

MPAE-T-70-93-34

142 GHz Ozonradiometer für den mobilen Einsatz und Einsatz in Kleinflugzeugen

**A. Loidl, C. Römer
M. Güll**

Dezember 1993



142 GHz Ozonradiometer für den mobilen Einsatz und Einsatz in Kleinflugzeugen

A. Loidl, C. Römer
M. Güll

Max-Planck-Institut für Aeronomie (MPAe)
Postfach 20
D-37189 Katlenburg-Lindau
Bundesrepublik Deutschland

Dezember 1993

Kurzfassung

Es wurde ein Radiometer zur Messung von atmosphärischem Ozon entwickelt, welches verhältnismäßig klein und leicht ist und aus dem Netz als auch aus Batterien betrieben werden kann. Es ist daher besonders für den mobilen Einsatz und den Einsatz von Kleinflugzeugen geeignet. Mit dem verwendeten subharmonisch gepumpten Schottky-Mischer wurde eine Einseitenband-Rauschtemperatur von 3030 K erreicht. Als Spektrometer dient eine Filterbank mit neun Kanälen. Zur Steuerung und Datenaufnahme wird ein PC verwendet.

Abstract

A radiometer for measuring atmospheric ozone has been developed which is relatively small and light and can be operated either from the mains as from a battery. For this reason it is well suited for mobile use and for use on small aircraft. With the built in subharmonic mixer operating at the second harmonic a single-sideband noise temperature of 3030 K has been achieved. A filterbank with 9 channels is used as spectrometer. Control and data acquisition is achieved with a PC.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Aufbau des Radiometers	3
3	Frequenzplan	5
4	Quasioptischer Teil	5
5	Eichlasten und Stehwellenunterdrückung	7
6	Filterbank	9
7	Radiometersteuerung, Quicklook und Datenaufzeichnung	13
7.1	Dateien	13
7.2	Rahmen	13
7.3	Struktur	14
7.3.1	Meßbetriebsparameter	14
7.3.2	Filterdaten	14
7.3.3	Housekeeping	15
8	Stromversorgung	15
9	Meßergebnisse	19
9.1	Seitenbandverhältnis	19
9.2	Empfängerrauschtemperatur	19
9.3	Spektrum des Lokaloszillators	20
9.4	Erste Messungen von Ozonlinien vom Boden aus	20
10	Anerkennung	22
11	Literaturverzeichnis	22

1 Einleitung

Die radiometrische Messung der Linien atmosphärischer Spurenstoffe wie z.B. von Ozon vom Erdboden aus wird durch den starken Wasserdampfanteil in geringen Höhen behindert. Es ist daher wünschenswert, möglichst aus Höhen über der Tropopause messen zu können. Aber auch Höhen von 5 bis 6 km, wie man sie mit Kleinflugzeugen erreichen kann, bringen schon große Vorteile. Durch den Einsatz eines Kleinflugzeuges ist es auch möglich, praktisch überall in Europa zu erschwinglichen Kosten Messungen vorzunehmen. In Abb. 1 sind zur Illustration typische Profile der absoluten Feuchtigkeit dargestellt [1], wie sie von Pt. Mugu in Kalifornien gemessen wurden.

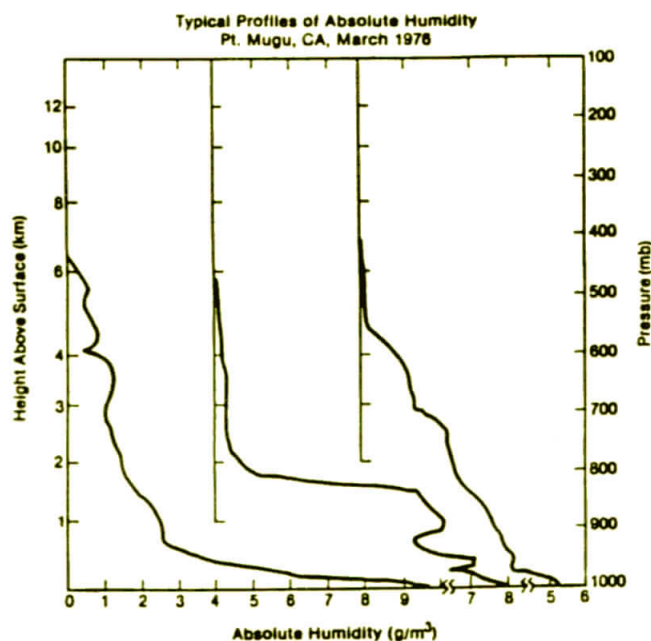
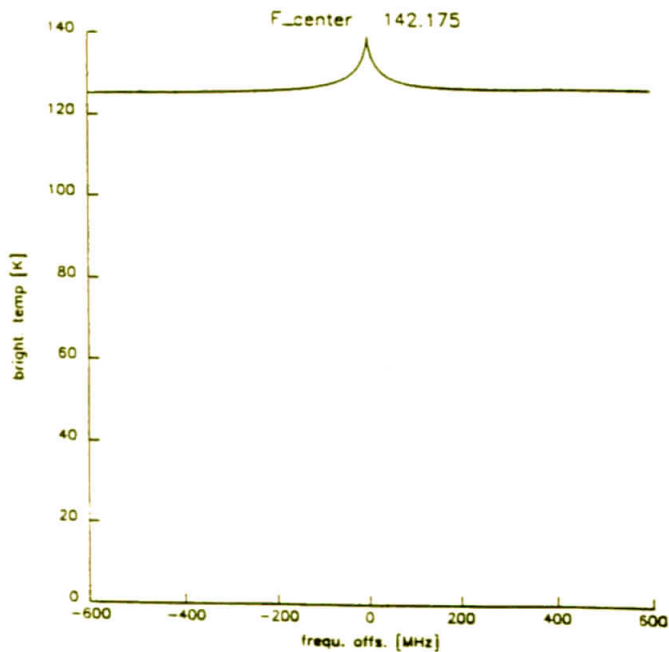
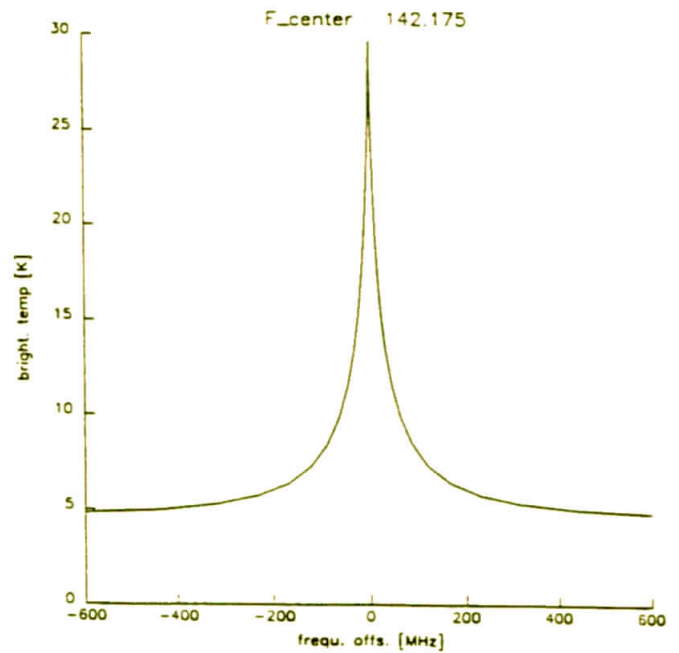


Abb. 1

Abb. 2 zeigt zum Vergleich zwei unter Zugrundelegung einer Standardatmosphäre gerechnete Ozonlinien, wie man sie bei Messung unter einem Zenitwinkel von 30 Grad aus einer Höhe von 0.3 km und aus 6 km zu erwarten hat. Bei den Rechnungen wurde eine Tropopausenhöhe von 12 km angesetzt.



aus 0.3 km Höhe



aus 6 km Höhe

Abb. 2

Man sieht, daß die aus 6 km Höhe gemessene Linie um etwa einen Faktor 2 stärker ist. Bei hoher Luftfeuchtigkeit, Bewölkung oder Niederschlag verschiebt sich das Verhältnis noch mehr zu Gunsten der größeren Höhe. Abb. 3 zeigt die bei 90 GHz in Lindau gemessene Himmelstemperatur bei Bewölkung. Es ist ersichtlich, daß unter diesen Bedingungen z.B. Ozonmessungen auch wegen der notwendigen Troposphärenkorrektur schwierig sind. Durch die Möglichkeit, Ozon mit einem bodengebundenen Radiometer und gleichzeitig darüber in einigen Kilometern Höhe messen zu können, sind Rückschlüsse auf die Genauigkeit der verwendeten Troposphärenkorrektur möglich.

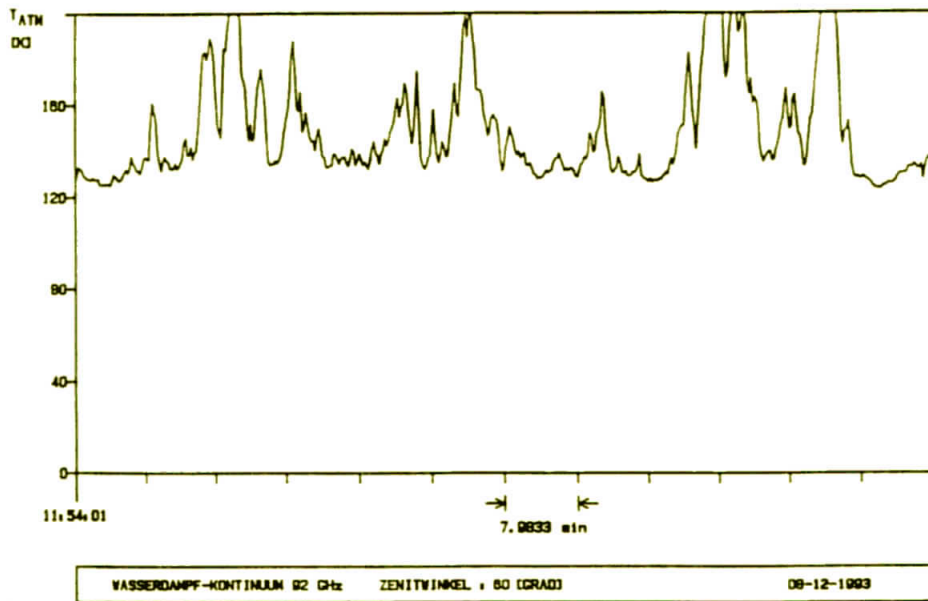


Abb. 3

2 Aufbau des Radiometers

Das Radiometer besteht aus 4 Bausteinen : Frontend, Filterspektrometer, Rechner (PC), und Stromversorgung.

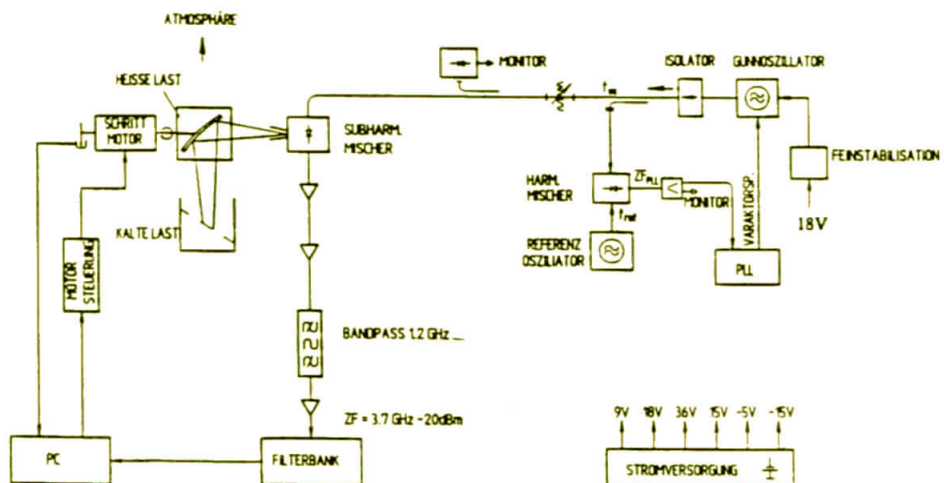


Abb. 4

Abb. 4 zeigt das Blockschaltbild des als "Total Power" Radiometer konzipierten Gerätes. Die Strahlung aus der Atmosphäre bzw. je nach Spiegelstellung aus der heißen oder kalten Eichlast wird über einen elliptischen Spiegel in die Potterhornantenne des Mischers geleitet. Der Signaleingang des Mischers ist mit einem E-H-Tuner auf die Signalfrequenz abstimmbar. Damit ist eine Unterdrückung des Spiegelbandes möglich. Der Schottky-Mischer ist mit der zweiten Harmonischen der Oszillatorfrequenz gepumpt. Die Oszillatorfrequenz wird von einem Gunn-Oszillator erzeugt, der über einen Phasenregelkreis mit einer Varaktordiode stabilisiert ist [2]. Als Referenzoszillator dient ein DRO, der über einen weiteren Phasenregelkreis an einen temperaturstabilisierten Quarzoszillator angebunden ist. Zur Überwachung der Oszillatorleistung wird ein Teil der Leistung ausgekoppelt und einem Gleichrichter zugeführt. Die Zwischenfrequenz von 3.7 GHz wird rauscharm verstärkt, durchläuft einen Bandpaß mit 1.2 GHz Bandbreite und steht nach nochmaliger Verstärkung am Ausgang mit einem Pegel von -20 dBm zur Verfügung. Von dort wird sie über ein flexibles Kabel an den Eingang der 9-kanaligen Filterbank weitergeleitet. Bei Bedarf kann an den ZF-Ausgang auch eine andere Filterbank mit höherer Auflösung angeschlossen werden. Der elliptische Spiegel ist auf der Achse eines Schrittmotors befestigt, der auf einem Gleittisch montiert ist. Zur Verminderung stehender Wellen wird dieser Gleittisch von einem kleinen Gleichstrommotor über einen Exzentertrieb in Achsrichtung des Schrittmotors hin und her bewegt. Der Schrittmotor wird von einem Rechner über eine Leistungsstufe angesteuert. Die Rückmeldung der Nullposition und die laufende Positionskontrolle erfolgt dabei über eine Lichtschranke. Der Rechner übernimmt außerdem die analogen Kanalausgangsspannungen der Filterbank und Housekeepingsspannungen. Diese werden im Rechner in digitaler Form zur Quicklookdarstellung der Linie weiterverarbeitet und außerdem gespeichert, so daß sie für die Datenauswertung zur Verfügung stehen.

Zur Stromversorgung des Radiometers wurde ein Konverter entwickelt, der die erforderlichen Betriebsspannungen aus Ni-Cd-Batterien erzeugt, so daß das Radiometer vollkommen unabhängig vom Netz ist. Es kann damit aber auch aus einem 12 V Auto- oder Flugzeugbordnetz betrieben werden.

3 Frequenzplan

Eingangsfrequenz (O_3 -Linie) $f_{ein} = 142.17504$ GHz

Erste Zwischenfrequenz $f_{zf} = 3.7$ GHz

Es wurde das obere Seitenband gewählt. Die Gunnoszillator-Frequenz ergibt sich dann zu

$$f_{Go} = (142.17504 - 3.7)/2 = 69.23752$$

Als Zwischenfrequenz f_{PLL} für den Phasenregelkreis wurden 60 MHz gewählt.

Daraus folgt die erforderliche Referenzfrequenz zu

$$f_{ref} = \frac{f_{Go} - f_{PLL}}{N} = \frac{69.23752 - 0.06}{10} = 6.91775 \text{ GHz}$$

wobei im Harmonischen Mischer die 10. Harmonische $N = 10$ gewählt wurde.

Da der Multiplikationsfaktor im DRO 80 beträgt, ergibt sich somit $f_Q = 6917.752$ MHz / 80 = 86.4719 MHz für den Referenzquarzoszillator.

4 Quasioptischer Teil

Da noch ein elliptischer Spiegel mit einer Brennweite von 72.85 mm vorhanden war, wurde die Dimensionierung des optischen Teiles von einem früher gebauten Radiometer übernommen, bei dem ein Spiegel mit gleicher Brennweite verwendet wurde [3]. In Abb. 5 ist der sich damit ergebende Strahlverlauf aus der Atmosphäre über dem Spiegel zur Horn-

antenne nochmals dargestellt. Die Strahlentaille w_{02} liegt dabei im Abstand von 198 mm vom Spiegel. An dieser Stelle wird sich auch etwa das Flugzeugfenster befinden, wofür sich der Mindestdurchmesser zu

$$D_{Fenster} = w_{02} \cdot 3 = 9.62 \cdot 3 = 28.8 \text{ mm}$$

ergibt.

Der 3dB Öffnungshalbwinkel des Atmosphärenstrahles folgt aus

$$\tan \theta = \frac{\pi \cdot \sqrt{3}}{9.26 \cdot w_{02}} = \frac{2.11 \cdot \sqrt{3}}{9.26 \cdot 9.62} = 0.041 \quad \text{zu} \quad \theta = 2.34 \text{ Grad}$$

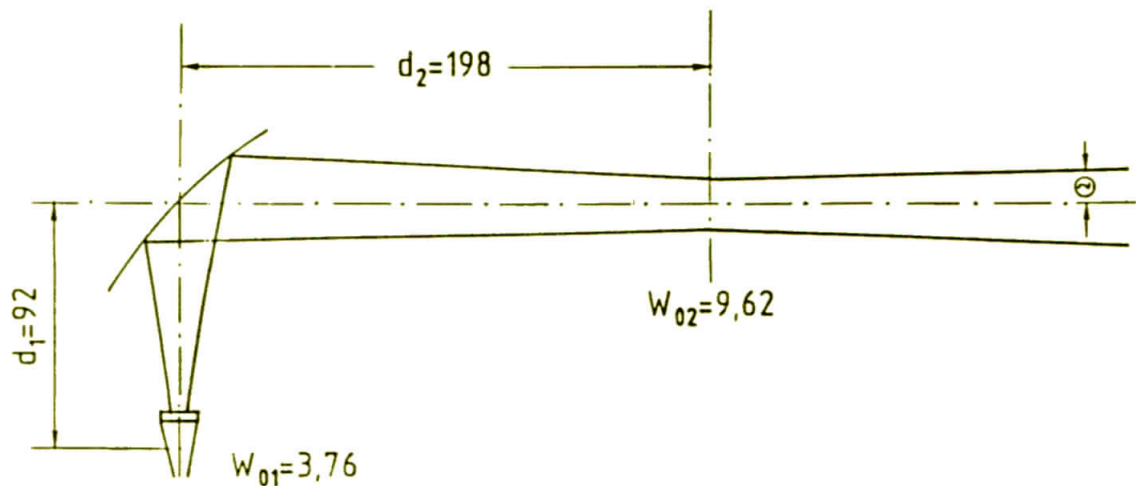


Abb. 5

5 Eichlasten und Stehwellenunterdrückung

Die heiße Eichlast (Hot Load) besteht aus einem auf Umgebungstemperatur befindlichen Absorbermaterial (Eccosorb), welches zur Verminderung von Reflexionen schräg (möglichst unter dem Brewsterwinkel) angeordnet ist. Die Temperatur des Absorbers wird mit einem PT 100 Sensor genau gemessen und als Housekeeping-Wert bei jedem Messzyklus in den Datenrahmen eingeschrieben. Ähnlich aufgebaut ist die kalte Eichlast (Cold Load), wo sich der Absorber jedoch in einem Dewar-Gefäß befindet, das mit flüssigem Stickstoff gefüllt werden kann. Eine Füllmenge von 0.75 l Stickstoff reicht bei offenem Dewar für eine Betriebszeit von etwa 2 Stunden. Der erforderliche Temperaturbereich des Temperatursensors im flüssigen Stickstoff für Betriebshöhen bis 7000 m ü.d.M. ergibt sich aus der Siedepunktabhängigkeit vom Druck. Aus der Clausius–Clapeyronschen Gleichung erhält man unter der Annahme, daß die Verdampfungsenthalpie temperaturunabhängig ist, durch Integration die Siedetemperatur mit

$$T = \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{p_0 + \frac{E}{R \cdot T_0} - p}$$

Dabei ist:

p_0 der Luftdruck in 0 m Seehöhe = 1.01325 bar

T_0 die Siedetemperatur von Stickstoff in 0 m Seehöhe = 77.335 K

E Verdampfungsenthalpie = 1.335 kcal/mol

R die allgem. Gaskonstante = $1.9852 \cdot 10^{-3}$ kcal/mol · Grad
712

Der Zusammenhang zwischen Luftdruck und Siedetemperatur ist in Abb. 6 dargestellt. In 7000 m Höhe nimmt demnach die Siedetemperatur auf etwa 72 K ab.

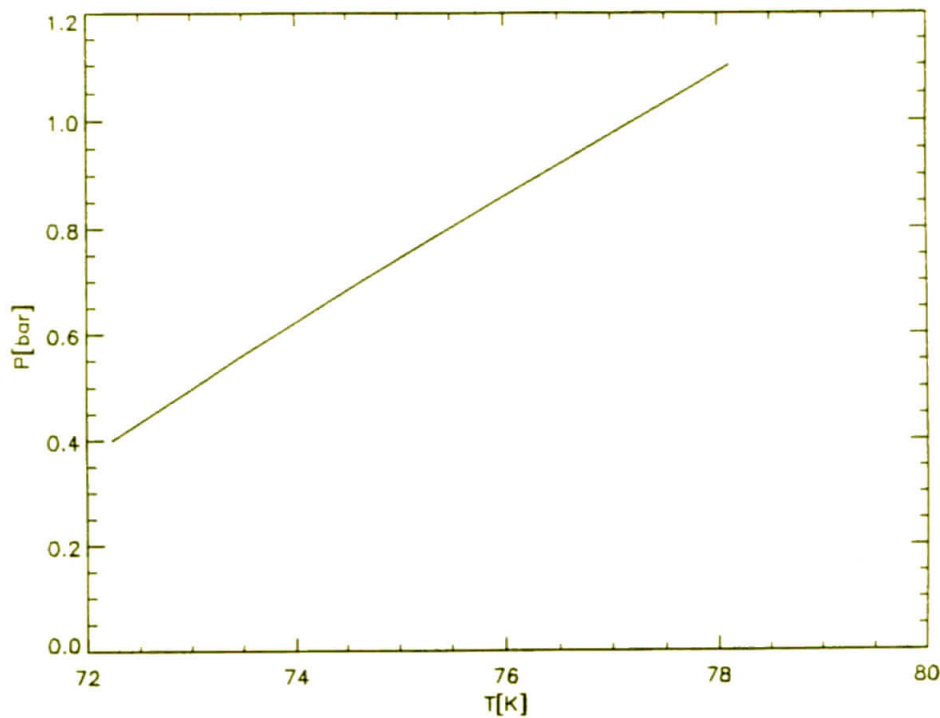


Abb. 6

Als zweite, wesentliche Maßnahme zur Verminderung von stehenden Wellen wird die optische Weglänge zwischen Mischer und reflektierenden Elementen periodisch variiert [4]. Dazu wird der Spiegel samt Schrittmotor auf einem kugelgelagerten Gleittisch von einem Gleichstrommotor über einen Exzenter mit einstellbarem Hub hin und her bewegt. Die Weglängenänderung als Funktion der Zeit beträgt

$$L = d \cdot \sin \omega t$$

wobei ω die Winkelgeschwindigkeit des bewegten Spiegels und t die Zeit ist.

Die vom Radiometer empfangene Leistung ist dann

$$|v_d|^2 \cong |V_o|^2 \cdot [1 + 2R \cos(2kL - \emptyset)]$$

und die mittlere, über viele Zyklen gemittelte Leistung wird

$$|\overline{v_d}|^2 = |v_o|^2 \cdot [1 + 2R \cdot J_o(2kd) \cdot \cos\emptyset]$$

wobei J_o die Besselfunktion nullter Ordnung und k die Phasenkonstante ist.

Durch Wahl von d kann nun die Besselfunktion zu Null gemacht werden und damit die empfangene Leistung unabhängig von der frequenzabhängigen Phase $\emptyset$.

Da die Nulldurchgänge der Besselfunktion bei $x = 2.4, 5.52, 8.65, 11.79, \dots$ liegen, ergibt sich für den Hub

$$d = \frac{x \cdot 300}{4 \cdot \pi \cdot 142} = 0.4, 0.93, 1.45, 1.98, \dots mm$$

Es wurde ein Hub von 0.93 mm gewählt, womit gute Ergebnisse bei der Verminderung von Stehwellen erzielt werden konnten.

6 Filterbank

Da nur geringe finanzielle Mittel zur Verfügung standen, mußte die Kanalanzahl in der Filterbank auf 9 Kanäle beschränkt werden. Um damit eine möglichst gute Frequenzauflösung zu erreichen, wurden alle Kanäle auf nur eine Linienhälfte verteilt. Zum Testen des Frontends und im Bedarfsfall steht eine 21 kanalige, symmetrisch aufgebaute Filterbank eines anderen Radiometers zur Verfügung. Diese Filterbank kann jedoch nicht aus der batteriegespeisten Stromversorgung betrieben werden.

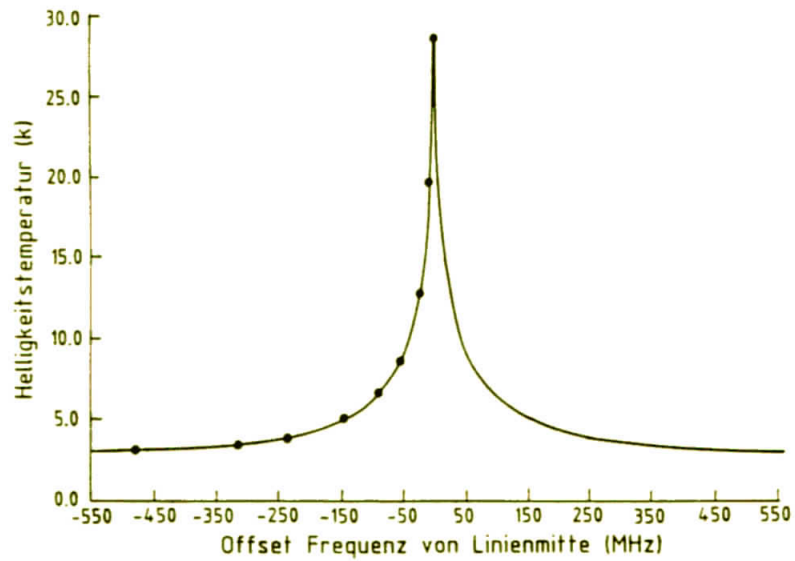


Abb. 7

In Abb. 7 sind die ausgewählten Mittenfrequenzen der Bandpässe in eine synthetische Ozonlinie eingezeichnet. Die Auswahl der Frequenzen erfolgte dabei nach folgenden Gesichtspunkten: Es hat sich gezeigt, daß für den Höhenbereich von 15 bis 70 km ein Set von 7 bis 9 Differenzgewichtsfunktionen

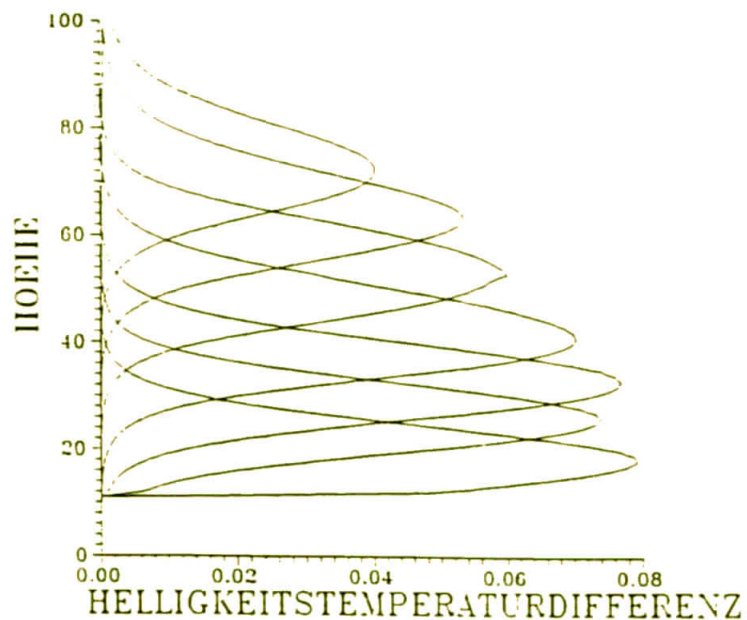


Abb. 8

nach Abb. 8 ausreichend ist, um bei der Inversion eine Höhenauflösung von 8 km zu erhalten [5]. Schränkt man den Höhenbereich ein, genügt auch eine kleinere Anzahl von Differenzgewichtsfunktionen, d.h. eine kleinere Anzahl von Frequenzpaaren. Außerdem besteht die Möglichkeit, notfalls Zwischenwerte durch Interpolation zu ermitteln. Die Frequenzpaare wurden also so gewählt, daß besonders im Höhenbereich von 35 km beim Ozonmaximum trotz der geringen Filterzahl eine ausreichende Höhenauflösung gegeben ist. Der zweite Gesichtspunkt berücksichtigte den Wunsch nach einer guten Vergleichbarkeit mit den Daten der WASPAM Filterbank. Einige Bandpaßmittenfrequenzen stimmen daher mit den entsprechenden Frequenzen dieser Filterbank überein.

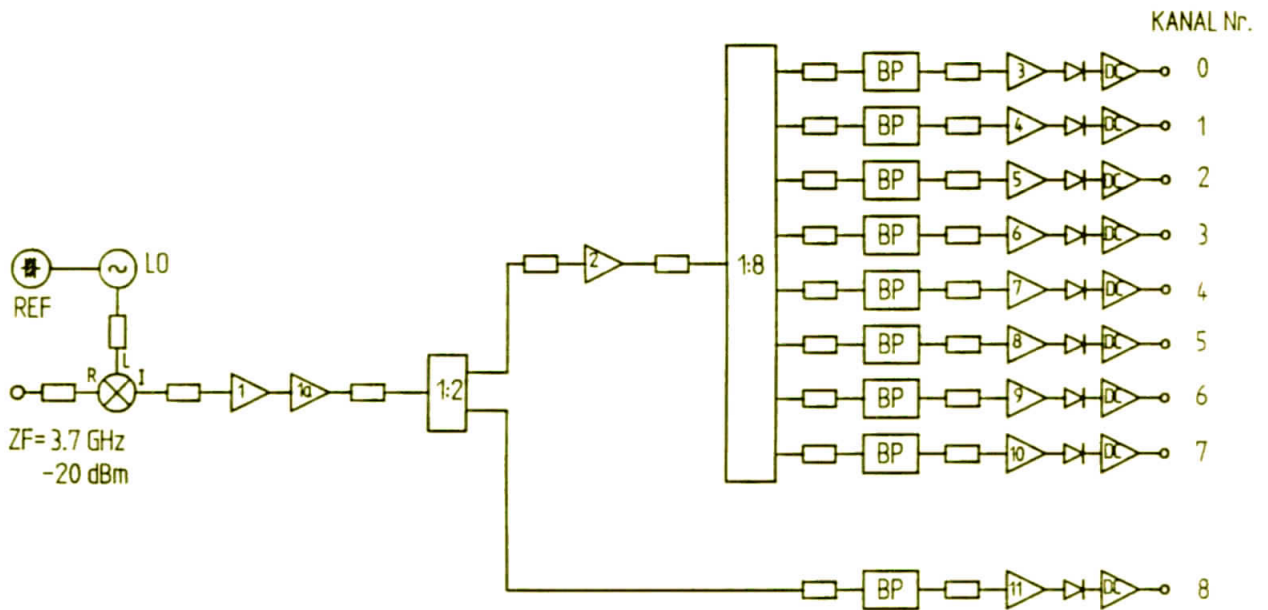


Abb. 9

Abb. 9 zeigt das Blockschaltbild der Filterbank. Die ZF von 3.7 GHz aus der Filterbank wird auf eine Mittenfrequenz von 550 MHz heruntergemischt. Die Lokalszillatorfrequenz von 4.25 GHz wird dabei von einem phasengeregelten DRO geliefert, der seine Referenzfrequenz aus einem temperaturstabilisierten Quarzoszillator bezieht. Nach entsprechender Verstärkung wird das breitbandige Signal über Leistungsteiler an die Bandpässe geführt, die in nachfolgender Tabelle zusammengestellt sind.

Kanal- Nr.	Mittenfrequenz (MHz)	Bandbreite (MHz)
0	70	40
1	230	32
2	310	32
3	400	16
4	450	8
5	500	4
6	522.75	2
7	543.7	2
8	550	1.1

Die Ausgangssignale der Bandpässe werden nach nochmaliger Verstärkung in Tunnel-Dioden Detektoren mit quadratischer Kennlinie gleichgerichtet. Die anschließend integrierten und nochmals verstärkten Signale stehen dann für die Abfrage durch den Rechner im Bereich von 0 bis 10 V zur Verfügung.

7 Radiometersteuerung, Quicklook und Datenaufzeichnung

Für die Radiometersteuerung, Meßdatenaufzeichnung und Quicklookdarstellung der Linien dient ein AT-kompatibler PC, der für diese Aufgabe mit 2 zusätzlichen, in Wire-Wrap-Technik gefertigten Platinen ausgestattet wurde [6].

7.1 Dateien

Das Programm zur Radiometersteuerung liegt in einer unter dem Betriebssystem MS-DOS lauffähigen EXE-Programmdatei vor. Der Programmdateiname ist GRILL.EXE. Die während des Programmablaufes gewonnenen Daten werden in der Datei DATAMINO.ASC gespeichert. Es handelt sich hierbei um eine sequentielle Datei, bestehend aus einer Folge von ASCII Zeichen.

7.2 Rahmen

0	NAME	DATUM	UHRZEIT	ZYKLUS- ZÄHLER	ZENIT- WINKEL	ZYKLUS- ZEIT	T_COLD	T_HOT	7
8	FI0C	FI1C	FI2C	FI3C	FI4C	FI5C	FI6C	FI7C	15
16	FI8C	FI9C	FI10C	FI11C	FI12C	FI13C	FI14C	FI15C	23
24	FI16C	FI17C	FI18C	FI19C	FI20C	FI21C	FI22C	FI23C	31
32	FI24C	FI25C	FI26C	FI27C	FI28C	FI29C	FI30C	FI31C	39
40	FI0H	FI1H	FI2H	FI3H	FI4H	FI5H	FI6H	FI7H	47
48	FI8H	FI9H	FI10H	FI11H	FI12H	FI13H	FI14H	FI15H	55
56	FI16H	FI17H	FI18H	FI19H	FI20H	FI21H	FI22H	FI23H	63
64	FI24H	FI25H	FI26H	FI27H	FI28H	FI29H	FI30H	FI31H	71
72	FI0A	FI1A	FI2A	FI3A	FI4A	FI5A	FI6A	FI7A	79
80	FI8A	FI9A	FI10A	FI11A	FI12A	FI13A	FI14A	FI15A	87
88	FI16A	FI17A	FI18A	FI19A	FI20A	FI21A	FI22A	FI23A	95
96	FI24A	FI25A	FI26A	FI27A	FI28A	FI29A	FI30A	FI31A	103
104	HK0C	HK1C	HK2C	HK3C	HK4C	HK5C	HK6C	HK7C	111
112	HK0H	HK1H	HK2H	HK3H	HK4H	HK5H	HK6H	HK7H	119
120	HK0A	HK1A	HK2A	HK3A	HK4A	HK5A	HK6A	HK7A	127

Tabelle 1

7.3 Struktur

Der Datenrahmen besteht, wie in Tabelle 1 dargestellt, aus 128 Datenelementen und gliedert sich in drei Teile:

- Meßbetriebsparameter Datenelemente 0 bis 7
- Filterdaten Datenelemente 8 bis 103
- Housekeeping Datenelemente 104 bis 127

Als Datenelemente kommen Zeichenfolgevariablen (String), Ganzzahlvariablen (Integer) und numerische Variablen einfacher Genauigkeit (Float) zum Einsatz.

7.3.1 Meßbetriebsparameter

In die Meßkennung "NAME" können vor dem Programmstart mit der Tastatur maximal acht Zeichen eingegeben werden. Jedem Meßzyklus sind Datum und Uhrzeit zugeordnet. Name, Datum und Uhrzeit sind Zeichenfolgevariablen, der Zykluszähler, der Zenitwinkel und die Zykluszeit Ganzzahlvariablen. T_COLD und T_HOT liegen als Float-Datenelemente vor.

7.3.2 Filterdaten

Unabhängig von der in der Filterbank vorhandenen Filteranzahl werden im Datenakquisitionssystem der Radiometersteuerung immer alle 32 Kanäle erfaßt und in den Datenrahmen als Filterdaten FI0 bis FI31 gebracht. Der Buchstabe C steht dabei für "COLD-Load", H für "HOT-Load" und A für "Atmosphäre". Hat die Filterbank 9 Filterkanäle, so erscheinen diese in den Filterdaten FI0 bis FI8. Die Filterdaten sind Ganzzahlvariablen.

7.3.3 Housekeeping

Die insgesamt acht Housekeeping Kanäle schlüsseln sich auf in die Kontrolle von vier Versorgungsspannungen, zwei Temperaturmessungen und die Überwachung des Lock-Status und der Varaktorspannung. Eine Übersicht der HK-Kanäle gibt Tabelle 2.

Kanal	HK0	HK1	HK2	HK3	HK4	HK5	HK6	HK7
Belegung	T_COLD	LOCK	+5V	T_HOT	+15V	-15V	VARAKTOR	+20V
Teilerfaktor	3	2	2	3	4	4	6	6

Tabelle 2

Für alle acht HK-Kanäle berechnen sich die Spannungswerte nach folgender Gleichung:

$$U_i = \left(\frac{HK_i}{102,4} - 5 \right) \cdot \text{Teilerfaktor}_i \quad [V]$$

Die Temperaturwerte für T_COLD und T_HOT befinden sich in Kelvin-Angaben, umgerechnet in den Datenelementen 6 und 7.

$$T_{COLD} = \frac{3 \cdot HK0}{10.24} - 97$$

$$T_{HOT} = \frac{3 \cdot HK3}{10.24} + 100$$

8 Stromversorgung

Die Abbildungen 9 und 10 zeigen das Blockschaltbild der Stromversorgung. Beim mobilen Einsatz, insbes. beim Betrieb des Radiometers im Kleinflugzeug erfolgt die Stromversor-

gung aus 2 NC-Akkus. Die erforderlichen Spannungen und Ströme teilen sich wie folgt auf:

Akku I:

36 V / 0.3 A Spiegelantrieb

24 V / 2.5 A Rechner

Akku II:

18 V / 0.54 A Versorgung von Frontend und Filterbank

15 V / 0.96 A

9 V / 0.28 A

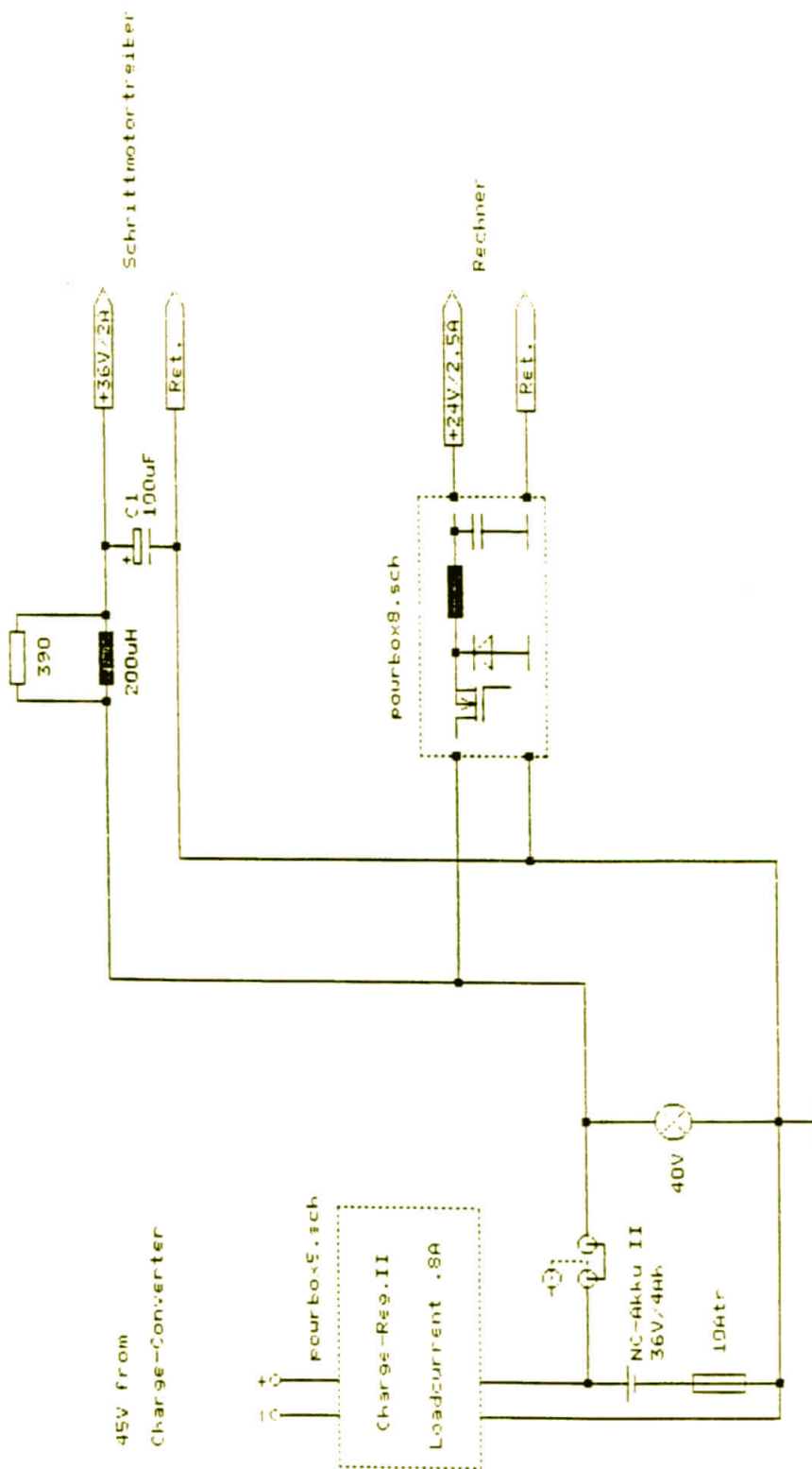
-5 V / 0.05 A

-15 V / 0.3 A

Eine ursprünglich vorgesehene Spannung von 12V wird z.Zt nicht mehr benötigt.

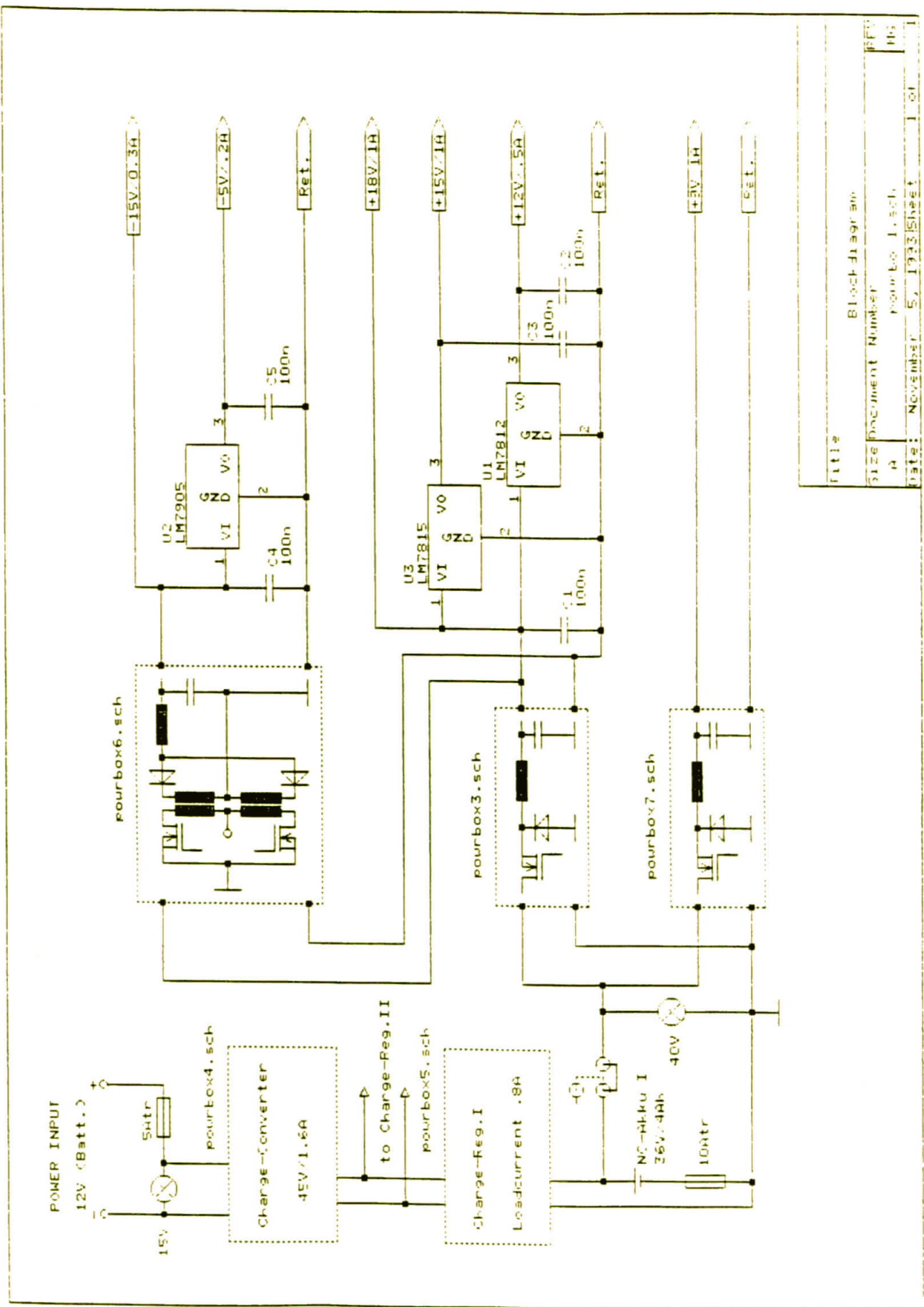
Jeder NC-Akku hat bei 28 Zellen eine Gesamtkapazität von 4Ah. Die Nominalspannung beträgt 34V. Ein Laderegler begrenzt die maximale Ladespannung auf 40V und den Ladestrom auf 0.8A womit die Ladezeit ca. 6 Stunden beträgt. Die Ladespannung wird von einem DC/DC-Converter aus einer Eingangsspannung von 10 bis 15V erzeugt. Die Stromaufnahme beträgt hierbei ca. 6A. Zur Sicherheit gegen Überladung ist jeder Akku mit einem NTC als Temperatursensor ausgestattet. Beim Erreichen einer Temperatur von ca. 40 Grad wird der Ladestrom abgeschaltet. Der Ladezustand wird durch LEDs angezeigt. Da sich im Verlauf der ersten Testphase eine unsymmetrische Belastung herausstellte, wurde zwischen den beiden Akkus eine Ausgleichsdiode eingebaut, wodurch die Belastung auf die beiden Akkus besser verteilt wird.

Zur Verbesserung des Wirkungsgrades werden die vier Hauptspannungen 24V, 18V, 9V und -15V über Schaltregler aus der Primärspannung erzeugt. Zur Stabilisierung der restlichen Spannungen sind Serienregler eingebaut.



Title		Block diagram	
Size	Document Number	REV	105
A	pourbox2.sch		
Date:	November 5, 1993	Sheet	1 of 1

Abb. 10



Title		Block Diagram	
Size	Document Number	Number	Page
4	1	1	1
Date:	November 5, 1993	Sheet	1 of 1

Abb. 11

9 Meßergebnisse

9.1 Seitenbandverhältnis

Das Seitenbandverhältnis wurde durch Einstrahlen von Linien aus einem harmonischen Generator ins obere und untere Seitenband gemessen. Durch Abstimmen des E-H-Tuners im Mischereingangshohlleiter konnte das untere Seitenband über den ganzen Bereich um mindestens 25 dB unterdrückt werden (Abb. 12).

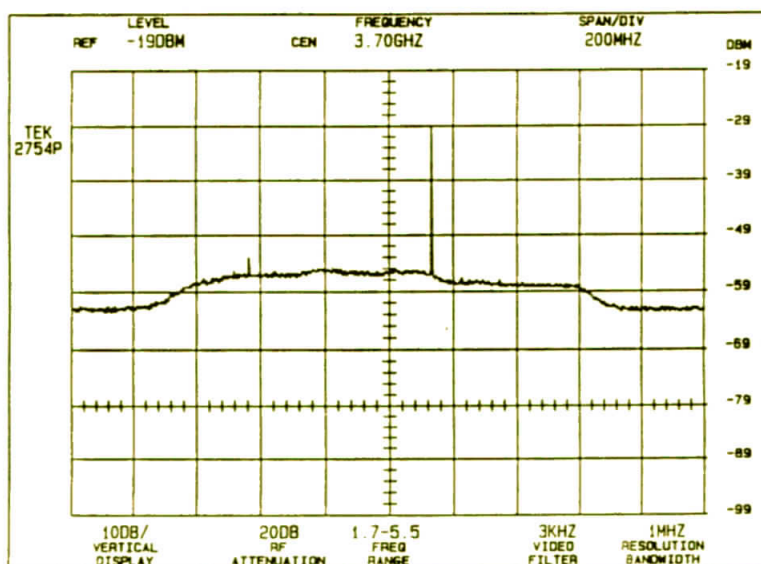


Abb. 12

9.2 Empfängerrauschtemperatur

Nach Einstellung des Seitenbandverhältnisses wurde aus Messungen einer heißen und einer kalten Last nach optimaler Einstellung des Mischer Bias-Stromes und der Leistung des Lokoszillators ein Y-Faktor von 1.07 ermittelt. Daraus ergibt sich eine Empfängerrauschtemperatur von 3030 K. Die Helligkeitstemperatur der Lasten sind dabei nach der Planck'schen Strahlungsgleichung ermittelt.

9.3 Spektrum des Lokoszillators

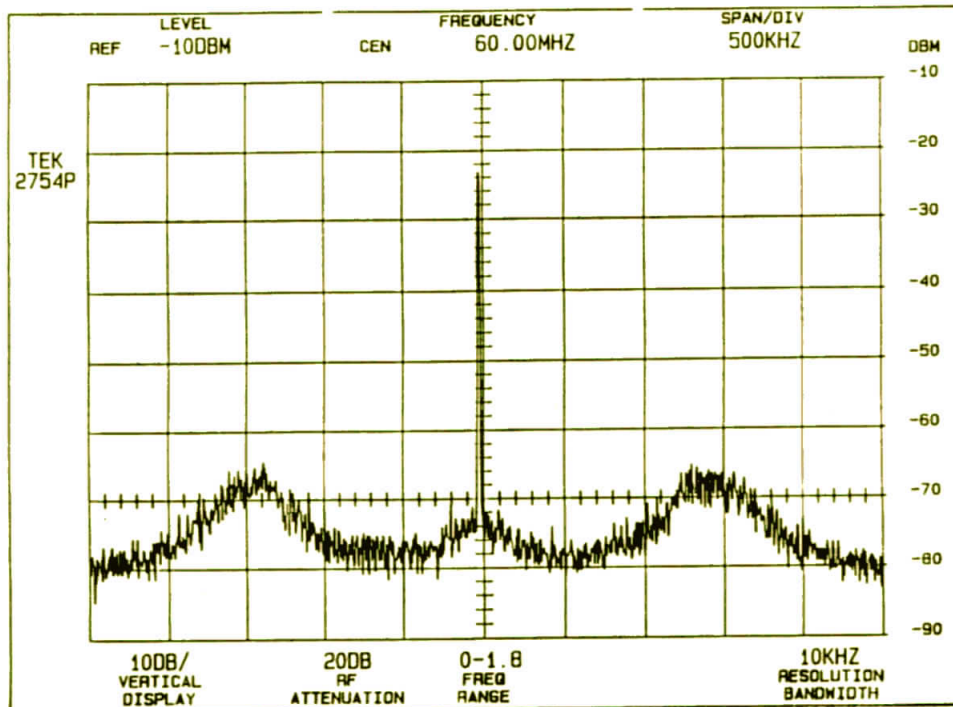


Abb. 13

Abb. 13 zeigt die gemessene spektrale Verteilung des Lokoszillators. Es ist ein Signal-Rauschabstand von etwa 50 dB abzulesen.

9.4 Erste Messungen von Ozonlinien vom Boden aus

Abb. 14 und Abb. 15 zeigen erste Meßergebnisse und zwar einmal mit einer symmetrischen Filterbank mit 15 Kanälen und mit der in 6. beschriebenen Filterbank mit 9 Kanälen. Die Integrationszeit für das Spektrum in Abb. 14 war dabei 1.5 Minuten bei einem Antennen-Elevationswinkel von 15 Grad und 1 Minute für das Spektrum in Abb. 15 bei einem Elevationswinkel von 20 Grad.

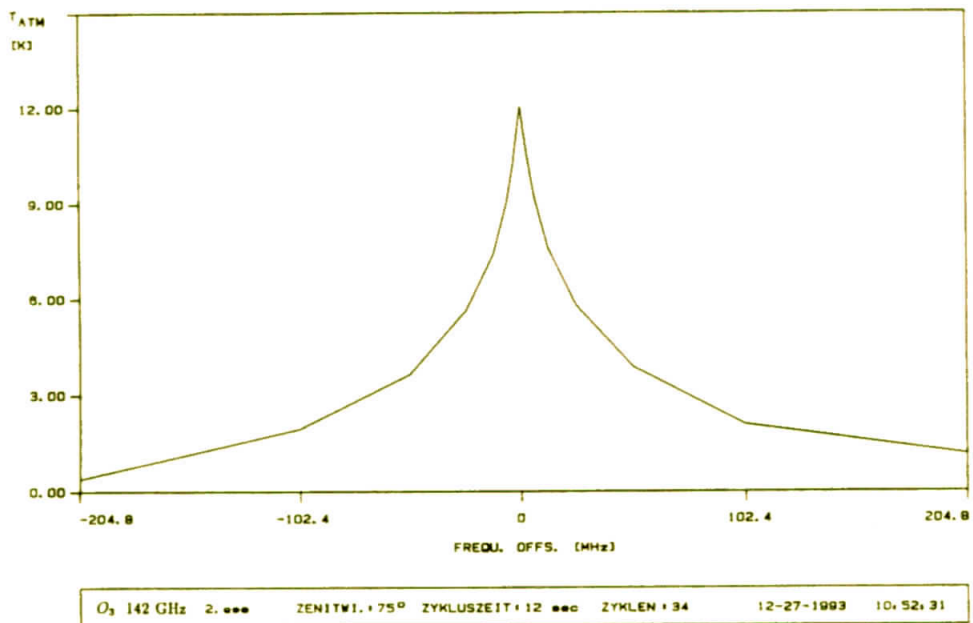


Abb. 14

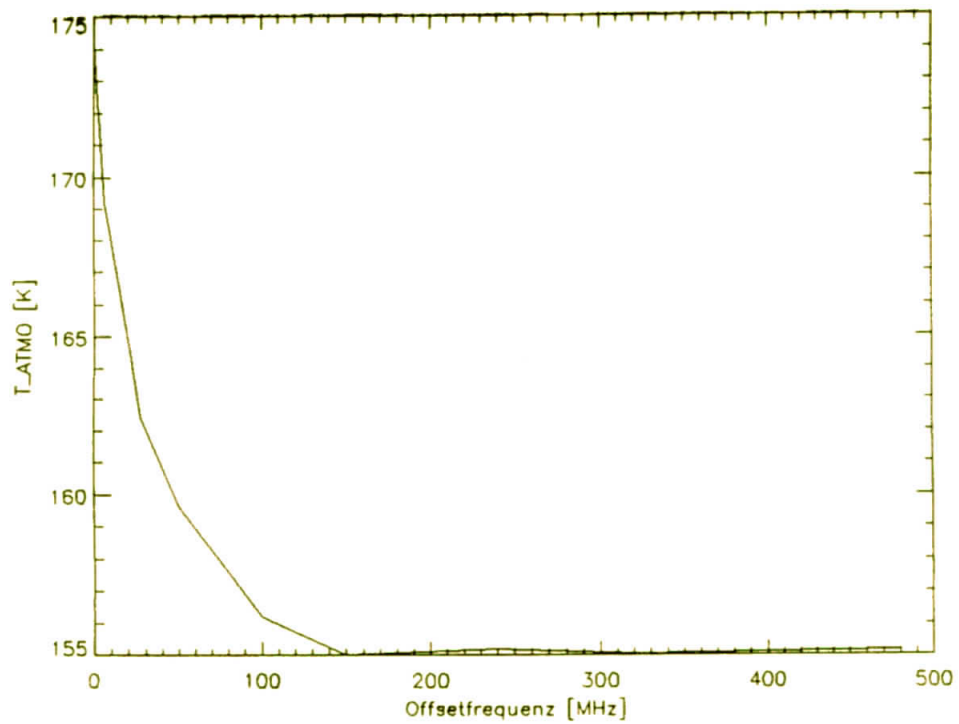


Abb. 15

10 Anerkennung

Allen, die uns bei der Durchführung dieser Arbeit mit Rat und Tat unterstützt haben, sei an dieser Stelle herzlichst gedankt.

11 Literaturverzeichnis

- [1] Westwater E.R., Atmospheric Remote Sensing by Microwave Radiometry, J. Wiley & Sons, INC.
- [2] Römer C., Phasenregelkreise in emittergekoppelter Logik zur Stabilisierung von Gunnoszillatoren, MPAE-T-66-89-07.
- [3] Loidl A., Römer C., 142 GHz (Ozon) Radiometer-Frontend, MPAE-T-70-90-23.
- [4] Gustinic J.J., A quasi-optical receiver design, Proc. IEEE Conf., MTT, 100, San Diego, 1977.
- [5] Bodenmann P., Mikrowellenspektroskopische Bestimmung von Ozonprofilen und deren Vergleich mit Resultaten aus anderen Methoden. Lizentiatsarbeit, Universität Bern, Juni 1990.
- [6] Römer C., Radiometersteuerung mit dem Personalcomputer, MPAE-T-100-91-06.