Nördlich des Polarkreises : wo und wie lange scheint die Mitternachtssonne?

Autor(en): **Laager, Erich**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **68 (2010)**

Heft 359

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-898005

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Nördlich des Polarkreises

Wo und wie lange scheint die Mitternachtssonne?

Von Erich Laager

Nachdem wir uns in einem ersten Beitrag (ORION Nr. 3/2010, S. 28) mit Fragen um den Polarkreis beschäftigt haben, überschreiten wir jetzt diese Grenze und gelangen ins «Reich der Mitternachtssonne». – Wo und wie lange kann diese beobachtet werden? Wie plant und erstellt man ein Panorama dieses Naturschauspiels? Was bietet die Natur sonst noch? Mit Hilfe der neuen Erkenntnisse lösen wir schliesslich noch die Aufgabe aus dem Juni-ORION.

Bei der Planung einer Reise zur Mitternachtssonne können die folgenden Überlegungen helfen.

Wann steht die Sonne genau im Norden?

Der Zeitpunkt dieser «unteren Kulmination» ist abhängig von der geographischen Länge: 15° Verschiebung nach Osten bedeutet 1 Stunde früher Sonnenkulmination (im Süden und im Norden). Im hohen Norden liegen die Längenkreise nahe beisammen, man hat also bei Reisen in Richtung Ost-West rasch ändernde Kulminationszeiten zu beachten.
Tabelle 1 gibt dazu eine Übersicht und Zahlen zu einigen Stellen im folgenden Text.

An welchen Tagen steht die Sonne um Mitternacht über dem Horizont?

Ich verwende hier zwei private Definitionen:

- *«Volle Mitternachtssonne»: Der untere Sonnenrand verschwindet während der ganzen Nacht nicht unter dem Horizont.*
- *«Minimale Mitternachtssonne»: Der obere Sonnenrand «berührt» den Nordhorizont, es sind knapp die letzten Sonnenstrahlen sichtbar. Bei Sonnenuntergang ist gleich wieder Sonnenaufgang.*

Je weiter nach Norden wir reisen, desto flacher liegt die Tagesbahn der Sonne gegenüber dem Horizont, desto tiefer kulminiert die Sonne im Süden und desto höher steht sie bei der unteren Kulmination im Norden. Figur 1 auf Seite 29 zeigt diesen Zusammenhang am Beispiel für das Nordkap.

«Minimale Mitternachtssonne» und atmosphärische Refraktion

Dem Nordpunkt des mathematischen Horizontes können wir eine Deklination zuordnen. Diese ist 90° - geogr. Breite (siehe Figur 1).

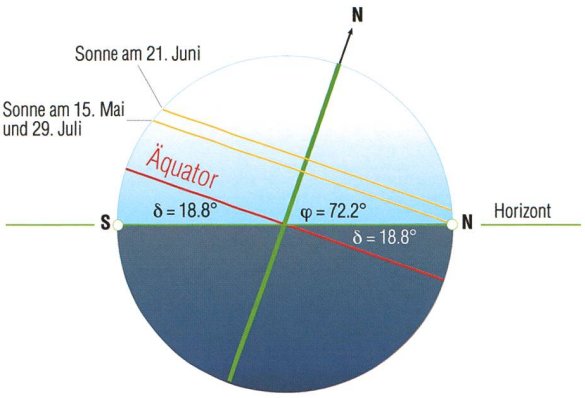
Beispiel: Hammerfest liegt auf 70°40', die Deklination des Nordpunktes ist 19°20'. Das heisst: Wenn die Sonne die Deklination 19°20' hat, steht deren Zentrum im Norden exakt am Horizont. An diesem vorläufigen Resultat sind zwei Korrekturen anzubringen:
1. Die Deklination der Sonne, wie wir sie einem Jahrbuch entnehmen können, bezieht sich auf die Mitte der «Sonnenscheibe». Der obere Sonnenrand liegt 15 Bogenminuten (= mittlerer scheinbarer Sonnenradius) höher.
2. Die Sonnenstrahlen werden beim Weg durch die Atmosphäre bis zum Beobachter gebrochen, weshalb die Sonne am Himmel scheinbar höher steht als in Wirklichkeit. Am grössten ist diese Refraktion am Horizont. Für einen Beobachter auf Meereshöhe beträgt diese im Mittel etwa 35 Bogenminuten (etwas mehr als der scheinbare Sonnendurchmesser).
An der oben berechneten Deklination müssen wir die Summe dieser beiden Winkel als Korrektur anbringen: 15' für den Sonnenradius, 35' für die Refraktion. Das heisst: Steht die Sonne noch 50' tiefer (hat also die Deklination 18° 30') sehen wir in Hammerfest am entsprechenden Tag bereits die «minimale Mitternachtssonne». Somit ist am 21. Juni die Sonne sogar 50' südlich des Polarkreises bei der unteren Kulmination knapp zu sehen. Und am Polarkreis dauert die Zeit mit Mitternachtssonne rund einen Monat und nicht nur einen Tag.
Zu beachten: Die Horizontrefraktion lässt sich nicht genau voraussa-

Wann steht die Sonne genau im Norden?
Mittlere Sonne: Zeitgleichung = 0
Wahre Sonne: Zeitgleichung am längsten Tag = -2 Minuten

Geogr. Länge	Zeitgleichung	GMT	MESZ	
0°	0	00:00	02:00	
15° Ost	0	23:00	01:00	
30° Ost	0	22:00	00:00	
29° Ost	0	22:04	00:04	
29° Ost	-6 Minuten	22:10	00:10	1)
15° West	0	01:00		
24.5° West	0	01:38	——	
24,5° West	-2 Minuten	01:40	——	2)
11° Ost	0	23:16	01:16	
11° Ost	-2 Minuten	23:18	01:18	3)

1) Ort und Zeit für Panorama Mitternachtssonne (22. Juli)
2) Im Westen Islands am längsten Tag
3) Zur Lösung der Denkaufgabe «Fiktive Reise»

Tabelle 1: Wann steht die Sonne genau im Norden? (E. Laager)

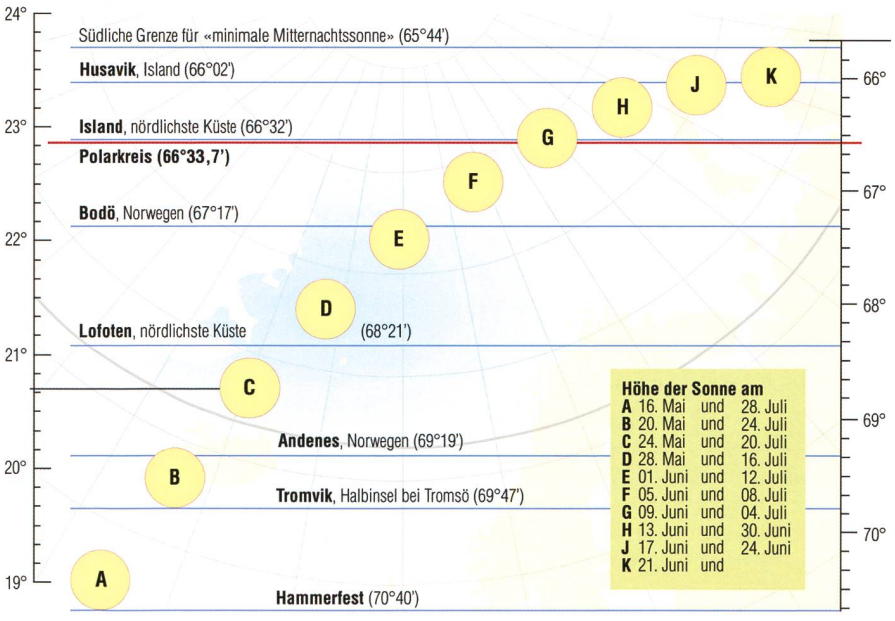


Figur 1: Schnitt durch das Himmelsgewölbe, Blick Richtung Westen. Die orangen Linien markieren die Tagesbahnen der Sonne für verschiedene Tage. Am Nordkap ist die Polhöhe (= geogr. Breite) rund 71,2°. Der höchste Punkt des Himmelsäquators steht im Süden 18,8° über dem Horizont, der tiefste Punkt im Norden gleich viel unter dem Horizont. Am 15. Mai und 29. Juli hat die Sonne eine Deklination von etwa 18,8°. Die Sonnenmitte steht somit an diesem Tag im Norden am Horizont (Refraktion nicht berücksichtigt). (E. Laager)

gen, ist sie doch abhängig von der Höhe des Gestirns, von der Höhe des Beobachters über Meer, von Temperatur, Druck und Feuchtigkeit der Luft und zudem von der Wellenlänge des Lichtes. Sie kann um den Mittelwert von 35' bis 0,3° schwanken. – Was tatsächlich an einem bestimmten Tag zu beobachten ist, kann von den Berechnungsergebnissen beträchtlich abweichen! Mit Hilfe dieser Grundlagen wurde Figur 2 erstellt.

Island als Spezialfall

Nördlich von Island liegt die kleine Insel Grimsey mit nur 5,3 km² Fläche. Bei «Wikipedia» steht dazu: «Grimsey befindet sich direkt am Polarkreis, der durch die Insel verläuft. Damit ist die Insel der einzige Ort Islands, an dem die Mitternachtssonne zu sehen ist». Dass dies nicht stimmt, zeigen Beispiele in Figur 2 und Tabelle 2 (Seite 30). Der nördlichste Punkt der grossen Insel hat während 19 Tagen volle Mitternachtssonne.



Figur 2: Die Grafik zeigt für verschiedene Daten und für verschiedene Orte die Höhe der Sonne in Bezug auf den mathematischen Horizont (blaue Linien). Für die Sonnenpositionen ist eine mittlere Horizontrefraktion von 35' eingerechnet. Nicht berücksichtigt ist, dass der untere Sonnenrand durch die Refraktion stärker angehoben wird als der obere. Die Sonne ist als Kreis dargestellt und nicht als «liegendes Oval», so wie sie uns in Wirklichkeit am Horizont erscheint. Die Skala am linken Rand zeigt die Deklination der Sonnenmitte, die Skala rechts gibt an, für welche geogr. Breite die gezeichneten Horizonte gelten. Ablesebeispiele: a) Die Deklination der Sonne in Stellung C (24. Mai und 20. Juli) beträgt 20°42'. b) Auf der Halbinsel Tromvik, westlich Tromsö, ist die volle Mitternachtssonne vom 20. Mai bis 24. Juli zu sehen. b) In der Küstenstadt Bodö in Norwegen ist am 1. Juni um Mitternacht bereits ein Drittel der Sonne zu sehen, die «minimale Mitternachtssonne» – geschätzt – etwa 1 bis 2 Tage vorher.

Eine Island-Kennerin hat mir berichtet, die Isländer behelfen sich noch auf eine andere Art, um zu mehr Mitternachtssonne zu kommen. Sie sagen: «Sehen wir die Sonne am Himmel, wenn die Uhr 24 Uhr zeigt, dann haben wir Mitternachtssonne.»
Dieser «Trick» hat hier seine Wirkung: Der westlichste Teil der Insel liegt auf rund 24,5° westlicher Länge. Die Sonne kulminiert dort somit 1 Stunde 38 Minuten später als in Greenwich. Island hat Westeuropäische Zeit (oder Greenwich-Zeit = GMT) und schaltet nicht auf Sommerzeit um. Tabelle 1 zeigt: Die Sonne gelangt am längsten Tag erst um 01:40 Uhr GMT zum Nordpunkt. Sie steht um Mitternacht noch etwa 2° höher als bei der unteren Kulmination. So kommen die nördlichen Gebiete Islands zu zusätzlicher Mitternachtssonne. In Reykjavik wäre am 21. Juni um 0 Uhr GMT bei flachem Horizont etwa ein Viertel der Sonne zu sehen.

Ein Panorama der Mitternachtssonne

Gelangt man in die Polarkreisregion, findet man in Souvenirläden farbige Postkarten mit Mitternachtssonnen-Panoramen in vielen Variationen. Ich hatte schon lange gehofft, einmal selber eine ähnliche Bilderserie aufnehmen und zu einem Panorama vereinigen zu können.
Während einer Reise mit dem Wohnmobil im Jahr 2000 hatten wir zwar an vier Abenden an der Nordküste einer Lofoten-Insel freien Blick aufs Meer bis zum Horizont, aber leider spielte das Wetter damals nicht mit. Die «Nächte» waren zwar hell und man sah recht häufig die Sonne zwischen Wolken, aber an ein Foto-Panorama war nicht zu denken.
Vor einem Jahr wollte ich es anlässlich einer Reise auf einem der bekannten norwegischen Hurtigruten-Postschiffe noch einmal versuchen. Der Fahrplan zeigte mir: Auf dem nördlichsten Teil der Schiffsroute hat man dreimal um die Mitternachtszeit einen freien Blick nach Norden, d.h. nicht beeinträchtigt durch vorgelagerte Inseln. So buchten wir die Schiffsreise von Bergen bis Kirkenes und noch zurück bis Tromsö, um unsere Chancen zu erhöhen.
Dies war ein guter Entscheid: Auf der West-Ost-Route hatten wir zwar

angenehm warmes Wetter, aber Wolken verdeckten zweimal die mitternächtliche Sonne. Für den ersten Rückreisetag versprach der Wetterbericht – schon einige Tage zum Voraus – sonniges Wetter. Tatsächlich war der Himmel bereits um 4 Uhr in der Frühe wolkenfrei und es blieb so bis nach Mitternacht. Ich konnte somit sorgenfrei meine Fotoserie planen.
Es war der 22. Juli 2009, der Tag an dem – unbeachtet von uns – die längste totale Sonnenfinsternis des Jahrhunderts im verregneten Asien stattfand.
Meine Absicht war, eine der Aufnahmen zu der Zeit zu machen, da die Sonne im Norden stand.
Unser Schiff fuhr auf rund 71° nördlicher Breite. Auf diesem Breitenkreis misst ein Abschnitt von 1° nur noch 36 km. Diese Strecke wird vom Schiff in rund anderthalb Stunde durchfahren.

Wann sieht man die Mitternachtssonne?

Ort	geogr. Breite	Minimale Mitternachtss. 1) von	bis	Volle Mitternachtssonne 2) von	bis
Südliche Grenze der Sichtbarkeit	65°43,7'	21. 6.	21. 6.		
Island, Husavik	66°02'	12. 6.	30. 6.		
Island, nördliche Küste	66°33'	06. 6.	06. 7.	12. 6.	30. 6.
Polarkreis (2000.0)	66°33,7'	06. 6.	07. 7.	12. 6.	01. 7.
Bodö, Norwegen	67°17'	01. 6.	12. 7.	04. 6.	09. 7.
Lofoten, günstige nördl. Küste	68°21'	25. 5.	19. 7.	28. 5.	16. 7.
Andenes, Norwegen	69°19'	20. 5.	24. 7.	23. 5.	22. 7.
Tromsö, Tromvik auf Halbinsel	69°47'	18. 5.	26. 7.	20. 5.	24. 7.
Hammerfest, Norwegen	70°40'	14. 5.	30. 7.	16. 5.	28. 7.
Nordkap, Norwegen	71°10,3'	12. 5.	01. 8.	14. 5.	30. 7.
Spitzbergen, Nordküste	80°50'	12. 4.	01. 9.	13. 4.	30. 8.
Grönland, Nordküste	83°30'	05. 4.	08. 9.	06. 4.	07. 9.
Nordpol	90°	18. 3.	24. 9.	19. 3.	23. 9.

1) Deklination der Sonnenmitte mindestens -50'
2) Deklination der Sonnenmitte mindestens -20'

Tabelle 2: Wann sieht man die Mitternachtssonne? (E. Laager)

Planung

- *Ich verwendete eine Uhr, die Mitteleuropäische Sommerzeit (MESZ) anzeigte.*
- *Der Schiffs-Fahrplan verriet mir, dass wir um Mitternacht etwa auf 29° östlicher Länge sein würden (dies mit einer beträchtlichen Unsicherheit). Hier kulminiert die Mittlere Sonne um 0:04 MESZ.*
- *Die Zeitgleichung für den 22. Juli ist rund -6 Minuten, d.h. die Wahre Sonne kulminiert 6 Minuten später, also um 0:10 MESZ. (Siehe auch Tabelle 1)*

Um 00:10 MESZ musste ich also die Sonne in der tiefsten Stellung im Norden «erwischen»!
Ich entschloss mich, für das Panorama alle 20 Minuten eine Aufnahme zu machen, beginnend um 21:30 MESZ. So entstand die Aufnahme Nr. 9 um 00:10, die letzte um 00:50 Uhr.
Die Fotos machte ich mit einer LUMIX-Taschenkamera, das Zoom-Objektiv auf die längste Brennweite gestellt. Fotos im Querformat, jeweils eine 3er-Serie mit verschiedenen Belichtungszeiten (AUTO BRACKET mit 2/3 Blendenstufen). Ich achtete darauf, dass die Sonne immer möglichst genau in die Bildmitte kam. Die Verwendung eines Stativs war auf dem Schiff nicht möglich.

Zu jedem Foto habe ich auf dem GPS eine Marke gesetzt und damit Ort und Zeit genau festgehalten.

Die Auswertung zu Hause

Mit Hilfe des Astro-Simulationsprogramms «Voyager» habe ich auf Grund der GPS-Daten für jede Aufnahme ermittelt, in welcher Höhe und Richtung (Azimut) die Sonne stand. Erste erfreuliche Ergebnisse: Die Sonne stand tatsächlich um 00:10 Uhr am tiefsten (in 1°12' Höhe) und mit Azimut 359°10' recht genau im Norden. 20 Minuten vor und nach diesem Zeitpunkt betrug die Sonnenhöhe 1°14', bei Beginn der Fotoserie 4°. Die Differenz der Sonnen-Azimute von einer Aufnahme zur nächsten schwankt zwischen 4,41° und 4,65°. Ich verwende für die weitere Auswertung einen Durchschnittswert von 4,5°. Mit Hilfe von Testaufnahmen habe ich ermittelt, dass die Längsseite meiner Tele-Aufnahmen einen Winkel von 9,8° erfasst.

Im Programm Photoshop habe ich bei den Einzelaufnahmen wenn nötig den Horizont gerade gerichtet und dann einen passend breiten Bildausschnitt ausgeschnitten, d.h. von der Sonnenmitte aus nach links und rechts je 23 % der Bildbreite (die 4,5° Azimutdifferenz entsprechen 46 % der Bildbreite).
In einem Grafikprogramm wurden sodann die Einzelaufnahmen mit gleicher Horizonthöhe aneinander gereiht und stark störende Helligkeitsunterschiede nachträglich korrigiert.
Die so aneinander gefügten Bilder stimmten mit den Rändern oben und unten nicht durchwegs überein. Was dort vorstand, wurde mit weissen Rechtecken überdeckt. Figur 3 zeigt das Resultat.

Faszinierende, sommerliche Landschaft

Unter «planet-wissen» findet man Im Internet eine wenig einladende Bemerkung: «*Jenseits der Polar-*

Figur 3: Panorama der Mitternachtssonne am 22. / 23. Juli 2009. Aufnahmeorte variabel von 29°31' E / 70°48' N um 21:30 MESZ bis 27°51' E / 71°03' N um 00:50 MESZ. Nördlichster Punkt der Reise auf 71° 06'53,6" am 23.7.2009 um 00:16 MESZ. (Einzelbilder: E. Laager)

Figur 4: Schiffspassagiere beim Fotografieren der Mitternachtssonne am 23. Juli 2009 auf 71° nördl. Breite. (E. Laager)

kreise: die Arktis im Norden und die Antarktis im Süden. Hier herrschen Temperaturen von bis zu minus 70 Grad Celsius, und wohin man nur schaut: baum- und strauchlose Tundra, Schnee-, Eis- oder Geröllwüste.»

Zumindest für den Norden Skandinaviens trifft dies gar nicht zu! Wir hatten Glück mit warmen, sonnigen Reisetagen. Im Juli blühte es in den Wiesen und in den Gärten von Honningsvåg (nahe beim Nordkap) in allen Farben. In der nördlichsten Stadt Hammerfest säumten grosse Laubbäume die Strassen und in den Wiesen standen meterhohe Wiesenkerbel-Stauden. Man hat schon den Eindruck, die Natur müsse sich beeilen, aber bei Dauer-Sonnenschein ist doch vieles möglich. Da etwa stand neben einem schmucken farbigen Haus noch die Schneeschaufel, die Fenster zierten Kistchen mit vielfarbigen Stiefmütterchen.

In Tromsø («Paris des Nordens») suchten wir in unserem Gepäck umsonst nach «richtigen» Sommerkleidern. Diese Wärme hatten wir nicht erwartet! Die Leute genossen den Sonntag auf dem Ausflugsberg südlich der Stadt in kurzärmligen Shirts und kurzen Hosen.

Die Schifffahrt von Bergen bis Kirkenes an der russischen Grenze bietet malerische Fjorde, bewaldete Hänge, karge farbige Felsen, Wasserfälle, kleine Örtchen mit bunten Häusern, abgelegene Wiesen am Strand mit einsamen Häusern, aber auch Städte mit vielfältigen Einkaufsmöglichkeiten, Restaurants, Kirchen, etwas Industrie und den bunten Betrieb der Hafenanlagen. – Es war eine abwechslungsreiche Reise mit vielen bleibenden Eindrücken.

Erich Laager
Schlüchtern 9
CH-3150 Schwarzenburg/BE

Berichtigung

Leider ist der Redaktion im ORION 358, Seite 29 in der Bildlegende «Figur 2» ein Fehler unterlaufen. Es müsste korrekt heissen: Die Erde taumelt wie ein riesiger Kreisel im Laufe von 25'800 Jahren. Doch nicht diese, sondern die planetare Präzession ist die Ursache für die Änderung der Ekliptikschiefe. Mehr hiezu steht im Text.

Lösung der Denkaufgabe in Heft 3/2010

Die Aufgabe in Kurzfassung
Man erblickt die «minimale Mitternachtssonne» am 21. Juni um 01:18 Uhr MESZ oben auf einem Schiff, 20 Meter über dem Wasser. Wo befindet sich das Schiff?

Geogr. Länge: Die Lösung steht in Tabelle 1 auf der letzten Zeile: **11° östl. Länge**. Das Studium der Tabelle liefert die Begründung.

Geogr. Breite: Figur 1 zeigt mit dem obersten Horizont «Südliche Grenze» den gesuchten Ort: 65°44', nämlich 50' südlich des Polarkreises (wegen der Korrektur Sonnenradius + Refraktion).
Dies gilt für einen Beobachter auf Meereshöhe Null. Liegt der Beobachtungsort höher, sieht man weiter auf das Meer hinaus und die Blickrichtung zum Horizont liegt unter der Waagrechten. Bei 20 m Höhe ist dieser Winkel rund 9 Bogenminuten; man sieht 16 km weit bis zum Horizont. Die roten Linien in den Figuren 9 und 10 zeigen diese Werte an.
Das Schiff befindet sich somit noch 9 Winkelminuten südlicher, also auf **65°35' nördl. Breite**, 110 km vom Polarkreis entfernt.

Figur 5: Mehamn auf 71°03' nördl. Breite ist der nördlichste Hafen auf der Hurtigruten-Reise. Hier fand eine «nächtliche» Tanz-Party statt. Die Menschen stiegen auf den nahen Hügel und genossen die Sonne um Mitternacht. (E. Laager)