wie die Analyse der Netze der vor Ort gemessenen Daten zeigen. Kleindimensionale Klüfte, wie sie vor Ort gemessen wurden, lassen sich hier nicht anhand von Fernerkundungsdaten belegen, da sie vom Maßstab her zu klein sind.

Im nördlichen Untersuchungsgebiet, an der Schwelle Amadeus Basin/Arunta Block, ergeben die Klüftrosen ein anderes Bild: zunächst einmal sind Lineationen viel zahlreicher anzutreffen als im südlichen Gebiet; es gelang, 988 Strukturen zu kartieren; dies gibt bereits einen Hinweis auf die gewaltigen Spannungsprozesse, die den Nordrand des Amadeus Basins sowohl bruchhaft als auch plastisch deformiert haben (DENHAM & ALEXANDER 1991; STEWART et al. 1991; SHAW 1991; OAKS et al. 1991). Zudem ist es auch ein Indiz auf die unterschiedlichen Eigenschaften der Gesteine:

Wird das südlichere Gebiet von Sedimenten, in der Mehrzahl Sandsteinen, aufgebaut, die offenkundig duktiler gegenüber tektonischem Druck reagieren, so besteht das nördliche Gebiet in der Hauptsache aus metamorph überprägten Magmatiten, die unter Spannung eher spröde und damit zu Zerschierung und Bruch neigen. Die Hauptklüfttrichtung lässt sich hier eindeutig auf 290-320° zu 110-140° festlegen. Senkrecht dazu tritt untergeordnet auch die Richtung 30-40° bzw. 210-220° auf. So müssen auch in diesem Fall zwei verschiedene Spannungsereignisse an der Verformung der abgelagerten Gesteine beteiligt sein: Die Hauptklüfttrichtung geht vermutlich auf die Alice Springs Orogeny zurück, die ab der Mitte des Devons bis zum Ende des Karbons sowohl die Southern Province des Arunta Block als auch das Amadeus Basin durch Hebung und Faltung prägte. Dies wird durch das Vorhandensein der Alice Springs High Strain Zone im Liegenden der Abscherung zwischen Central und Southern Province nahe gelegt. Die untergeordnete Spannungsrichtung ist dann ein Relikt der Strangways Orogeny, die dem größten Teil des Arunta Block seine Form gegeben hat. Die Redbank Thrust Zone, die in das nördliche Gebiet einschneidet, wurde während der Anmatjira Uplift Phase gebildet und vertiefte sich im Zuge der Alice Springs Orogeny.

Auch hier kommt ein Vergleich mit den noch nicht veröffentlichten Daten von GLOTZBACH & KAROW zu einem ähnlichen Ergebnis wie im Fall des süd-

lichen Untersuchungsgebietes: Die grobe Richtung der Lineationen lässt sich anhand der Fernerkundungsdaten erkennen und stimmt auch weitestgehend mit den vor Ort gemessenen Daten überein, allerdings fehlt die vor Ort kartierte Kluftrichtung N-S in den fernerkundlich ermittelten Lineationsrosen nahezu vollständig (Abb. 10). Dies legt nahe, dass Klüftungen dieser Richtung in zu kleinem Maßstab auftreten, als dass sie in Satelliten- oder Luftbildern zu erkennen sind. Des Weiteren fällt auf, dass die im Rahmen dieser Arbeit als Hauptlineationsrichtung bezeichnete Richtung (290-320° zu 110-140°) sich in den vor Ort gemessenen Daten nicht wieder findet. Dies mag zum einen daran liegen, dass die fernerkundlich ermittelten Daten hauptsächlich an Gesteinen nördlich und südlich der vor Ort kartierten Stelle gemessen wurden, zum anderen aber auch, wie schon weiter oben erwähnt daran, dass die in Satelliten-, Radar- und Luftbildern zu erkennenden Lineationen sich vermutlich stark an Schichtung oder Schieferung ausrichten.

Literatur

- BRADSHAW, J. (1991a): The Tempe Formation: an early Middle Cambrian, open marine, clastic and carbonate sequence, central Amadeus Basin. – In: KORSCH, R.J. & KENNARD, J.M. (Hrsg.): Geological and geophysical studies in the Amadeus Basin, central Australia, Bureau of Mineral Resources, Australia, Bulletin **236**: 245-252.
- BRADSHAW, J. (1991b): Description and depositional model of the Chandler Formation: a lower Cambrian evaporite and carbonate sequence, Amadeus Basin, central Australia. – In: KORSCH, R.J. & KENNARD, J.M. (Hrsg.): Geological and geophysical studies in the Amadeus Basin, central Australia, Bureau of Mineral Resources, Australia, Bulletin **236**: 227-244.
- COOK, P.J. (Hrsg.) (1968): Henbury, N.T., Sheet SG53-1. – 1:250.000 Geological Series – Explanatory Notes; Canberra (Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics).
- DENHAM, D. & ALEXANDER, L. (1991): The stress regime in the Amadeus Basin region. – In: KORSCH, R.J. & KENNARD, J.M. (Hrsg.): Geological and geophysical studies in the Amadeus Basin, central Australia, Bureau of Mineral Resources, Australia, Bulletin **236**: 591-594.
- FORMAN, D.J. (1966): Regional geology of the south-west margin, Amadeus Basin, central Australia. – Bureau of Mineral Resources, Australian Report, **87**.
- GLIKSON, A.Y. (1987): Regional structure and evolution of the Redbank-Mount Zeil thrust zone: a major lineament in the Arunta Inlier, central Australia. – BMR Journal of Australian Geology & Geophysics, **10**: 89-107.
- GLIKSON, A.Y. (1969): Geology of the outer zone of the Gosses Bluff cryptoexplosion structure. – BMR Australian Report, **42**: 1-30.
- GORTER, J.D. (1991): Palaeogeography of Late Cambrian to Early Ordovician sediments in the Amadeus Basin, central Australia. – In: KORSCH, R.J. & KENNARD, J.M. (Hrsg.): Geological and geophysical studies in the Amadeus Basin, central Australia, Bureau of Mineral Resources, Australia, Bulletin **236**: 253-275.
- JONES, B.G. (1991): Fluvial and Lacustrine Facies in the Middle to Late Devonian Pertnjara Group, Amadeus Basin, Northern Territory and their Relation to Tectonic Events and Climate. – In: KORSCH, R.J. & KENNARD, J.M. (Hrsg.): Geological and geophysical studies in the Amadeus Basin, central Australia, Bureau of Mineral Resources, Australia, Bulletin **236**: 333-47.
- KAPPAS, M. (1994): Fernerkundung nah gebracht. Leitfaden für Geowissenschaftler. – Bonn (Dümmler Verlag).
- KENNARD, J.M. & LINDSAY, J.F. (1991): Sequence stratigraphy of the latest Proterozoic-Cambrian Pertaoorra Group, northern Amadeus Basin, central Australia. – In: KORSCH, R.J. & KENNARD, J.M. (Hrsg.): Geological and geophysical studies in the Amadeus Basin, central Australia, Bureau of Mineral Resources, Australia, Bulletin **236**: 171-194.
- KRONER, A. (HRSG.) (1981): Precambrian Plate Tectonics. – Amsterdam (Elsevier).
- LINDSAY, J.F. & KORSCH, R.J. (1991): The evolution of the Amadeus Basin, central Australia. – In: KORSCH, R.J. & KENNARD, J.M. (Hrsg.): Geological and geophysical studies in the Amadeus Basin, central Australia, Bureau of Mineral Resources, Australia, Bulletin **236**: 7-32.
- MAH, A.; TAYLOR, G.R.; LENNOX, P. & BALIA, L. (1995): Lineament Analysis of Landsat Thematic Mapper Images, Northern Territory, Australia. – Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, **61**: 761-773.

- MATHUR, S.P. & SHAW, R.D. (1982): Australian orogenic belts: evidence for evolving plate tectonics?. – *Earth Evolution Science*, **4**: 281-308.
- PREISS, W.V. & FORBES, B.G. (1981): Stratigraphy, correlation and sedimentary history of Adelaidean (Late Proterozoic) basins in Australia. – *Precambrian Research*, **15**: 255-304.
- OAKS, J. R.; R.Q., DECKELMAN J.A.; CONRAD, K.T.; HAMP, L.P.; PHILLIPS, J.O. & STEWART, A.J. (1991): Sedimentation and tectonics in the northeastern and central Amadeus Basin, central Australia. – In: KORSCH, R.J. & KENNARD, J.M. (Hrsg.): *Geological and geophysical studies in the Amadeus Basin, central Australia*, Bureau of Mineral Resources, Australia, *Bulletin* **236**: 73-90.
- OBEE, H.K. & WHITE, S. (1985): Faults and associated fault rocks of the Southern Arunta Block, Alice Springs, Australia. – *Journal of Structural Geology*, Vol. 7, No. 6: 701-712.
- PRINZ, T. (1996): Multispectral remote sensing of the Gosses Bluff impact crater, central Australia (N.T.) by using Landsat-TM and ERS-1 data. – *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, **51**: 137-149.
- SGAVETTI, M.; FERRARI, M.C.; CHIARI, R.; FANTOZZI, P.L. & LONGHI, I. (1995): Stratigraphic Correlation by integrating Photostatigraphy and Remote Sensing Multispectral Data: An Example from Jurassic-Eocene Strata, Northern Somalia. – *AAPG*, Vol. 79, **11**: 1571-1589.
- SHAW, R.D. (1991): The tectonic development of the Amadeus Basin, central Australia. – In: KORSCH, R.J. & KENNARD, J.M. (Hrsg.): *Geological and geophysical studies in the Amadeus Basin, central Australia*, Bureau of Mineral Resources, Australia, *Bulletin* **236**: 429-461.
- STEWART, A.J.; OAKS, JR.; R.Q., DECKELMAN, J.A. & SHAW, R.D. (1991): “Mesothrust” versus “megathrust” interpretations of the structure of the northeastern Amadeus Basin, central Australia. – In: KORSCH, R.J. & KENNARD, J.M. (Hrsg.): *Geological and geophysical studies in the Amadeus Basin, central Australia*, Bureau of Mineral Resources, Australia, *Bulletin* **236**: 361- 383.
- TEYSSIER, C. (1985): A crustal thrust system in an intracratonic tectonic environment. – *Journal of Structural Geology*, Vol. 7, No. 6: 689-700.
- WARREN, R.G. & SHAW, R.D. (1995): Hermannsburg, N.T., Sheet SF 53-13. – 1:250.000 Geological Series – Explanatory Notes; Darwin (Northern Territory Geological Survey).

