Venustransit : Auswahl und Beurteilung der visuellen Beobachtungen

Autor(en): **Jost-Hediger, Hugo**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **63 (2005)**

Heft 326

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-897741

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

Venustransit – Auswahl und Beurteilung der visuellen Beobachtungen

HUGO JOST-HEDIGER

Die nachfolgende Publikation beschreibt die im Rahmen des Projektes «Venustransit 2004» der AVZ gewonnenen Beobachtungen. In nachfolgenden Artikeln werde ich meine Erfahrungen bei der fotografischen Bestimmung der Kontaktzeiten und dem «Schwarzen Tropfen» befassen.

Das Projekt «Venustransit 2004» der Astronomischen Vereinigung Zürich (AVZ)

Projektbeschreibung aus:
www.astroinfo.org
von ANDREAS INDERBITZIN.

Am 8. Juni 2004 findet ein in grossen Teilen Europas, Afrikas und Asiens – insbesondere im gesamten deutschsprachigen Raum in seiner gesamten Dauer beobachtbarer – Venustransit statt. Dies ist ein seltenes astronomisches Ereignis. Der letzte Venustransit war am 6. Dezember 1882, der übernächste ist am 6. Juni 2012 (dieser Transit ist im deutschsprachigen Raum nur teilweise beobachtbar). Bei klarem Wetter kann die Venus dann als kleine schwarze Scheibe auf der Sonnenscheibe gesehen werden. Aus verschiedenen Gründen konnten diese Transite in der Vergangenheit vorwiegend von Berufsastronomen beobachtet und ausgewertet werden. Der Astronom E. HALLEY (1656 bis 1742) hatte die Idee, aus den Transitzeiten (zusammen mit «etwas» Geometrie) die Distanz Erde-Sonne (Astronomische Einheit, AE) mit einer Genauigkeit von wenigen Prozenten zu bestimmen. Vor allem der Venusdurchgang vom 3./4. Juni 1769 wurde damals von mehreren Beobachtern verfolgt und anschliessend ausgewertet: dies auch von Orten aus wie z.B. Varda (Schweden) und Tahiti.

Die vorhandenen mathematischen und astronomischen Instrumente erlauben es heute erstmals, dass ein solcher Transit auch von Amateurastronomen beobachtet und ausgewertet werden kann. Daraus entstand bei der Astronomischen Vereinigung Zürich (AVZ) die Idee für das Projekt «Venus 2004».

Unsere Projekt-Ziele

Wir wollen die Geschichte der vergangenen Venustransite und die dazu gehörenden kinematischen Gegebenheiten kennen lernen und beim kommenden Venustransit vom 8. Juni 2004 erstmals das mit Amateurmitteln nachvollziehen, was in der Vergangenheit professionellen Mitteln vorbehalten war.
Wir wollen den kommenden Venusdurchgang:

- gut vorbereiten
- mit verschiedenen Methoden beobachten
- die Rohdaten aufarbeiten und zwecks Austausch standardisieren.

Wir wollen dazu auch andere Amateurastronomen gewinnen, welche diesen Transit auf der südlichen Halbkugel gleichzeitig beobachten.

Die bei diesen Beobachtungen gewonnenen Daten wollen wir mit verschiedenen Methoden, unter Berücksichtigung der uns gegebenen Mittel, auswerten, um damit die Sonnenparallaxe und in der Folge die AE mit bestmöglicher Genauigkeit zu bestimmen.

Wir wollen dies alles zu unserem eigenen Vergnügen und im Rahmen einer Gemeinschaftsarbeit unter Freunden durchführen. Für die Unterstützung von Berufsastronomen sind wir dankbar.

Wir sind uns darüber klar geworden, dass der Erfolg des Projektes in wesentlichem Umfang von der Motivation und der Einsatzbereitschaft einer genügenden Anzahl mitarbeitender Amateurastronomen, aber auch von den meteorologischen Gegebenheiten am 8. Juni 2004 abhängig ist und vor allem auch, ob es uns gelingen wird, die grosse Zahl von Beobachtungsdaten statistisch korrekt auszuwerten.

Das Ziel

Wie in unseren Projektzielen definiert, wollten wir die Astronomische Einheit durch messen der Venus-Transitzeiten von zwei möglichst weit voneinander entfernten Beobachtungsorten aus berechnen (S. Abb. 1).

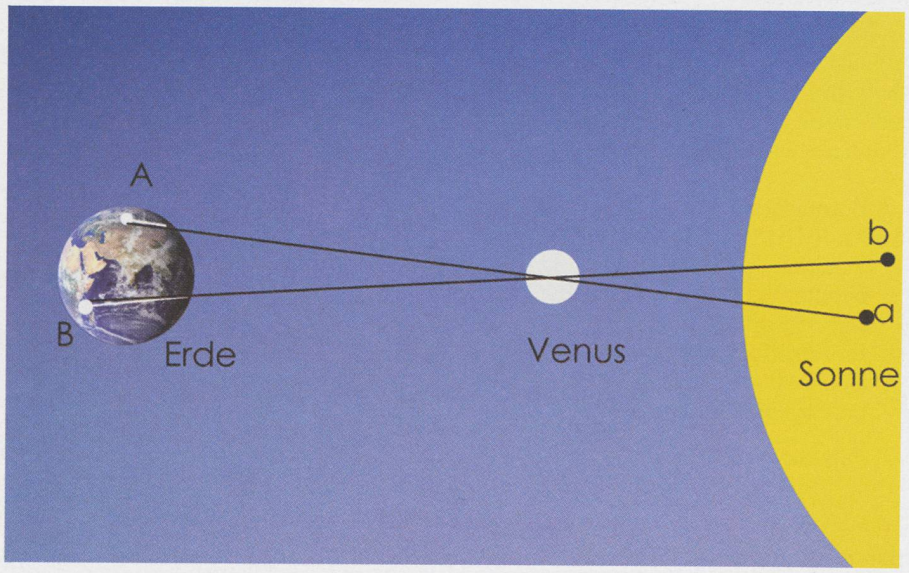
Während vier Jahren arbeiteten wir gemeinsam auf dieses Ziel hin. Wir erlebten gemeinsam Höhepunkte und Tiefschläge. Trotzdem gab eine Gruppe Unentwegter nie auf! Zu gross war die Spannung zu erfahren, was wir denn wohl für Resultate erzielen würden.

Die Vorbereitungen

Die Beobachtungen wie auch Auswertungen wurden seit Beginn des Projektes in den Gruppen «Beobachtung» und «Auswertung» diskutiert und vorbereitet. Nach und nach entstanden Beobachtungsformulare für visuelle und fotografische Beobachtungen. Zu Beginn waren die Formulare noch recht umfangreich. Nach und nach kristallisierten sich dann die zur Auswertung absolut notwendigen Daten heraus. Nun war es an der Zeit, die Formulare zu überarbeiten und alles Überflüssige rauszuwerfen. Und siehe da: Die Beobachtungsformulare waren schon viel kleiner. Merke: Nur Daten, die auch ausgewertet werden können, werden notiert. Alles Übrige trägt nur zur Verwirrung in der ohnehin schon hektischen Beobachtungsphase bei.

Nun wird auch die Suche nach weiteren Beobachtern in der Schweiz und im angrenzenden Ausland intensiviert. Durch Aufrufe im Orion, Publikation der Beobachtungsformulare im Orion und auf Astroinfo machen wir «Werbung» und hoffen, so genügend Ama-

Abb. 1: Beobachtung des Venustransits von zwei verschiedenen Standorten.



teurastronomen motivieren zu können. Nun, man wird sehen, was sich daraus ergibt.

Endlich steht der 7. Mai 2003 und somit der Merkurtransit vor der Tür. Unsere Hauptprobe zum Test der Formulare und der Beobachtungsanleitungen. Ob es wohl klappen wird? Ja! Es hat geklappt. Wir verbessern zum letzten mal unsere Formulare und warten gespannt auf den Venustransit 2004.

Aber halt! Eins fehlt uns ja noch! Wir haben immer noch keine Beobachter auf der Südhalbkugel. Langsam aber sicher wird die Suche hektisch. Schliesslich müssen wir, der Venustransit steht eben vor der Tür, akzeptieren, dass es uns trotz intensiver Suche nicht gelungen ist, Amateurastronomen auf der Südhalbkugel zu motivieren. Schade!

8.6.2004 – der Venustransit

In der Nacht auf den 8. Juni hat wohl kaum noch jemand aus unserem Projekt ruhig geschlafen. Gut, die Wetterprognose war ja super. Aber trotzdem! Man weiss ja nie, was alles passieren kann, und eine zweite Chance kriegen wir in der Schweiz zu Lebzeiten nie mehr.

Nun, inzwischen weiss es ja Jeder: Es hat geklappt und wir können versuchen, aus den Beobachtungen Resultate rauszukitzeln (S. Abb. 2).

Die Beobachtungsdaten treffen ein

Bereits am Nachmittag des denkwürdigen 8. Juni treffen die ersten Beobachtungsdaten per e-mail bei mir ein. Das erste E-Mail trifft von RENÉ SCHWENGELER ein. Der Satz *«Dritter und vierter Kontakt konnte wegen Sonnenuntergang nicht mehr beobachtet werden»* erstaunt mich sehr, scheint doch draussen immer noch die Sonne. Nun erst schaue ich mir den Absender genauer an. Die Meldung stammt aus Australien.

Und nun geht es weiter Schlag auf Schlag. In den nächsten Tagen folgen e-mail und Briefe noch und noch. An Arbeit wird es mir in der nächsten Zeit kaum mangeln (S. Abb. 3).

Bis nach den Sommerferien habe ich folgende Daten erhalten:

- Visuelle Beobachtungen: 22 Beobachter, 20 Standorte, 194 Beobachtungsresultate
- Fotografische Beobachtungen: 7 Beobachter, 7 Standorte, 970 Beobachtungsresultate

Die Auswertung

Nach erholsamen Sommerferien mache ich mich daran, die Beobachtungsdaten zu sichten und zu archivieren.

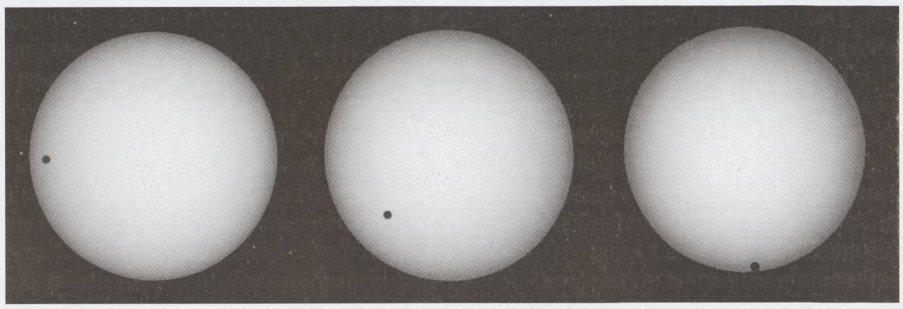


Abb. 2: Der Venustransit vom 8. Juni 2004.

Danach beginnt die Knochenarbeit. Zuerst muss nun mal ernsthaft überlegt werden, wie die Auswertung am besten vonstatten gehen könnte. Nach einiger Überlegung lege ich folgende Arbeitsschritte fest:

- Schritt 1: Datenaufnahme
- Schritt 2: Korrektur der Beobachtungszeiten auf Zürich
- Schritt 3: Überprüfen der Datenqualität
- Schritt 4: Datenreduktion
- Schritt 5: Auswertung
- Schritt 6: Vergleich mit der Theorie
- Schritt 7: Schlussfolgerungen

Schritt 1: Datenaufnahme

Die Beobachtungsdaten wurden in unterschiedlicher Form und unterschiedlicher Qualität angeliefert. Am einfachsten war es für mich, wenn die dazu vorgesehenen Formulare vollständig ausgefüllt waren. Adressen ohne Koordinatenangaben wie zum Beispiel «Feldstrasse 15c, Jungfraujoch» mussten erst mühsam im elektronischen Routensucher gefunden und dann ausgemessen werden. Auch die Zeitmessungen waren hie und da wohl etwas abenteuerlich. Trotzdem: Mit der Summe der vielen Beobachtungen lässt sich schon ein recht schönes Resultat erzielen. Recht herzlichen Dank an alle Bebachter.

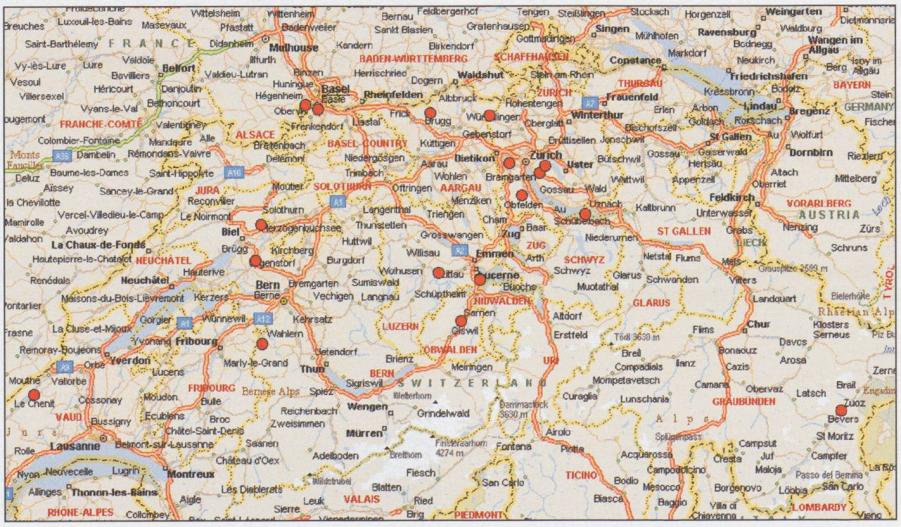
Betrachten wir uns doch zuerst einmal, wie viele Beobachtungen gemeldet wurden.

Auf Abb. 4 sehen wir, dass Kontakt 1 in den meisten Fällen nur einmal bewertet wurde. Bei allen anderen Kontakten wurden von 50% der Beobachter 3 oder 4 Zeitpunkte (könnte jetzt sein, vermutlich jetzt, vermutlich erfolgt, sicher erfolgt) beobachtet. Bei den Kontakten 2, 3 und 4 sind die Beobachtungen recht symmetrisch verteilt. Insgesamt stehen 194 Beobachtungs-Zeitpunkte zur Weiterverarbeitung zur Verfügung. Eine aus meiner Sicht beachtliche Menge an Beobachtungen!

Schritt 2: Korrektur der Beobachtungszeiten auf Zürich

Da die Beobachter sich an verschiedenen Standorten befanden, ergeben sich leicht unterschiedliche Beobachtungszeiten. Ich entschliesse mich, alle Beobachtungszeiten auf den Standort Zürich zurückzurechnen. Beobachter nördlich oder östlich von Zürich sehen die Kontakte gegenüber Zürich etwas früher. Beobachter westlich oder südlich von Zürich sehen die Kontakte et-

Abb. 3: Beobachtungsstandorte visuelle Beobachtungen. Sowie Deutschland, Frankreich, Türkei, Namibia, Australien.



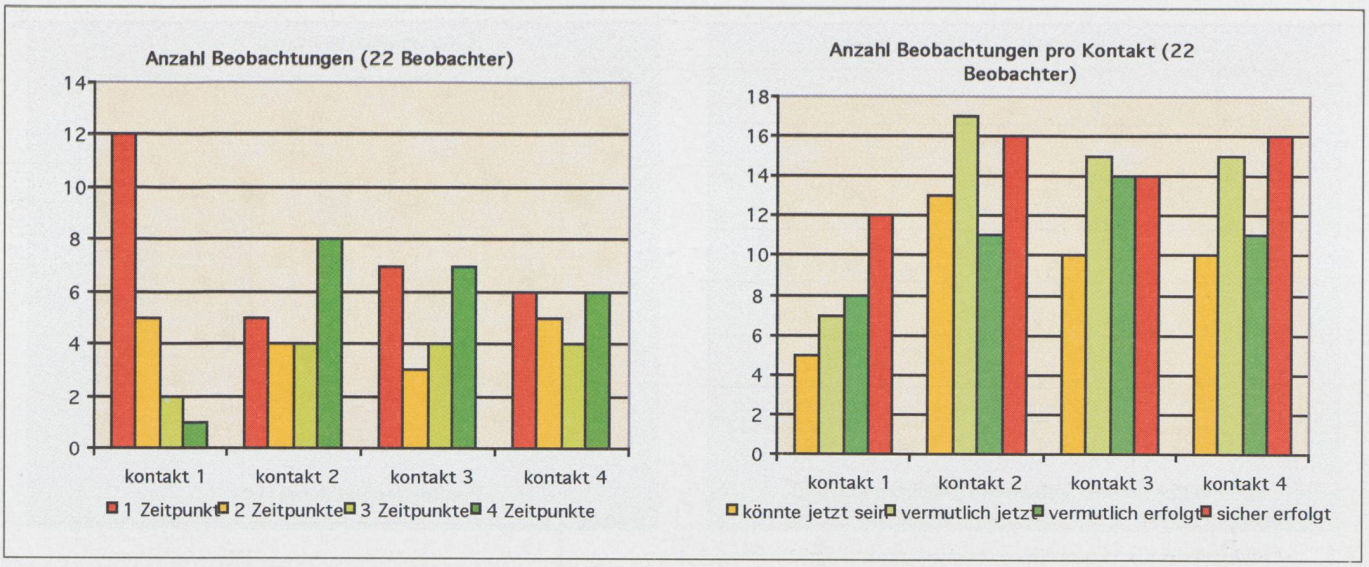


Abb. 4: Anzahl Beobachtungen.

was später. Da wir uns auf der rotierenden Erdoberfläche befinden, verändert sich die Sichtlinie Richtung Sonne dauernd. Deshalb müssen die Kontaktzeiten für jeden der vier Kontaktzeitpunkte K1 – K4 einzeln gerechnet werden.

Die Korrekturen liegen in der Schweiz im Bereich von 1- 4 Sekunden. Für die Türkei, Namibia, Norddeutschland, Australien ergeben sich Differenzen von mehr als zehn Sekunden. Alle Beobachtungszeiten wurden mit Calsky von www.astroninfo.org berechnet (S. Abb. 5).

Nach dieser Rechnung sind die Beobachtungsdaten von jedem Beobachter in einer Excel- Tabelle festgehalten (S. Abb. 6).

Beginn	1. Kontakt				2. Kontakt			
	könnte jetzt sein	vermutlich jetzt	vermutlich erfolgt	Sicher erfolgt	könnte jetzt sein	vermutlich jetzt	vermutlich erfolgt	Sicher erfolgt
Lokalzeit	07:20:21	07:20:28		07:20:35	07:39:09	07:39:40		07:39:46
UT	5:20:21	5:20:28		5:20:35	5:39:08	5:39:39		5:39:45
+ Zeitkorrektur => Zürich		0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00	0:00:00	0:00:00
- Zeitkorrektur => Zürich		0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:01	0:00:01	0:00:01	0:00:01
Ende	**3. Kontakt**				**4. Kontakt**			
	könnte jetzt sein	vermutlich jetzt	vermutlich erfolgt	Sicher erfolgt	könnte jetzt sein	vermutlich jetzt	vermutlich erfolgt	Sicher erfolgt
Lokalzeit	13:03:58	13:04:08	13:04:20	13:04:29	13:23:15	13:23:20		13:23:32
UT	11:03:54	11:04:04	11:04:16	11:04:25	11:23:12	11:23:17		11:23:29
+ Zeitkorrektur => Zürich		0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00	0:00:00	0:00:00
- Zeitkorrektur => Zürich	0:00:04	0:00:04	0:00:04	0:00:04	0:00:03	0:00:03	0:00:03	0:00:03

Abb. 6: So sehen die Daten pro Beobachter der Daten nach der Datenaufnahme aus. Zusätzlich sind in den Formularen noch alle Beobachterangaben (Beobachtungs-Ort, Instrumente usw.) vermerkt.

Schritt 3: Überprüfen der Datenqualität

Nachdem nun alle Daten schön in Tabellen festgehalten sind, könnte ja bereits die Auswertung beginnen. Wie aber sollen die vier Zeitpunkte pro Kontakt

- Könnte jetzt sein
- Vermutlich jetzt
- Vermutlich erfolgt
- Sicher erfolgt

verarbeitet werden? Sollen nur die Zeitpunkte «vermutlich jetzt», «vermutlich erfolgt» berücksichtigt werden? Oder dann alle Werte oder nur ein Teil davon?

Da darf man nicht einfach nach Gefühl etwas wählen! Zuerst müssen die Daten mal, jeder Wert für sich, berechnet werden, damit man sieht, was überhaupt beobachtet wurde.

Eine erste Auswertung für K1 – K4 ergibt folgendes Bild (S. Abb. 7).

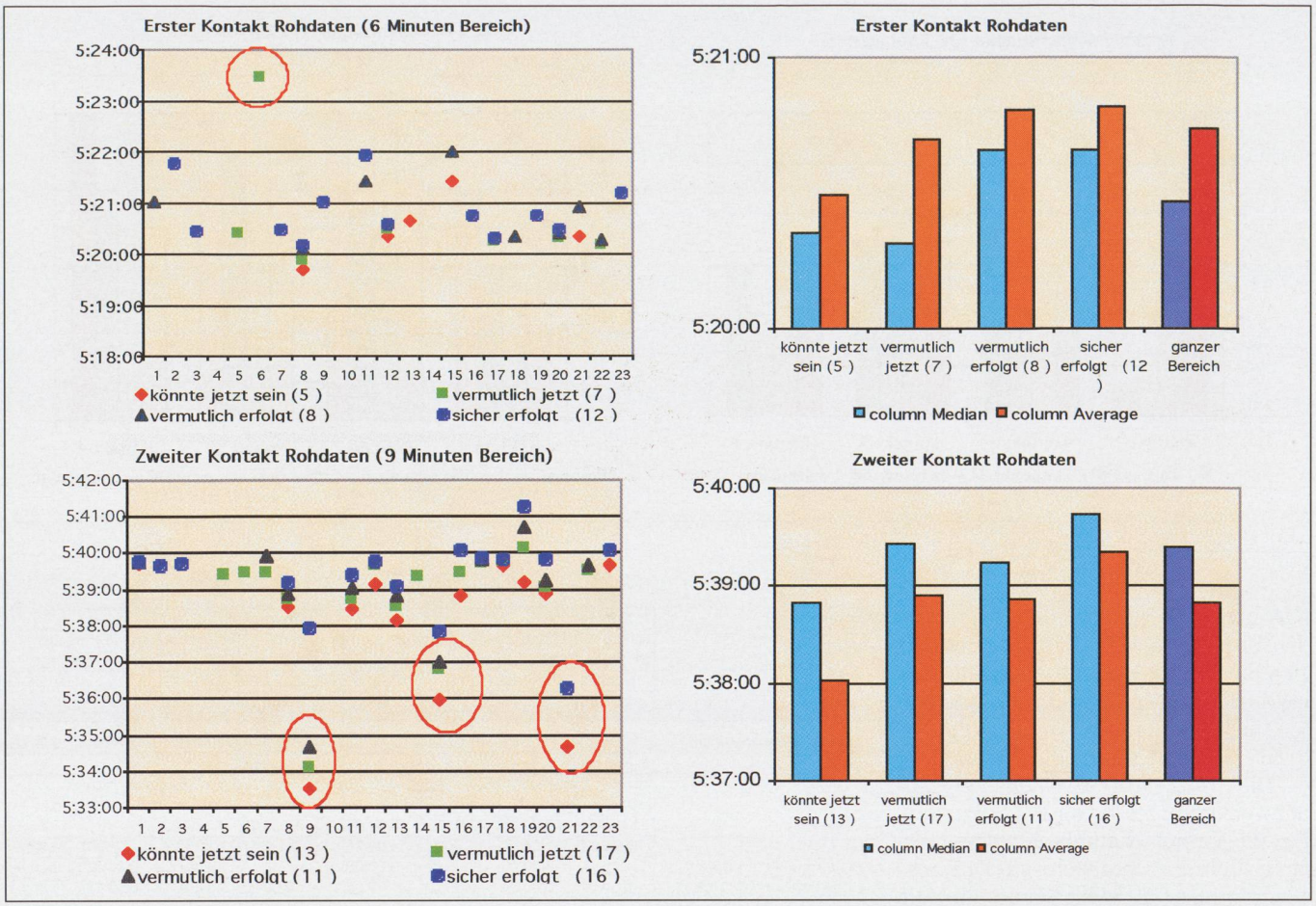
Abb. 5: Abhängigkeit des Beobachtungszeitpunktes in Abhängigkeit vom Beobachtungs-Ort.

Schritt 4: Datenreduktion

Offensichtlich gibt es in den Rohdaten, aus welchen Gründen auch immer, Daten, welche zu grosse Abweichungen gegenüber dem Medianwert aufweisen und deshalb in der Berechnung nicht berücksichtigt werden dürfen. Was macht man da? Darf man gefühlsmässig «falsche» Daten einfach weglassen? Nein!

Es müssen objektive, kalkulierbare Kriterien auf alle Daten und alle Zeitpunkte angewendet werden !!! Gefühle und Vermutungen haben in solchen Fällen nichts zu suchen.

Welche Bedingungen müssen solche objektiven Kriterien erfüllen? In erster Linie müssen die Kriterien, welche Messungen für die Auswertung nicht berücksichtigt werden, aus den Messbe-



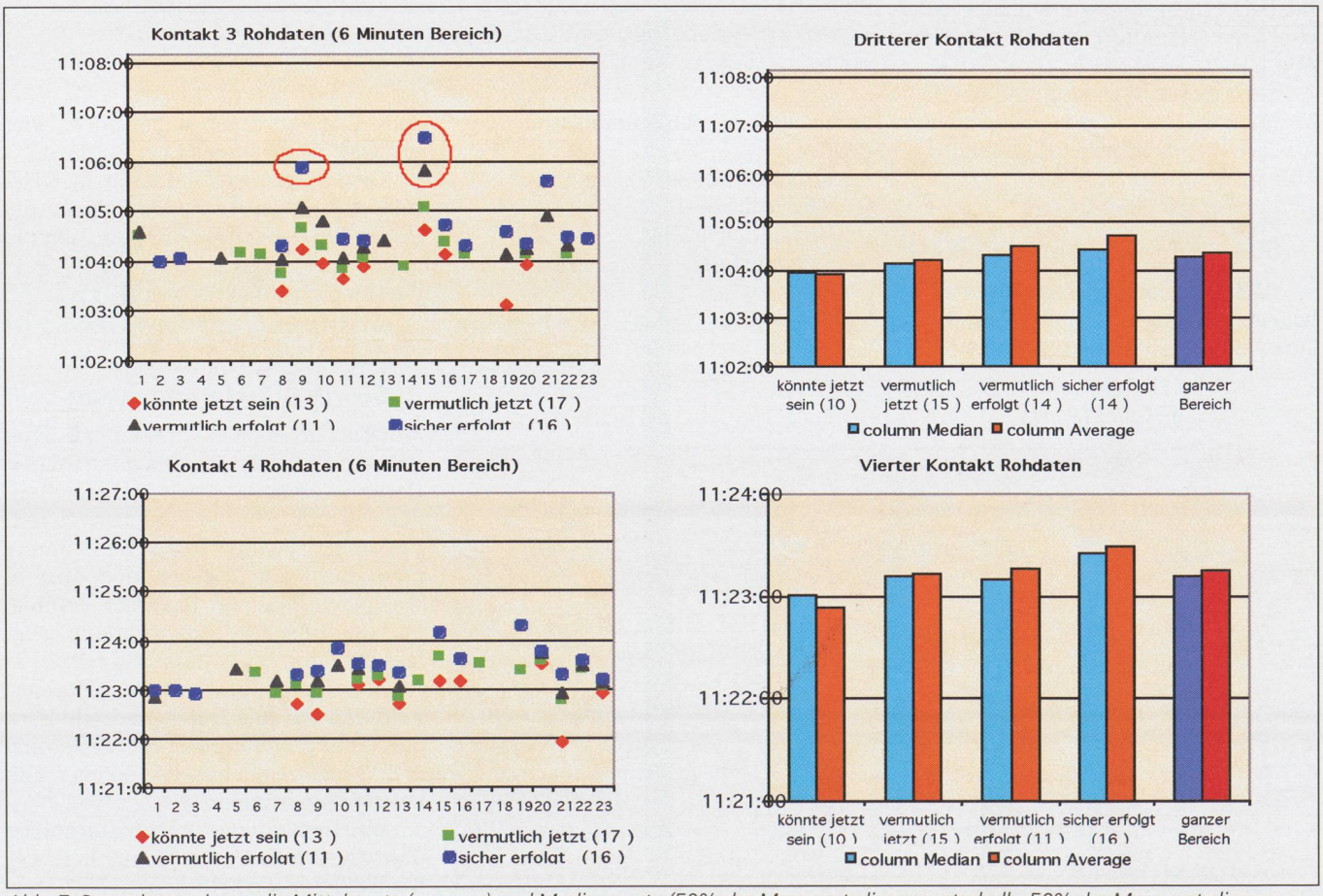


Abb. 7: Betrachten wir uns die Mittelwerte (average) und Medianwerte (50% der Messwerte liegen unterhalb, 50% der Messwerte liegen oberhalb dieses Wertes) so sehen wir, dass vor allem bei Kontakt 1 und Kontakt 2 grosses Differenzen vorhanden sind. Differenzen treten sowohl bei den Einzelwerten als auch in der Summe der Werte (Säule ganzer Bereich) auf.

dingungen selber abgeleitet werden. Die Bedingungen für objektive Kriterien in unserem Fall lauten:

- Sie müssen überprüfbar sein.
- Sie müssen messtechnisch begründet werden können.
- Sie müssen für alle Daten gelten.
- Sie dürfen, da wir das Resultat nicht kennen, nicht zu einschränkend sein.
- Sie müssen, wenn angewendet, die Qualität (Genauigkeit, Standardabweichung) der Resultate verbessern.

Schritt 4.1: Objektives Kriterium 1

Überlegen wir doch einmal, welche Auflösung wir eigentlich aufgrund der Luft-Unruhe (seeing) erwarten können und versuchen dann, daraus die minimal notwendige Öffnung der verwendeten Teleskope zu bestimmen (S. Abb. 8).

Die zu erwartende Trennschärfe in Bogensekunden berechnet sich für ein ideales Instrument zu: Auflösung [“] = 125 / Öffnung des Instrumentes [mm].

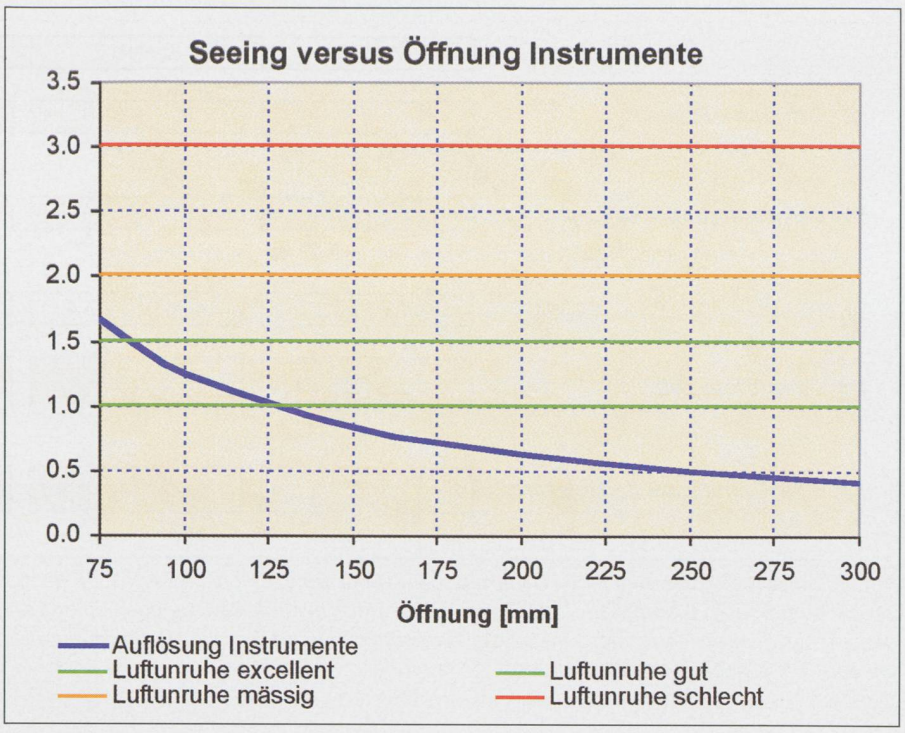


Abb. 8: Bestimmen der notwendigen minimalen Öffnung des Teleskops in Abhängigkeit vom Seeing.

Die Luftunruhe kann wie folgt definiert werden:

Excellent = 1 ":	Dieser Wert kann gleich wieder vergessen werden. Er ist in unseren Breitengraden schlichtweg nicht erreichbar.
Gut = 1,5 ":	Ist bei super Sicht, keine Turbulenzen, tiefe Luftfeuchtigkeit hie und da möglich
Mässig = 2 ":	Das dürften so ungefähr die praktischen Beobachtungs-bedingungen gewesen sein.
Schlecht = 3 ":	Da lohnt sich das Beobachten kaum mehr.

Aufgrund der vermuteten Luft-Unruhe von 1,5 – 2 Bogensekunden ergibt sich das objektive Kriterium 1.

◆ Objektives Kriterium 1:

Alle Beobachtungen, welche mit Instrumenten mit einer Öffnung kleiner als 75 mm gewonnen wurden, sind ungültig. Diese Daten werden in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Schritt 4.2: Objektives Kriterium 2

Wie ist es denn nun mit der gewählten Vergrösserung? Ist es egal, ob mit zehnfacher oder hundert-facher Vergrösserung beobachtet wird?

Da wir das Seeing mit zwei Bogensekunden angenommen haben, muss die Vergrösserung mindestens so gross sein, dass zwei (mit etwas Reserve drei) Bogensekunden grosse Strukturen vom Auge noch erkannt werden können.

Die Auflösung eines durchschnittlichen Auges bei grossem Kontrast beträgt ca. 120 Bogensekunden. Dies bedeutet dass die Vergrösserung mindestens 120 / 3 = 40–fach betragen muss.

◆ Objektives Kriterium 2:

Alle Beobachtungen welche mit Vergrösserungen kleiner als 40 -fach gewonnen wurden sind ungültig. Diese Daten werden in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Schritt 4.3: Objektives Kriterium 3

Könnte jetzt sein	Vermutlich jetzt	Vermutlich erfolgt	Sicher erfolgt

Wie sollen die, im Idealfall pro Kontaktzeitpunkt vier, gewonnen Zeiten gewichtet werden? Ich nehme an, dass die mittleren Zeiten («vermutlich jetzt», «vermutlich erfolgt») mit grösserer Wahrscheinlichkeit näher am effektiven Kontaktzeitpunkt liegen als die zwei übrigen Zeiten. Diese Zeiten werden deshalb höher gewichtet.

◆ Objektives Kriterium 3:

Die Beobachtungsdaten eines spezifischen Kontaktzeitpunktes (K1 – K4) sind nur gültig, wenn darin mindestens eine der Beobachtungszeiten «vermutlich jetzt», «vermutlich erfolgt» enthalten ist.

Schritt 4.4: Objektives Kriterium 4

Wie können nun noch Daten, welche allen objektiven Kriterien 1, 2, 3 genügen, aber trotzdem, aus welchen Gründen auch immer, offensichtlich falsch sind, herausgefiltert werden? Da muss noch etwas zusätzlich überlegt werden.

Welche Bewertungskriterien haben wir nun bereits angewendet?

- Aufgrund von Kriterium 1 (Mindestöffnung) und Kriterium 2 (Mindestvergrösserung) können wir erwarten, dass Strukturen grösser als zwei bis drei Bogensekunden mit grosser Wahrscheinlichkeit erkannt werden.
- Aufgrund von Kriterium drei (Mittlere Zeiten) können wir erwarten, dass wir bei guter Beobachtung Zeiten in der Nähe des wahren Kontaktzeitpunktes erhalten.

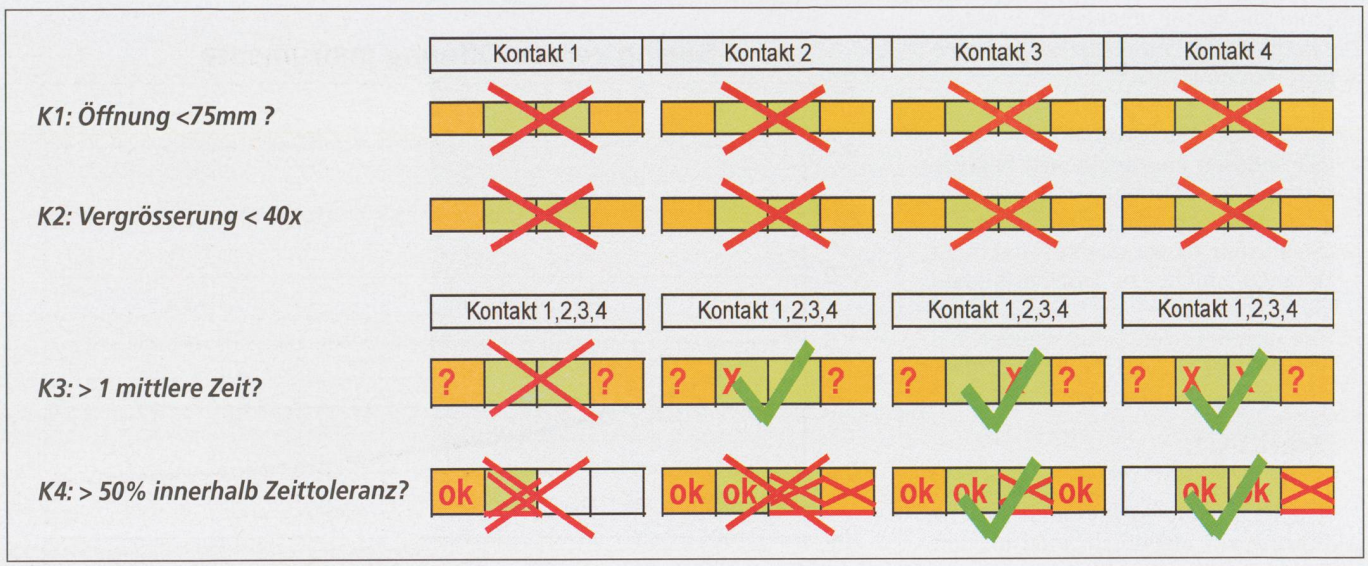


Abb. 9: Aussortieren der ungültigen Datensätze. Sind Bedingung K1 oder K2 erfüllt (ungenügende Instrumente) so werden alle Beobachtungsdaten (Kontakt 1 – 4) des Beobachters gestrichen. Die Bedingungen K3 und K4 werden pro Kontaktzeit bestimmt. Dies heisst, dass ein bestimmter Beobachter zum Beispiel für Kontakt 1, 2 und 3 gültige Daten liefert, die Daten von Kontakt 4 aber nicht berücksichtigt werden, weil K3 oder K4 nicht erfüllt ist.

Bleibt noch, Fehler in der Zeitmessung oder andere Unzulänglichkeiten zu eliminieren. Wir müssen also festlegen, wie grosse Abweichungen zum Medianwert (50% der Messwerte liegen unterhalb, 50% der Messwerte liegen oberhalb dieses Wertes), welcher als erster Startwert für die Kontaktzeit gelten darf, wir zulassen wollen.

Diese zulässige Abweichung können wir aus der zu erwartenden Beobachtungsgenauigkeit (Auflösung) und der Transitgeschwindigkeit der Venus berechnen. Die Bewegung der Venus beträgt rund eine Bogensekunde pro 15 Zeit-Sekunden. Unsere Auflösung beträgt mindestens zwei Bogensekunden. Daraus folgt: Resultate innerhalb von ± 30 Sekunden um den Medianwert sind mit hoher Wahrscheinlichkeit gültig.

Da nun aber unser Startwert kaum der wahren Kontaktzeit entspricht und da wir auch nur Daten, die mit an Sicherheit grenzender Wahrscheinlichkeit falsch sind, eliminieren wollen, müssen wir eine genügend grosse Sicherheitsmarge einbauen.

Wir haben nun vier objektive, aus den Beobachtungsbedingungen und der Charakteristik des beobachteten Ereignises abgeleitete Kriterien, um festzustellen, welche Daten zur Berechnung zugelassen werden.

Wir können nun die Bereinigung der Rohdaten vornehmen. Die Bereinigung erfolgt in folgenden Schritten (S. Abb. 9).

Wie sehen die bereinigten Daten nun aus? Schauen wir uns als Beispiel Kontakt 2 an (S. Abb. 10).

Endlich können wir nun zur Auswertung schreiten (S. Abb. 11 u. 12).

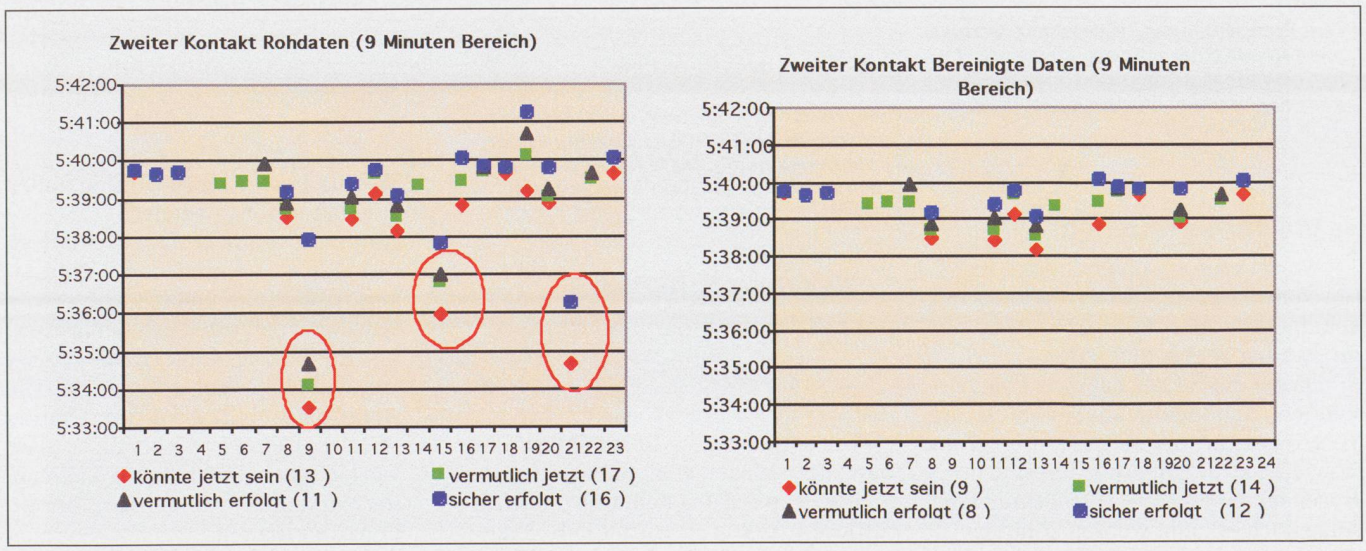
Nein! Halt! Zuerst müssen wir uns noch vergewissern, ob die Kriterien den

◆ Objektives Kriterium 4:

Mindestens 50% der beobachteten Zeiten pro Kontakt (K1 – K4) müssen innerhalb folgender Grenzen um den median Startwert liegen:

- ***Könnte jetzt sein:*** *+ – 6"=> + – 90 Sekunden*
- ***Vermutlich jetzt:*** *+ – 4" => + – 60 Sekunden*
- ***Vermutlich erfolgt:*** *+ – 4" => + – 60 Sekunden*
- ***Sicher erfolgt:*** *+ – 6" => + – 90 Sekunden*

Abb. 10: Nach der Bereinigung der Daten sind die Ausreisser (bei den Rohdaten rot eingekreist) verschwunden.



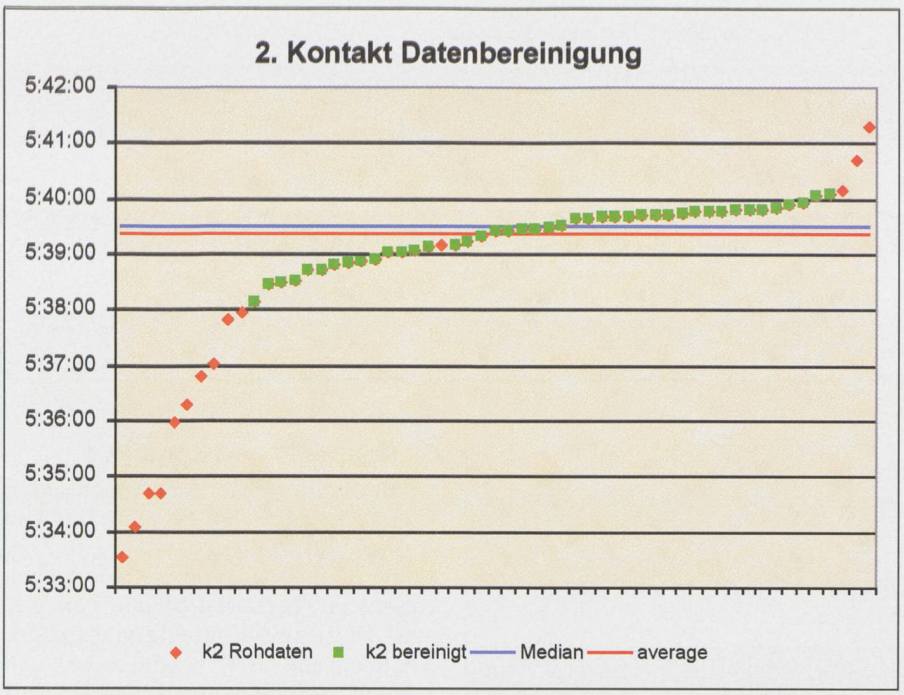


Abb. 11: Sortieren wir die Daten in aufsteigender Reihenfolge, so sehen wir, dass die übrig bleibenden Daten (grün) nun recht symmetrisch um den Median und Mittelwert (average) liegen. Die Ausreisser links unten und rechts oben sind verschwunden.

Kontakt	Messwert	Rohdaten	Bereinigte Daten
Erster Kontakt	Medianwert	5:20:28	5:20:26
	Mittelwert	5:20:44	5:20:35
	Standardabweichung	0:00:45	0:00:31
Zweiter Kontakt	Medianwert	5:39:24	5:39:28
	Mittelwert	5:38:49	5:39:22
	Standardabweichung	0:01:36	0:00:29
Dritter Kontakt	Medianwert	11:04:16	11:04:10
	Mittelwert	11:04:22	11:04:13
	Standardabweichung	0:00:35	0:00:24
Vierter Kontakt	Medianwert	11:23:12	11:23:12
	Mittelwert	11:23:15	11:23:15
	Standardabweichung	0:00:24	0:00:24

an sie gestellten Anforderungen bezüglich Objektivität genügen. Also los, überprüfen wir die Kriterien.

Unsere Bedingungen waren:
(*S. Tabelle a*)

Schritt 5: Auswertung

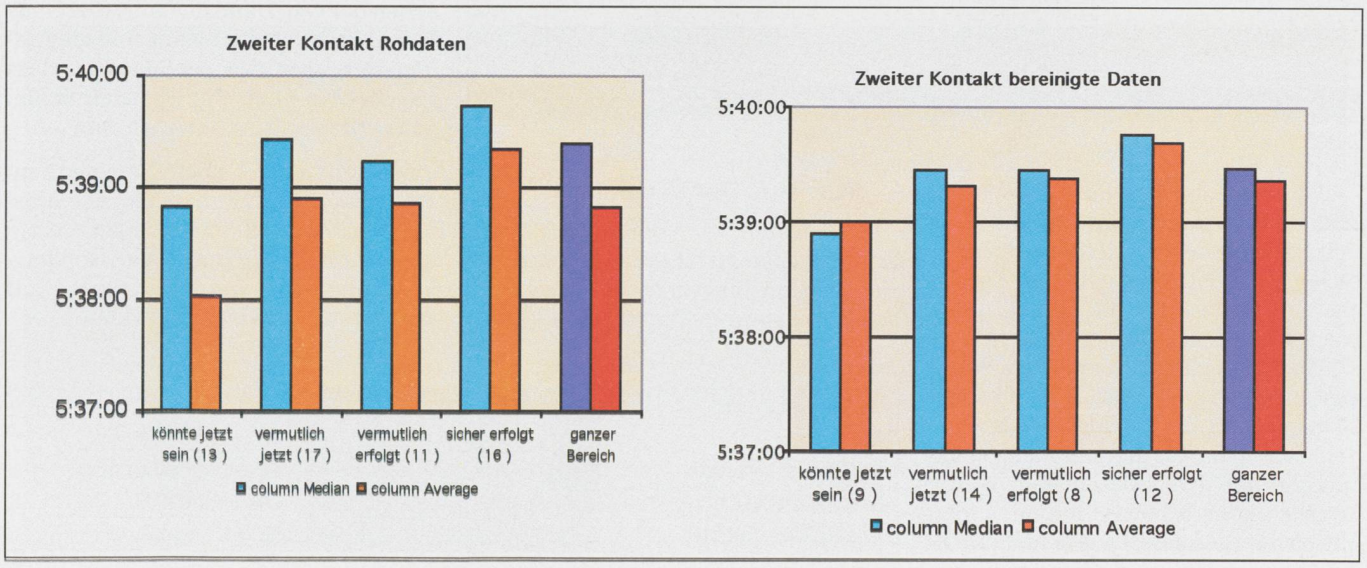
Nun wird's einfach. Die Berechnungen können für alle Kontaktzeiten fertiggestellt werden. Pro Kontaktzeitpunkt werden die folgenden Werte ermittelt:
(*S. Tabelle b*)

Wären alle Beobachtungen symmetrisch zum Resultat (Gauss Verteilung), so würden die zwei Werte «Mittelwert» und «Median» dasselbe Resultat ergeben. Sind die zwei Werte stark unterschiedlich, so müssen wir davon ausgehen, dass die Beobachtungszeitpunkte mehr oder weniger unsymmetrisch waren.

Die Standardabweichung zeigt uns an, innerhalb welcher Grenzen um den Mittelpunkt 68% der Beobachtungen liegen. Sofern unsere Beobachtungen einer Gauss-Normalverteilung entsprechen (was bei der geringen Zahl von Beobachtungen nicht sicher ist), können damit rechnen, dass der wahre Wert mit 68% Wahrscheinlichkeit innerhalb dieses Intervalls liegt.

Wir dürfen also, selbst wenn unser Resultat auf die Sekunde genau mit der Voraussage übereinstimmen würde,

Abb. 12: Auch die Mittelwerte und Medianwerte der einzelnen Beobachtungszeiten liegen nach der Bereinigung der Daten sehr viel näher beieinander.



Die Kriterien müssen überprüfbar sein:	*Ist, wenn die untenstehende Bedingungen überprüft werden können, erfüllt.*
Die Kriterien müssen messtechnisch begründet werden können:	*Ist erfüllt*
Die Kriterien müssen für alle Daten gelten:	*Ist erfüllt, die Bedingungen wurden auf alle Daten angewendet.*
Die Kriterien dürfen nicht zu einschränkend sein:	*Ist erfüllt. Es wurden weniger als 20% der Daten weggeworfen.*
Sie müssen, wenn angewendet, die Qualität (Genauigkeit, Standardabweichung) der Resultate verbessern:	*Ist erfüllt. Bei allen Kontaktzeitpunkten ist die Standardabweichung und der Unterschied zwischen Mittelwert und Medianwert viel kleiner geworden.*

Tabelle a

Mittelwert (average):	*Mittelwert = (Summe aller Beobachtungszeiten «könnte jetzt sein, vermutlich jetzt, vermutlich erfolgt, sicher erfolgt») / Anzahl der Beobachtungen.*
Standardabweichung:	*Zeigt uns an , innerhalb welcher Grenzen (+ –) um den Mittelwert 68% der Beobachtungen liegen.*
Medianwert:	*Medianwert = 50% der Messwerte («könnte jetzt sein, vermutlich jetzt, vermutlich erfolgt, sicher erfolgt») liegen oberhalb dieses Wertes, 50% der Messwerte liegen unterhalb dieses Wertes.*

Tabelle b

trotzdem nur annehmen, dass der wahre Wert mit 68% Wahrscheinlichkeit innerhalb der durch die Standardabweichung vorgegeben Grenzen liegt.

Nun denn: Wie sehen unsere Resultate aus? (S. Tabelle c)

Resultate Visuell	Kontakt 1 (29)	Kontakt 2 (43)	Kontakt 3 (45)	Kontakt 4 (52)
Median [UT]	5:20:26	5:39:28	11:04:10	11:23:12
Mittelwert (average) [UT]	5:20:35	5:39:22	11:04:13	11:23:15
Standardabweichung [s]	0:00:31	0:00:29	0:00:24	0:00:24
Anzahl Messpunkte	29	43	45	52

Tabelle c

Kontaktzeiten Zürich [UT]	Kontakt 1	Kontakt 2	Kontakt 3	Kontakt 4
Sternenhimmel	05:20:07	05:39:45	11:04:15	11:23:31
Calsky	05:20:06	05:39:44	11:04:14	11:23:31
NASA Espenak	05:20:02	05:39:50	11:04:10	11:23:36
USNO	05:20:04	05:39:42	11:04:12	11:23:29
Mittelwert (ohne orange)	05:20:05	05:39:44	11:04:14	11:23:30

Tabelle d

Was bedeutet das nun? Wie genau sind wir? Vergleichen wir doch unsere Resultate mit den theoretisch vorausberechneten Kontaktzeitpunkten. Zur Sicherheit nehmen wir die Kontaktzeiten von verschiedenen Quellen (S. Tabelle d).

Hier sind die theoretischen Werte aus verschiedenen Quellen. Zur grossen Überraschung gibt's leider Unterschiede!!! Was soll man da tun? Nach Rücksprache mit dem Spezialisten ARNOLD BARMETTLER entschliesse ich mich, den Mittelwert (gerundet) aus dem Sternenhimmel, Calsky und USNO als Vergleichsbasis zu verwenden.

So, jetzt ist es aber endgültig an der Zeit, unsere beobachteten Zeiten mit den theoretischen Werten zu vergleichen. Ob wir wohl weit daneben liegen?

Schritt 6: Der Vergleich

Betrachten wir vorerst einmal die Kontaktzeiten im Allgemeinen und versuchen dann, für eventuelle Abweichungen Erklärungen zu finden. (Abb.13).

Tabelle e

Resultate Visuell	Kontakt 1	Kontakt 4
Medianwert	16 Sekunden zu spät	18 Sekunden zu früh
Mittelwert (average)	29 Sekunden zu spät	16 Sekunden zu früh
Standardabweichung	31 Sekunden	24 Sekunden
Anzahl Messpunkte	29 Beobachtungen	52 Beobachtungen

Kontakt 1 und Kontakt 4

Betrachten wir zuerst Kontakt 1 (Venus berührt den Sonnenrand von Aussen und reist nach Innen) und Kontakt 4 (Venus reist von der Sonne nach Aussen und berührt die Sonne von Aussen). Diese zwei Kontakte sind von der Beobachtung her vergleichbar und können deshalb gemeinsam diskutiert werden (S. Tabelle e).

Was bedeutet das nun? Was sind die Ursachen für die Differenzen? Betrachten wir die Abweichung in Bogensekunden, so beträgt sie bei Kontakt 1 ca. 1,6 Bogensekunden, bei Kontakt 4 ca.1,1 Bogensekunden. Dies liegt unterhalb der durch das Seeing begrenzten Auflösung. Wir haben also ein gutes Resultat erhalten!

Die Beobachtungsgenauigkeit bei Kontakt 4 ist etwas besser als bei Kontakt 1. Die Abweichung beim Mittelwert und beim Medianwert ist geringer. Auch die Standardabweichung ist kleiner als bei Kontakt 1. Sie beträgt ungefähr 77% des Wertes von Kontakt 1. Woran könnte das liegen?

Liegt es daran, dass bei Kontakt 4 die Sonne mit 66 Grad 50 Grad höher stand als bei Kontakt 1 und sich deshalb rund 2,5 mal weniger Luft zwischen der Optik und der Sonne befand? Waren dadurch das Seeing und die Auflösung besser? Dagegen spricht, dass gleichzeitig auch die Thermik schon ganz erheblich zu bemerken war.

Es könnte sich auch um einen rein statistischen Effekt handeln. Die grössere Anzahl der Beobachtungen (52 anstelle von 29) könnte eine Genauigkeitssteigerung von 33% bezogen auf die Standardabweichung erklären.

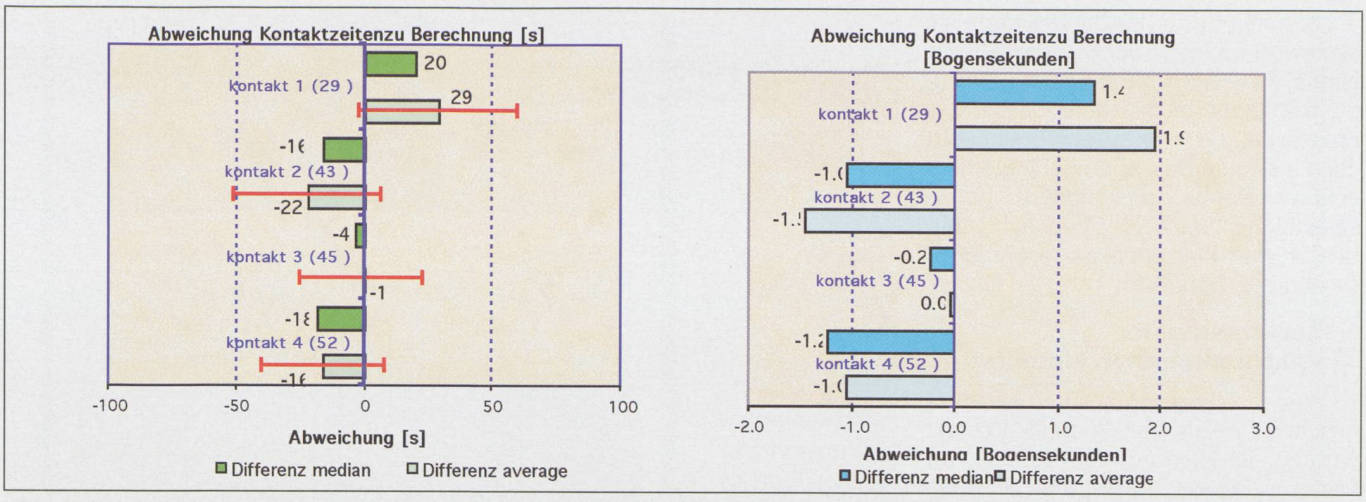


Abb. 13: Abweichung der Kontaktzeiten vom theoretischen Wert in Sekunden und Bogensekunden. Es werden jeweils die Differenzen der Mittelwerte (average) mit den zugehörigen Standardabweichungen (rote Balken) sowie die Medianwerte dargestellt.

Also Vorsicht mit Erklärungen! Den wahren Grund der Verbesserung kennen wir nicht. Freuen wir uns trotzdem über das schöne Resultat.

Kontakt 2 und Kontakt 3

Auch Kontakt 2 und 3 können gleichzeitig betrachtet werden. Kontakt 2 (Venus berührt den Sonnenrand von Innen und reist nach Innen). Kontakt 3 (Venus reist von der Sonne nach Aussen und berührt die Sonne von Innen) (S. Tabelle f).

Resultate Visuell	Kontakt 2	Kontakt 3
Medianwert	16 Sekunden zu früh	4 Sekunden zu früh
Mittelwert (average)	22 Sekunden zu früh	1 Sekunden zu früh
Standardabweichung	29 Sekunden	24 Sekunden
Anzahl Messpunkte	43 Beobachtungen	45 Beobachtungen

Tabelle f

Bei Kontakt zwei sind wir mit unseren Beobachtungen eindeutig zu früh. Das ist sonderbar, wäre doch eher zu erwarten, dass wegen des «Schwarzen Tropfens» die Ablösung der Venus vom Sonnenrand zu spät gesehen würde. Hat uns da die Erwartung des Phänomens «Schwarzer Tropfen», der dann in der Realität nur von 25% der Beobachter gesehen wurde, einen Streich gespielt? Oder ist es eben nur ein statistischer Effekt, der zu diesen zu frühen Zeiten führt. Betrachten wir zusätzlich die Standardabweichung, so sehen wir, dass der theoretisch berechnete Kontaktzeitpunkt innerhalb unserer Schwankungsbreite (68% Wert) von 29 Sekunden liegt. Also: Das Ziel ist innerhalb der zu erwartenden Genauigkeit getroffen. Übrigens: wir liegen nur 1 – 1,5 Bogensekunden zu früh. Das ist immer noch genauer als durch das Seeing zu erwarten wäre.

Kontakt 3 wurde mit 1 – 4 Sekunden zu früher Beobachtung voll getroffen. Also: Hurraaaaaaaaa!!

Trotzdem müssen wir zur Kenntnis nehmen, dass die Standardabweichung mit 24 Sekunden anzeigt, dass unser Wert nur mit 68% Wahrscheinlichkeit innerhalb der Fehlergrenzen von ± 24 Sekunden liegt.

Wodurch könnten die Unterschiede in den Genauigkeiten von Kontakt 2 und 3 liegen? Die Beobachtungsverhältnisse waren fast identisch wie bei Kontakt 1 und Kontakt 4. Also wäre auch hier identische Erklärungen möglich. Aber: Lassen wir doch weitere Erklärungsversuche und freuen uns an den guten Resultaten.

Die Transitdauer

Die Transitdauer ist das, was die Astronomen vor bald 200 Jahren messen konnten. Sie konnten nicht wie wir, die Beobachtungen mit hochpräzis berechneten Voraussagen überprüfen. Sie mussten Ihre Berechnungen auf den Beobachtungsresultaten aufbauen und konnten demzufolge nur innerhalb der Fehlergrenzen Aussagen machen (S. Tabelle g).

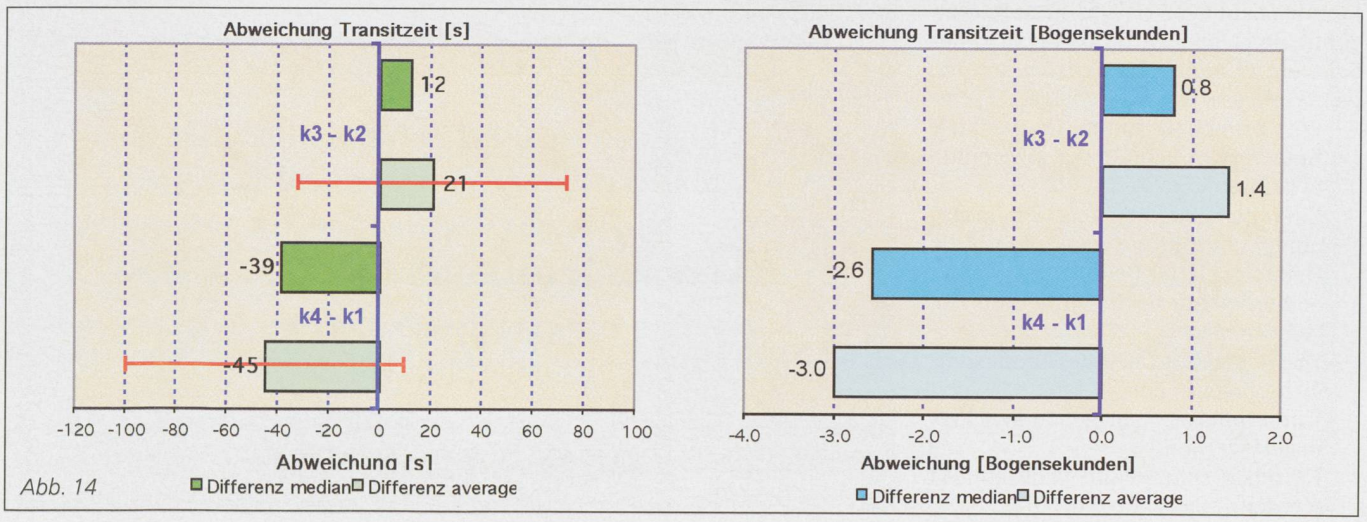


Abb. 14

Betrachten wir uns die Resultate als Mittewert inklusive der Standardabweichung, so liegen wir mit unseren Resultaten recht nah an den theoretischen Voraussagen. Da wir mit unterschiedlichen Instrumenten, mit unterschiedlich geübten Beobachtern und an unterschiedlichen Standorten beobachtet haben, ist das doch ein ganz beachtliches Resultat (S. Abb. 14).

Berechnung der «Astronomischen Einheit»?

Nun zur Berechnung der Astronomischen Einheit. Für die Südhalbkugel wurden die theoretischen Zeiten von Pretoria eingesetzt. Geografische Länge 28:12:00 E, Geografische Breite 25:45:00 S, Kontakt Zwei 5:36:16, Kontakt Drei 11:10:03. Alle Berechnungen wurden mit dem im Projekt Venustransit von FREDY MESSMER erarbeiteten Excel sheet durchgeführt (S. Tabelle h).

Nun, da wir leider auf der Südhalbkugel der Erde keine Beobachter finden konnten, lässt sich diese Berechnung mit eigenen Beobachtungen nicht durchführen. Wir wissen somit nicht, ob sich die unvermeidlichen Messfehler auf der Südhalbkugel mit unseren Mess-Ungenauigkeiten addiert oder subtrahiert hätten. Der Gesamtfehler hätte also kleiner, aber auch wesentlich grösser ausfallen können.

Aber: Die Berechnung der Astronomischen Einheit basierend auf unseren Beobachtungen liegt im Medianwert nur 2% daneben. Nehmen wir die Fehlergrenzen hinzu, so liegen wir mit 68% Wahrscheinlichkeit im richtigen Bereich!

Ein aus meiner Sicht Super-Resultat, welches nur dank der Mithilfe aller am Projekt Beteiligten aber auch nur dank der vielen Beobachter möglich wurde.

Was könnte besser gemacht werden?

An und für sich ist es müssig darüber zu sinnieren, was verbessert werden könnte. Leider ist es uns ja nicht vergönnt, den nächsten Venustransit in der Schweiz zu beobachten. Trotzdem ein paar Verbesserungsvorschläge.

- Wir brauchen mehr Beobachter. Eine Vervierfachung der Messpunkte halbiert den Fehler.
- Es sollte mit mindestens 120mm Öffnung beobachtet werden, damit die Genauigkeit der Beobachtungen mit Sicherheit nur noch von der Luft-Unruhe abhängt.
- Die Vergrösserung muss mindestens 40 betragen.
- Uhren müssen sehr genau synchronisiert werden.
- Es muss sehr genau protokolliert werden.

	Kontaktzeit 4 – 1	Kontaktzeit 3 – 2
Transitdauer theoretisch berechnet	6:03:25	5:24:30
Transitdauer visuell beobachtet Median	6:02:46	5:24:42
Transitdauer Visuell beobachtet Mittelwert	6:02:40	5:24:51
Differenz Median [s] / [%]	- 39s / 0,2%	+ 12s / 0,06%
Differenz Mittelwert [s] / [%]	- 45s / 0,22%	+ 21s / 0,11%

Tabelle g

Resultate Visuell	Kontakt 2 (43)	Kontakt 3 (45)	Berechnung Astronomische Einheit [km]	Fehler
Median [UT]	5:39:28	11:04:10	152'938'162	2.16 %
Mittelwert (average) [UT]	5:39:22	11:04:13	155'514'628	3.88 %
Fehlergrenze Minus	5:39:51	11:03:49	141'465'768	–14'048'860
Fehlergrenze Plus	5:38:53	11:04:37	167'644'079	+12'129'451
Tatsächlicher Wert	-	-	149'697'870	-

Tabelle h

- Die Sonne sollte während des Transits möglichst hoch am Himmel stehen (und sich nicht bewegen).

Hat sich der riesige Aufwand des Projektes Venustransit gelohnt?

Da stellt sich zuerst schon mal die Frage, was das eigentlich bedeutet: «Es hat sich gelohnt». Hat es sich dann gelohnt, wenn wir die theoretisch vorhausberechneten Kontaktzeitpunkte genau getroffen hätten? Das war nie zu erwarten und wäre, wegen der Fehlertoleranzen und der Standardabweichung eh ein Scheinsieg gewesen.

Oder hätte es sich nur gelohnt, wenn wir auch Beobachter auf der Südhalbkugel gefunden hätten. Sicher, wir hätten etwas mehr rechnen können. Aber genauer wäre die Sache kaum geworden.

Ich denke, solche Projekte lohnen sich, unabhängig vom Resultat, immer!! Wir alle haben während vier Jahren intensiv zusammen gearbeitet. Wir haben viel diskutiert, Probleme gewälzt und schliesslich immer Lösungen gefunden. Es entstanden viele interessante Aufsätze, die nicht nur uns selber Freude bereitet haben. Und nicht zuletzt: Wir alle haben neue Bekanntschaften gefunden und neue Interessen kennengelernt. Und das Wichtigste: Wir alle haben neue Freunde fürs Leben gefunden.

JA! ES HAT SICH GELOHNT!!!

HUGO JOST-HEDIGER
Jurasternwarte Grenchen
Email: hugojost@bluewin.ch - Homepage: www.jurasternwarte.ch

8. April 2005
Totale Sonnenfinsternis
Luxuskreuzfahrt Tahiti Südpazifik
Mit Klipsi und Astronomical Tours
www.astronomicaltours.net
http://eclipse.span.ch
Klipsi@bluewin.ch
079 449 46 30