

Bericht über die 3mm-Beobachtungen vom Oktober 2001

A. Kraus — 21. Januar 2002

1 Einleitung

Im folgenden werden einige Resultate (Teleskop und Empfänger betreffend) aus den 3mm-Beobachtungen vom Oktober 2001 dargestellt. In die Auswertung gingen vor allem die Daten, die während der CMVA-Session gewonnen wurden, ein. Die Beobachtungsfrequenz war hierbei $\nu = 86.25$ GHz.

Bereits beim ersten Einsatz im April 2001 zeigte sich, dass der neue 3mm-Empfänger eine große Verbesserung gegenüber dem alten System darstellt. Dies wurde während der hier beschriebenen Messungen erneut deutlich. Ebenso wurde aber auch klar, dass das Teleskop bei dieser kurzen Wellenlänge im Grenzbereich betrieben wird. Hierbei treten Effekte auf (z.B. bei Pointing und Fokus), die bei längeren Wellenlängen meist zu vernachlässigen sind.

Die technischen Daten des Empfängers wurden von der HF-Gruppe (Herr Keller) wie folgt angegeben:

Kanal	Pol.	T_{Rec} [K]	T_{cal} [K]	Bandbreite	Horn
A	LHC	85	16	2 GHz	„Messhorn“
B	RHC	108	23	2 GHz	„Messhorn“
C	LHC	165	14	2 GHz	„Wetterhorn“
„Super-BB“	LHC	250	15	~25 GHz	„Messhorn“

Der „Super-Breitband Kanal“ war für Pulsarmessungen vorgesehen, wurde aber aufgrund seines recht hohen Rauschens nicht verwandt. Der Einbau neuer Filter ist vorgesehen und läßt deutliche Verbesserungen erwarten.

2 Systemtemperatur

Als erster Schritt der Analyse wurde aus den Basislinien der Scans die Systemtemperatur ermittelt und daraus die Empfängertemperatur und die Opazität hergeleitet. Dazu wurde die Beziehung

$$T_{\text{sys}} \simeq T_0 + \tau \cdot T_{\text{Atm}} \cdot A \quad (1)$$

benutzt. Hierbei ist T_{sys} die gemessene Systemtemperatur, τ die Opazität der Atmosphäre, T_{Atm} deren Temperatur und A die „Airmass“ ($=1/\sin \text{Elv}$). T_0 ist die Extrapolation der Sy-

stemtemperatur für eine Airmass von 0, dieser Wert setzt sich zusammen aus der Empfänger-temperatur T_{Rec} sowie Rauschanteilen durch die Antenne, „spill-over“, usw.

Zunächst wurde mittels linearer Regression von T_{sys} gegen A (für $A < 3$) T_0 und ein unteres Limit für die Opazität (τ_{min} , der Wert bei besten Wetterbedingungen) ermittelt. Hierbei wurde eine untere „Einhüllende“ an die Daten angepaßt. Anschließend wurde für jede Messung aus T_{sys} , T_0 , T_{Atm} und A die Opazität für jeden einzelnen Scan bestimmt. (Diese Opazität wurde später auch zur Korrektur der gemessenen Antennentemperatur benutzt.) Als Atmosphärentemperatur wurde die jeweilige Lufttemperatur am Boden benutzt¹ (bzw. für die Regression der Mittelwert).

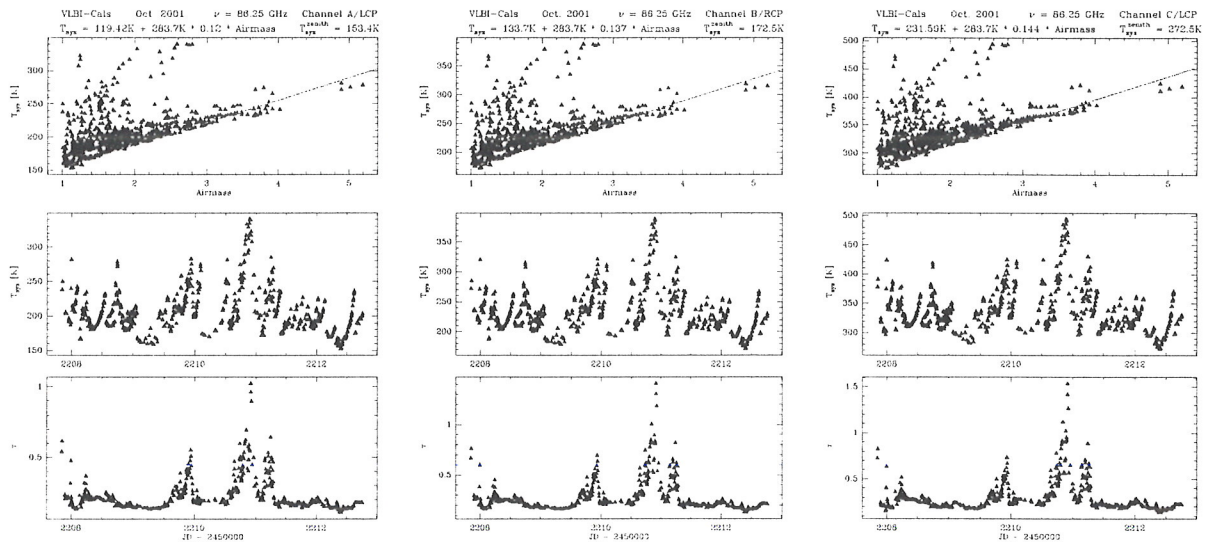


Abbildung 1: Bestimmung von System- und Empfängertemperatur (vgl. Text). Dargestellt sind für die Kanäle A, B, C (von links nach rechts) die Systemtemperatur gegen Airmass (= $1/\sin \text{Elv}$, oben), die Systemtemperatur gegen Zeit (modifiziertes Julianisches Datum, mitte), sowie die Opazität gegen Zeit (unten). Die durchgezogene Linie (oben) stellt die lineare Regression gemäß Gleichung (1) zur Bestimmung von T_0 sowie τ_{min} dar.

Die Daten sind in Abb. 2 dargestellt; der Kurvenverlauf ist in den einzelnen Kanälen nahezu identisch, die Absolutwerte sind allerdings unterschiedlich. Im einzelnen ergab sich für die drei Kanäle:

Kanal	T_0 [K]	$T_{\text{sys}}^{\text{Zenit}}$ [K]	Opazität
A	119	153	0.120
B	134	173	0.137
C	232	273	0.144

Die Unsicherheiten bei den Temperaturen lagen jeweils bei 2–3 K, die Opazität hatte einen Fehler von 0.003–0.004. Hier fallen die Unterschiede zwischen den einzelnen Kanälen natürlich sofort auf. Unterschiedliche Systemtemperaturen können dabei durch den Empfänger verursacht

¹ Üblicherweise wird eine etwas geringere Temperatur angenommen; in diesem Falle vergrößert sich die Opazität entsprechend.

werden, die etwas niedrigere Opazität im Kanal A (verglichen mit B und C) ist nicht ohne weiteres verständlich.

3 Halbwertsbreiten

Für die weitere Auswertung wurden nur die Kontinuums-Messungen (also nicht die „Linienpointings“) mit $\tau \leq 0.2$ ausgewählt. In einem ersten Schritt wurden wie üblich mit der *TOOLBOX* Gaußkurven an die Subscans angepaßt. Anschließend wurden „schlechte“ Subscans nach folgenden Kriterien aussortiert:

- Subscans mit negativer Amplitude.
- Subscans, deren Amplitude um mehr als 50 % vom Mittelwert der Amplituden innerhalb eines Scans abweicht.
- Subscans, deren Pointingfehler größer als 10" war (dies entspricht etwa der Halbwertsbreite des Teleskop-Beams bei 3mm).
- Subscans, deren Halbwertsbreite kleiner als 7" oder größer als 20" war.

Zur Bestimmung der Halbwertsbreite der Teleskopbeams wurden nur die Quellen 3C273, 3C279, 3C345, 3C454.3 und 0420–014 betrachtet. Als zusätzliche Einschränkung wurden alle Subscans mit Halbwertsbreiten größer als 16" aussortiert.

Die Halbwertsbreiten der verbleibenden Scans wurden nun getrennt für Azimut und Elevation betrachtet. Als Mittelwerte ergaben sich:

$$\langle \theta_{Azi} \rangle = 10''.4 \pm 1''.7 \quad (2)$$

$$\langle \theta_{Elv} \rangle = 11''.1 \pm 1''.8 \quad , \quad (3)$$

woraus sich als geometrisches Mittel

$$\langle \theta \rangle = 10''.7 \quad (4)$$

ergibt. Eine signifikante Variation der Halbwertsbreiten in Abhängigkeit der Elevation ist nicht zu erkennen (bei allerdings recht großer Streuung in den Daten).

Mit dem geometrischen Mittel der Halbwertsbreiten folgt für den effektiven ausgeleuchteten Durchmesser

$$D_e = 1.2 \cdot \frac{\lambda}{\langle \theta \rangle} \simeq 80.5 \text{ m} \quad . \quad (5)$$

Zum Vergleich: H. Mattes errechnet für das benutzte Horn eine theoretische Halbwertsbreite von 9''.21 sowie eine effektive Ausleuchtung von 95.26 m.

Leider konnten keine Mondmessungen, die eine Untersuchung des „Error patterns“ erlaubt hätten, durchgeführt werden.

4 Gainkurve, Sensitivity

Zur Bestimmung der Gainkurve und der Sensitivity wurden für jeden Scan die Subscans in Azimut und Elevation (getrennt) gemittelt (mit *vel.select* und *average*). An die gemittelten Scans wurde eine Gaußkurve angepaßt, anschließend wurde für die Pointing-Fehler korrigiert und die korrigierten Amplituden der beiden Fahrrichtungen gemittelt. Etwaige schlechte Scans (z.B. solche, bei denen sich nach der Mittelung eine negative Amplitude ergab, oder Scans, für die nur Daten in einer Fahrrichtung vorlagen) wurden vorher eliminiert².

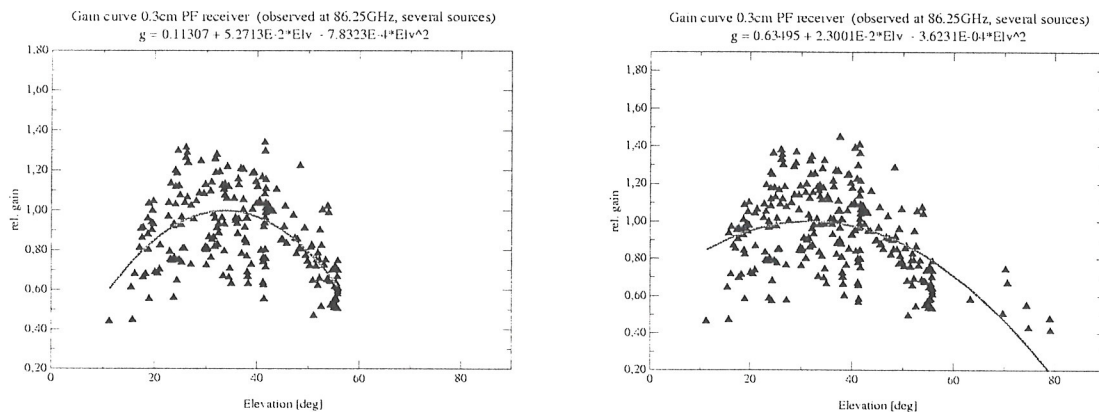


Abbildung 2: Gainkurven bei 3 mm (siehe Text).

Mittels der Quellen 3C273, 3C279 und 3C454.3 wurde eine „Gainkurve“ bestimmt. Eine zweite Kurve wurde zusätzlich mit Daten von 3C345 ermittelt. Diese enthält – im Gegensatz zur ersten Kurve – einige Meßpunkte bei hohen Elevationen und erhält dadurch einen deutlich flacheren Verlauf. An die Daten wurde jeweils eine auf 1 normierte Parabel angepaßt:

$$G_1(E) = 0.11307 + 5.2713 \cdot 10^{-2} \cdot E - 7.8323 \cdot 10^{-3} \cdot E^2$$

$$G_2(E) = 0.63495 + 2.3001 \cdot 10^{-2} \cdot E - 3.6231 \cdot 10^{-3} \cdot E^2$$

Zum Vergleich sind in Abb. 4 Gainkurven, die während früherer Beobachtungen ermittelt wurden zusammen mit denen aus dieser Beobachtung dargestellt. Auch hier sind die deutlichen Unterschiede abhängig davon, ob Quellen bei hohen Elevation zur Bestimmung mit genutzt wurden oder nicht. Während der Beobachtungen wurde versucht, die axiale Fokussierung (SFC₂) möglichst zu optimieren (vgl. Abb. 5). Dies geschah vor allem auf hellen Quellen (wie 3C345). Somit ist ein Teil der Messungen wahrscheinlich mit einer besseren Fokussierung (und damit einer höheren Empfindlichkeit) durchgeführt worden.

Also sind vermutlich „Fokus-Effekte“ bei hohen Elevationen (durch die nur ungenau bekannte Fokus-Verstellkurve bei hohen Frequenzen) ein wesentlicher Ursprung der beobachteten Unter-

²Es verblieb dennoch eine recht starke Streuung in den Daten. Diese dürfte vor allem auf den Einfluß des Wetters zurückzuführen sein.

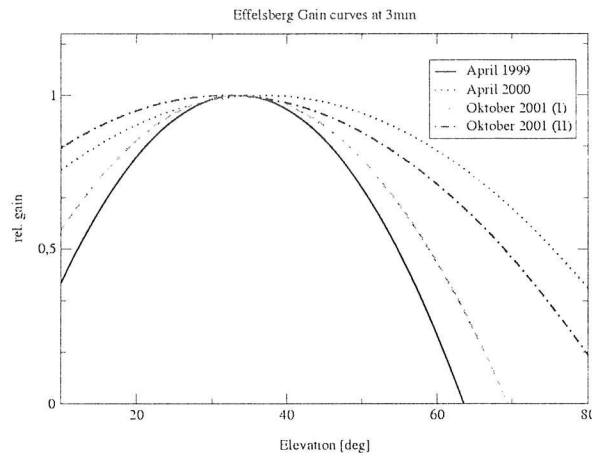


Abbildung 3: Vergleich mit Gainkurven aus früheren Beobachtungen.

schiede bei den Gainkurven³. Hinzu kommt, dass weiterhin eine „Lose“ in der Fokusverstellung existiert, die zu Fokus- und Pointingsprüngen führen kann⁴.

Zur Bestimmung der Antennenempfindlichkeit Γ sowie der Apertur-effizienz η_A (bezogen auf 80 m Ausleuchtung!) wurden die gemessenen Antennentemperaturen der Quellen 3C273, 3C279, 3C345, 3C454.3 und 1334–12 mit den Flussdichten, die am Pico Veleta bestimmt wurden, genutzt. Dies wurde getrennt für die Kanäle A und B durchgeführt, sowie unter Nutzung des „Beam switches“ für die Differenzen der Kanäle A–C und B–C:

Kanal	Γ [K/Jy]	Fehler	η_A [%]
A	0.113	0.018	6.2
B	0.136	0.024	7.5
A–C	0.112	0.020	6.2
B–C	0.134	0.025	7.4

Im Rahmen der Unsicherheiten sind die Ergebnisse konsistent, dennoch fällt auf, dass Γ in Kanal A (bzw. A–C) deutlich kleiner als in Kanal B (bzw. B–C) ist. In der Vergangenheit war die Empfindlichkeit $\Gamma \simeq 0.14$ K/Jy. Dies, sowie die Tatsache, dass auch die Opazität im Kanal A kleiner als in B (und C) war, legt den Schluß nahe, dass die Kalibrationstemperatur für Kanal A ein wenig zu klein angenommen wurde. Mit $T_{\text{cal}} = 19$ K ergeben sich folgende Werte:

³Diese Vermischung zweier Effekte („normale“ Abnahme der Empfindlichkeit bei großen und kleinen Elevationen sowie Fokuseffekte) liessen sich durch die Anpassung eines Polynoms höheren Grades sicherlich besser darstellen. Aus Sicht des Beobachters mag das wünschenswert erscheinen. Vorrangig sollte jedoch versucht werden, verbesserte Fokus-Verstellkurven zu ermitteln.

⁴Verbesserungen sind durch eine direkte Weglängenmessung beim Nebenachsenantrieb zu erwarten.

Kanal A mit $T_{\text{cal}} = 19 \text{ K}$		
$T_0 = 142 \text{ K}$	$T_{\text{sys}}^{\text{Zenit}} = 182 \text{ K}$	$\tau = 0.142$
$\Gamma = 0.133 \text{ K/Jy}$	$\Delta\Gamma = 0.023 \text{ K/Jy}$	$\eta_A = 7.3 \%$

Diese passen deutlich besser zu den Ergebnissen in den Kanälen B und C.

5 Pointing, Fokus

Das Pointing während der Beobachtung war nicht zufriedenstellend. Sowohl COL* als auch NULE zeigten deutliche Abhängigkeiten von der Elevation (Abb. 5).

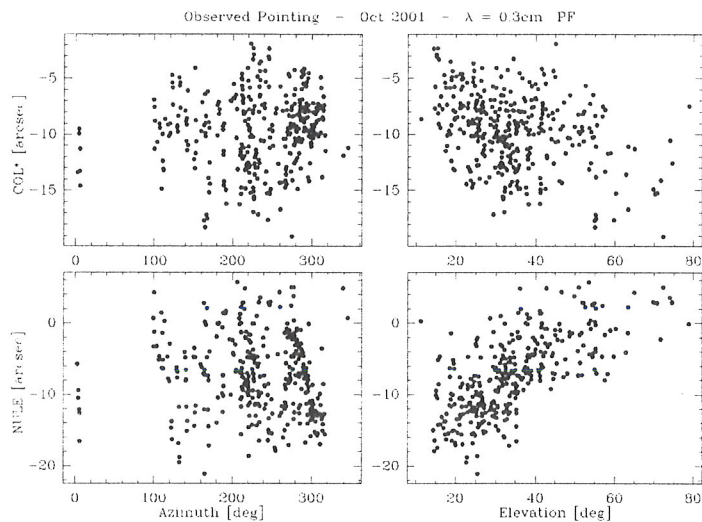


Abbildung 4: *Pointing* während der 3mm-Beobachtungen.

Eine Neubestimmung des Pointing-Modells mit dem Holographie-Empfänger vor den 3mm-Messungen war leider nicht erfolgreich (Durchbiegung der Lanze?). Andererseits waren die hier beobachteten starken Variationen von COL* und NULE bei vorangegangenen regulären Messungen im Primärfokus (u.a. bei 1.3cm) nicht bemerkt worden.

Es ist im Moment unklar, in wie weit die Elevationsabhängigkeit des Fokus (SFC₂) Einfluß auf das Pointing hat. Die Variation des SFC₂ mit der Elevation wurde während der VLBI-Messungen von T.P. Krichbaum et al. bestimmt und ist in Abb. 5 dargestellt. Vermutlich zeigt auch die radiale Verschiebung (SFC₁) einen ähnlichen Effekt. Zur Erinnerung: Die Fokuskurven des Teleskops wurden vor ca. 30 Jahren bei viel längeren Wellenlängen ermittelt. Eine Neubestimmung (mit deutlich mehr Messpunkten) erscheint unbedingt notwendig.

Darüber hinaus sollte der Beam Deviation Factor (BDF) des 3mm-Empfängers vor der nächsten Messung ermittelt werden. Derzeit wird ein Wert von 0.8300 benutzt – der „Standardwert“ bei hohen Frequenzen im Primärfokus (zum Vergleich: H. Mattes leitet $\text{BDF} = 0.813$ theoretisch

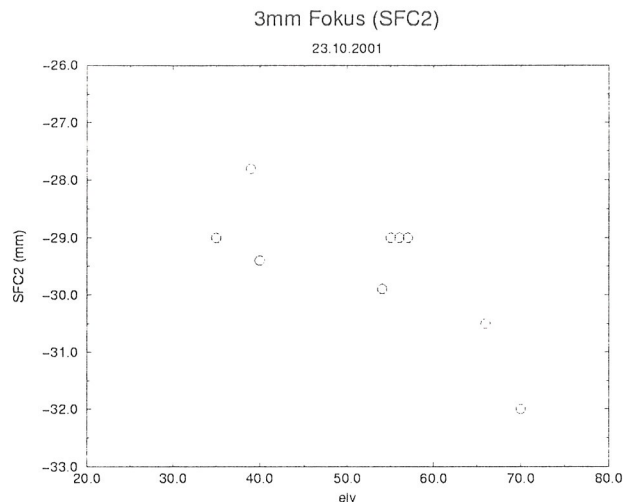


Abbildung 5: *Variation des SFC_2 mit der Elevation.*

her). Eine Unsicherheit von 0.01 im BDF verursacht möglicherweise einen Fehler von einigen Bogensekunden in der Pointingkonstante P_8 und somit eine Elevationsabhängigkeit von NULE selbst bei gutem Pointingmodell.

6 Abschliessende Bemerkungen

Die Beobachtungen vom Oktober 2001 (ebenso wie die vom April 2001) mit dem neuen 3 mm-Empfänger haben gezeigt, dass sich auch bei dieser hohen Frequenz durchaus noch gute Ergebnisse mit dem Effesberger Teleskop erzielen lassen – selbst bei mittelmäßigen Wetterbedingungen. Ohne Frage sind allerdings bestmögliche Bedingungen für die Beobachtungen wünschenswert. Zu diesem Zweck wäre möglicherweise ein flexibles Scheduling für Hochfrequenzbeobachtungen (ähnlich dem „dynamic scheduling“ am VLBA) hilfreich (wenn auch nicht ganz einfach zu realisieren).

Zweifelloos liesse sich die Qualität der Messungen noch steigern, wenn man vor der nächsten Beobachtungsperiode einige Zeit investierte, um verschiedene Teleskopeigenschaften genauer zu studieren. Neben der Untersuchung einiger Pointingeigenschaften, sollten vor allem die Fokuskurven für hochfrequente Beobachtungen angepasst werden (insbesondere da immer häufiger Beobachtungen bei Frequenzen ≥ 20 GHz durchgeführt werden). Mit einer verbesserten Fokusnachführung liesse sich wahrscheinlich sowohl das Pointing verbessern als auch ein flachere Gainkurve erzielen (nicht nur bei $\lambda = 3$ mm).