

### 6.4.2 Einschlagskrater mit hellem Auswurfsmaterial

Einschlagskrater mit mehr oder weniger ausgedehnten im sichtbaren Licht hellen Ejekta gehören zu den auffälligsten Einschlagsstrukturen der Ganymedoberfläche (Kap. 2). Zu diesen gehören auch die so genannten Strahlenkrater. Diese Strahlen sind radial oder subradial um den Einschlagskrater angeordnet und bilden den Teilbereich der Ejekta, der am weitesten vom Einschlagskrater entfernt ist. Die Natur dieser Strahlen wurde viel diskutiert, ist jedoch bis heute nicht gut verstanden (Melosh, 1989). Sie erscheinen auf den Oberflächen aller Monde, die keine Atmosphäre aufweisen. Es handelt bei diesen Strahlen entweder um Ablagerungen von primär ausgeworfenem Material oder Ablagerungen, die mit sekundären Einschlagsprozessen verbunden sind (Melosh, 1989).

Strahlenkrater sind nahezu allen anderen geologischen Einheiten, eingeschlossen Einschlagskrater, welche keine Strahlen aufweisen, überlagert. Sie stellen somit den obersten stratigraphischen Horizont dar und werden daher als die geologisch jüngsten Oberflächenstrukturen von Ganymed angesehen (Passey & Shoemaker, 1982, Shoemaker et al., 1982). Sie sind daher verhältnismäßig kurz dem interplanetaren Raum ausgesetzt gewesen und repräsentieren mehr oder weniger frisches, aus dem Untergrund freigelegtes Material, welches dem Regolith hinzugefügt wird (Melosh, 1989). Vermutlich besaßen alle Einschlagskrater auf der Ganymedoberfläche ursprünglich Strahlen (Passey & Shoemaker, 1982). Je länger jedoch die Strahlen dem interplanetaren Raum ausgesetzt sind, desto mehr verblassen sie, d.h. sie gleichen sich in ihrer Zusammensetzung dem Oberflächenmaterial der Umgebung an. Die Ursache wird vor allem in der fortschreitenden Vermischung des Oberflächenmaterials (etwa 10 cm dick) durch mikrometeoritisches Bombardement (Partikelgröße:  $\sim 100\mu\text{m}$ ) und der thermal bedingten Sublimation von Wassereis gesehen (Melosh, 1989, siehe auch Kap. 6.1.1).

<i>Beobachteter Einschlagskrater</i>	<i>Geographische Position</i>	<i>NIMS-Beobachtung</i>	<i>Räumliche Auflösung</i>	<i>Analysierte Absorptionen</i>
<i>Osiris</i>	38,3°S/165,5°W	G8GNOSIRIS	40 km/Pixel	1,5; 2; 3; 4,25 $\mu\text{m}$
<i>Melkart</i>	10,5°S/185,8°W	G8GNMELKART	4 bis 6 km/Pixel	1,5; 2; 3; 4,25 $\mu\text{m}$
<i>Unbenannt</i>	2,87°N/184,4°W	G8LIDARK	10 bis 11 km/Pixel	1,5; 2; 3; 4,25 $\mu\text{m}$

Tab. 6.18: Parameter der NIMS-Beobachtungen von Einschlagskratern mit hellem Auswurfsmaterial auf Ganymed.

Die Untersuchung der lokalen spektralen Variationen im Bereich von geologisch jungen Einschlagskratern bietet somit einen Einblick in die Reflexionseigenschaften von aus dem Untergrund von Ganymed freigelegten und nur gering durch exogene Prozesse veränderten Materials im Verhältnis zu dessen unmittelbaren Umgebung. Die Untersuchung von Einschlagskratern soll dagegen detaillierte Hinweise liefern, wie sich die Reflexionseigenschaften der Einschlagskrater mit zunehmendem Alter verändern und welche Prozesse dafür verantwortlich sind. Die Diskussion erfolgt am Beispiel der hellen Strahlenkrater Osiris und Melkart sowie eines bisher unbenannten Einschlagskraters im zentralen Bereich von Marius Regio bei 2,87°N und 184,4°W (Tab. 6.18).

#### Einschlagskrater Osiris (38,3°S/165,5°W)

Die Abbildung 6.64 zeigt den Einschlagskrater Osiris (38,3°S/165,5°W) in einem Mosaik aus Bilddaten der ISS-Kamera an Bord der Raumsonde Voyager 2 zusammen mit einer geologischen Karte, welche die für die Interpretation der NIMS-Daten wichtigsten geologischen Einheiten enthält. Der von NIMS beobachtete Bereich (NIMS-Beobachtung G8GNOSIRIS) liegt zwischen 21,4 und

61°S bzw. 118 und 175,5°W und wurde mit einer räumlichen Auflösung von etwa 40 km/Pixel aufgenommen (Tab. 6.18, siehe auch Kap. 5, Abb. 5.2). Mit einem Durchmesser von 155 km zählt Osiris zu den größten hellen Strahlenkratern auf Ganymed. Im Zentrum von Osiris befindet sich ein zentraler Dom (*Passey & Shoemaker, 1982; Schenk & Moore, 1998*). Der Krater ist von seinem Auswurfsmaterial durch einen scharfen Kraterrand abgegrenzt. Osiris ist von ausgedehnten Ejekta umgeben, die sich in drei verschiedene Faziesbereiche unterteilen lassen:

Die kontinuierlichen Ejekta bilden eine dichte Decke von Auswurfsmaterial, welches sich bis zu einer Entfernung von etwa einem Kraterradius um den Einschlagskrater anordnet.

Die diskontinuierlichen Ejekta beinhalten vor allem die Strahlen von Osiris, die sich bis in Entfernungen von etwa 5000 km ausdehnen und damit weit außerhalb des von NIMS beobachteten Bereichs liegen. Bis zu einer Entfernung von etwa 500 km sind die Strahlen jedoch zusätzlich von relativ großen Sekundärkratern geprägt. Dieser Bereich wird als Fazies I bezeichnet, während die Bereiche, in denen nur noch Strahlen zu beobachten sind, als Fazies II bezeichnet wird.

Der hauptsächliche Teil des Substrats der Ejekta wird von Sippar Sulcus gebildet, der sich im Süden von Marius Regio von Ost nach West zieht. Der Einschlagskrater selbst liegt in einem relativ kleinem polygonförmiges Bruchstück (Durchmesser: ~500 km) des dunklen Gebietes. Die Grenze zwischen diesem und dem benachbarten Sulcus ist noch durch die Ejektadecke hindurch zu erkennen. Der nahe gelegene Einschlagskrater Andjeti dagegen liegt vollständig im Bereich des Sulcus.

Nach *Stephan et al. (2003)* beträgt das maximale Modelalter von Osiris auf der Basis des Modells von *Neukum (1997)* und *Neukum et al. (1998)* maximal 3,3 Mrd. Jahre. Aufgrund der Ausbildung der Strahlen, seiner ausgeprägten Morphologie und der stratigraphischen Position wird er jedoch noch wesentlich jünger eingeschätzt (*Shoemaker et al., 1982*).

### **Einschlagskrater Melkart (10,5°S/185,8°W)**

Die Abbildung 6.65 zeigt den Einschlagskrater Melkart (10,5°S/185,8°W) in einem Mosaik aus Kameradaten der Raumsonden Voyager 2 und Galileo (SSI-Beobachtung G8GSMEKRT01) zusammen mit einer geologischen Karte, welche die wichtigsten geologischen Oberflächenstrukturen des beobachteten Bereichs enthält.

Der von NIMS beobachtete Bereich (NIMS-Beobachtung G8GNMELKART) umfasst vor allem den Einschlagskrater selbst. Er liegt zwischen 8,4 und 11,6°S und 184,2 und 187,5°W und bildet Melkart mit einer räumlichen Auflösung von 4 bis 6 km/Pixel ab. Im Falle des Einschlagskraters Melkart bot sich eine der wenigen Möglichkeiten, die eine räumlich relativ hoch aufgelöste NIMS-Beobachtung G8GNMELKART mit Kameradaten der Galileo-SSI-Beobachtung G8GSMEKRT01, die mit 176 m/Pixel gleichzeitig zur NIMS-Beobachtung gewonnen wurden, zu vergleichen.

Der Einschlagskrater Melkart liegt zum Teil im dunklen Gebiet von Marius Regio und zum Teil im hellen Gebiet, welches einen Ausläufer vom südlich gelegenen Sippar Sulcus bildet (siehe auch Abb. 6.1 in Kap. 6.1). Melkart besitzt einen Durchmesser von etwa 105 km. Der zentrale Dom von Melkart ist nach *Schenk et al. (1993, 2004)* das Resultat des infolge des Einschlages sehr schnellen Emporhebens von duktilem Material aus mehreren Kilometern Tiefe. Die Vermutung wird vor allem auf das feine Netzwerk linearer Strukturen gestützt, welches die Domoberfläche überzieht. Die linearen Strukturen werden als schmale sich kreuzende Brüche interpretiert, die infolge der einsetzenden Abkühlung des Materials an dessen Oberfläche entstanden sind. Der Dom ist teilweise umgeben von einem Kamm.

Quer durch den Kraterbereich zieht sich östlich direkt am Dom entlang eine lineare morphologische Vertiefung, welche den Kontaktbereich zwischen Sulcus und Regio in Form einer tektonischen Verwerfung charakterisiert (siehe *Pappalardo et al., 1998a* und Kap. 2.2).

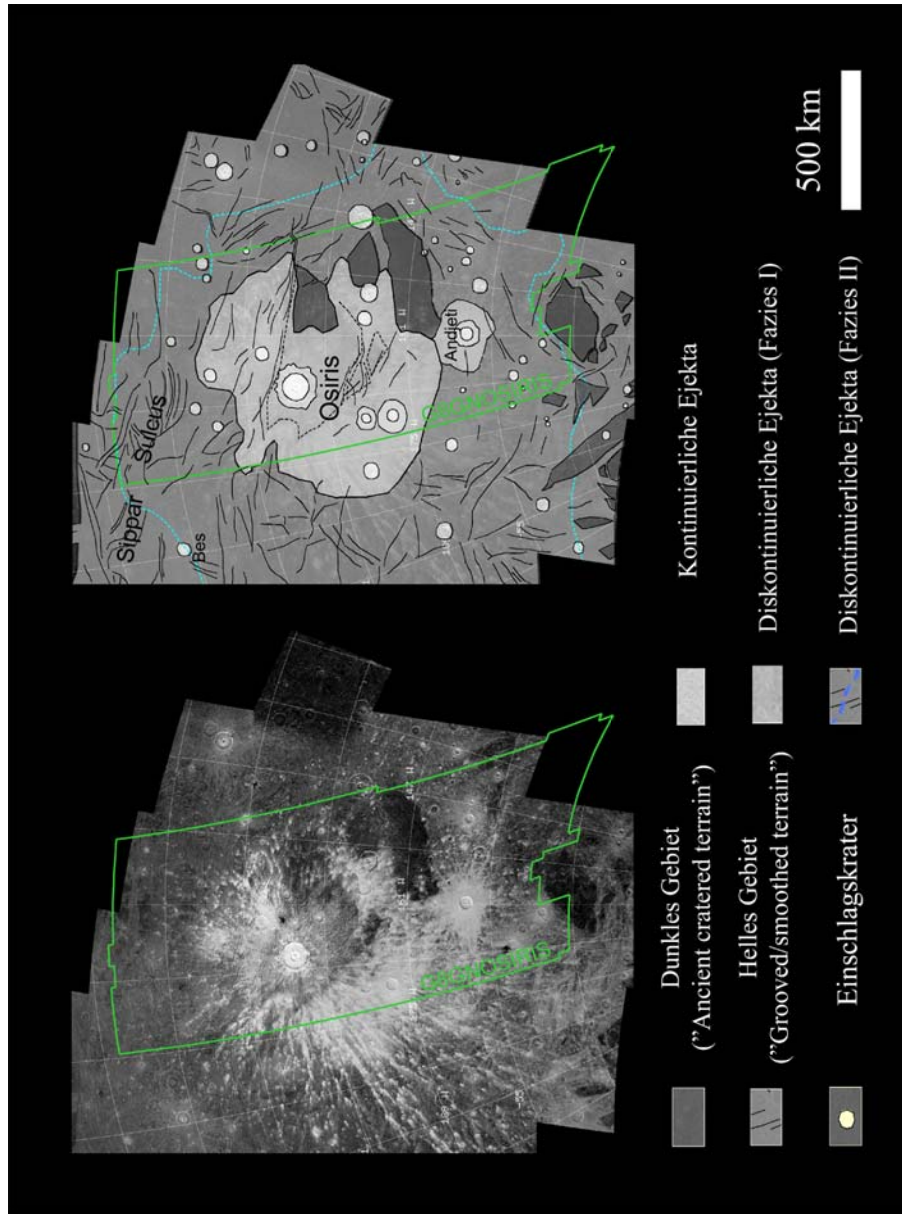


Abb. 6.64: Geologischer Kontext im Bereich des hellen Strahlenkraters Osiris basierend auf einem Mosaik aus Kameradaten der Raumsonde Voyager 2 (CLEAR-Filter) überlagert mit den Grenzen der NIMS-Beobachtung G8GNOSIRIS (Beschreibung im Text).

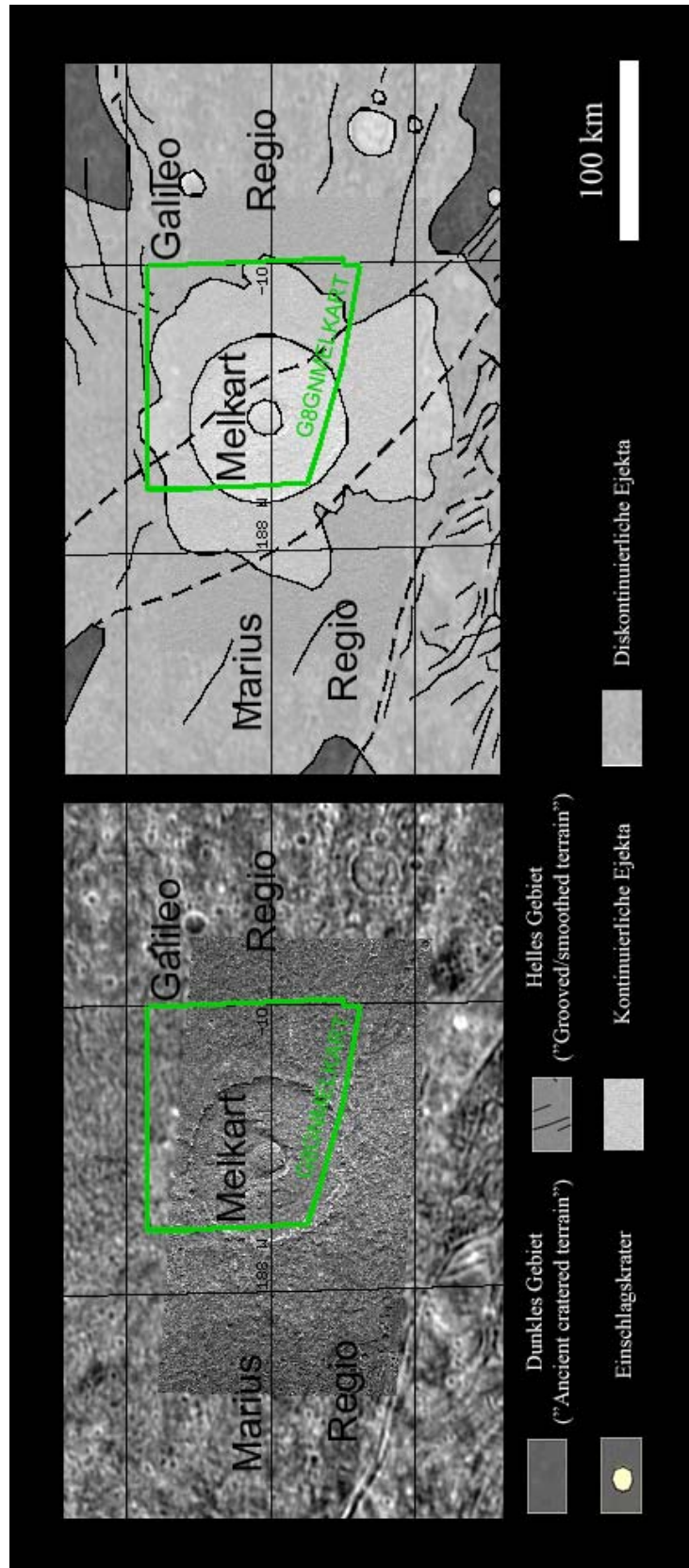


Abb.6.65: Geologischer Kontext im Bereich des hellen Strahlenkraters Melnik basierend auf einem Mosaik aus Kameradaten der Raumsonde Voyager 2 und Galileo (SSI-Beobachtung G8GSMELKART01; CLEAR-Filter) überlagert mit den Grenzen der NIMS-Beobachtung G8GMMELKART (Beschreibung im Text).

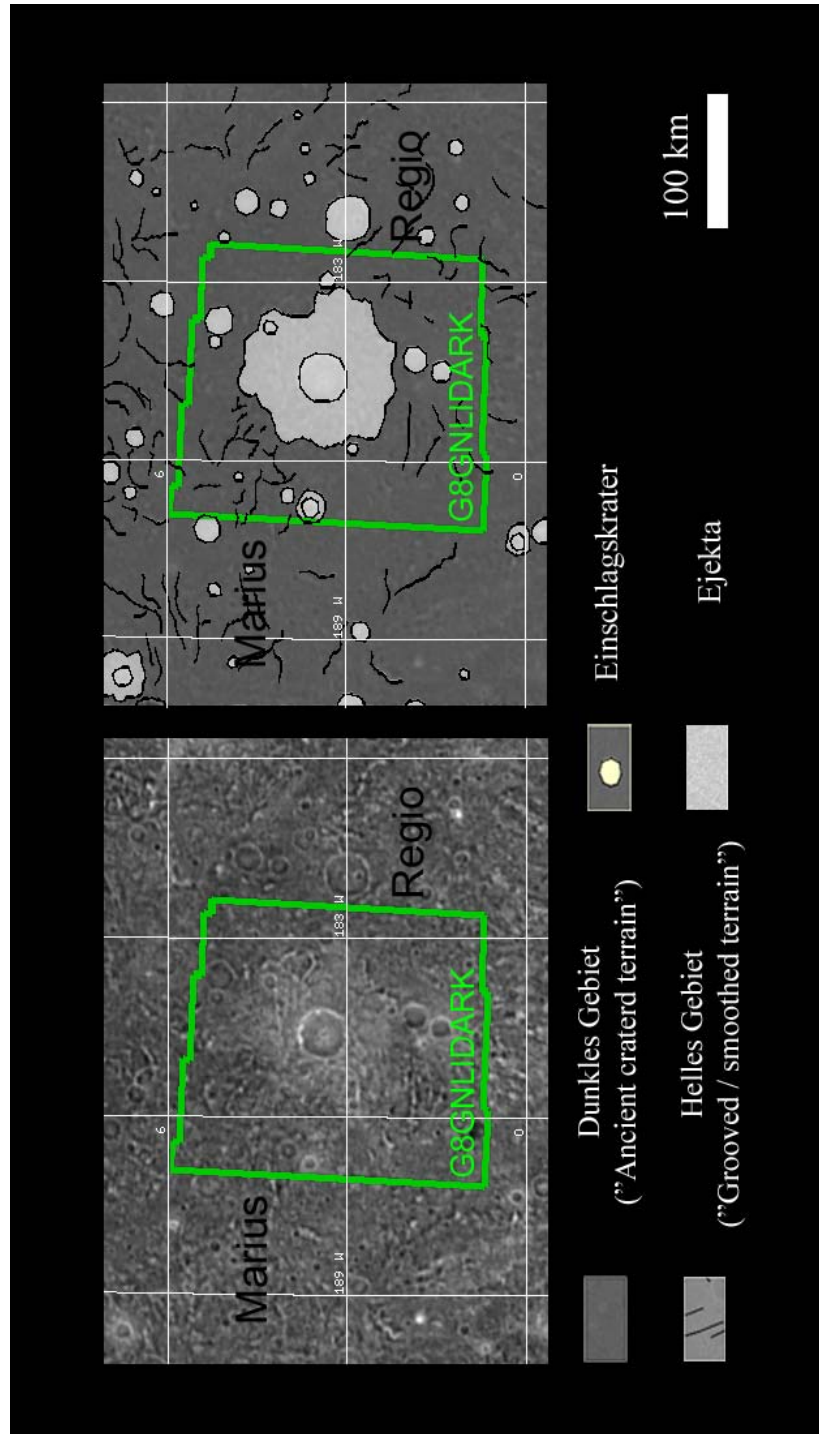


Abb. 6.66: Geologischer Kontext im Bereich eines bisher unbenannten hellen Einschlagskraters in Marius Regio basierend auf einem Mosaik aus Kameradaten der Raumsonde Voyager 2 (CLEAR-Filter) überlagert mit den Grenzen der NIMS-Beobachtung G8GNLIDARK (Beschreibung im Text).

Der Krater ist umgeben von kontinuierlichem Auswurfsmaterial, welches eine Ausdehnung bis etwa 300 km vom Kraterzentrum aufweist. Des Weiteren sind Strahlen von Sekundärkratern vorhanden, die sich bis gut 1000 km ausdehnen, welche die diskontinuierlichen Ejekta bilden. Die Bereiche in der Umgebung des Einschlagskraters repräsentieren daher nicht ursprüngliches helles und dunkles Gebiet, sondern sind durch das Auswurfsmaterial von Melkart modifiziert. Nach dem Modell von *Neukum* (1997) und *Neukum et al.* (1998) besitzt Melkart ein Modellalter von  $3,78 \pm 0,03$  Mrd. Jahren (*Stephan et al.*, 2003).

### Unbenannter Einschlagskrater in Marius Regio (2,87°N/184,4°W)

Ein bisher unbenannter, mit einem Durchmesser von etwa 50 km relativ kleiner heller Strahlenkrater, liegt mitten im dunklen Gebiet von Marius Regio nahe des Äquators bei 2,87°N und 184,4°W (Abb. 6.66). Der von NIMS beobachtete Bereich liegt zwischen 1,1 und 6,1°N bzw. 182,3 und 187,3°W. Er wurde mit einer räumlichen Auflösung von 10 bis 11 km/Pixel abgebildet.

Der Einschlagskrater unterscheidet sich in den Kameradaten in Bezug auf seine Farbgebung nur gering von seiner Umgebung. Seine morphologischen Charakteristika sind jedoch noch deutlich zu erkennen. Im Einschlagskrater selbst befindet sich vermutlich eine zentrale Vertiefung. Die Ausbildung einer zentralen Vertiefung ist charakteristisch für Einschlagskrater auf Ganymed mit Durchmesser zwischen etwa 35 und 60 km (*Schenk et al.*, 2004). Diese Vertiefungen wurden bisher als Resultat einer explosiven Abgabe von Gasen während des Einschlagsprozesses interpretiert (*Greeley et al.*, 1982; *Croft*, 1983). Jedoch ist der Entstehungsprozess bisher nicht ausreichend erklärt. Einschlagskrater mit zentralen Vertiefungen bilden vermutlich eine Übergangsform von einfachen schüsselförmigen und kleineren Einschlagskratern zu den größeren Einschlagskratern mit einer komplexeren Morphologie, wie zum Beispiel Osiris und Melkart. Der Einschlagskrater ist mit Ejekta umgeben, die sich bis eine Entfernung von mehr als 50 km vom Kratertrand ausdehnen. Es ist jedoch kein Unterschied mehr zwischen kontinuierlichen und diskontinuierlichen Ejekta erkennbar.

Die Bereiche der Ejekta, welche sich nahe dem Einschlagskrater befinden, zeigen keine morphologischen oder farblichen Unterschiede zu den sich noch leicht andeutenden Strahlen in den äußeren Bereichen der Ejekta. Der gesamte Bereich des Auswurfsmaterials ist überdeckt von zahlreichen kleinen, jüngeren Einschlagskratern, ähnlich denen, welche die benachbarten Bereiche von Marius Regio prägen. Für diesen Einschlagskrater wurde bisher aufgrund der geringen räumlichen Auflösung der Kameradaten kein Alter bestimmt. Aufgrund der Überprägung der Einschlagsstruktur wird jedoch ein deutlich höheres Alter als bei Osiris und Melkart angenommen.

#### 6.4.2.1 Relativer Anteil von Wassereis

Zur Analyse der Unterschiede im relativen Anteil von Wassereis im Bereich der hellen Strahlenkrater dienen, basierend auf den vorhergehenden Untersuchungen (Kap. 6.1.1 und 6.2.1), die Variationen in der Absorptionstiefe bei 1,5µm. Der relative Anteil von Wassereis schwankt erheblich zwischen den beobachteten hellen Strahlenkratern und deutet auf einen sehr unterschiedlichen relativen Anteil von Wassereis hin. Im Bereich des hellen Strahlenkraters Osiris wurden mit maximal  $67,9 \pm 2,7$  % die tiefsten Absorptionen gemessen, was zugleich dem höchsten Anteil von Wassereis im Rahmen der bisherigen Untersuchungen entspricht. In Abbildung 6.67 sind die räumlichen Variationen der Absorptionstiefe bei 1,5µm im Bereich von Osiris farbkodiert dargestellt. Die Variationen zeigen einen engen Zusammenhang zwischen den geologischen Einheiten und dem relativen Anteil von Wassereis. Im Vergleich mit dem geologischen Kontext der Abbildung 6.64 zeigt sich, dass sich die mit  $67,9 \pm 2,7$  % höchsten Messwerte im Bereich des Einschlagskraters selbst konzentrieren.

Sie liegen damit etwas höher als die im globalen Maßstab bestimmten Absorptionstiefen ( $64 \pm 2,2\%$ ), was vermutlich das Resultat der besseren räumlichen Auflösung ist. Bereits im Rahmen der Untersuchung der globalen Variationen im relativen Anteil von Wassereis (Kap. 6.1.1) wurde gezeigt, dass das Reflexionsspektrum von Osiris ein charakteristisches Wassereisspektrum ohne Anzeichen von Gesteinsmaterial zeigt. Die benachbarten Sekundärkrater sowie der Einschlagskrater Andjeti südlich von Osiris weisen mit im Mittel  $61 \pm 2,5\%$  bzw.  $63 \pm 2,7\%$  ebenfalls relativ hohe und nur leicht geringere Messwerte und damit einen unwesentlich geringeren Anteil von Wassereis als Osiris auf (Tab. 6.19). Diese sind zudem etwas kleiner als Osiris und liegen im Gegensatz zu Osiris vollständig im Bereich des Sulcus. Scheinbar besteht keine Abhängigkeit des relativen Anteils von Wassereis im Kratermaterial vom jeweiligen Substrat. Der Unterschied zwischen Osiris und der Umgebung ist dagegen relativ hoch und beträgt im Mittel  $21,1\%$  im Falle des Sulcus und  $20,5\%$  für das dunkle Gebiet. Mit zunehmender Entfernung vom Einschlagskrater sinken die Absorptionstiefen im Bereich der diskontinuierlichen Ejekta von  $64,9 \pm 2,6\%$  bis  $50,1 \pm 2,0\%$ . In den Kameradaten der Abbildung 6.64 sind die diskontinuierlichen Ejekta im Sulcus deutlich heller verglichen mit denen im dunklen Gebiet. Die Absorptionstiefen bei  $1,5\mu\text{m}$  unterscheiden sich jedoch nur gering. Sie liegen im Sulcus im Mittel bei  $59,5 \pm 2,6\%$  und im dunklen Gebiet bei  $57,9 \pm 2,7\%$ . Dagegen schwanken die Absorptionstiefen bei  $1,5\mu\text{m}$  zwischen Sulcus und dunklem Gebiet außerhalb des Bereiches der Sekundärkrater (diskontinuierliche Ejekta – Fazies II) im Mittel zwischen  $47 \pm 2,8\%$  und  $40,9 \pm 2,8\%$ .

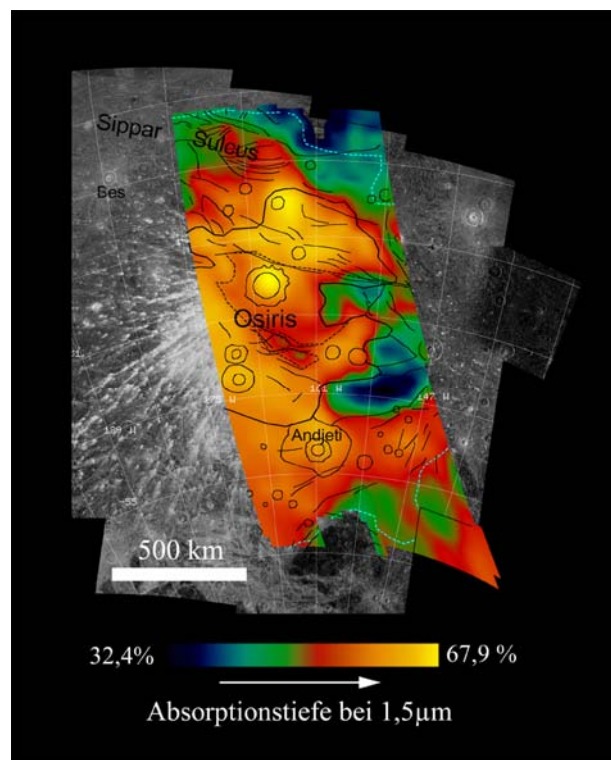


Abb. 6.67: Spektrale Variation in der Absorptionstiefe bei  $1,5\mu\text{m}$  im Bereich des Einschlagskraters Osiris im Vergleich mit dem geologischen Kontext basieren auf Voyager ISS Kameradaten im Bereich der NIMS-Beobachtung G8GNOSIRIS (Diskussion im Text).

Die abnehmende Absorptionstiefe bzw. der abnehmende Anteil von Wassereis mit zunehmender Entfernung vom Einschlagskrater entspricht der Abnahme der Dicke oder Dichte der Ejektadecke. Nach *Shoemaker et al.* (1982) äußert sich die Abhängigkeit des relativen Anteils im Bereich der Ejekta vom Substrat vor allem in den äußeren Bereichen der Ejektadecke und deutet auf eine stärkere Vermischung mit dem originalen Oberflächenmaterial hin. Dies bezieht sich jedoch auf die Bereiche,

in denen die Umgebung von Osiris nicht vollständig von Ejekta bedeckt ist (=diskontinuierliche Ejekta). Möglich ist daher auch eine Vermischung der spektralen Signatur der Ejekta mit der des jeweiligen Substrats in einem Bildelement. Aufgrund des stärkeren Kontrasts zwischen den Ejekta und dem dunklen Gebiet gegenüber dem zwischen Ejekta und dem Sulcus, dominiert die spektrale Signatur des dunklen Gebiets im Bildelement mehr als die des Sulcus. Bildmaterial mit einer deutlich höheren räumlichen Auflösung ist notwendig, um nachzuweisen, ob die Ejekta tatsächlich einen Unterschied im relativen Anteil von Wassereis mit wechselndem Substrat aufweisen.

Der hohe Anteil von Wassereis, der deutliche Kontrast im relativen Anteil von Wassereis zur Umgebung unterstützen neben den gut erhaltenen Strahlen und der ausgeprägten Morphologie ebenfalls die Annahme eines relativ jungen geologischen Alters von Osiris von deutlich weniger als 3,3 Mrd. Jahren (siehe oben). Nach Melosh (1989) entspricht die maximale Tiefe, aus der Material an die Oberfläche befördert wird, etwa ein Zehntel des Kraterdurchmessers. Demnach repräsentiert das in den Ejekta konzentrierte Wassereis Material, das aus einer Tiefe von maximal etwa 1,5 km stammt und das Vorhandensein einer Eiskruste im Untergrund von Ganymed im Bereich von Osiris befürwortet. Ein Nachweis für einen endogenen Ursprung des Gesteinsmaterials ist, wie im Falle der bisher betrachteten Einschlagskrater in den Kapiteln 6.2.1 und 6.3.1, nicht gegeben. Im Falle von Osiris ist jedoch zu beachten, dass Osiris mit einer geographischen Position um 38°S bereits im Bereich der polaren Ablagerungen liegt und sich diese bevorzugt in den Bereichen der an Wassereis reichen und gleichzeitig kühleren Regionen von Osiris konzentrieren (Kap. 6.1.2). Jedoch spricht dieser Einfluss nicht gegen eine hohe Konzentration von Wassereis als Resultat des Einschlagsprozesses. Er verlangsamt jedoch möglicherweise die Degradation der Einschlagsstruktur inklusive dessen Strahlen, welche durch die thermal bedingte Sublimation von Wassereis bedingt ist (Melosh, 1989).

<i>Absorption (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	<i>Osiris</i>	<i>Sekundärkrater</i>	<i>Andjeti</i>	
<i>1,5</i>	63,8 ( $\pm 2,6$ ) – 67,9 ( $\pm 2,7$ )	60,4 ( $\pm 2,4$ ) – 66,9 ( $\pm 2,7$ )	58,3 ( $\pm 2,3$ ) – 61,8 ( $\pm 2,5$ )	

<i>Absorption (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	<i>Ejekta (dunkles Gebiet)</i>	<i>Ejekta (helles Gebiet)</i>	<i>Dunkles Gebiet</i>	<i>Helles Gebiet</i>
<i>1,5</i>	50,1 ( $\pm 2,0$ ) – 66,2 ( $\pm 2,7$ )	53,1 ( $\pm 2,1$ ) – 64,9 ( $\pm 2,6$ )	32,4 ( $\pm 1,9$ ) – 49,2 ( $\pm 2,5$ )	38,6 ( $\pm 2,3$ ) – 55,3 ( $\pm 2,8$ )

Tab. 6.19: Absorptionstiefen von Wassereis bei 1,5 $\mu\text{m}$  (in %; + absoluter Fehler) im Bereich des Einschlagskraters Osiris (NIMS-Beobachtung (G8GNOSIRIS) der Abbildung 6.67 aufgeschlüsselt für die einzelnen geologischen Einheiten: 1. Einschlagskrater Osiris, 2. Sekundärkrater im Bereich der diskontinuierlichen Ejekta (Fazies I), 3. Einschlagskrater Andjeti, 4. diskontinuierliche Ejekta im Bereich des dunklen Gebietes und 4. des hellen Gebietes von Sippar Sulcus. Die vollständige Statistik befindet sich im Anhang der Arbeit.

In Abbildung 6.68 sind die räumlichen Variationen in der Absorptionstiefe bei 1,5 $\mu\text{m}$  im Bereich des Einschlagskraters Melkart dargestellt. Die Absorptionstiefen bei 1,5 $\mu\text{m}$  schwanken zwischen etwa 27 und 51%. Die Messwerte und somit auch der relative Anteil von Wassereis liegen damit deutlich niedriger als im Bereich von Osiris (> 60%). Des Weiteren erscheinen sie im Gegensatz zu Osiris deutlich abhängig vom jeweiligen Substrat. Die niedrigsten Messwerte konzentrieren sich in Marius Regio und die höchsten Messwerte im Sulcus. Generelle Variationen, welche den Einschlagskrater von seiner direkten Umgebung, d.h. dem Bereich der kontinuierlichen Ejekta unterscheiden, sind nicht erkennbar. Ebenso sind keine Unterschiede zwischen dem Dom und dem restlichen Bereich des Einschlagskraters zu beobachten. Die Abbildung 6.69 zeigt zusätzlich die dreidimensionale Darstellung der Variationen. Als Grundlage der Darstellung dienen die photometrisch korrigierten (siehe Kap. 5) Helligkeitsvariationen im sichtbaren Licht (0,7 $\mu\text{m}$ ).



Niedrige Messwerte liegen vor allem in Bereichen mit einem relativ niedrigen Reflexionsgrad bei  $0,7\mu\text{m}$ . Steigt der Reflexionsgrad, steigen auch die Absorptionstiefen bei  $1,5\mu\text{m}$  bzw. der relative Anteil von Wassereis. In Tabelle 6.20 sind die gemessenen Absorptionstiefen separat für die einzelnen geologischen Einheiten der geologischen Karte in Abbildung 6.65 aufgeführt.

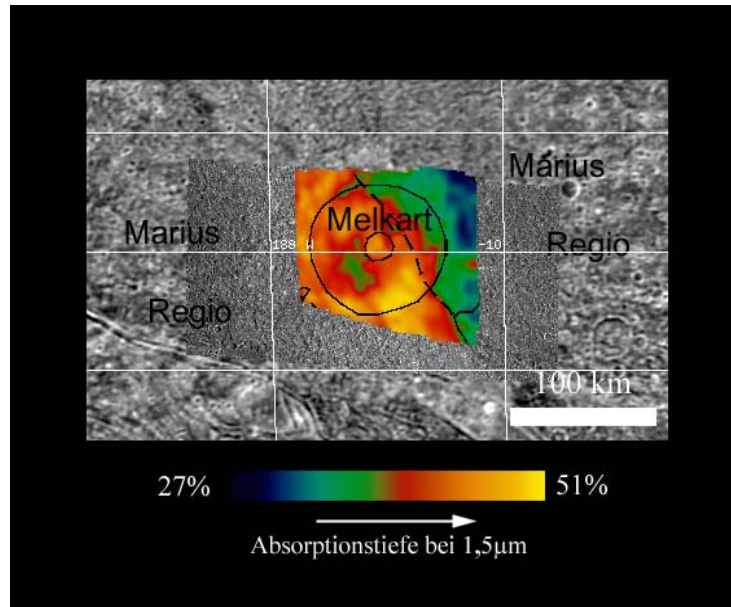


Abb. 6.68: Spektrale Variation in der Absorptionstiefe bei  $1,5\mu\text{m}$  im Bereich des Einschlagskraters Melkart im Vergleich mit dem geologischen Kontext in Abb. 6.65 basierend auf Kameradaten der Raumsonde Voyager und Galileo (SSI-Beobachtung G8GSMELKRT01) im Bereich der NIMS-Beobachtung G8GNMELKART (Diskussion im Text).

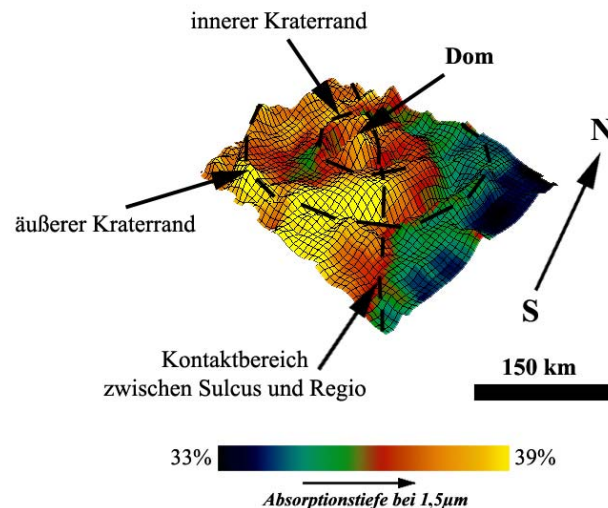


Abb.: 6.69: Dreidimensionale Darstellung der Variationen in der Absorptionstiefe von Wassereis bei  $1,5\mu\text{m}$  aus Abb. 6.68 im Bereich von Epigeus. Die Farbkodierung entspricht den unterschiedlichen Absorptionstiefen. Als Grundlage der dreidimensionalen Darstellung dienen die Helligkeitsvariationen im sichtbaren Licht ( $0,7\mu\text{m}$ , photometrisch korrigiert) (Diskussion im Text).

Es wurde zusätzlich zwischen den im Bereich von Marius Regio und dem im Sulcus liegenden Bereich des Einschlagskraters und der Ejekta, sowie dem Dom im Zentrum von Melkart unterschieden. Die mit  $49,4 \pm 3,0$  % höchsten Messwerte im Bereich des Einschlagkraters unterscheiden sich relativ gering von denen im Sulcus ( $49,5 \pm 3,0$  %). Auch die Messwerte, die den Bereich des Einschlagskraters charakterisieren, welcher im Bereich von Marius Regio liegt, sind nur wenig

niedriger. Die niedrigsten Messwerte im Bereich des Einschlagskraters konzentrieren sich zum einen nahe dem Teil des Kraterrandes, welcher in Marius Regio liegt. Der Übergang folgt nicht eindeutig der tektonisch entstandenen Grenze zwischen Sulcus und Regio, sondern ist leicht in Richtung von Marius Regio versetzt.

Zum anderen ist ein räumlich eng begrenztes lokales Absinken der Absorptionstiefen im dem Bereich des Einschlagskraters zu beobachten, welcher in Marius Regio liegt. Die Beobachtungen deuten darauf hin, dass der relative Anteil von Wassereis im gesamten Einschlagskrater ursprünglich unabhängig vom Substrat gleich war. Dies wäre ein Hinweis darauf, dass sich im Untergrund des dunklen und hellen Gebietes kein wesentlicher Unterschied im relativen Anteil von Wassereis besteht. Der Kraterrand im Kontaktbereich zu Marius Regio ist sehr scharf. Möglicherweise wurde aufgrund gravitativer Massenverlagerung (Rutschungen) lockeres Gesteinsmaterial von der Oberfläche im dunklen Gebiet in den Einschlagskrater befördert. Dieser Prozess könnte sowohl für den erhöhten Anteil von Gesteinsmaterial im Bereich des östlichen Kraterrandes aber auch für die lokale Konzentration von Gesteinsmaterial im westlichen Bereich von Melkart sein.

<i>Absorption (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	<i>Melkart (Dom)</i>	<i>Melkart (im hellen Gebiet)</i>	<i>Melkart (im Marius Regio)</i>
<i>1,5</i>	44,6 ( $\pm 2,7$ ) – 46,9 ( $\pm 2,8$ )	37,8 ( $\pm 2,3$ ) – 49,4 ( $\pm 3,0$ )	34,5 ( $\pm 2,1$ ) – 46,9 ( $\pm 2,8$ )

<i>Absorption (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	<i>Ejekta in Marius Regio</i>	<i>Ejekta im Sulcus</i>
<i>1,5</i>	29,5 ( $\pm 1,8$ ) – 42,2 ( $\pm 2,5$ )	41,2 ( $\pm 2,5$ ) – 49,5 ( $\pm 3,0$ )

Tab. 6.20: Absorptionstiefen von Wassereis bei 1,5 $\mu\text{m}$  im Bereich des Einschlagskraters Melkart (NIMS-Beobachtung G8GNMELKART) der Abbildung 6.68 aufgeschlüsselt für die einzelnen geologischen Einheiten: der Dom im Zentrum des Einschlagskraters und die Bereiche des Einschlagskraters und der Ejekta im hellen bzw. im dunklen Gebiet. Die vollständige Statistik befindet sich im Anhang der Arbeit.

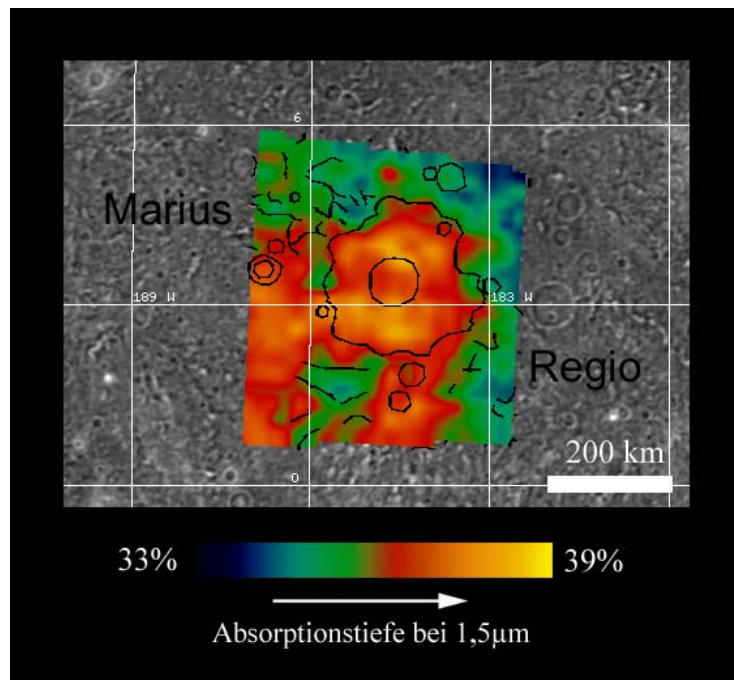


Abb. 6.70: Spektrale Variation in der Absorptionstiefe bei 1,5 $\mu\text{m}$  im Bereich des unbenannten Einschlagskraters in Marius Regio (NIMS-Beobachtung G8GNLIDARK) im Vergleich mit dem geologischen Kontext in Abb. 6.66 basierend auf Kameradaten der Raumsonde Voyager 2 (Diskussion im Text).

Im Vergleich zu Osiris zeigt Melkart weiter fortgeschrittene Angleichung an das Substrat. Dies geht konform mit dem vergleichsweise höheren Modellalter (siehe oben). Mit einem Durchmesser von 105 km ist Melkart etwas kleiner als Osiris (155 km). Material, welches aus dem Untergrund freigelegt wurde, stammt daher aus einer Tiefe von nicht mehr als 10 km (*Melosh*, 1989). Jedoch repräsentiert das Material von Melkart kein frisches Material. Scheinbar hat sich bereits ein Gleichgewicht im relativen Anteil von Wassereis für Krater, Ejekta und Sulcus eingestellt. Gleiches liegt im Bereich von Marius Regio nur für die Ejekta von Melkart jedoch nicht für den Krater vor. Die Ansammlung von Gesteinsmaterial aus dem Bereich der Regio durch gravitative Massenverlagerung stellt somit neben der thermal bedingten Sublimation von Wassereis und dem Einfall meteoritschen Materials einen weiteren möglichen Mechanismus der fortschreitenden Angleichung in der chemischen Zusammensetzung zwischen dem Material im Einschlagskrater und der Umgebung dar. Im Bereich von Melkart wurde kein Hinweis für eine endogene Herkunft des Gesteinsmaterials beobachtet.

<i>Absorption (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	<i>Einschlagskrater</i>	<i>Ejekta</i>	<i>Dunkles Gebiet (Marius Regio)</i>
<b>1,5</b>	36,6 ( $\pm 2,6$ ) – 38,7 ( $\pm 2,7$ )	34,8 ( $\pm 2,4$ ) – 38,8 ( $\pm 2,3$ )	33,0 ( $\pm 2,3$ ) – 38,0 ( $\pm 2,7$ )

Tab. 6.21: Absorptionstiefen von Wassereis bei 1,5 $\mu\text{m}$  (in %; + absoluter Fehler) im Bereich des unbenannten Einschlagskraters in Marius Regio (NIMS-Beobachtung G8GNLIDARK) der Abbildung 6.70 aufgeschlüsselt für die einzelnen geologischen Einheiten: Einschlagskraters und dessen Ejekta sowie Marius Regio. Die vollständige Statistik befindet sich im Anhang der Arbeit.

Die Abbildung 6.70 zeigt die Variationen in der Absorptionstiefe von Wassereis bei 1,5 $\mu\text{m}$  im Bereich des bisher unbenannten Einschlagskraters nahe dem Äquator in Marius Regio, überlagert mit den Grenzen zwischen den geologischen Einheiten aus Abbildung 6.66. Die Messwerte schwanken im gesamten beobachteten Bereich um ungefähr nur 6 %. Die höchsten Messwerte sind mit dem Einschlagskrater und seiner Ejekta korreliert. Die Unterschiede zwischen Einschlagskrater und Ejekta sind vernachlässigbar gering (Tab. 6.21). Relativ kleine Einschlagskrater in der Umgebung weisen vergleichbare Messwerte auf. Mit einer Absorptionstiefe von maximal  $38,8 \pm 2,3$  % liegen die Messwerte zudem deutlich unter denen von Melkart.

Wie im Falle von Osiris und Melkart handelt es sich hier um einen Einschlagsprozess, der Wassereis aus dem Untergrund an die Oberfläche befördert hat. Scheinbar ist die Angleichung des Kratermaterials mit dem Material der Umgebung in Bezug auf den relativen Anteil von Wassereis weiter fortgeschritten als im Falle von Melkart und Osiris. Daraus folgt jedoch nicht unbedingt, dass dieser Einschlagskrater geologisch älter als diese ist. Mit einem Durchmesser von etwa 50 km ist er ungefähr um die Hälfte kleiner als Melkart. Daher wurde auch weniger Wassereis aus dem Untergrund (max. Tiefe  $\sim 0,5$  km) an die Oberfläche befördert (*Melosh*, 1989). Die Vermischung mit dem Oberflächenmaterial im Regio erfolgt somit schneller. Die Verunreinigung mit Gesteinsmaterial erscheint gleichmäßig im Bereich des Einschlagskraters und seiner Ejekta voranzuschreiten. Im Gegensatz zu Melkart sind keine lokalen Prozesse, wie gravitative Massenverlagerungen, zu erkennen, welche die Abnahme im relativen Anteil von Wassereis bzw. die zunehmende Verunreinigung mit Gesteinsmaterial beeinflussen. Die dominierende Kraft wird vor allem in den thermal bedingten Sublimationsprozessen gesehen, da diese nahe dem Äquator, also im Bereich der beobachteten Region dominierend sind (*Clark et al.*, 1983, siehe auch Kap. 6.1).

#### 6.4.2.2 Partikelgröße von Wassereis

Wie die Unterschiede im relativen Anteil von Wassereis zwischen den Einschlagsstrukturen und ihrer unmittelbaren Umgebung sind auch die Unterschiede in dessen Partikelgröße ein Indiz für den Grad

der Angleichung zwischen den unterschiedlichen geologischen Einheiten. Die Untersuchung der Variationen in der Partikelgröße im Bereich der drei Einschlagskrater basiert im Wesentlichen auf den Verhältnissen der Absorptionstiefen von Wassereis bei 2 und  $1,5\mu\text{m}$  (Kap. 6.1.2). Die Absorptionen bei  $1,04$  und  $1,25\mu\text{m}$  konnten aufgrund des Ausfalls der entsprechenden Detektoren (Kap. 5) nicht analysiert werden.

In Abbildung 6.71 sind die Variationen der gemessenen Quotienten im Bereich von Osiris farbkodiert dargestellt. Im Gegensatz zum relativen Anteil von Wassereis variieren dessen Partikelgrößen unabhängig von den geologischen Einheiten. Generell ist ein Zunehmen der Messwerte in südlicher Richtung zu beobachten, welches ein Abnehmen der Partikelgröße in Richtung des Südpols andeutet. Nördlich von Osiris und außerhalb dessen diskontinuierlichen Ejekta der Fazies I sind die Messwerte kleiner 1. Dies äußert sich vor allem im Vergleich der Quotienten separat für die Einschlagskrater Osiris und Andjeti inklusive der Sekundärkrater von Osiris (Tab. 6.22). Osiris weist mit etwa  $1,13 \pm 0,1$  bis  $1,16 \pm 0,1$  die niedrigsten Quotienten auf. Dessen Sekundärkrater und Andjeti im Süden erreichen einen Quotienten bis 1,2.

Des Weiteren weist Osiris ähnliche Messwerte wie das östlich gelegene dunkle Gebiet, auf, also zwei Regionen, die sich deutlich in ihrem relativen Anteil von Wassereis unterscheiden (siehe oben). Im Süden erreichen die dunklen Gebiete vergleichbare Messwerte wie Andjeti und die südlichen Sekundärkrater. Ähnliches ist auch für die Ejekta von Osiris zu beobachten, deren Quotient unabhängig vom Substrat im Süden  $1,18 \pm 0,1$  bzw.  $1,19 \pm 0,1$  erreicht (Tab. 6.22). Die Beobachtungen folgen den Erkenntnissen der Untersuchungen der globalen Variationen in der Partikelgröße von Wassereis. Sie zeigten, dass in Richtung der Pole von Ganymed der Anteil von Ablagerungen an feinkristallinem Wassereis steigt und bereits den Bereich von Osiris beeinflusst. Der mittlere Quotient von 1,15 entspricht nach den globalen Untersuchungen einer Partikelgröße um  $10\mu\text{m}$  (Abb. 6.17). In Richtung Süden sinken die Partikelgrößen innerhalb der Beobachtung bis auf  $5\mu\text{m}$  (Quotient um 1,19) ab.

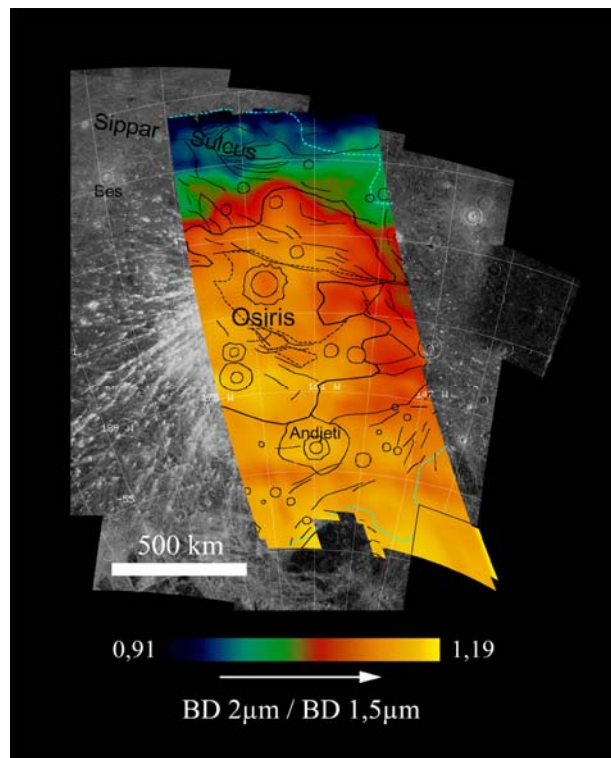


Abb.6.71: Variationen im Verhältnis der Absorptionstiefen von Wassereis bei 2 und  $1,5\mu\text{m}$  im Bereich des Einschlagskraters Osiris im Vergleich mit dem geologischen Kontext basieren auf Voyager ISS Kameradaten im Bereich der NIMS-Beobachtung G8GNOSIRIS (Diskussion im Text).

Absorption ( $\mu\text{m}$ )	Osiris	Sekundärkrater	Andjeti
2/1,5	1,13 ( $\pm 0,1$ ) – 1,16 ( $\pm 0,1$ )	1,11 ( $\pm 0,1$ ) – 1,2 ( $\pm 0,1$ )	1,15 ( $\pm 0,1$ ) – 1,18 ( $\pm 0,1$ )

Absorption ( $\mu\text{m}$ )	Ejekta (dunkles Gebiet)	Ejekta (helles Gebiet)	Dunkles Gebiet	Helles Gebiet
2/1,5	1,13 ( $\pm 0,1$ ) – 1,18 ( $\pm 0,1$ )	1,05 ( $\pm 0,1$ ) – 1,19 ( $\pm 0,1$ )	1,08 ( $\pm 0,1$ ) – 1,2 ( $\pm$ 0,1)	0,89 ( $\pm 0,1$ ) – 1,06 ( $\pm 0,1$ )

Tab. 6.22: Verhältnis der Absorptionstiefen von Wassereis bei 2 und 1,5 $\mu\text{m}$  (+ absoluter Fehler) im Bereich des Einschlagskraters Osiris (NIMS-Beobachtung G8GNOSIRIS) aufgeschlüsselt für die einzelnen geologischen Einheiten der Abb. 6.71: 1. Einschlagskrater Osiris, 2. Sekundärkrater im Bereich der diskontinuierlichen Ejekta (Fazies I), 3. Einschlagskrater Andjeti, 4. diskontinuierliche Ejekta im Bereich des dunklen Gebietes und 5. des hellen Gebietes von Sippar Sulcus. Die vollständige Statistik befindet sich im Anhang der Arbeit.

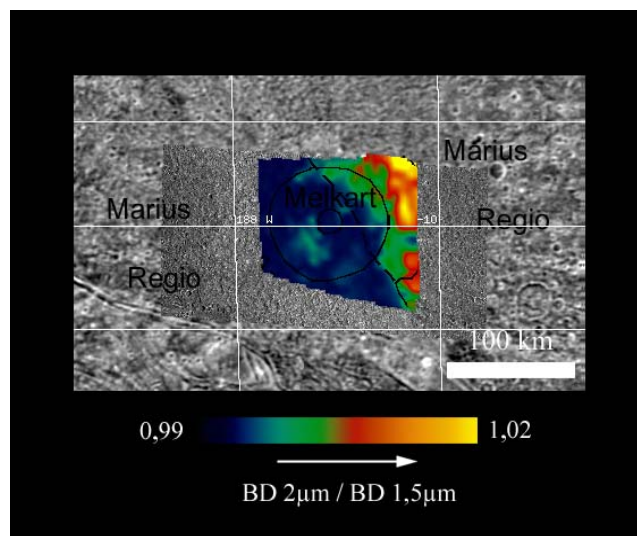


Abb. 6.72: Variationen im Verhältnis zwischen den Absorptionstiefen von Wassereis bei 2 und 1,5 $\mu\text{m}$  im Bereich des Einschlagskraters Melkart im Vergleich mit dem geologischen Kontext in Abb. 6.65 basierend auf Kameradaten der Raumsonde Voyager und Galileo (SSI-Beobachtung G8GSMELKRT01) im Bereich der NIMS-Beobachtung G8GNMELKART (Diskussion im Text).

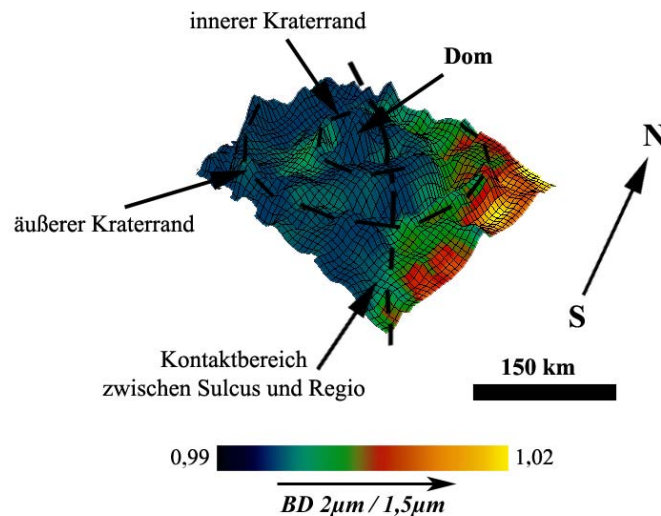


Abb.: 6.73: Dreidimensionale Darstellung der Variationen im Verhältnis der Absorptionstiefen von Wassereis bei 2 und 1,5 $\mu\text{m}$  aus Abb. 6.72 im Bereich von Melkart. Die Farbkodierung entspricht den unterschiedlichen Absorptionstiefen. Als Grundlage der dreidimensionalen Darstellung dienen die Helligkeitsvariationen im sichtbaren Licht (0,7 $\mu\text{m}$ , photometrisch korrigiert) (Diskussion im Text).

<i>Absorption (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	<i>Melkart (Dom)</i>	<i>Melkart (im hellen Gebiet)</i>	<i>Melkart (im Marius Regio)</i>
<i>2/1,5</i>	0,99 ( $\pm 0,1$ ) – 1,00 ( $\pm 0,1$ )	0,99 ( $\pm 0,1$ ) – 1,01 ( $\pm 0,1$ )	0,99 ( $\pm 0,1$ ) – 1,01 ( $\pm 0,1$ )

<i>Absorption (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	<i>Dunkles Gebiet</i>	<i>Helles Gebiet</i>
<i>2/1,5</i>	1,00 ( $\pm 0,1$ ) – 1,02 ( $\pm 0,1$ )	0,99 ( $\pm 0,1$ ) – 1,00 ( $\pm 0,1$ )

Tab. 6.23: Verhältnis der Absorptionstiefen von Wassereis bei 2 und 1,5 $\mu\text{m}$  (+ absoluter Fehler) im Bereich von dem Einschlagskrater Melkart (NIMS-Beobachtung G8GNMELKART) der Abbildung 6.72 aufgeschlüsselt für die einzelnen geologischen Einheiten: 1. Dom im Zentrum des Einschlagskraters 2. die Bereiche des Einschlagskraters im hellen und 3. dunklen Gebiet sowie 4. der Ejekta im hellen bzw. 5. im dunklen Gebiet. Die vollständige Statistik befindet sich im Anhang der Arbeit.

Diese Messungen untermauern, dass es sich im Bereich von Osiris nicht ausschließlich um aus dem Untergrund freigelegtes Wassereis handelt. Vielmehr wird dessen spektrale Signatur zunehmend durch feinkristallines Wassereis der polaren Ablagerungen maskiert. Jedoch beeinflusst dies nicht die Aussage, dass sich im Bereich von Osiris ein hoher Anteil von Wassereis konzentriert, was aus dem Untergrund freigelegt wurde. Begründet wird dies dadurch, dass die Variationen in der Partikelgröße unabhängig vom relativen Anteil von Wassereis verlaufen.

Hinweise auf signifikante Veränderungen in der Partikelgröße von Wassereis im Bereich von Melkart wurden nicht beobachtet. In Abbildung 6.72 sind die Variationen im Quotient der Absorptionstiefen bei 2 und 1,5 $\mu\text{m}$  für den Bereich von Melkart farbkodiert dargestellt. Die Abbildung 6.73 zeigt zusätzlich die dreidimensionale Darstellung der Variationen. Als Grundlage der Darstellung dienen die photometrisch korrigierten (siehe Kap. 5) Helligkeitsvariationen im sichtbaren Licht (0,7 $\mu\text{m}$ ).

Die Variationen im Quotienten variieren ähnlich wie der relative Anteil von Wassereis in Abbildung 6.68 mit generellen Unterschieden in der Absorptionstiefe bei 1,5 $\mu\text{m}$  zwischen den Bereichen des Einschlagskraters mit seinen Ejekta im Sulcus und den Ejekta im Bereich von Marius Regio. Im Gegensatz zur Absorptionstiefe bei 1,5 $\mu\text{m}$  schwankt der Quotient der Absorptionstiefen bei 2 und 1,5 $\mu\text{m}$  im gesamten beobachteten Bereich jedoch nur gering und zwar zwischen  $0,99 \pm 0,1$  und  $1,02 \pm 0,1$  (Tab. 6.23). Die geringen Variationen liegen zudem innerhalb des Messfehlers. Vermutlich ist die Partikelgröße von Wassereis im Bereich von Melkart relativ konstant. Im Vergleich mit theoretischen Wassereismodellen wurden die Messwerte mit einer Partikelgröße von etwa  $500\mu\text{m}$ . Daraus folgt jedoch nicht, dass es keine Unterschiede in der Partikelgröße zwischen Melkart und dessen Umgebung gibt, da der beobachtete Bereich nur den Einschlagskrater und seine Ejekta umfasst. Die Messwerte weisen nur auf geringe Unterschiede in der Partikelgröße zwischen dem Einschlagskrater und dessen kontinuierlichen Ejekta hin. Vergleichbare Spektraldaten für die Bereiche von Sulcus und Regio, welche außerhalb des Einflussgebietes von Melkart liegen, sind notwendig um den Grad der Angleichung zwischen den Partikelgrößen von Melkart und seiner Umgebung zu analysieren. Derartige Daten liegen jedoch bisher nicht vor.

Ähnlich der Variationen im Bereich von Melkart wurden auch für den unbenannten Einschlagskrater in Marius Regio nahe dem Äquator ebenfalls keine signifikanten Veränderungen in der Partikelgröße von Wassereis beobachtet (Abb. 6.74). Im Gegensatz zu Melkart konnte hier die vom Einschlagskrater nicht (oder nur gering) beeinflusste Umgebung mit beobachtet werden. Die Messwerte schwanken ähnlich dem relativen Anteil von Wassereis in Abbildung 6.70 mit den höchsten Werten im Bereich des Einschlagskraters und geringeren Werte in der Umgebung. Lokale Anstiege sind wie schon beim relativen Anteil mit kleineren nahe gelegenen Einschlagskratern assoziiert. Jedoch variiert der Quotient nur zwischen  $0,94 \pm 0,1$  und  $0,97 \pm 0,1$ , ein Unterschied, der wie im Falle von Melkart im Bereich des Messfehlers liegt (Tab. 6.24). Die Messwerte sind im Vergleich zu Melkart etwas geringer. Sie entsprechen einer Partikelgröße von Wassereis von etwa  $500\mu\text{m}$  (Abb. 6.75), die etwas

geringer als bei Melkart (~200 $\mu\text{m}$ ) und deutlich geringer als bei Osiris (~10 $\mu\text{m}$ ) ist. Die Partikelgrößen gehen konform mit denen der globalen Untersuchung und zeichnen somit auch in den lokalen Variationen die Abnahme der Partikelgrößen in Richtung der Pole von Ganymed nach.

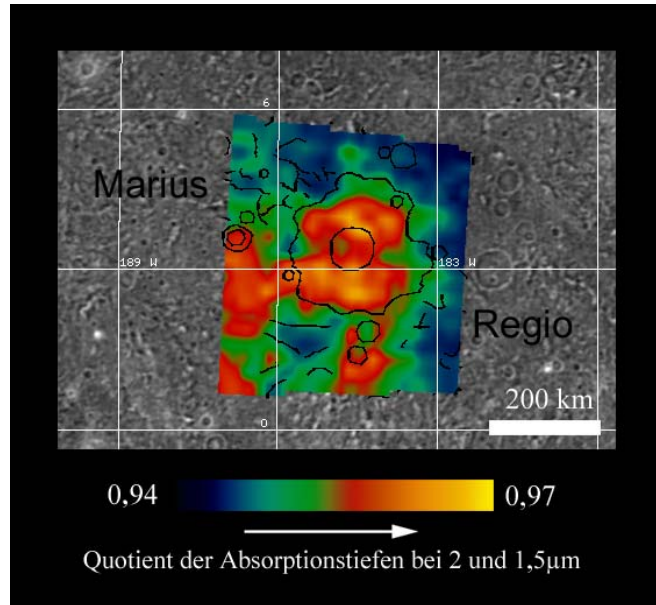


Abb. 6.74: Variationen im Verhältnis der Absorptionstiefen von Wassereis bei 2 und 1,5 $\mu\text{m}$  im Bereich des unbenannten Einschlagskrater in Marius Regio (NIMS-Beobachtung G8GNLIDARK) im Vergleich mit dem geologischen Kontext in Abb. 6.66 basierend auf Kameradaten der Raumsonde Voyager 2 (Diskussion im Text).

<i>Absorption (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	<i>Einschlagskrater</i>	<i>Ejekta</i>	<i>Dunkles Gebiet (Marius Regio)</i>
<i>2/1,5</i>	0,95 ( $\pm 0,1$ ) – 0,97 ( $\pm 0,1$ )	0,94 ( $\pm 0,1$ ) – 0,97 ( $\pm 0,1$ )	0,94 ( $\pm 0,1$ ) – 0,96 ( $\pm 0,1$ )

Tab. 6.24: Verhältnis der Absorptionstiefen von Wassereis bei 2 und 1,5 $\mu\text{m}$  (+ absoluter Fehler) im Bereich des unbenannten Einschlagskrater in Marius Regio (NIMS-Beobachtung G8GNLIDARK) der Abbildung 6.74 aufgeschlüsselt für die einzelnen geologischen Einheiten: 1. Einschlagskrater, 2. dessen Ejekta sowie 3. Marius Regio. Die vollständige Statistik befindet sich im Anhang der Arbeit.

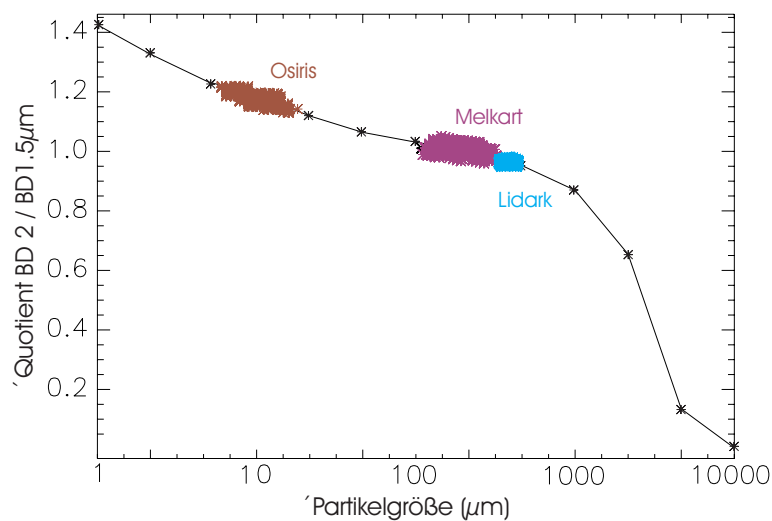


Abb. 6.75: Vergleich der Quotienten der Absorptionstiefen bei 2 und 1,5 $\mu\text{m}$  für die hellen Strahlenkrater mit theoretischen Wassereismodellen. (Erklärung im Text).

Die geringen Variationen in der Partikelgröße zwischen dem Einschlagskrater und der Umgebung (Marius Regio) geht konform mit der relativ weit fortgeschrittenen Angleichung im relativen Anteil von Wassereis zwischen den beiden geologischen Einheiten. Sie unterstützen die Annahme, dass vor allem nahe dem Äquator die Oberfläche von thermal bedingten Sublimationsprozessen dominiert wird (Clark *et al.*, 1983, siehe oben und Kap. 6.1). In einem relativ kurzen Zeitraum von einer Million Jahren kann die mittlere Partikelgröße von Wassereis von 1µm bis auf 1mm anwachsen (Clark *et al.*, 1983). Dem entgegen wirken wiederum mikrometeoritische Einschläge, die durch Zerstörung der Kristallstruktur von Wassereis die Bildung von amorphen Wassereis (Chapman & McKinnon, 1986; Mishima, 1996, Hansen & McCord, 2004) mit gleichzeitiger Verringerung der Partikelgröße bedingen, bis ein Gleichgewicht zwischen den entgegengerichteten Prozessen erreicht ist (Clark *et al.*, 1983). Somit sind die geringen Unterschiede zwischen dem unbenannten Einschlagskrater in Marius Regio und letzterem nicht nur das Resultat des Alters des Einschlagskraters, sondern vielmehr stark beeinflusst von der Lokalität.

### 6.4.2.3 Gehalt an CO<sub>2</sub>

So unterschiedlich die hellen Strahlenkrater in Bezug auf ihren relativen Anteil und der Partikelgröße von Wassereis im Vergleich zu ihrer unmittelbaren Umgebung und zueinander sind, so verschieden sind sie auch im Gehalt von CO<sub>2</sub>. So erreichen die Absorptionstiefen von CO<sub>2</sub> bei 4,25µm im Bereich von Melkart ein Maximum von  $23,4 \pm 2,4$  %. Dagegen verschwindet die Absorption im Bereich von Osiris teilweise vollständig.

In Abbildung 6.76 sind die räumlichen Variationen der Absorptionstiefe von CO<sub>2</sub> bei 4,25µm im Bereich des Einschlagskraters Osiris farbkodiert dargestellt. Regionen, die den höchsten Anteil von Wassereis aufweisen, sind zugleich durch die niedrigsten Absorptionstiefen von CO<sub>2</sub> bei 4,25µm charakterisiert. Dies bezieht sich vor allem auf den Einschlagskrater Osiris selbst, aber auch auf die Bereiche, in denen sich dessen Sekundärkrater und der Einschlagskrater Andjeti befinden (Tab. 6.25). Mit zunehmendem Abstand von Osiris steigen die Messwerte, was mit der abnehmenden Dicke der Ejektadecke gleichzusetzen ist und vor allen in den Bereichen deutlich wird, in denen nur noch die Strahlen von Osiris die Oberfläche bedecken. Zwischen dem hellen und dunklen Gebiet sind keine signifikanten Unterschiede gemessen worden. In beiden geologischen Einheiten erreicht die Absorptionstiefe bei 4,25µm  $12,6 \pm 1,3$ %. Innerhalb dieser beiden geologischen Einheiten sinken die Absorptionstiefen leicht in Richtung Süden, was auf einen bereits oben vermuteten Zusammenhang mit der zunehmenden Bedeckung von feinkristallinem polaren Wassereis, unabhängig von den beiden geologischen Einheiten, schließen lässt.

Jedoch wurde bereits im Rahmen der globalen Untersuchungen ebenfalls auf die Abhängigkeit der Detektierbarkeit der Absorption von CO<sub>2</sub> bei 4,25µm vom Reflexionsgrad nahe 4,25µm hingewiesen. In Abbildung 6.77 sind die Absorptionstiefen bei 4,25µm dem Reflexionsgrad (photometrisch korrigiert nach Kap. 5) gegenübergestellt. Die Messwerte sind separat für die einzelnen geologischen Einheiten der Tabelle 6.25 farblich kodiert. Im Bereich des hellen (grün) und dunklen Gebietes (rot) und im Bereich der diskontinuierlichen Ejekta der Fazies II sinken die Absorptionstiefen bei 4,25µm deutlich mit sinkenden Reflexionsgrad. Ein ähnliches Verhalten ist ebenfalls für die diskontinuierlichen Ejekta der Fazies I im Bereich des dunklen (rosa) und hellem Gebiet (cyan) zu beobachten. Dies kann als Indiz für die Zunahme der polaren Ablagerungen unabhängig von den geologischen Einheiten in Richtung Süden gewertet werden und bekräftigt die Beobachtung aus Abbildung 6.76.

Sinkt der Reflexionsgrad unter 0,01 streuen die Absorptionstiefen bei 4,25µm stärker, was sich vor allen in den Messwerte der Ejekta im hellen Gebiet (Fazies I) und im dunklen Gebiet (Fazies II) zeigt. Dies wird eventuell beeinflusst von dem mit maximal 10% relativ großen Messfehler für die Absorptionstiefe bei 4,25µm, welcher zum einen durch die schwache Absorption bei 4,25µm (< 10%),



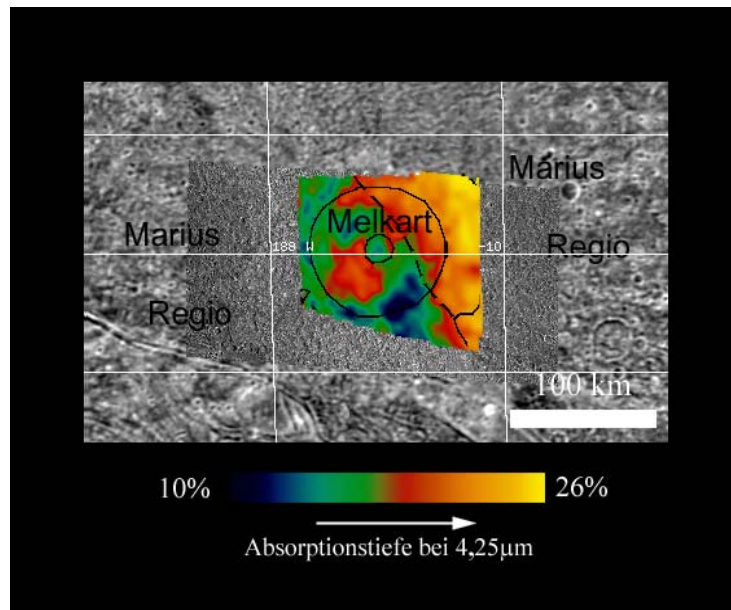


Abb. 6.78: Variationen der Absorptionstiefen von CO<sub>2</sub> bei 4,25µm im Bereich des Einschlagskraters Melkart im Vergleich mit dem geologischen Kontext in Abb. 6.65 basierend auf Kameradaten der Raumsonde Voyager und Galileo (SSI-Beobachtung G8GSMEKRT01) im Bereich der NIMS-Beobachtung G8GNMELKART (Diskussion im Text).

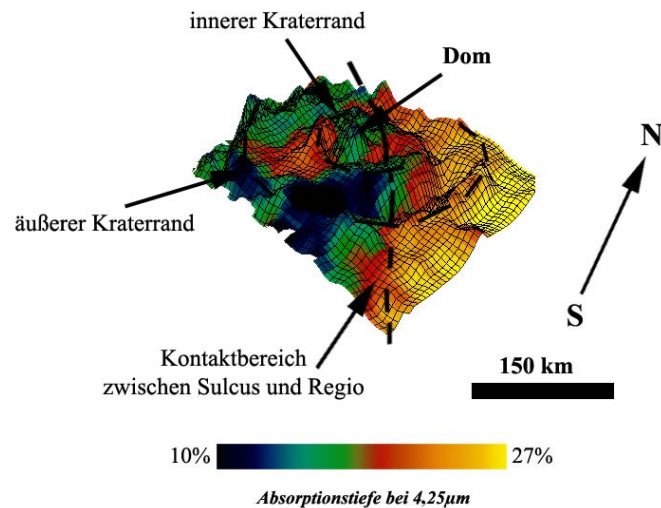


Abb.: 6.79: Dreidimensionale Darstellung der Variationen der Absorptionstiefe von CO<sub>2</sub> bei 4,25µm aus Abb. 6.78 im Bereich von Melkart. Die Farbkodierung entspricht den unterschiedlichen Absorptionstiefen. Als Grundlage der dreidimensionalen Darstellung dient der Reflexionsgrad im sichtbaren Licht (0,7µm, photometrisch korrigiert) (Diskussion im Text).

<i>Absorption (µm)</i>	<i>Melkart (Dom)</i>	<i>Melkart (im hellen Gebiet)</i>	<i>Melkart (in Marius Regio)</i>
<b>4,25</b>	14,4 (±1,5) – 16,6 (±1,7)	11,7 (±1,2)– 21,6 (±2,2)	14,5 (±1,5) – 23,4 (±2,4)
<i>Absorption (µm)</i>	<i>Dunkles Gebiet</i>	<i>Helles Gebiet</i>	
<b>4,25</b>	18,5 (±1,9) – 25,7 (±2,6)	11,5 (±1,2) – 19,4 (±2,0)	

Tab. 6.26: Absorptionstiefen von CO<sub>2</sub> bei 4,25µm (in %; + absoluter Fehler) im Bereich von dem Einschlagskrater Melkart (NIMS-Beobachtung G8GNMELKART) der Abbildung 6.78 aufgeschlüsselt für die einzelnen geologischen Einheiten: 1. Dom im Zentrum des Einschlagskraters und 2. die Bereiche des Einschlagskraters im hellen bzw. 3. im dunklen Gebiet und 4. der Ejekta im dunklen und 5. im hellen Gebiet. Die vollständige Statistik befindet sich im Anhang der Arbeit.

den sehr geringen Reflexionsgrad ( $< 0,01$ ) und dem daraus folgenden höheren Anteil an Rauschsignal in diesem Wellenlängenbereich bedingt ist.

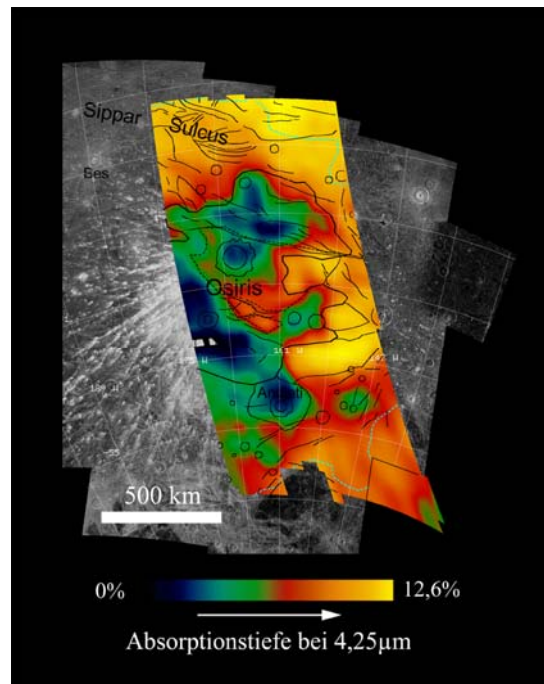


Abb. 6.76: Spektrale Variation in der Absorptionstiefe von  $\text{CO}_2$  bei  $4,25\mu\text{m}$  im Bereich des Einschlagskraters Osiris im Vergleich mit dem geologischen Kontext basieren auf Voyager ISS Kameradaten im Bereich der NIMS-Beobachtung G8GNOSIRIS (Diskussion im Text).

<i>Absorption (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	<i>Osiris</i>	<i>Sekundärkrater</i>	<i>Andjeti</i>
<b>4,25</b>	0 – 3,4 ( $\pm 0,4$ )	0 – 5,7 ( $\pm 0,6$ )	3,2 ( $\pm 0,4$ ) – 5,7 ( $\pm 0,6$ )

<i>Absorption (<math>\mu\text{m}</math>)</i>	<i>Ejekta (dunkles Gebiet)</i>	<i>Ejekta (helles Gebiet)</i>	<i>Dunkles Gebiet</i>	<i>Helles Gebiet</i>
<b>4,25</b>	2 ( $\pm 0,2$ ) – 9,5 ( $\pm 1,0$ )	1 (0,1) – 9,6 ( $\pm 1,0$ )	6,6 (0,7) – 12,6 ( $\pm 1,3$ )	9,4 – 12,6 ( $\pm 1,3$ )

Tab. 6.25: Absorptionstiefen von  $\text{CO}_2$  bei  $4,25\mu\text{m}$  (in %; + absoluter Fehler) im Bereich des Einschlagskraters Osiris (NIMS-Beobachtung G8GNOSIRIS) der Abbildung 6.76 aufgeschlüsselt für die einzelnen geologischen Einheiten: der Einschlagskrater Osiris, die Sekundärkrater im Bereich der diskontinuierlichen Ejekta (Fazies I), der Einschlagskrater Andjeti, die diskontinuierlichen Ejekta im Bereich des dunklen Gebietes und des hellen Gebietes von Sippar Sulcus. Die vollständige Statistik befindet sich im Anhang der Arbeit.

Es wird jedoch vermutet, dass der starke Abfall der Absorptionstiefe bei  $4,25\mu\text{m}$  eher den Bereich kennzeichnet, wo die polaren Ablagerungen die spektrale Signatur der Ganymedoberfläche dominieren. Dies wird dadurch unterstützt, da sich auch die Messwerte von Osiris und seinen Sekundärkratern und die des Einschlagskraters Andjeti in diesem Bereich befinden. Die Beobachtung geht konform mit den Untersuchungen im Übergangsbereich der äquatorialen zur polaren Region bei Xibalba Sulcus (Kap. 6.2.2), wo mit zunehmender Ablagerung von feinkristallinem Wassereis die spektrale Signatur des unterliegenden Oberflächenmaterials mehr und mehr maskiert wird und das eventuell darin enthaltene  $\text{CO}_2$  einschließt. Es wurde ebenfalls gezeigt, dass in reinem Wassereis geringer Partikelgröße  $\text{CO}_2$ , wenn vorhanden, auch detektierbar (Kap. 6.2.1 und Kap. 6.3.1) und daher kein  $\text{CO}_2$  in den polaren Ablagerungen vorhanden ist. Sind die Bereiche von Osiris und Andjeti beeinflusst von polarem Wassereis, ist es nicht ausgeschlossen, dass im Wassereis des Untergrundes,

dem eigentlichen Kratermaterial,  $\text{CO}_2$  vorhanden ist. Die Beobachtung kann daher nicht eindeutig dahingehend gewertet werden, dass das Wassereis im Untergrund an  $\text{CO}_2$  verarmt ist.

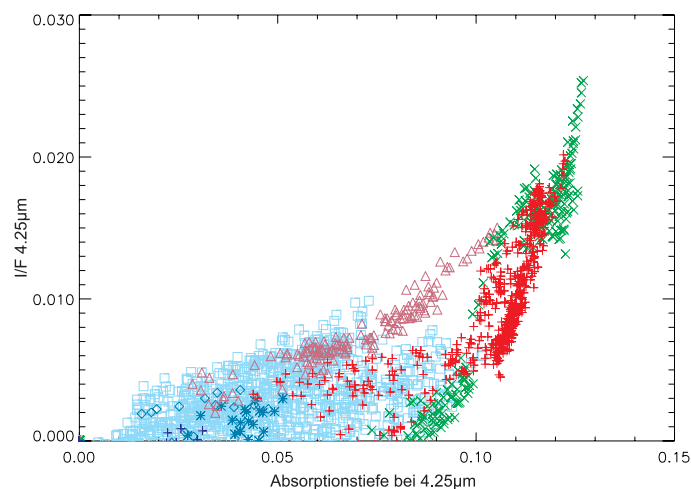


Abb. 6.77: Vergleich der Absorptionstiefen von  $\text{CO}_2$  bei  $4,25\mu\text{m}$  mit dem Reflexionsgrad bei  $4,25\mu\text{m}$  (photometrisch korrigiert nach Kap. 5) im Bereich von Osiris (NIMS-Beobachtung G8GNOSIRIS). Die Messwerte sind separat für die geologischen Einheiten farbkodiert: 1. diskontinuierliche Ejekta der Fazies II im dunklen Gebiet (**rot**), 2. diskontinuierliche Ejekta der Fazies II in Sippar Sulcus (**grün**), 3. diskontinuierliche Ejekta der Fazies I im dunklen Gebiet (**rosa**), 4. diskontinuierliche Ejekta der Fazies I im Sippar Sulcus (**cyan**), 5. Sekundärkrater von Osiris und Andjeti (**hellblau**) sowie 6. Osiris (**blau**) (Diskussion im Text).

Die Abbildung 6.78 zeigt die Variationen in der Absorptionstiefe von  $\text{CO}_2$  bei  $4,25\mu\text{m}$  im Bereich des Einschlagskraters Melkart. In Abbildung 6.79 sind diese zusätzlich dreidimensional dargestellt. Die Farbkodierung entspricht den Absorptionstiefen. Als Grundlage dient der Reflexionsgrad (photometrisch korrigiert folglich Kap. 5) im sichtbaren Licht bei  $0,7\mu\text{m}$ . Ähnlich dem relativen Anteil und der Partikelgröße von Wassereis sind deutlich Unterschiede zwischen dem hellen und dunklen Gebiet zu beobachten. Mit maximal  $25,7 \pm 2,6 \%$  konzentrieren sich die höchsten Messwerte vor allem im Bereich von Marius Regio. Dagegen sinken die Messwerte im Bereich des Einschlagskraters und des hellen Gebietes bis auf  $10 \pm 1,0 \%$  (Tab. 6.26). Damit zeigt die Absorption ähnliche Variationen, wie der relative Anteil und die Partikelgröße von Wassereis. Die bereits vermutete, verglichen mit Osiris deutlich weiter fortgeschrittene Angleichung der Reflexionseigenschaften des Einschlagskraters an das umliegende Gebiet, äußert sich somit auch in der Absorptionstiefe von  $\text{CO}_2$  bei  $4,25\mu\text{m}$ .

Vergleicht man die Absorptionstiefen von  $\text{CO}_2$  bei  $4,25\mu\text{m}$  mit dem jeweiligen Reflexionsgrad bei  $4,25\mu\text{m}$  (Abb. 6.80), wird deutlich, dass die Absorptionstiefen mit dem Reflexionsgrad korrelieren. Steigt der Reflexionsgrad vor allem durch einen sinkenden Anteil von Wassereis an der spektralen Mischung, steigt auch die Absorptionstiefe bei  $4,25\mu\text{m}$ .

Die hohen Messwerte in Marius Regio sind daher nicht die Folge der Modifizierung der Ganymedoberfläche durch die Ejekta von Melkart, sondern eher das Resultat des höheren Reflexionsgrades um  $4,25\mu\text{m}$  im dunklen Gebiet. Die Absorptionstiefen bieten daher keinen Nachweis für den realen Gehalt von  $\text{CO}_2$  im Oberflächenmaterial. Dies schließt jedoch nicht aus, dass sich der Einschlagskrater bereits zunehmend in seinen spektralen Eigenschaften an die Umgebung angeglichen hat. So ist der Reflexionsgrad zwischen dem Sulcus und dem Einschlagskrater in etwa gleich. Veränderungen im Gehalt von  $\text{CO}_2$  zwischen diesen beiden Einheiten sollten erkennbar sein. Sie treten jedoch nicht auf und lassen auf einen gleich bleibenden Gehalt von  $\text{CO}_2$  schließen. Dies wäre ein Indiz dafür, dass sich die Angleichung der spektralen Eigenschaften zwischen Einschlagskratern und der Umgebung neben dem relativen Anteil und der Partikelgröße auch den Gehalt an  $\text{CO}_2$  umfasst.

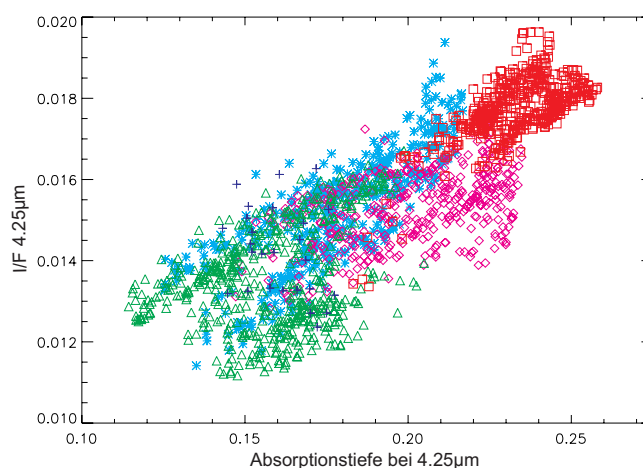


Abb. 6.80: Vergleich der Absorptionstiefen von  $\text{CO}_2$  bei  $4,25\mu\text{m}$  mit dem Reflexionsgrad bei  $4,25\mu\text{m}$  (photometrisch korrigiert nach Kap. 5) im Bereich von Melkart (NIMS-Beobachtung G8GNMELKART). Die Messwerte sind separat für die geologischen Einheiten farbkodiert: 1. diskontinuierliche Ejekta im Marius Regio (**rot**), 2. diskontinuierliche Ejekta im Sulcus (**grün**), 3. Bereich des Kraters im Marius Regio (**rosa**), 4. Bereich des Kraters im Sulcus (**cyan**) sowie 5. der Dom im Zentrum von Melkart (**blau**) (Diskussion im Text).

Im Bereich des unbenannten Einschlagskraters in Marius Regio schwanken die Absorptionstiefen von  $\text{CO}_2$  bei  $4,25\mu\text{m}$  nur zwischen  $20,7 \pm 2,1\%$  und  $21,5 \pm 2,2\%$  (Abb. 6.81, Tab. 6.27), das heißt, innerhalb des relativen Messfehlers. Die Absorptionstiefe ist damit relativ konstant unabhängig vom Einschlagskrater, von den Ejekta oder der Umgebung. Ein geringer Unterschied zwischen dem Einschlagskrater und seiner Umgebung wurde bereits für den relativen Anteil und die Partikelgröße von Wassereis beobachtet. Wie diese sind die geringen Unterschiede in der Absorptionstiefe bei  $4,25\mu\text{m}$  ein Indikator für die relativ weit fortgeschrittene Angleichung der beiden Einheiten. Dies zeigt sich auch in der ausgeprägten Korrelation zwischen der Absorptionstiefe bei  $4,25\mu\text{m}$  und dem Reflexionsgrad in dieser Wellenlängenregion (Abb. 6.82). Bis zu einem Reflexionsgrad von etwa 0,04 steigt die Absorptionstiefe bei  $4,25\mu\text{m}$  mit dem steigenden Reflexionsgrad an. Dies geht konform mit den globalen Zusammenhang zwischen dem Reflexionsgrad und der Absorptionstiefe bei  $4,25\mu\text{m}$  (Kap. 6.1.3, Abb. 6.23). Über 0,04 steigt der Reflexionsgrad nur noch gering. Dies bezieht sich vor allem auf die dunklen Gebiete. Die Absorptionstiefe bei  $4,25\mu\text{m}$  steigt weiterhin.

Obwohl kein Anzeichen eines endogenen Ursprungs vorliegt, erfolgt scheinbar eine Angleichung zwischen dem Gehalt an  $\text{CO}_2$  im Bereich der Einschlagskrater und der Umgebung, was besonders sichtbar wird, wenn der Reflexionsgrad der beiden Einheiten sich kaum voneinander unterscheidet. Eine mögliche Erklärung für diese Beobachtung bietet das Wassereis selbst. Es wurde bereits gezeigt, dass während eines Einschlagsprozesses frisch ausgeworfenes Wassereis im amorphen Zustand vorliegt und relativ leicht  $\text{CO}_2$ -Moleküle einlagern kann. Geht das Wassereis jedoch im Verlauf der Erwärmung des Oberflächenmaterials während des Tages in den kristallinen (kubisch, hexagonal) Zustand über, wird das  $\text{CO}_2$  aus der Kristallstruktur gepresst. Es ist jedoch bekannt, dass infolge des mikrometeorischen Bombardements die Kristallstruktur wieder zerstört wird und Wassereis wieder in den amorphen Zustand übergeht (Hansen & McCord, 2004). Hansen & McCord (2004) fanden heraus, dass sich vor allem in den äquatorialen Regionen von Ganymed die Prozesse der Amorphisierung und der Kristallisation im Gleichgewicht befinden. Dies ermöglicht eventuell auch ein Gleichgewicht zwischen der Abgabe und dem Einlagern von  $\text{CO}_2$ -Molekülen im Wassereis.

Im Rahmen der globalen Untersuchungen wurde auf Möglichkeiten für die Herkunft von  $\text{CO}_2$  hingewiesen (Kap. 6.1.3). Sie basierten im Wesentlichen auf der Annahme eines exogenen Ursprungs von  $\text{CO}_2$ . Zu ihnen zählten vor allem der Eintrag von  $\text{CO}_2$  durch die Implantation von einfallenden Partikeln ( $\text{O}^+$ ), die der Magnetosphäre von Jupiter entstammen, die möglicherweise mit kohlenstoffhaltigem chondritischem Gesteinsmaterial reagieren (Johnson & Fanale, 1973; Calvin & Clark, 1991).

Lokale Anreicherungen von CO<sub>2</sub> wurden ebenfalls im Bereich von geologisch jungen Einschlagskratern identifiziert, welche Zusammenhänge zwischen dem Einschlagsprozess und der Konzentration von CO<sub>2</sub> aufzeigen. Eventuell befinden sich an CO<sub>2</sub>-haltige Klathrate (Kap. 6.2.3) im Untergrund und werden während des Einschlagsprozesses freigelegt oder dass CO<sub>2</sub> wird durch den Einschlagskörper eingebracht (Hibbitts *et al.*, 2001; Bar Nun *et al.*, 1985; Samuelson *et al.*, 1983).

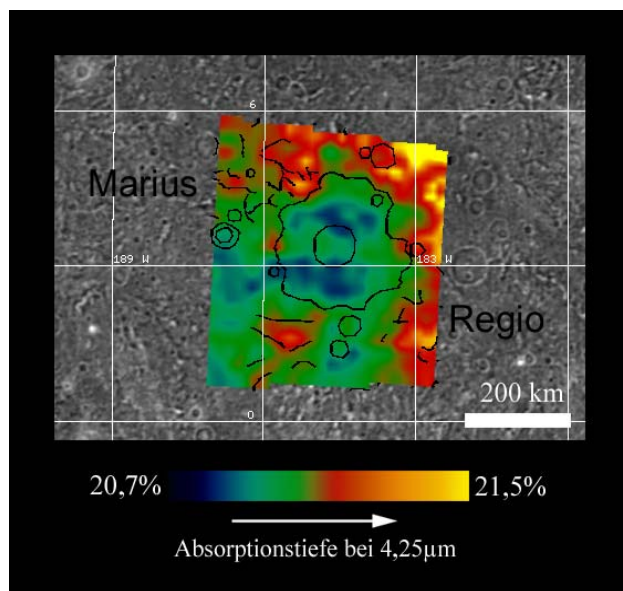


Abb. 6.81: Variationen in der Absorptionstiefe von CO<sub>2</sub> bei 4,25µm im Bereich des unbenannten Einschlagskrater in Marius Regio (NIMS-Beobachtung G8GNLIDARK) im Vergleich mit dem geologischen Kontext in Abb. 6.66 basierend auf Kameradaten der Raumsonde Voyager 2 (Diskussion im Text).

Absorption (µm)	Einschlagskrater	Ejekta	Dunkles Gebiet (Marius Regio)
4,25	20,7 (±2,1) – 20,8 (±2,1)	20,7 (±2,1) – 20,9 (±2,1)	20,7 (±2,1) – 21,4 (±2,2)

Tab. 6.27: Absorptionstiefen von CO<sub>2</sub> bei 4,25µm (in %; + absoluter Fehler) im Bereich des unbenannten Einschlagskrater in Marius Regio (NIMS-Beobachtung G8GNLIDARK) der Abbildung 6.81 aufgeschlüsselt für die einzelnen geologischen Einheiten: 1. Einschlagskrater und 2. dessen Ejekta sowie 3. Marius Regio. Die vollständige Statistik befindet sich im Anhang der Arbeit.

Es gilt die Annahme, dass CO<sub>2</sub> als Folge des Einschlagsprozesses zunächst im amorphen Wassereis des Einschlagskraters eingelagert ist (Bar-Nun *et al.*, 1985). Durch thermale Bedingungen an der Oberfläche geht jedoch wie bereits beschrieben das amorphe Wassereis in die kubische Kristallform über (Bar-Nun *et al.*, 1985, Delitsky & Lane, 1998). Das eingelagerte CO<sub>2</sub> wird während der Kristallisation langsam aus dem Kristallgitter getrieben und danach langsam an die Umgebung abgegeben (Sandford & Allamandola, 1988; Palumbo & Strazulla, 1993). Mit zunehmendem Alter eines Einschlagskraters sollte dieser immer weniger CO<sub>2</sub> aufweisen. Jedoch zeigen die Beobachtungen, dass sich der Anteil von CO<sub>2</sub> der Umgebung eher angleicht und zum Beispiel im dunklen Gebiet von Marius Regio relativ tiefe Absorptionen von CO<sub>2</sub> bei 4,25µm in der Umgebung und dem Einschlagskrater selbst zu beobachten sind (Abb. 6.80). Der Prozess der Angleichung im relativen Anteil von CO<sub>2</sub> im Einschlagskrater und seiner Umgebung lässt sich daher nicht mit endogenen Prozessen erklären. Nach Hibbitts *et al.* (2001) konzentriert sich CO<sub>2</sub> im Gesteinsmaterial von Ganymed. Sie vermuteten einen Oberflächenprozess, der die Einlagerung oder Adsorption von CO<sub>2</sub> in bzw. an diesem Gesteinsmaterial ermöglicht. Jedoch zeigen die Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit keinen Nachweis auf eine Abhängigkeit vom relativen Anteil an Gesteinsmaterial. Es wird eher vermutet, dass die Angleichung im relativen Anteil an CO<sub>2</sub> in Zusammenhang mit dem Wassereis im

Oberflächenmaterial steht. Zum einen geht Wassereis durch Erwärmung vom amorphen Zustand in den kristallinen Zustand über, was eventuell zur Freisetzung von  $\text{CO}_2$  führt. Dem entgegen wirkt jedoch die Zerstörung der Kristallstruktur von Wassereis durch das Bombardement mit Mikrometeoriten und einfallender Partikel aus Jupiters Magnetosphäre (Hansen & McCord, 2004) und kristallines Wassereis geht wieder in den amorphen Zustand, in dem  $\text{CO}_2$  leichter eingelagert werden kann, über. Nach Hansen & McCord (2004) besteht im äquatorialen Bereich von Ganymed ein Gleichgewicht zwischen Kristallisation und Amorphisierung von Wassereis. Ebenso wird ein Gleichgewicht zwischen der Abgabe von  $\text{CO}_2$  (wenn auch nicht vollständig) beim Übergang in die kristalline Zustandsform und der erneuten Einlagerung von  $\text{CO}_2$  in amorphes Wassereis vermutet. Dies wird womöglich unterstützt durch die erneute Zufuhr von  $\text{CO}_2$  (siehe oben).

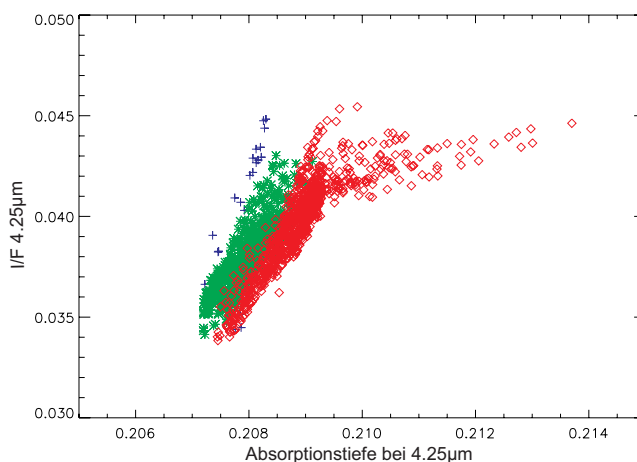


Abb. 6.82: Vergleich der Absorptionstiefen von  $\text{CO}_2$  bei  $4,25\mu\text{m}$  aus Abb. 6.81 mit dem Reflexionsgrad bei  $4,25\mu\text{m}$  (photometrisch korrigiert nach Kap. 5) im Bereich des unbenannten Einschlagskraters im Marius Regio (NIMS-Beobachtung G8GNLIDARK) separat für die geologischen Einheiten: 1. Marius Regio (rot), 2. Ejekta (grün), 3. Einschlagskrater (blau) (Diskussion im Text).

Im Gegensatz zu Ganymed ist dieser zusätzlich durch eine dünne und sich kontinuierlich verflüchtigende Exosphäre aus  $\text{CO}_2$  charakterisiert (Carlson *et al.*, 1999). Die erneute Einlagerung von  $\text{CO}_2$  in amorphes Wassereis auf Ganymed würde es ermöglichen diesen Unterschied zu erklären. Unter Annahme eines ähnlichen Bildungsmechanismus von  $\text{CO}_2$  gibt es jedoch einen hauptsächlichsten Unterschied in den Eigenschaften des Oberflächenmaterials der beiden Monde. Im Gegensatz zu Ganymed ist die Oberfläche von Callisto vorwiegend von kristallinem Wassereis charakterisiert, die Zustandsform welche die Abgabe von  $\text{CO}_2$  aus dem Wassereiskristall begünstigt, jedoch nicht seine erneute Einlagerung. Das  $\text{CO}_2$  wird in diesem Fall bevorzugt an den interplanetaren Raum abgegeben, wo es die beobachtete Exosphäre um Callisto bilden könnte.

#### 6.4.2.4 Fazit

Die spektralen Eigenschaften der beobachteten hellen Strahlenkrater variieren in Abhängigkeit von Alter, Größe und geographischer Position auf der Ganymedoberfläche. Indizien für eine endogene Herkunft von Gesteinsmaterial im Bereich der hellen Strahlenkrater sind nicht gegeben. Vielmehr unterstützt der im Vergleich zur unmittelbaren Umgebung meist höhere Anteil an Wassereis im Bereich der Einschlagskrater die bereits im Kapitel 6.2.2.1 geschlußfolgerte Freilegung von diesem aus einer an Wassereis reichen Kruste von Ganymed (Prockter *et al.*, 1998; Anderson *et al.*, 1996; Ostro *et al.*, 1992).

Mit zunehmendem Alter eines Einschlagskraters sinkt der relative Anteil von Wassereis, dessen Partikelgröße steigt und der Kontrast zwischen Einschlagskrater und der Umgebung verringert sich. Die Ursache wird im Einfall meteoritischen Material gesehen bzw. im Sublimieren und/oder Herausschlagen von Wassereispartikeln durch Partikel aus Jupiters Magnetosphäre. Die Angleichung der spektralen Eigenschaften zwischen Einschlagskrater und seiner Umgebung erfolgt jedoch nicht nur in Abhängigkeit vom Alter. Zum einen spielt die Größe eines Einschlagskraters eine wichtige Rolle, da sie eng mit dem Betrag an aus dem Untergrund freigelegten und an der Oberfläche verteilten Materials in Verbindung steht. So erfolgt die Angleichung der Reflexionseigenschaften im Falle relativ kleiner Einschlagskrater, wie zum Beispiel dem unbenannten Einschlagskrater in Marius Regio, schneller als bei größeren Einschlagskratern wie Melkart. Zum anderen spielen auch die geographische Position des Einschlagskraters auf der Ganymedoberfläche bzw. die dort dominierenden globalen Oberflächenprozesse eine große Rolle. So erfolgt die Angleichung zwischen den spektralen Eigenschaften der Einschlagskrater an ihre Umgebung infolge thermal bedingter Sublimationsprozesse schneller in nahe dem Äquator gelegenen Regionen. Sie wird noch beschleunigt, wenn sich der Einschlagskrater innerhalb der dunklen Gebiete, die sich stärker während des Tages erwärmen (folglich Kap. 6.2.2.1), befindet. Dies trifft vor allem für den unbenannten Einschlagskrater in Marius Regio zu und erklärt dessen kaum von der Umgebung zu unterscheidbaren Reflexionseigenschaften trotz der noch gut erhaltenen Kratermorphologie.

Dagegen werden die Reflexionseigenschaften nördlich bzw. südlich vom Äquator gelegenen Einschlagskrater zunehmend von den polaren Ablagerungen an Wassereis beeinflusst. Die bevorzugte Ablagerung von Wassereis im Bereich von jungen, an Wassereis reichen Einschlagskratern fördert vor allem in den Übergangregionen zwischen äquatorialen und polaren Regionen, wie zum Beispiel bei Osiris, aber auch beiden im Kapitel 6.2.2 vorgestellten Einschlagskrater Harakhtes, den spektralen Kontrast zwischen Einschlagskrater und Umgebung in Bezug auf den relativen Anteil und der Partikelgröße von Wassereis.

Keiner der hier diskutierten Einschlagskrater zeigt Hinweise auf eine Anreicherung von CO<sub>2</sub> relativ zu dessen Umgebung. Im Falle von Osiris sind diese möglicherweise maskiert. In den Bereichen von Melkart und dem Einschlagskrater in Marius Regio sind die Variationen in der Absorptionstiefe von CO<sub>2</sub> bei 4,25µm deutlich abhängig vom Reflexionsgrad bei 4,25µm und kein Maß für Unterschiede im Gehalt an CO<sub>2</sub>. Dies geht konform mit den Ergebnissen der globalen Untersuchungen im Kapitel 6.1.3. Die Beobachtungen zeigen jedoch auch, dass mit zunehmender Angleichung des relativen Anteils von Wassereis zwischen Einschlagskrater und Umgebung auch eine Angleichung des Gehalts an CO<sub>2</sub> erfolgt, was auf einen exogenen Oberflächenprozess schließen lässt. Eine mögliche Ursache wird in dem Gleichgewicht zwischen Kristallisation und Amorphisierung von Wassereis gesehen, die ebenfalls ein Gleichgewicht zwischen Abgabe während der Kristallisation und Einlagerung von CO<sub>2</sub> im amorphisiertem Wassereis ermöglicht.