

## Kaveinga

### Einleitung

Die polynesische Navigation ist eine Navigation, die nachweisbar in mehr als 2.000 Jahren gewachsen ist. Dagegen ist die europäische Navigation erst ca. 600 Jahre alt. In den 2.000 Jahren der polynesischen Entwicklung hat sich eine Navigation entwickelt, die nur vervollkommen werden konnte, weil sich das bestehende Gesellschaftssystem im Verlaufe dieser Zeit nicht verändert hat. Die Navigation mußte besser sein, als die bestehende Entwicklungsstufe, sonst hätten die Polynesier nie ein Land über die Weiten der Meere besiedelt. Mit der Übertragung der europäischen Zivilisation im 17., 18. und 19. Jahrhundert auf das Gebiet Polynesiens verschwand scheinbar diese Art der Navigation. Die Europäer hätten lernen können,... und heute erst wird versucht den wertvollen (wissenschaftlichen) Charakter dieser Navigation zu erkennen. Dennoch bleibt die entsprechende Literatur eine zufriedenstellende Antwort schuldig, zu spärlich sind die bislang veröffentlichten Beiträge zur polynesischen Navigation.

Der Verfasser dieses Buches stellt nachfolgend eine Variante der astronomischen Navigation vor, dessen Wurzeln in eben dieser polynesischen Navigation zu finden sind.

Wissenschaftlich gesehen kannten die Polynesier „nur“ das Horizontsystem (Azimut und Höhe). Es waren Steinzeitmenschen, die aber aufgrund ihrer Anpassung an die See, der Natur (Strand, Wasser, Wellen, Vögel usw.) ihr Orientierungssystem genauso umsetzen konnten, wie z. B. die Nomadenvölker Asiens oder Afrikas ihre Orientierung in der Prärie oder Wüste gestalten mußten.

### Die Navigation auf dem Sternenpfad

Die Reise auf den Sternenpfad zu beginnen, muß der Abfahrtsort und der Zielort der geographischen Lage nach bekannt. Bekanntsein muß welche Sterne über den Abfahrts- bzw. Zielort im Zenit stehen können. Das heißt, welche Sterne über dem Abfahrts- bzw. -bestimmungsort ziehen. In Anlehnung an historische Fakten, wird die Geschwindigkeit eines polynesischen Doppelbootes mit 8 kn. angenommen.

Zuerst wird der Großkreis von Abfahrtsort zum Bestimmungsort nach der mathematischen Beziehung (nach Formel 14 für die sphärische Distanz und nach Formel 11 für den Kurs) berechnet. Von Hawaii ( $\varphi = 19^\circ 30,0' N$ ;  $\lambda = 155^\circ 30,0' W$ ) nach Rapa Nui ( $\varphi = 27^\circ 00,0' S$ ;  $\lambda = 109^\circ 18,0' W$ ) erhält man als orthodromen Anfangskurs  $134^\circ 35' 28''$  und als orthodromen Endkurs  $131^\circ 06' 19''$ . Dabei ist bei einem Längenunterschied ( $\Delta\lambda$ ) von  $46^\circ 12,0' E$  eine Großkreisdistanz von  $3872,2666 \text{ sm}$  ( $d^\circ = 64^\circ 32' 16''$ ) zu überwinden.

Soll die Reise von Hawaii nach Rapa Nui z. B. am 12. Juni 1995 beginnen, muß die Frage beantwortet werden, welche Sterne am Abend anzusteuern sind.

Es bietet sich an, zuerst den Zenitstern zu finden, der zu einem Zeitpunkt über der Position von Rapa Nui steht. Ist der Zeitpunkt eines über Rapa Nui stehenden Zenitsternes bekannt, kann der Reisebeginn mit dem Zeitpunkt der Kulmination eines Zenitsternes über Rapa Nui zusammenfallen, denn man kann diesen Zenitstern dann ansteuern.

Da die orthodrome Distanz von Hawaii nach Rapa Nui auch gleich dem Zenitabstand in Grad ist, muß man die Distanz in Seemeilen in die Zenitdistanz in Grad umrechnen.  $3872,8 \text{ sm}$  entsprechen dann  $64^\circ 32' 16''$ . Der Ergänzungswinkel zu  $90^\circ$  dieses Wertes ist dann die Höhe, bei der ein über Rapa Nui im Zenit stehender Stern von Hawaii beobachtet wird, gleich  $25^\circ 27' 43''$ . Da ein Stern über einen beliebigen Ort nur im Zenit stehen kann, wenn seine Deklination der Breite dieses Ortes entspricht, so muß die geographische Breite der Insel Rapa Nui die Deklination des entsprechenden Sternes sein, der gesucht wird. Der Stern wird diese Zenitstellung dann erreichen, wenn er kulminiert. Mit Hilfe des Deklinationwertes werden nun aus dem nautischen Sternverzeichnis zuerst die Sterne herausgesucht, die etwa der Deklination von  $27^\circ S$  entsprechen. Es sind die Sterne:

$\delta$  canis majonis (Nr. 31\*); Antares (Nr. 61\*); Sagittarii (Nunki) (Nr. 70\*) und  $\delta$  canis majonis (Nr. 31\*)

\*Die Nr der Sterne bezeichnet die Nummer des Sternes gemäß Nautisches Jahrbuch  
Werden diese Gestirne nun von Hawaii aus zu den unten berechneten Kulminationszeiten beobachtet, ergeben sich folgende Höhen- und Azimutwerte dieser Sterne:

	$\delta$ canis majonis (Nr. 31)	Antares (Nr. 61)	Sagittarii (Nunki) (Nr. 70)
UT1 =	20-50-45	06-24-53	08-39-38
Höhe =	25° 51' 19"	25° 50' 04"	25° 54' 47"
Azimut =	134° 04' 17"	134° 11' 06"	133° 59' 49"

Da der errechnete Anfangskurs 134,6° beträgt, können somit die berechneten Sterne zur Zeit ihrer Kulmination über Rapa Nui mit hinreichender Genauigkeit angesteuert werden.

Um nun zu erfahren, ob diese Gestirne überhaupt sichtbar und demzufolge angesteuert werden können, müssen die Sonnenuntergangs- und Sonnenaufgangszeiten für Hawaii bekannt sein.

Aus dem Nautischen Jahrbuch errechnen sich diese Zeiten für den 12. Juni 1995, wie folgt:

Aufgang der Sonne um 04-56-37 UT1, Untergang der Sonne 15-46-51 in UT1 und um 18-34-37 in ZZ

Aufgang der Sonne um 04-56-37 UT1, Untergang der Sonne 15-46-51 in UT1 und um 05-24-51 Uhr in ZZ

Nach Sonnenuntergang können somit nur die Sterne Antares (Nr. 61) und Sagittarii (Nunki) (Nr. 70) zum Ansteuern genutzt werden. Zuerst wird somit Antares um UT1 06-24-53 angesteuert.

Jetzt nach Festlegung der Abfahrtszeit ist der Weg auf dem Großkreis durch Zwischenpunkte festzustellen.

Dabei wird eine Geschwindigkeit von 8 kn zugrunde gelegt. (siehe Tabelle 1 im Anhang)

Um weitere Sterne für das Ansteuern zu ermitteln, kann nachfolgende Übersicht genutzt werden.

Als Leitsterne sollen nun folgende Sterne dienen:

Nummer	Stern	Sternbild	$\beta$	$\delta$
01	Sirrah	Andromeda	358°08,1'	28°59,5'N
02	Algenib	Pegasus	356°44,8'	15°09,6'N
04	Schedir	Cassiopeia	349°55,9'	56°30,8'N
05	Deneb Kaitos	Walfisch	349°09,5'	18°00,6'S
07	Mirach	Andromeda	342°49,0'	35°31,6'N
08	Achernar	Eridanus	335°36,9'	57°15,6'S
09	Polaris	Kleiner Bär	323°06,2'	89°14,6'N
10	Alamak	Andromeda	329°18,0'	42°14,7'N
11	Hamel	Widder	328°27,5'	23°22,7'N
12	Menkar	Walfisch	314°39,8'	04°01,2'N
13	Algol	Perseus	313°14,9'	40°53,3'N
14	Algenib	Perseus	309°14,3'	49°47,9'N
15	Alkyone	Stier	303°23,7'	24°03,0'N
16	Aldebraran	Stier	291°16,6'	16°28,4'N
17	Rigel	Orion	281°34,8'	08°13,3'S
18	Capella	Fuhrmann	281°09,4'	45°58,8'N
19	Bellatrix	Orion	278°57,4'	06°20,0'N
24	Beteigeuze	Orion	271°26,9'	07°24,2'N
27	Canopus	Kiel des Schiffes	264°02,1'	52°41,7'S
29	Sirius	Großer Hund	258°45,6'	16°42,7'S
32	Castor	Zwillinge	246°38,1'	31°55,7'N
33	Procyon	Kleiner Hund	245°24,5'	05°16,2'N
34	Pollux	Zwillinge	243°44,2'	28°04,1'N
38	Alphard	weibl. Wasserschlange	218°09,4'	08°38,5'S
39	Regulus	Löwe	207°57,9'	11°59,3'N

41	Dubhe	Großer Bär	194°08,3'	61°46,4'N
42	Denebola	Löwe	182°47,4'	14°35,8'N
46	Alioth	Großer Bär	166°32,6'	55°59,0'N
47	Vindemiatrix	Jungfrau	164°30,6'	10°59,0'N
48	Mizar	Großer Bär	159°03,9'	54°56,9'N
49	Spica	Jungfrau	158°45,5'	11°08,3'S
50	Benetnasch	Großer Bär	153°17,5'	49°24,1'N
53	Arcturus	Bärenhüter	146°08,1'	19°12,4'N
55	Mirak	Bärenhüter	138°48,1'	27°05,6'N
56	Zubenelgenubi	Waage	137°20,4'	16°01,3'S
57	Kochab	Kleiner Bär	137°19,6'	74°10,5'N
58	Zubeneschemali	Waage	130°48,4'	09°21,9'S
59	Gemma	Nördliche Krone	126°22,3'	26°43,9'N
60	Unuk ELhaia	Schlange	123°59,2'	06°26,5'N
61	Antares	Scorpion	112°42,8'	26°25,5'S
65	Ras Alhague	Schlangenträger	096°19,0'	12°33,9'N
67	Eltanin	Drache	090°52,4'	51°29,5'N
69	Wega	Leier	080°48,1'	38°46,9'N
70	Nunki	Sagittari	076° 15,1'	26° 18,0' S
71	Atair	Adler	062°21,4'	08°51,5'N
73	Deneb	Schwan	049°40,6'	45°16,0'N
74	Alderamin	Cepheus	040°22,7'	62°34,1'N
75	Enif	Pegasus	034°00,4'	09°51,4'N
78	Formalhaut	Südlicher Fisch	015°38,9'	29°38,7'S
79	Scheat	Pegasus	014°16,4'	27°59,2'N
80	Markab	Pegasus	013°51,8'	15°10,9'N

Man muß diese Sternenkarte von außerhalb stehend der Erdkugel betrachten, weil die Sternbilder seitenverkehrt eingezeichnet werden müssen. Dieser Umstand macht zwar das Herausnehmen des Kurses und der Distanz zum Zielort möglich, ist aber ohne Orientierungshilfe ungeeignet die Sterne am Himmel aufzufinden. Das heißt, die Sternbilder müssen ohne Anwendung von Hilfsmitteln bekannt sein und gefunden werden.

### Zeichnung

Von außen betrachtet ist die Mecartorprojektion mit einer richtigen Kursdarstellung erkennbar, während von innen betrachtet, die richtige Darstellung der Sternbilder gewährleistet ist.

Betrachtet werden sollen jetzt die ersten beiden Orte der Reise, hier sollen jetzt die geltenden Sternentypen gefunden werden. Da man die Sternkompassskizze benutzt werden. Der Kurs zwischen den Orten A und B wird solange nach rechts parallel verschoben, bis der nächste Stern der folgenden Reihe getroffen wird. Jetzt ist grob der nächste Sternentyp erkennbar. Da von der Vielzahl der Sterne nur 50 Sterne ausgewählt wurden (eigentlich zu wenig, man benötigt ca. 150 Sterne zur Auswahl) ist es entsprechend der Reihe der Stern *Nunki*, der anzusteuern wäre. Um herauszufinden, wann dieser Stern genau über den Kurs zwischen den Orten A und B liegt, greift man auf den Deklinationsparallel (Breitenkreis) die Distanz zwischen beiden Kurslinien ab. Man mißt einen Unterschied von  $\Delta\lambda$  48° E, Mit Hilfe der stündlichen Änderung des Frühlingspunktes (siehe Nautisches Jahrbuch) gelingt es diesen Winkelunterschied in Zeit umzurechnen. Es sind ca. 3h. Das heißt um ca. 09. 25 Uhr UT1 steht dieser Sternentyp über der Sollkurslinie. Da jedoch die Benutzung einer Skizze zu ungenau werden kann, soll an dieser Stelle dieser neue Sternentyp nachgerechnet werden.

Punkt	Tag	UT1	Breite	Länge	Kurs	Distanz
Ort A	12. 06. 95	06-24-53	19° 30,0' N	155° 30,0' W	134,6°	39,8
Zwpkt 01	12. 06. 95		19° 02,0' N	155° 00,0' W	134,9°	80,3

### Überprüfung des neuen Sternentyps

Nr	Sternname	Sternbild	$\beta$	$\delta$
70	Nunki	$\sigma$ Sagittarii	076° 15,1'	26° 18,0'S

Von Hawaii nach Rapa Nui wurde als orthodromer Anfangskurs 134° 35' 28" und als orthodromer Endkurs 131° 06' 19" errechnet. Dabei ist eine Großkreisdistanz von 3872,266 sm zu überwinden. Zuerst wird also *Antares* mit einem Kurs von 134,2° angesteuert. Um den nächsten Stern zu berechnen, der nach *Antares* anzusteuern ist, muß der Zeitpunkt bestimmt werden, bei dem die Bildpunktbahn, sein Deklinationsparallel den Großkreis schneidet. Da sich die Deklination eines Sternes nicht ändert, kann man die Bewegung des Sternes auf seinem Deklinationsparallel, als eine Bewegung auf einem Kleinkreis auffassen, die von der Sternzeit abhängig ist. In einer Stunde bewegt sich ein Stern um 15° 02' 24" von Ost nach West. Wenn der Kulminationszeitpunkt eines ausgewählten Sternes auf der Länge des eigenen Standortes bekannt ist, kann mit dessen Hilfe der Schnittpunkt des Deklinationsparallels mit dem die Orte A und B verbindende Großkreis (oder dessen Verlängerung über diese Punkte hinaus) berechnet werden.

Für den Standort A ( $\varphi = 19^\circ 30,0' N$ ;  $\lambda = 155^\circ 30,0' W$ ) ergibt sich der Kulminationszeitpunkt des Sternes Nunki für den 12. 06. 1995 wie folgt:

$$\begin{array}{rcl}
 t & = & 000^\circ 00' 00'' \\
 \text{OSW} & = & 360^\circ 00' 00'' \\
 -\lambda & = & 155^\circ 30' 00'' W \\
 \underline{\beta} & = & \underline{076^\circ 15' 06''} \\
 \underline{\text{Grt } \Upsilon} & = & \underline{079^\circ 14' 54''}
 \end{array}$$

das entspricht einer UT1 von 11-54-46

Also kulminiert Nunki um 11-54-46 über 155° 30,0' W

Es wird ein neuer Stundenwinkel gebildet zwischen dem Stundenkreis des Kulminationspunktes einerseits und dem Großkreis zwischen den Orten A und B andererseits, indem das Azimut von 134° 35' 28" zu 180° ergänzt wird, wenn das Az im Südostquadrant liegt. Da das Gestirn auf den Deklinationsparallel wandert, kann dieser Azimutergänzungswinkel auch als neuer Stundenwinkel gesetzt werden.

$$\begin{array}{r}
 180^\circ 00' 00'' \\
 - 134^\circ 35' 28'' \\
 \hline
 = 045^\circ 24' 32''
 \end{array}$$

Dieser Wert wird in Sternzeit umgerechnet  $045^\circ 24' 32'' : 15^\circ 02' 24'' = 03\text{h } 01\text{ min } 09\text{ s}$

$$\begin{array}{r}
 11-54-46 \\
 - 03-01-09 \\
 \hline
 = 08-53-37
 \end{array}$$

Das ist die UT1, zu der *Nunki* auf dem Großkreis steht  
Zur Kontrolle dient nachfolgende Rechnung:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Grt } \Upsilon & = & 033^\circ 35' 12'' \\
 -\lambda & = & 155^\circ 30' 00'' W \\
 \underline{\beta} & = & \underline{076^\circ 15' 06''} \\
 \underline{t} & = & \underline{045^\circ 39' 42''}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{rcl}
 \delta & = & 26^\circ 18' 00'' S \\
 \underline{h_r} & = & \underline{26^\circ 16' 37''} \\
 \text{Az} & = & S 045^\circ 39' 00'' E \\
 \underline{\text{rwAz}} & = & \underline{134^\circ 21' 00''}
 \end{array}$$

Gelangt das Boot auf die Position des Zwischenpunktes „1“, so muß dann der sehr hoch stehende Stern Atair (Höhe =  $74^{\circ}54,1'$ ) ein wenig links gehalten werden, denn sein Azimut beträgt  $130,8^{\circ}$ . Besser eignet sich jedoch der Stern Al-Na'ir, der eine Höhe von  $12^{\circ}24,9'$  und ein Azimut von  $149,9^{\circ}$  aufweist. Er muß dann zuerst  $15^{\circ}$  rechts gehalten werden

Wenn z.B. das Boot am 02. 08. 1995 um UT1 12-15-59 Uhr den Zwischenpunkt „45“ passiert, muß der Stern Menkar mit einem Azimut von  $132,1^{\circ}$  angesteuert werden, um den Großkreiskurs von  $131,3^{\circ}$  zu halten.

Genau genommen müßte jetzt die Berechnung von Zwischenpunkten in z.B. stündlichen Intervallen durchgeführt werden, um immer die gültigen Sternenkurse zu kennen. Werden nun für alle Zwischenkurse die Sterne berechnet, die anzusteuern sind, hier kann das Steuern auch zwischen zwei Sternen erfolgen, gelingt die Navigation nach Sternenkursen. Natürlich kennt man nicht immer die eigentliche Position des Bootes, denn die Abdrift aufgrund von Wind, Wellen und Strömungen tun ihr übriges. Doch wenn die Reihenfolge der Sterne klar, die anzusteuern sind, so erübrigt sich im eigentlichen Sinne das Kennen der Position. Zur Bestimmung des Zeitpunkts der Kursänderungen benutzen die Polynesier auch hier den Sternenhimmel. Denn der Sternenhimmel ist gleichzeitig „Uhr“ im weitesten Sinne des Wortes.

### Ohne Uhr, Sextant, Kompaß und Seekarte

Im Gegensatz zu den Planeten, den Mond und der Sonne sind die Fixsterne „fest“ mit der scheinbaren Himmelskugel verbunden. Ihre Position zueinander ist stets gleich. Bei täglichen Beobachtungen zur gleichen Zeit stellt man ein Vorrücken der Sternbilder nach Westen um ca.  $30^{\circ}$  innerhalb eines Monats fest. Das ist der gleiche Betrag, wie die tägliche zweistündliche Verschiebung, aufgrund der Erdrotation.

Alle Fixsterne kulminieren an ein und demselben Ort; jeden Tag zur gleichen Sternzeit. Die Sternzeit eines Sterntages ist gleich dem Stundenwinkel des Frühlingspunktes. Der Sterntag ist 3 min 56sek. länger, als der Sonnentag. Die Fixsterne kulminieren dadurch immer 3min 56s ( $00^{\circ} 59' 00''$ ) früher als die Sonne.

Beobachtet man den Sternenhimmel täglich zur gleichen Zeit, muß ein Anwachsen des GrtY von  $00^{\circ} 59' 08,3''$  beachtet werden. Dieser Zeitraum läßt erkennen, daß die Stellung der Sternbilder z. B. am 01. Juni 95 um 21-00-00 Uhr die gleiche ist, wie am 12. Juni um 20-16-47 Uhr. Die gleiche Stellung wiederholt sich nach  $030^{\circ} 00' 00''$  am 02. Juli 95 um 20-56-04 Uhr bzw. am 12. Juni um 22-16-24 Uhr. Oder anders ausgedrückt hat der Fixsternhimmel der Sterne am 12. Juni 1995 um 20-16-47 Uhr die gleiche Stellung, wie am 02. Juli 1995 um 22-16-47 Uhr. Die Änderung des Grt Y beträgt dabei  $30^{\circ} 05' 24''$ .

Das heißt am 01. Juni 1995 um 21-00-00 Uhr zeigt sich der Sternenhimmel in der gleichen Stellung, wie am 12. Juni 1995 um 10-23-03 Uhr.

Alle Fixsterne, die täglich auf- und untergehen, gehen im Osten auf und im Westen unter. Der Aufgang oder Untergang wird sichtbar, wenn dies vor dem Aufgang bzw. Untergang der Sonne geschieht (heliaktischer Auf- und Untergang). Bei der Betrachtung der Auf- und Untergänge ist der Beobachtungsort ausschlaggebend, davon abhängig man erkennt je nach Jahreszeit die Sichtbarkeit der Sternbilder. So unterscheidet man

- 1.) Sternbilder die niemals über den Horizont kommen;
- 2.) Sternbilder, die täglich auf- und untergehen;
- 3.) Sternbilder, die niemals unter gehen (Zirkumpolarsterne).

Welche Sterne nun welcher Gruppe zu zuordnen sind, hängt von der geographischen Breite des Beobachtungsortes und von der Deklination des Sterns ab.

Liegt der Beobachtungsort auf den Erdpolen, sind alle Gestirne dessen Deklination gleichnamig der Breite ist, zirkumpolar.

Liegt der Beobachtungsort auf dem Äquator, gehen alle Gestirne täglich auf- und unter. Sie schneiden den wahren Horizont senkrecht. Der Tagbogen ist gleichlang dem Nachtbogen.  
Ist die Deklination  $0^\circ$ , so ist der Tagbogen gleichlang dem Nachtbogen.  
Ist die Deklination gleich groß der Breite kulminieren die Gestirne im Zenit.

Um nun die polynesisch-astronomische Navigation ohne Uhr, Sextant, Kompaß und Seekarte durchführen zu können. muß man wissen, welche Sterne über welche geographischen Orte ziehen.

So kann beispielsweise die Abfahrt von Hawaii nach Rapa Nui von der Stellung eines Zenitsternes über Hawaii abhängig gemacht werden.

Hawaii  $\varphi = 19^\circ 30,0' \text{ N}; \lambda = 155^\circ 30,0' \text{ W}$

Als Zenitstern könnte der Stern *Arcturus* (Bootis) ausgewählt werden.

Arcturus  $\beta = 146^\circ 07,9'; \delta = 19^\circ 12,4' \text{ N}$ .

Die obere Kulmination dieses Sternes errechnet sich für Hawaii:

$$\begin{array}{rcl} t & = & 000^\circ 00' 00'' \\ \text{OSW} & = & 360^\circ 00' 00'' \\ \beta & = & 146^\circ 07' 54'' \\ \lambda & = & 155^\circ 30' 00'' \text{ W} \\ \hline \text{Grt } \Upsilon & = & 009^\circ 22' 06'' \end{array}$$

Das entspricht einer Kulmunationszeit von UT1 07-16-52 Uhr am 12. 06. 1995

Die Frage ist nun: Welche Sterne stehen um 07-16-52 auf dem Sternpfad nach Rapa Nui. Der Anfangskurs beträgt  $134,6^\circ$ . Dabei sollen die Leitsterne so stehen, daß sie gut anzusteuern sind. Die Höhe soll deshalb ca.  $30^\circ$  betragen.

Zuerst ist der Stundenwinkel  $t$  aus der Beziehung  $(180^\circ - Az)$  zu errechnen.

Er beträgt  $045^\circ 24' 00''$ .

Danach muß der Sternenwinkel  $\beta$  festgestellt werden. Dazu die folgende Rechnung:

$$\begin{array}{rcl} 12. 06. 1995 & \text{UT1} & = 07-16-52 \\ & t_{\text{ö}} & = 045^\circ 24' 00'' \\ & \lambda & = 155^\circ 30' 00'' \\ & \text{Grt}^* & = 200^\circ 54' 00'' \\ & \text{Grt } \Upsilon & = 009^\circ 22' 06'' \\ & \beta & = 191^\circ 31' 54'' \end{array}$$

Mit Hilfe der gegeben Werte  $h_r = 30^\circ; t_{\text{ö}} = 45^\circ 24', \varphi = 19^\circ 30' \text{ N}$  kann nun der entsprechende Deklinationswert errechnet werden. Danach wird zur Kontrolle das  $Az$  berechnet.

$$\delta = 23^\circ 58' 21'' \text{ S} \qquad \underline{Az = 134^\circ 36' 00''}$$

Mit den Werten  $\beta$  und  $\delta$  ist nun der entsprechende Stern zu suchen, der auf dem Großkreis steht.

Entsprechend dem Sternverzeichnis der 614 hellsten Fixsterne (kleine praktische Astronomie von Paul Ahnert) findet sich der Stern *Alkes* ( $\alpha \text{ Crt}$ ) aus dem Sternbild Crater (Becher), der annähernd den vorberechneten Werten entspricht ( $\alpha = 10-57-18$  in  $\beta = 195^\circ 40' 30''; \delta = 18^\circ 02' 00'' \text{ S}$ ).

Es ist zu rechnen:

$$\begin{array}{rcl} \text{Grt } \Upsilon & = & 009^\circ 22' 06'' \\ -\lambda & = & 155^\circ 30' 00'' \text{ W} \\ \beta & = & 195^\circ 40' 30'' \\ \hline t & = & 049^\circ 32' 36'' \end{array} \qquad \begin{array}{rcl} \delta & = & 18^\circ 02' 00'' \text{ S} \\ \underline{h_r} & = & 28^\circ 34' 21'' \\ \underline{\text{rwAz}} & = & 124^\circ 31' 39'' \end{array}$$

Um UT1 = 07-16-52 Uhr steht dieser somit noch ca.  $10^\circ$  neben dem Großkreis.  
Die obere Kulmination dieses Sternes errechnet sich für Hawaii:

$$\begin{array}{rcl}
 t & = & 000^\circ 00' 00'' \\
 \text{OSW} & = & 360^\circ 00' 00'' \\
 \beta & = & 195^\circ 40' 30'' \\
 \lambda & = & 155^\circ 30' 00'' \text{ W} \\
 \hline
 \text{Grt } \Upsilon & = & 040^\circ 10' 30''
 \end{array}
 \quad \text{das ist eine UT1 von 09-19-45 Uhr}$$

Der Stundenwinkel ist mit dem Wert  $045^\circ 24' 00''$  vorgegeben. Das ist eine Sternzeit von  $(45^\circ 24' 00'' : 15^\circ 02' 24'' = 03-01-07)$  3h 01min 07s.

$$\begin{array}{l}
 09-19-45 \\
 -03-01-07 \\
 \hline
 =06-18-38
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Grt } \Upsilon & = & 354^\circ 43' 48'' \\
 -\lambda & = & 155^\circ 30' 00'' \text{ W} \\
 \beta & = & 195^\circ 40' 30'' \\
 \hline
 t & = & 034^\circ 54' 18''
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{rcl}
 \delta & = & 18^\circ 02' 00'' \text{ S} \\
 \varphi & = & 19^\circ 30' 00'' \text{ N} \\
 \hline
 h_r & = & 39^\circ 10' 46'' \\
 \hline
 \text{rwAz} & = & 135^\circ 42' 28''
 \end{array}$$

Arcturus ( $\beta = 146^\circ 07,9'$ ;  $\delta = 19^\circ 12,4' \text{ N}$ ) hat um 06-18-38 folgende Position:

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Grt } \Upsilon & = & 354^\circ 43' 48'' \\
 -\lambda & = & 155^\circ 30' 00'' \text{ W} \\
 \beta & = & 146^\circ 07' 54'' \\
 \hline
 t_{\ddot{o}} & = & 014^\circ 38' 18''
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{rcl}
 \delta & = & 19^\circ 12' 24'' \text{ N} \\
 \varphi & = & 19^\circ 30' 00'' \text{ N} \\
 \hline
 h_r & = & 76^\circ 11' 24'' \\
 \hline
 \text{rwAz} & = & 088^\circ 46' 22''
 \end{array}$$

Das ist eine geographische Position von  $\varphi = 19^\circ 12' 24'' \text{ N}$   
 $\lambda = 140^\circ 51' 42'' \text{ W}$

$$\begin{array}{rcl}
 \lambda_A & = & 155^\circ 30' 00'' \text{ W} \\
 \lambda_B & = & 140^\circ 51' 42'' \text{ W} \\
 \hline
 l & = & 014^\circ 38' 18'' \text{ E in Zeit } =00-58-24
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 \text{oder} \quad 07-16-52 \\
 -06-18-38 \\
 \hline
 =00-58-14
 \end{array}$$

Das heißt man muß den Stern *Alkes* ( $\alpha \text{ Crt}$ ) ca. eine Stunde vor Erreichen der Zenitposition des Sternes Arcturus über Hawaii ansteuern, um auf den Sternpfad nach Rapa Nui zu gehen.

Gelangt das Boot auf die Position des Zwischenpunktes „1“, so muß dann der sehr hoch stehende Stern Atair (Höhe =  $74^\circ 54,1'$ ) ein wenig links gehalten werden, denn sein Azimut beträgt  $130,8^\circ$ . Besser eignet sich jedoch der Stern Al-Na'ir, der eine Höhe von  $12^\circ 24,9'$  und ein Azimut von  $149,9^\circ$  aufweist. Er muß dann zuerst  $15^\circ$  rechts gehalten werden

Wenn z.B. das Boot am 02. 08. 1995 um UT1 12-15-59 Uhr den Zwischenpunkt „45“ passiert, muß der Stern Menkar mit einem Azimut von  $132,1^\circ$  angesteuert werden, um den Großkreiskurs von  $131,3^\circ$  zu halten.

Genau genommen müßte jetzt die Berechnung von Zwischenpunkten in z.B. stündlichen Intervallen durchgeführt werden, um immer die gültigen Sternenkurse zu kennen. Werden nun für alle Zwischenkurse die Sterne berechnet, die anzusteuern sind, hier kann das Steuern auch zwischen zwei Sternen erfolgen, gelingt die Navigation nach Sternenkursen. Natürlich kennt man nicht immer die eigentliche Position des Bootes, denn die Abdrift aufgrund von Wind, Wellen und Strömungen tun ihr übriges. Doch wenn die Reihenfolge der Sterne klar, die anzusteuern sind, so erübrigt sich im eigentlichen Sinne das Kennen der Position. Zur Bestimmung des Zeitpunkts der Kursänderungen benutzen die Polynesier auch hier den Sternenhimmel. Denn der Sternenhimmel ist gleichzeitig „Uhr“ im weitesten Sinne des Wortes.

Will man ohne Uhr, Sextant, Kompaß und Seekarte segeln, so muß man sich folgende Grundlagen herleiten können. Kombiniert mit einer ständigen Beobachtung der Gestirne gelingt dann das Nachvollziehen der polynesischen Navigation. Da diese Seefahrer mehrere hundert Jahre gebraucht haben, um den Sternenhimmel ohne Hilfsmittel zu nutzen, so kann der heutige europäische Anwender doch nicht ganz ohne Hilfsmittel auskommen. Zur Vorausberechnung und Kontrolle der Sternenwege müssen deshalb polynesischer Erfahrungen durch unsere mathematischen und astronomischen Grundlagen ersetzt werden. Das Nautische Jahrbuch und entsprechende Formeln zur Berechnung astronomischer Argumente müssen verfügbar sein, will man jahrhundertelange polynesischer Erfahrung schnell ersetzen. Erst durch eigenes Sammeln von Erfahrungswerten kann dann auf aufwendige Berechnungen verzichtet werden.

Im Gegensatz zu den Planeten, dem Mond und der Sonne sind die Fixsterne „fest“ mit der scheinbaren Himmelskugel verbunden. Ihre Position zueinander ist stets gleich. Bei täglichen Beobachtungen zur gleichen Zeit stellt man ein Vorrücken der Sternbilder nach Westen um ca.  $30^\circ$  innerhalb eines Monats fest. Das ist der gleiche Betrag, wie die tägliche zweistündliche Verschiebung, aufgrund der Erdrotation.

Alle Fixsterne kulminieren an ein und demselben Ort; jeden Tag zur gleichen Sternzeit. Die Sternzeit eines Sterntages ist gleich dem Stundenwinkel des Frühlingspunktes. Der Sterntag ist 3 min 56 sek. länger, als der Sonnentag. Die Fixsterne kulminieren dadurch immer 3 min 56s ( $00^\circ 59' 00''$ ) früher als die Sonne.

Folgende Übersicht zeigt den Greenwicher Stundenwinkel des Frühlingspunktes (Grt  $\Upsilon$ ) für den Monat Juni 1995 und für den 12. Juni 1995. Man erkennt, daß die tägliche, zweistündliche Stellung des Fixsternhimmels jeden Monat zur gleichen Zeit wiederkehrt. So entspricht der tägliche Unterschied in der Stellung nach zwei Stunden auch dem Unterschied in der Stellung nach einem Monat.

Datum / Uhrzeit	12. Juni 1995	Grt $\Upsilon$	Anwachsen des Grt $\Upsilon$
01. Juni 95 21-00-00	20-16-47	204°52,4'	000° 00' 00"
02. Juni 95 21-00-00	20-20-41	205°51,5'	000° 59' 06"
03. Juni 95 21-00-00	20-24-37	206°50,7'	001° 58' 18"
04. Juni 95 21-00-00	20-28-33	207°49,8'	002° 57' 24"
05. Juni 95 21-00-00	20-32-28	208°48,9'	003° 56' 30"
06. Juni 95 21-00-00	20-36-24	209°48,1'	004° 54' 20"
07. Juni 95 21-00-00	20-40-20	210°47,2'	005° 54' 48"
08. Juni 95 21-00-00	20-44-16	211°46,4'	006° 54' 00"
09. Juni 95 21-00-00	20-48-12	212°45,5'	007° 53' 06"
10. Juni 95 21-00-00	20-52-10	213°44,6'	008° 52' 12"
11. Juni 95 21-00-00	20-56-04	214°43,8'	009° 51' 24"
12. Juni 95 21-00-00	21-00-00	215°42,9'	010° 50' 30"
13. Juni 95 21-00-00	21-03-56	216°42,1'	011° 49' 42"
14. Juni 95 21-00-00	21-07-53	217°41,2'	012° 48' 48"
15. Juni 95 21-00-00	21-11-48	218°40,3'	013° 47' 54"
16. Juni 95 21-00-00	21-15-44	219°39,5'	014° 47' 06"
17. Juni 95 21-00-00	21-19-40	220°38,6'	015° 46' 12"
18. Juni 95 21-00-00	21-23-35	221°37,6'	016° 45' 12"
19. Juni 95 21-00-00	21-27-32	222°36,9'	017° 44' 30"
20. Juni 95 21-00-00	21-31-27	223°36,0'	018° 43' 36"
21. Juni 95 21-00-00	21-35-23	224°35,2'	019° 42' 48"
22. Juni 95 21-00-00	21-39-26	225°34,3'	020° 41' 54"
23. Juni 95 21-00-00	21-43-22	226°33,5'	021° 41' 06"
24. Juni 95 21-00-00	21-47-11	227°32,6'	022° 40' 12"
25. Juni 95 21-00-00	21-51-06	228°31,7'	023° 39' 18"
26. Juni 95 21-00-00	21-55-03	229°30,9'	024° 38' 30"
27. Juni 95 21-00-00	21-58-59	230°30,0'	025° 37' 36"
28. Juni 95 21-00-00	22-03-35	231°39,2'	026° 46' 48"
29. Juni 95 21-00-00	22-06-50	232°28,3'	027° 35' 54"
30. Juni 95 21-00-00	22-10-46	233°27,4'	028° 35' 00"
01. Juli 95 21-00-00	22-14-42	234°26,6'	029° 34' 12"
02. Juli 95 20-56-04	22-16-24	234°52,4'	030° 00' 00"
02. Juli 95 20-58-09	22-16-47	234°57,8'	030° 05' 24"
02. Juli 95 21-00-00	22-18-38	235°25,7'	030° 33' 18"
		$\Delta = 0^\circ 59' 08,3''$	

Beobachtet man den Sternenhimmel täglich zur gleichen Zeit, muß ein Anwachsen des Grt $\Upsilon$  von 00° 59' 08,3" beachtet werden. Der in der Tabelle angegebene Zeitraum läßt erkennen, daß die Stellung der Sternbilder 01. Juni 95 um 21-00-00 Uhr die gleiche ist, wie am 12. Juni um 20-16-47 Uhr. Auch erkennt man, daß sich die gleiche Stellung nach 030° 00' 00" am 02. Juli 95 um 20-56-04 Uhr bzw. am 12. Juni um 22-16-24 Uhr wiederholt. Oder anders ausgedrückt hat der Fixsternhimmel der Sterne am 12. Juni 1995 um 20-16-47 Uhr die gleiche Stellung, wie am 02. Juli 1995 um 22-16-47 Uhr. Die Änderung des Grt  $\Upsilon$  beträgt dabei 30° 05' 24".

Die folgende Übersicht zeigt die Stellung des Sternenhimmels für ein Jahr (1995) im Vergleich mit der täglichen Rotation (z. B. am 12. und 13. Juni 1995).

Zeit und Datum für $\Delta$ 30 Tage im Jahr 1995	Zeit am 12. / 13. Juni 1995	Grt $\Upsilon$
01. 01. 95 21. 00 Uhr	10-23-03	056°02,5'
31. 01. 95 21. 00 Uhr	12-21-00	085°36,7'
02. 03. 95 21. 00 Uhr	14-18-57	115°10,8'
01. 04. 95 21. 00 Uhr	16-16-54	144°44,9'
01. 05. 95 21. 00 Uhr	18-14-52	174°19,1'
31. 05. 95 21. 00 Uhr	20-12-49	203°53,3'
30. 06. 95 21. 00 Uhr	22-10-46	233°27,4'
30. 07. 95 21. 00 Uhr	00-08-44	263°01,6'
29. 08. 95 21. 00 Uhr	02-06-41	292°35,8'
28. 09. 95 21. 00 Uhr	04-04-38	322°09,9'
28. 10. 95 21. 00 Uhr	06-02-35	351°44,0'
27. 11. 95 21. 00 Uhr	08-00-33	021°18,2'
27. 12. 95 21. 00 Uhr	09-58-30	050°52,4'
$\Delta = 340 \text{ d} = 8160 \text{ h}$ $\Delta h = 24 \text{ h}$ $\Delta h = 01-00-00$	$\Delta = 23-44-40,92$ $\Delta h = 01-57-57,25$	$\Delta = 354^\circ 49' 54,00''$ $\Delta h = 29^\circ 34' 09,50''$

Das heißt am 01. Juni 1995 um 21-00-00 Uhr zeigt sich der Sternenhimmel in der gleichen Stellung, wie am 12. Juni 1995 um 10-23-03 Uhr. Da das Bild des Fixsternhimmels das Spiegelbild der Erdbewegung um die Sonne ist, definieren sich die Ursachen dieser Differenzen in der (oben) beschriebenen Bewegung der Erde (Revolution, Rotation und Präzession).

Alle Fixsterne, die täglich auf- und untergehen, gehen im Osten auf und im Westen unter. Der Aufgang oder Untergang wird sichtbar, wenn dies vor dem Aufgang bzw. Untergang der Sonne geschieht (heliaktischer Auf- und Untergang). Bei der Betrachtung der Auf- und Untergänge der Sonne ist der Beobachtungsort ausschlaggebend, davon abhängig man erkennt je nach Jahreszeit die Sichtbarkeit der Sternbilder. So unterscheidet man

- 1.) Sternbilder die niemals über den Horizont kommen;
- 2.) Sternbilder, die täglich auf- und untergehen;
- 3.) Sternbilder, die niemals unter gehen (Zirkumpolarsterne).

Welche Sterne nun welcher Gruppe zu zuordnen sind, hängt von der geographischen Breite des Beobachtungsortes und von der Deklination des Sterns ab. Folgende Übersicht läßt den Zusammenhang erkennen. Liegt der Beobachtungsort auf den Erdpolen, sind alle Gestirne dessen Deklination gleichnamig der Breite ist, zirkumpolar.

Liegt der Beobachtungsort auf dem Äquator, gehen alle Gestirne täglich auf- und unter. Sie schneiden den wahren Horizont senkrecht. Der Tagbogen ist gleichlang dem Nachtbogen.

Ist die Deklination  $0^\circ$ , so ist der Tagbogen gleichlang dem Nachtbogen.

Ist die Deklination gleich groß der Breite kulminieren die Gestirne im Zenit.

Der Sternpfad zwischen den Positionen Hawaii  $\varphi = 19^\circ 30,0' \text{ N}$ ;  $\lambda = 155^\circ 30,0' \text{ W}$  und Rapa Nui  $\varphi = 27^\circ 00,0' \text{ S}$ ;  $\lambda = 109^\circ 18,0' \text{ W}$  ist der Großkreis zwischen diesen beiden Orten. Gleichzeitig ist es der Sternpfad, der zu jeder Zeit durch bestimmte Sterne markiert wird. Diese Sterne sind jedoch nur sichtbar, wenn sie nicht durch die Sonne überstrahlt werden. Es ist somit entsprechend der Tages- und Nachtlängen jahreszeitlich verschieden, wann bestimmte Sterne über dem Sternpfad sichtbar sind.

Nr.	Stern	$\delta$	$\varphi = 19^\circ 30,0' \text{ N}$ $90^\circ - \varphi = 70^\circ 30,0'$	$\varphi = 19^\circ 30,0' \text{ N}$ $90^\circ - \varphi = 70^\circ 30,0'$	$\varphi = 27^\circ 00,0' \text{ S}$ $90^\circ - \varphi = 63^\circ 00,0'$	$\varphi = 27^\circ 00,0' \text{ S}$ $90^\circ - \varphi = 63^\circ 00,0'$
09	Polaris	89°14,6'N	gehen nie unter		gehen nie auf	
57	Kochab	74°10,5'N	gehen nie unter		gehen nie auf	
74	Alderamin	62°34,1'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
41	Dubhe	61°46,4'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
04	Schedir	56°30,8'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
46	Alioth	55°59,0'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
48	Mizar	54°56,9'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
67	Eltanin	51°29,5'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
14	Algenib	49°47,9'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
50	Benetnasch	49°24,1'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
18	Capella	45°58,8'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
73	Deneb	45°16,0'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
10	Alamak	42°14,7'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
13	Algol	40°53,3'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
69	Wega	38°46,9'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
07	Mirach	35°31,6'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
32	Castor	31°55,7'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
01	Sirrah	28°59,5'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
34	Pollux	28°04,1'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
79	Scheat	27°59,2'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
55	Mirak	27°05,6'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
59	Gemma	26°43,9'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
15	Alkyone	24°03,0'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
11	Hamel	23°22,7'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
53	Arcturus	19°12,4'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
16	Aldebaran	16°28,4'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
80	Markab	15°10,9'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
02	Algenib	15°09,6'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
42	Denebola	14°35,8'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
65	Ras Alhague	12°33,9'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
39	Regulus	11°59,3'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
47	Vindemiatrix	10°59,0'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
75	Enif	09°51,4'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
71	Atair	08°51,5'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
24	Beteigeuze	07°24,2'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
60	Unuk Elhaia	06°26,5'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
19	Bellatrix	06°20,0'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
33	Procyon	05°16,2'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
12	Menkar	04°01,2'N	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer
17	Rigel	08°13,3'S	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger
38	Alphard	08°38,5'S	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger
58	Zubeneschemali	09°21,9'S	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger
49	Spica	11°08,3'S	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger
56	Zubenelgenubi	16°01,3'S	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger
29	Sirius	16°42,7'S	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger
05	Deneb Kaitos	18°00,6'S	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger
70	Nunki	26°18,0'S	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger
61	Antares	26°25,5'S	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger
78	Formalhaut	29°38,7'S	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger
27	Canopus	52°41,7'S	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger
08	Achernar	57°15,6'S	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen kürzer	gehen tägl. auf/unter	Tagbogen länger

Anhang Tabelle 1

Punkt	Tag	UT1	Breite	Länge	Kurs	Distanz
Ort A	12. 06. 95	06-24-53	19° 30,0' N	155° 30,0' W	134,6°	39,8
Zwpkt 01	12. 06. 95	11-23-23	19° 02,0' N	155° 00,0' W	134,9°	80,3
Zwpkt 02	12. 06. 95	21-25-38	18° 05,3' N	154° 00,0' W	135,2°	81,2
Zwpkt 03	13. 06. 95	07-34-38	17° 07,7' N	153° 00,0' W	135,5°	82,0
Zwpkt 04	13. 06. 95	17-49-38	16° 09,2' N	152° 00,0' W	135,8°	82,9
Zwpkt 05	14. 06. 95	04-11-23	15° 09,8' N	151° 00,0' W	136,1°	83,6
Zwpkt 06	14. 06. 95	14-38-23	14° 09,5' N	150° 00,0' W	136,3°	84,4
Zwpkt 07	15. 06. 95	01-11-23	13° 08,5' N	149° 00,0' W	136,5°	85,1
Zwpkt 08	15. 06. 95	11-49-38	12° 06,8' N	148° 00,0' W	136,7°	85,8
Zwpkt 09	15. 06. 95	22-33-08	11° 04,3' N	147° 00,0' W	136,9°	86,4
Zwpkt 10	16. 06. 95	09-21-08	10° 01,2' N	146° 00,0' W	137,1°	86,9
Zwpkt 11	16. 06. 95	20-12-53	08° 57,6' N	145° 00,0' W	137,3°	87,4
Zwpkt 12	17. 06. 95	07-08-23	07° 53,3' N	144° 00,0' W	137,4°	87,9
Zwpkt 13	17. 06. 95	18-07-38	06° 48,6' N	143° 00,0' W	137,5°	88,3
Zwpkt 14	18. 06. 95	05-09-53	05° 43,5' N	142° 00,0' W	137,6°	88,6
Zwpkt 15	18. 06. 95	16-14-23	04° 38,1' N	141° 00,0' W	137,7°	88,9
Zwpkt 16	19. 06. 95	03-21-08	03° 32,3' N	140° 00,0' W	137,8°	89,1
Zwpkt 17	19. 06. 95	14-29-23	02° 26,3' N	139° 00,0' W	137,8°	89,3
Zwpkt 18	20. 06. 95	01-39-08	01° 20,2' N	138° 00,0' W	137,8°	89,3
Zwpkt 19	20. 06. 95	12-48-53	00° 14,0' N	137° 00,0' W	137,8°	89,4
Zwpkt 20	20. 06. 95	23-59-23	00° 52,2' S	136° 00,0' W	137,8°	89,3
Zwpkt 21	21. 06. 95	11-09-08	01° 58,4' S	135° 00,0' W	137,8°	89,2
Zwpkt 22	21. 06. 95	22-18-08	03° 04,5' S	134° 00,0' W	137,7°	89,0
Zwpkt 23	22. 06. 95	09-25-38	04° 10,3' S	133° 00,0' W	137,6°	88,8
Zwpkt 24	22. 06. 95	20-31-38	05° 15,9' S	132° 00,0' W	137,6°	88,4
Zwpkt 25	23. 06. 95	07-34-38	06° 21,2' S	131° 00,0' W	137,4°	88,1
Zwpkt 26	23. 06. 95	18-35-23	07° 26,1' S	130° 00,0' W	137,3°	87,6
Zwpkt 27	24. 06. 95	05-32-23	08° 30,5' S	129° 00,0' W	137,2°	87,2
Zwpkt 28	24. 06. 95	16-26-23	09° 34,4' S	128° 00,0' W	137,0°	86,6
Zwpkt 29	25. 06. 95	03-15-53	10° 37,8' S	127° 00,0' W	136,8°	86,0
Zwpkt 30	25. 06. 95	14-00-53	11° 40,5' S	126° 00,0' W	136,6°	85,4
Zwpkt 31	26. 06. 95	00-41-23	12° 42,5' S	125° 00,0' W	136,4°	84,7
Zwpkt 32	26. 06. 95	11-16-38	13° 43,9' S	124° 00,0' W	136,2°	84,0
Zwpkt 33	26. 06. 95	21-46-38	14° 44,4' S	123° 00,0' W	135,9°	83,2
Zwpkt 34	27. 06. 95	08-10-38	15° 44,2' S	122° 00,0' W	135,6°	82,4
Zwpkt 35	27. 06. 95	18-28-38	16° 43,1' S	121° 00,0' W	135,3°	81,5
Zwpkt 36	28. 06. 95	04-39-53	17° 41,1' S	120° 00,0' W	135,0°	80,6
Zwpkt 37	28. 06. 95	14-44-23	18° 38,2' S	119° 00,0' W	134,7°	79,7
Zwpkt 38	29. 06. 95	00-42-08	19° 34,3' S	118° 00,0' W	134,4°	78,8
Zwpkt 39	29. 06. 95	10-33-08	20° 29,5' S	117° 00,0' W	134,0°	77,8
Zwpkt 40	29. 06. 95	20-16-38	21° 23,7' S	116° 00,0' W	133,7°	77,0
Zwpkt 41	30. 06. 95	05-54-08	22° 16,9' S	115° 00,0' W	133,3°	76,0
Zwpkt 42	30. 06. 95	15-24-08	23° 09,0' S	114° 00,0' W	132,9°	75,1
Zwpkt 43	01. 07. 95	00-47-23	24° 00,1' S	113° 00,0' W	132,5°	74,1
Zwpkt 44	01. 07. 95	10-03-08	24° 50,2' S	112° 00,0' W	132,1°	73,0
Zwpkt 45	01. 07. 95	19-10-38	25° 39,1' S	111° 00,0' W	131,6°	72,1
Zwpkt 46	02. 07. 95	04-11-23	26° 27,1' S	110° 00,0' W	131,3°	49,9
Punkt B	02. 07. 95	10-25-38	27° 00,0' S	109° 18,0' W		
		21d 04h 45s				3872,3

\*\*\*

## Kaveinga

Der polynesischer Sternennavigator hatte nun weder Kompaß, noch Seekarte, noch Sextant zur Verfügung.

Statt dem nautischen Jahrbuch, indem der heutige Nautiker alle scheinbaren Gestirnsorte am Firmament findet, hatte der polynesischer Sternennavigator nur seinen Erfahrungsschatz, der von Generation zu Generation weitergetragen wurde. Der heutige Navigator besitzt natürlich diesen Erfahrungsschatz nicht mehr. Er muß mit Hilfe der Mathematik sich den augenblicklichen Erkenntnisstand errechnen. Soll eine Navigation ohne nautische Geräte erfolgen, so kann dieses nur in Anwendung des Nautischen Jahrbuchs erfolgen, denn das Bekanntsein der Gestirnspositionen am nächtlichen Himmel ist Grundvoraussetzung für die Durchführung der Navigation ohne Hilfe nautischer Geräte.

Grundlage dieser Navigation ist das Fahren nach Sternenazimuten. Der Nautiker muß nun wissen, welche Sterne er auf seiner Kurslinie von A nach B ansteuern muß.

Da der moderne Nautiker keinen Erfahrungsschatz in dieser Hinsicht besitzt, muß er sich vorher diese Sterne errechnen. Mit Hilfe eines Beispiel soll die Vorgehensweise dabei erläutert werden.

Die Uhr bzw. der Kompaß soll allein dazu dienen, die Richtigkeit dieser Vorausberechnungen zu prüfen. Einmal diese Methodik für den Weg zwischen zwei Positionen erprobt, kann später auf die Anwendung von Uhr und Kompaß ganz verzichtet werden. Bei der polynesischen Art der Navigation wird der Umstand ausgenutzt, daß zu verschiedenen Zeiten auf verschiedenen Positionen der Sternenhimmel anders erscheint, d. h. die laufende Bewegung der Gestirne wird bewußt beachtet. Je mehr Sterne als Leitsterne betrachtet werden, d. h. je mehr Rechenvorgänge zur Gewinnung der entsprechenden Sternenazimute durchgeführt werden, desto genauer wird die Durchführung der Navigation selbst sein, da die durchgeführten Rechnungen nur die Stillstände zwischen zwei oder mehreren Zeitspannen der Sternbewegungen betrachten kann. Je mehr Stillstände berechnet werden, desto mehr erfolgt die Annäherung an die tatsächliche Bewegung. Da keine Positionsbestimmung zur Kontrolle des Schiffsweges erfolgt, ist die Methode in erster Linie für die hohe See geeignet. Die Küstennavigation kann dadurch nicht ersetzt werden. Es wird aber hinreichend genau das Segeln auf den größtem Kreise möglich sein, wie wir nachfolgend noch sehen werden.

Somit vollzieht sich die polynesischer Sternennavigation, die ohne den Bezug Horizont auskommt, nur mit Hilfe der Sternenazimute, der Gestirnsbildpunkte und den unterschiedlichen Richtungen und Distanzen, die verschiedenen Sterne zueinander einnehmen. Der Umstand, daß Sterndistanzen zueinander, wie auch die Deklinationswerte über lange Zeit unverändert sind, spielt dabei die entscheidende Rolle, denn davon hängt die periodische Wiederkehr der Sternbilder über bestimmte Orte bzw. Positionen der Erde ab. Es handelt sich sozusagen um eine Navigation an der drehenden Himmelskugel entlang. Die polynesischer Navigation wendet dabei folgende Verfahren an:

- 1.) Kursausrichtung nach dem für den Bestimmungsort geltenden Zenitstern, der über dem Bestimmungsort von Ost nach West zieht.
- 2.) Kursausrichtung nach einem Leitstern, der die geplante Großkreisbahn schneidet bzw. auf dem Großkreis auf- oder untergeht.
- 3.) Kursausrichtung nach dem Winkel, die ein Stern oder mehrere Sterne zum geplanten Großkreis einnehmen, während sie kulminieren bzw. auf- oder untergehen.
- 4.) Kursänderung nach der Richtung, die zwei ausgewählte Sterne untereinander verbindet. Diese Richtung ist die unveränderte Sterndistanz zweier Sterne, parallel zum Großkreis oder in einem Winkel zum Großkreis, wobei ein dritter Stern über dem Großkreis zieht.
- 5.) Kursausrichtung nach Gestirnen, die erstmals über den Horizont kommen bzw. nicht mehr über den Horizont kommen und letztmalig sichtbar sind.

Bei dieser Art der Navigation ist zu unterscheiden zwischen Zirkumpolarsternen und Sternen, die täglich auf- und unter gehen. Auch ist die Kenntnis von Bedeutung, wie der Großkreis zu den Breitenparallelen steht, d. h. wie die Schiffsrichtung zum Sternenweg am Himmel steht und in welchen Teil der Himmelskugel sich der Standort des Bootes befindet. So teilt der polynesischer Sternennavigator abhängig vom Beobachtungsort den Himmel in drei Teile, in einen nördlichen, einen

mittleren und einen südlichen Teil. Diese Teilung ermöglicht die Zuordnung der Gestirne, wobei es von Bedeutung ist, ob das Boot zum Beispiel in einem dieser benannten Teile verbleibt oder von einem Teil der Himmelskugel in einen anderen überwechselt. So bedeuten Nord-Südkurse, ein navigieren vorwiegend nach Kulminationssternen, Ost-Westkurse bedeuten dagegen von einem Stern begleitet zu werden. Zwischenkurse bedeuten gleichzeitig nach Kulminationssternen und nach Begleitsternen navigieren zu müssen. Da das letzte genannte Verfahren auch vom Rechenaufwand das schwierigste und komplizierteste Verfahren darstellt, soll es nun erläutert werden.

Wir wollen eine Atlantiküberquerung wagen und stehen mit unserem Boot am 12. August 1995 um 21. 00 Uhr (Weltzeit) im Ausgang des englischen Kanals. Die Fahrt soll mit Südwestkurs nach Puerto Rico gehen.

## 1.) Großkreisberechnung zwischen Abfahrts- und Bestimmungsort

Zuerst führen wir die Großkreisberechnung durch, die sich zwischen der Startposition (Abfahrtsort) und der Endposition (Bestimmungsort) ergibt. Dadurch ermitteln wir die sphärische Distanz und den Anfangs- und Endkurs nach Puerto Rico.

Startposition:	$\varphi_A = 49^\circ 35' \text{ W}$	$\lambda_A = 05^\circ 00' \text{ W}$		
Endposition:	$\varphi_B = 19^\circ 00' \text{ W}$	$\lambda_B = 65^\circ 00' \text{ W}$		
Anfangskurs:	= $259,7^\circ$	Endkurs	= $222,4^\circ$	Distanz = 3379,92

Seemeilen.

Diese Distanz ist gleichzeitig eine Höhe von  $33^\circ 40' 05''$ , d. h. ein im Zenit stehender Stern über Puerto Rico wird im Ausgang des englischen Kanals (Startposition)  $33^\circ 40' 05''$  Höhe über dem Horizont besitzen.

## 2.) Feststellen der Zenitsterne, die über den Bestimmungsort ziehen

Entsprechend der geographischen Breite des Bestimmungsortes werden die Gestirne gesucht, dessen Deklination ( $\delta$ ) annähernd gleich der geographischen Breite des Bestimmungsortes ist. Der gefundene Stern zieht dann von Ost nach West über den Bestimmungsort. Der *Arcturus*, aus dem Sternbild Bootes (Bärenhüter) erfüllt genau diese Bedingung. Er besitzt eine Deklination ( $\delta$ ) von  $19^\circ 13,2' \text{ N}$  und zieht somit  $13,2 \text{ sm}$  nördlich an Puerto Rico vorbei. Sein Sternwinkel ( $\beta$ ) beträgt  $146^\circ 09,9'$ . Wenn er über Puerto Rico kulminiert, wird er von der Startposition aus in einer Höhe von  $33^\circ 49' 50''$  und mit einem Azimut von  $259,9^\circ$  zu beobachten sein. Das entspricht genau dem Kurs, der gesteuert werden muß. Gleichzeitig kann errechnet werden, daß der Stern *Mirak*, ebenfalls aus dem Sternbild Bootes ebenfalls in Kursrichtung  $10^\circ$  unterhalb von *Arcturus* zu beobachten ist. Um den Zeitpunkt zu finden, wann *Arcturus* über Puerto Rico kulminiert, müssen Kontrollsterne verwendet werden, die über der eigenen Position beobachtet werden. Die Größe der Deklination dieser Kontrollsterne wird durch die geographischen Breite des Standortes bestimmt, wobei der Sternwinkel dieser Kontrollsterne um den Längenunterschied zwischen Standort und Bestimmungsort kleiner sein muß, als der des Zenitsternes. Wenn der Stern *Eltanin*, Sternbild Draco (Drachen) sich auf der Position zwischen dem Zenitpunkt des Abfahrtsortes und dem Stern *Polaris*, Sternbild Ursa Minor (Kleiner Bär) - genau in Nordrichtung also - befindet, er durchwandert dabei gerade seine obere Kulmination, ist der Zeitpunkt gesetzt, *Arcturus* anzusteuern. Denn *Arcturus* kulminiert dann gerade über Puerto Rico. Rechnet man den Kulminationszeitpunkt aus dem Nautischen Jahrbuch, kann festgestellt werden, daß *Arcturus* am 12. August 1995 genau um 21-11-57 Uhr (Weltzeit) über Puerto Rico kulminiert und dabei auf dem Großkreis steht. Der Stern *Eltanin* hat zu diesem Zeitpunkt eine Höhe von  $86^\circ 26' 38''$  und steht in einer Richtung am Kompaß von  $304,2^\circ$ , genau kulminiert *Eltanin* um 20-53-06 Uhr (Weltzeit).

So kann die Reise nach Puerto Rico also beginnen. *Eltanin* hat seine Kulmination gerade durchwandert und *Arcturus* und *Mirak* stehen genau auf dem Großkreis. Wir segeln und steuern *Arcturus* und *Mirak* nun voraus an. Die Frage ist: Wie lange können diese beiden Sterne mit hinreichender Genauigkeit angesteuert werden?

## 3.) Auffinden weiterer Leitsterne für die Nacht

Steuern wir den Sternen *Arcturus* und *Mirak* stundenlang hinterher, werden wir unsere Großkreisbahn sehr bald verlassen, denn diese Leitsterne schneiden den Großkreis und laufen nicht auf ihn mit.

Um nach weiteren Leitsternen zu fahren, dürfen diese nicht sehr hoch stehen und müssen gut sichtbar sein, denn es ist ein besseres Steuern, wenn die Sterne flach stehen. Stehen sie allerdings sehr flach, sind sie aufgrund der terrestrischen Strahlenbrechung am Horizont nicht mehr sichtbar, deshalb eignen sich am besten Gestirns Höhen zwischen  $10^\circ$  und  $40^\circ$ . Da alle Gestirne einen Gestirnsbildpunkt auf der Erdkugel einnehmen, ist die Entfernung des Gestirnsbildpunktes vom Standort des Bootes ebenfalls von entscheidender Frage. Denn je weiter ein Gestirnsbildpunkt vom Beobachtungsort entfernt liegt, je geringer ist die Differenz seiner Azimutänderung in einer Zeitspanne. Die Geschwindigkeit eines

Bahnpunktes ist mit  $15^{\circ} 02'$  bestimmt. Das sind 902 sm/h auf dem Äquator bzw. auf dem Deklinationparallel von  $45^{\circ}$  nur der Kosinuswert von 902 sm/h (637,8 sm/h). Es ist in dieser Bewegung der Grund zu finden, warum der polynesischer Navigator den Himmel in drei Teile teilt und diesen Himmelsteilen die wichtigsten Sterne und Sternbilder zuzuordnen. Denn aufgrund dieser Tatsache überholt in einer Zeitspanne ein Stern den anderen Stern in seinem Lauf (gleich zwei Punkten auf einer Fahrradspeiche, dessen Rad sich gleich schnell dreht). Um genügend Leitsterne zur Verfügung zu haben, mußte der polynesischer Sternennavigator ca. 200 Sterne kennen. Er mußte sie nicht nur kennen, er mußte auch wissen, über welche Inseln und Positionen sie ziehen, welcher Stern welchen überholt. Dazu mußte er diese in sogenannten Sternenreihen einordnen. Er mußte die Frage beantworten können: Welcher Stern ist nach dem ersten Stern weiter anzusteuern, um auf Kurs zu bleiben? Um diese schwierige Aufgabe zu bewältigen, mußte der Navigator eine Ausbildung von ca. 10 Jahren hinter sich lassen und das war noch nicht alles, wie wir vorher schon angemerkt haben.

Der heutige Nautiker muß, will er polynesischer Sternennavigation betreiben, mit dem Umstand leben, daß im Nautischen Jahrbuch nur ca. 80 Hauptsterne verzeichnet sind. Da wir aber heute über genügend Rechenmöglichkeiten bzw. Kontrollmöglichkeiten auf See (Kompaß, Uhr, Sextant) verfügen, muß dieses kein Nachteil sein. Über eine Nacht benötigen wir ca. Acht bis zehn Leitsterne, die den Großkreis zwischen der Bootsposition und dem Bestimmungsort bzw. auch darüber hinaus schneiden müssen. Es ist nun die Sternenreihe zu berechnen, die wir folgen müssen. Mit Vorgabe der Höhe zwischen  $10^{\circ}$  und  $40^{\circ}$  und des Kurses (Azimutwinkel) auf dem Großkreis muß zunächst der entsprechende Deklinationwert ( $\delta$ ) und der dazu gehörige Stundenwinkel ( $t$ ) berechnet werden. Es sind die Leitsterne gemäß ihrem Sternstundenwinkel ( $\beta$ ) und gemäß ihrem Deklinationwert ( $\delta$ ) sozusagen auf den Großkreis zuzuschneiden. Dazu genügt es vom Abfahrtsort und vom Bestimmungsort und einigen dazwischen liegenden Punkten des Großkreises auszugehen. Die eigentliche Bootsposition spielt dabei nur eine untergeordnete Rolle. So wie der Großkreis die Leitsterne fesselt, binden die Leitsterne das Boot an den Großkreis. Es ist niemals umgekehrt. Der Bestimmungsort bestimmt den Großkreis, der Großkreis bestimmt die Leitsterne. Dabei ist es völlig belanglos, wie schnell das Boot sich vorwärts bewegt und auf welchen Koordinaten es sich befindet: nur der Kurs, die Fesselung des Bootes an die Leitsterne ist von Bedeutung. Die Gestirns Höhe, das Gestirnsazimut, der Stundenwinkel und die geographische Breite stehen im Verhältnis und bedingen einander. Dieses Verhältnis ist 1 : 1, wenn  $Az = t$  und  $\delta = h$  betragen. Hier in unserem Beispiel ist dieses Verhältnis bei  $\varphi = 49^{\circ} 35' N$ ;  $t = 77^{\circ} 43' 48''$  und  $\delta = 30^{\circ} N$  erreicht, denn dann beträgt das Az ebenfalls  $77^{\circ} 43' 48''$  und die  $h$  beträgt  $30^{\circ}$ .

Unter Vorgabe der gegebenen Großkreisrichtung dem Azimut von  $259,7^{\circ}$ , der Anfangsposition von  $49^{\circ} 35' N$ ,  $5^{\circ} 00' E$ , der Uhrzeit in Weltzeit (UT1) von 21.00 Uhr wird unter weiterer Vorgabe der Höhe einmal von  $10^{\circ}$  und zum zweitenmal von  $40^{\circ}$  werden die entsprechenden Deklinationwerte und Stundenwinkel errechnet.

$$h = 10^{\circ} \quad \delta = 1^{\circ} 01' 55'' N \quad t_w = 75^{\circ} 42' 58''$$

$$h = 40^{\circ} \quad \delta = 23^{\circ} 36' 47'' N \quad t_w = 55^{\circ} 20' 32''$$

Am 12. 08. 1995 um 21-11-57 zur Kulminationszeit des Sterns *Arcturus* über Puerto Rico beträgt der Greenwicher Stundenwinkel des Frühlingspunktes (Grt  $\Upsilon$ )  $278^{\circ} 50' 06''$ . Der Sternstundenwinkel ( $\beta$ ) errechnet für  $t_w = 75^{\circ} 42' 58''$  mit  $\beta = 161^{\circ} 52' 52''$

und für  $t_w = 55^{\circ} 20' 32''$  mit  $\beta = 141^{\circ} 30' 36''$ .

Weiterhin ist am 12. 08. 95 um 19. 15 Uhr Weltzeit Sonnenuntergang und am 13. 08. 95 um 04. 50 Uhr Sonnenaufgang. Man entnehme nun alle Sterne dem Sternverzeichnis des Nautischen Jahrbuchs, dessen Deklination zwischen  $1^{\circ} 01' 55'' N$  und  $23^{\circ} 36' 47'' N$  und dessen Sternstundenwinkel zwischen den Werten  $161^{\circ} 52' 52''$  und  $141^{\circ} 30' 36''$  liegt.

Es sind dies die Sterne:	<i>Vindemiatrix</i>	Sternbild VIRGO (Jungfrau)
	<i>Arcturus</i>	Sternbild BOOTES (Bärenhüter)
	<i>Gemma</i>	Sternbild CORONA (Nördliche Krone)
	<i>Unuk</i>	Sternbild SERPENC (Schlange)
	<i>Ras Alhague</i>	Sternbild OPHIUCHES (Schlangenträger)

und *Atair* Sternbild AQUILA (Adler)  
*Enif* Sternbild PEGASUS (Pegasus)  
*Mirak* Sternbild BOOTES (Bärenhüter)

Um nun eine Aussage zu treffen, wann diese Sterne den Großkreis schneiden, muß man von folgender Überlegung ausgehen:

Da die Uhrzeit dieses Zeitpunktes nicht bekannt ist, kann der Stundenwinkel nicht errechnet werden und da die Gestirnshöhe ebenfalls nicht bekannt ist, kann die Uhrzeit nicht errechnet werden. Es muß somit die Länge des betreffenden Gestirnsbildpunktes, die sich gleichfalls als Stundenwinkel ausdrückt, interpoliert werden. Das Verhältnis zwischen den Differenzen zweier Stundenwinkel und der Differenz zweier Azimute bestimmt den Stundenwinkel, der gilt, wenn das betreffende Gestirn den Großkreis schneidet. Es gilt die mathematische Beziehung:  $\Delta t_2 = (\Delta t_1 \times \Delta Az_2) : \Delta Az_1$

Um in einfacher Weise das Problem zu lösen, gibt man den Stundenwinkel solange vor, bis man das verlangte Azimut des Großkreises errechnet. Unter Vorgabe des Stundenwinkels lassen sich nun die Passierpunkte der Gestirne über dem Großkreis errechnen. Läßt man nun noch die Koppelorte, die das Boot bei einer Geschwindigkeit von 8 kn erreicht, mit in die Berechnungen einfließen, so hat man die komplette Übersicht der Gestirnsbildpunkte auf dem Großkreis und kann diese ansteuern.

<b>Uhrzeit</b>	21-11-57	21-58-38	23-26-06	00-55-30	03-22-58	05-13-16
<b>Stern</b>	<i>Arcturus</i>	<i>Gemma</i>	<i>Unuk</i>	<i>Ras Alhague</i>	<i>Atair</i>	<i>Enif</i>
<b><math>\phi</math> Boot</b>	49° 35,0' N	49° 33,6' N	49° 31,6' N	49° 29,4' N	49° 25,4' N	49° 22,4' N
<b><math>\lambda</math> Boot</b>	005° 00,0' W	005° 11,9' W	005° 29,5' W	005° 47,6' W	006° 17,1' W	006° 39,1' W
<b><math>t_w</math></b>	146° 09,9'	051° 40,2'	070° 57,6'	065° 24,5'	067° 55,0'	066° 51,0'
<b>Höhe</b>	33° 49,8'	44° 33,5'	17° 12,2'	25° 25,2'	21° 00,8'	22° 27,9'
<b>Azimut</b>	N 100,1° W	N 100,5° W	N 100,5° W	N 100,6° W	N 101,2° W	N 101,4° W
<b>Kurs</b>	<b>259,9°</b>	<b>259,5°</b>	<b>259,5°</b>	<b>259,3°</b>	<b>258,8°</b>	<b>258,6°</b>

So werden die Sterne direkt angesteuert oder es wird der Kurs so gelegt, daß zwischen zwei Leitsternen gehalten wird.

Um 21. 00 Uhr wird *Arcturus* erstmalig angesteuert. *Eltanin* hat gerade kulminiert. Um 21. 12 steht *Arcturus* über Puerto Rico. Wird *Arcturus* direkt angesteuert, kann dies bis 21. 30 Uhr erfolgen. Besser geeignet ist zwischen 21. 15 und 21. 30 genau zwischen *Arcturus* und *Gemma* zu halten. Um 21. 45 wird *Gemma* dann voraus stehen. Er kann direkt angesteuert werden. Um 22. 15 muß man *Gemma* dann nach Steuerbord (rechts) auswandern lassen. Man muß wieder dazu übergehen, die Mitte zwischen *Gemma* und *Unuk* zu halten. Um 22.50 kann *Unuk* dann direkt angesteuert werden. Dieses Ansteuern muß natürlich durch leichte Kurskorrekturen allmählich erfolgen.

**Man navigiert gleich den Polynesiern an der sich drehenden Himmelskugel entlang. Es ist das, was als ganzheitliche astronomische Navigation bezeichnet wird.**

\*\*\*

Quellenverzeichnis:

- (1) „Bei den Wikingern der Südsee“ Miloslav Stingl, VEB F. A. Brockhaus Verlag ; Leipzig 1978; 2. Auflage; Lizenz-Nr. 455/150/46/78, LSV 5379
- (2) Zeitschrift GEO Spezial „Südsee“ Gunar + Jahr Verlagshaus AG & Co ISSN-Nr.: 0723-5194, Nachdruck 24/95
- (3) Kleine Enzyklopädie „Natur“ VEB Leipziger Druckhaus, Leipzig III/18/203 13. Auflage
- (4) Kartentwürfe der Erde, BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1988 ISSN-Nr.: 0076-5449, 1. Auflage
- (5) Kompendium der Mathematik, Bittner Ilse Kubicek Tietz Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin 1970, Lizenz-Nr.: 203/1000/77, 8. Auflage
- (6) Wissenspeicher Astronomie, Bernhard Lindner Schukowski Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin 1986, Lizenz-Nr.: 203/1000/88, 2. Auflage
- (7) Leitfaden der Navigation -Terrestrische Navigation- Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1988, ISBN-Nr.: 3-344-00224-4, 5. Auflage
- (8) Leitfaden der Navigation -Astronomische Navigation- Transpress VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin 1987, ISBN-Nr.: 3-344-00000-4, 4. Auflage
- (9) Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie; Nautisches Jahrbuch für das Jahr 1995, Hamburg 1994, ISSN 0077-6211