Frequenzstabilität von Empfängern für den Empfang von Es'hail-2

Peter-Jürgen Gödecke, DJ7GP

Nach letzten Informationen ist der Start des geostationären Satelliten Es'hail-2 im 4. Quartal 2018 geplant. Es ist also höchste Zeit, sich um den Aufbau seiner Station zu kümmern.

Unten:
Die Tabelle zeigt die zu erwartende Frequenzdrift, wenn der Konverter direkt an der Antenne, also im Freien, montiert wird. Dann können erhebliche Temperaturschwankungen auftreten.

Bild	Empfänger laut Blockschaltbild	ZF	Oszillator-frequenz	Temperaturkoeffizient im Temperaturbereich von –20 bis +55 °C	Frequenzdrift im Arbeitstemperatur-bereich von 0 bis +30 °C	Frequenzdrift im Arbeits-temperaturbereich von –18 bis +42 °C
1.1	10-GHz-Konverter nach DB6NT mit Quarz HC18/U	432,800 MHz	10 057 MHz	±30 ppm		±241,37 kHz
1.2	dto. mit Vorverstärker, Konverter im Gebäude	432,800 MHz	10 057 MHz	±30 ppm	±120,68 kHz	
1.3	dto. mit OCXO nach DF9LN	432,800 MHz	10 057 MHz	±50 ppb	±201,14 Hz	
2.1	10-GHz-Konverter „Kon10g4-SAT+SSB", TCXO, DGØVE	144,800 MHz	10 345 MHz	±2 ppm		±16,55 kHz
2.1	dto.	432,800 MHz	10 057 MHz	±2 ppm		±16,09 kHz
2.2	dto. mit Vorverstärker, Konverter im Gebäude	144,800 MHZ	10 345 MHz	±2 ppm	±8,28 kHz	
2.2	dto.	432,800 MHz	10 057 MHz	±2 ppm	±8,05 kHz	
3.1	Handelsüblicher TV-LNB m. HC-49 Quarzoszi PLL	739,800 MHz	9750 MHz	±50 ppm		±390,00 kHz
3.2	Modifizierter TV-LNB, LO mit Referenz-frequenz	432,800 MHz	10 057 MHz	±0,5 ppb		±4,03 Hz
3.3	dto. jedoch mit zus. Empfangsmischer von DH2VA	739,800 MHz	9750 MHz	±0,5 ppb		±3,89 Hz
4.1	Mod. TV-LNB, m. TCXO u. PLL, MKU LNC 10	1129,800 MHz	9360 MHz	±2 ppm		±14,98 kHz
5.1	10-GHz-Konverter mit TCXO aus Bulgarien	144,800 MHz	10 345 MHz	±2,5 ppm		±20,69 kHz
5.1	dto.	432,800 MHz	10 057 MHz	±2,5 ppm		±20,11 kHz
5.1	dto. jedoch mit höher-wertigem TCXO	144,800 MHz	10 345 MHz	±0,5 ppm		±4,14 kHz
5.1	dto.	432,800 MHz	10 057 MHz	±0,5 ppm		±4,02 kHz
5.2	dto. jedoch mit exter-ner Referenzfrequenz	144,800 MHz	10 345 MHz	±0,5 ppb		±4,14 Hz
5.2	dto.	432,800 MHz	10 057 MHz	±0,5 ppb		±4,02 Hz

Für den Empfang der Signale des Narrowband-Transponders des Satelliten auf 10 GHz kommen verschiedene Konfigurationen, von handelsüblichen TV-LNBs bis zu extra für diese Anwendung entwickelten Downkonvertern, in Betracht. Insbesondere dann, wenn der Konverter direkt an der Antenne, also im Freien, montiert ist, muss mit erheblichen Temperaturschwankungen gerechnet werden. Das führt zwangsweise zu einer nicht zu vernachlässigenden Frequenzdrift.

Für die aus meiner Sicht in Frage kommenden Empfängerkonfigurationen habe ich die zu erwartende Frequenzdrift an Hand der Angaben der Quarz- bzw. Geräte-Hersteller errechnet und in der **Tabelle** (Seite 6) aufgelistet. Als Empfangsfrequenz habe ich 10489,800 MHz, das Bandende des Schmalband-Transponders, angenommen.

Die Hersteller von Quarzen und Oszillatoren (TCXOs und OCXOs) geben die temperaturabhängige Frequenzdrift üblicherweise für den Bereich von –20 bis +55° C an, also für einen Bereich von 75° C.

Um die tatsächlich auftretenden Temperaturen zu ermitteln, habe ich von Februar bis März (Kälteperiode) und von Mai bis Juli (Hitzeperiode) diesen Jahres die min. und max. Temperaturen an einem LNB vor einem 90-cm-Offsetspiegel (in Richtung Es'hail-2 ausgerichtet) ermittelt **(Diagramme)**. Die tiefste Temperatur im Februar war –12° C, die höchste Temperatur im Juli war +43° C. Daraus abgeleitet nehme ich für die Ermittlung der Frequenzdrift einen Temperaturbereich von –18 bis +42° C an, also einen Bereich von 60°.

Für den Betrieb eines Downkonverters im Gebäude (ungeheizter aber isolierter Raum), dicht an der Antenne, lege ich ±0 bis +30° C, also einen Temperaturbereich von 30° C zu Grunde.

Für diese Temperaturbereiche habe ich, unter der Annahme einer linearen Frequenzänderung mit der Temperatur, die jeweils zu erwartende Temperaturdrift errechnet (Tabelle). Die Drift liegt bei den meisten Empfängerkonfigurationen im zweistelligen kHz-Bereich, in einigen Fällen ist sie sogar dreistellig und damit größer als die Bandbreite des Transponders.

weiter auf Seite 11 ➤

1.) 10 GHz-Konverter nach DB6NT (Eigenbau, Platine noch erhältlich)

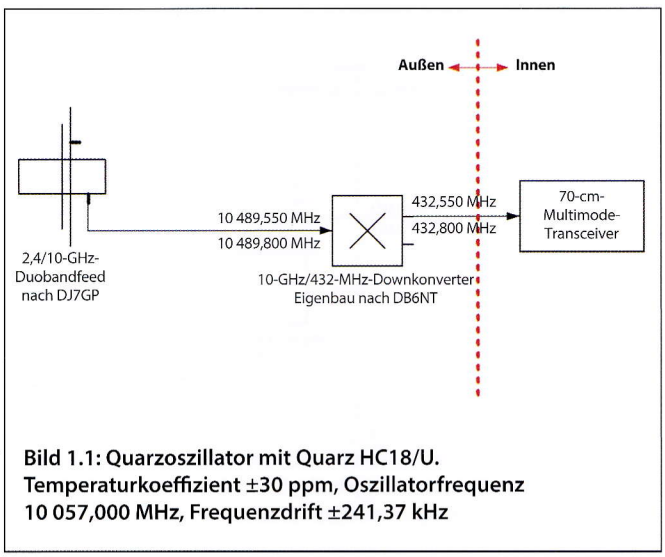


Bild 1.1: Quarzoszillator mit Quarz HC18/U. Temperaturkoeffizient ±30 ppm, Oszillatorfrequenz 10 057,000 MHz, Frequenzdrift ±241,37 kHz

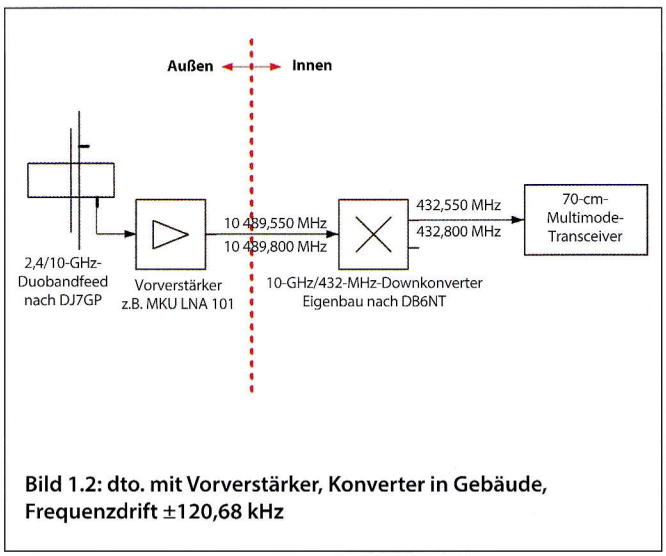


Bild 1.2: dto. mit Vorverstärker, Konverter in Gebäude, Frequenzdrift ±120,68 kHz

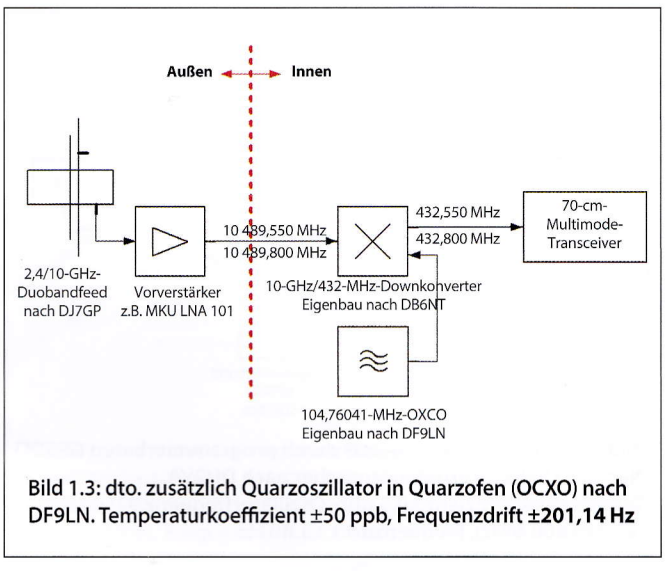


Bild 1.3: dto. zusätzlich Quarzoszillator in Quarzofen (OCXO) nach DF9LN. Temperaturkoeffizient ±50 ppb, Frequenzdrift ±201,14 Hz

2.) 10-GHz-Konverter „Kon10g4-SAT+SSB“ von Roberto Zech, DGØVE†

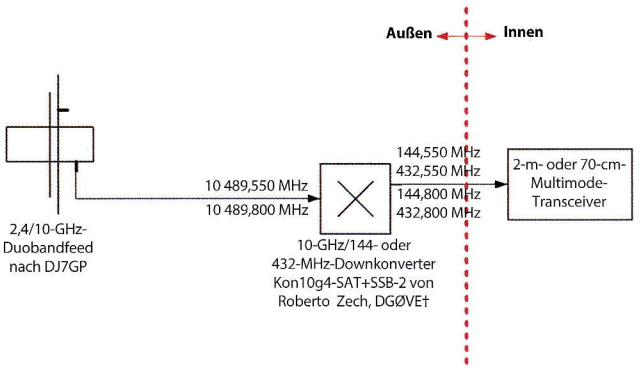


Bild 2.1: Temperaturstabilisierter Quarzoszillator (TCXO) und PLL. Temperaturkoeffizient ±2 ppm, Oszillatorfrequenz 10 345,000 MHz (ZF 144 MHz), Frequenzdrift ±16,55 kHz; Oszillatorfrequenz 10 057,000 MHz (ZF 432 MHz), Frequenzdrift ±16,09 kHz

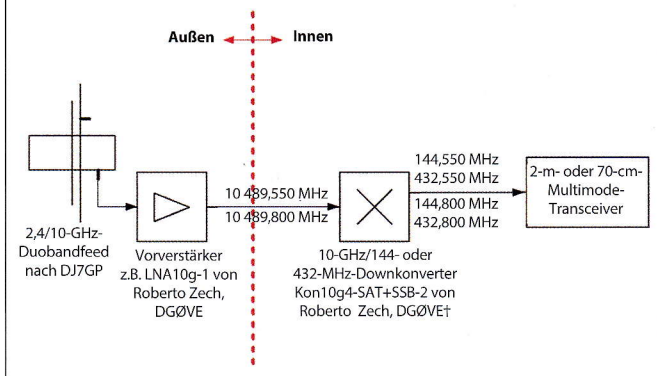


Bild 2.2: dto. mit Vorverstärker, Converter im Gebäude Oszillatorfrequenz 10 345,000 MHz (ZF 144 MHz), Frequenzdrift ±8,28 kHz; Oszillatorfrequenz 10 057,000 MHz (ZF 432 MHz), Frequenzdrift ±8,05 kHz

3.) Handelsüblicher TV-LNB mit Quarzoszillator und PLL (z.B. OCTAGON OPTIMA Single OSLO)

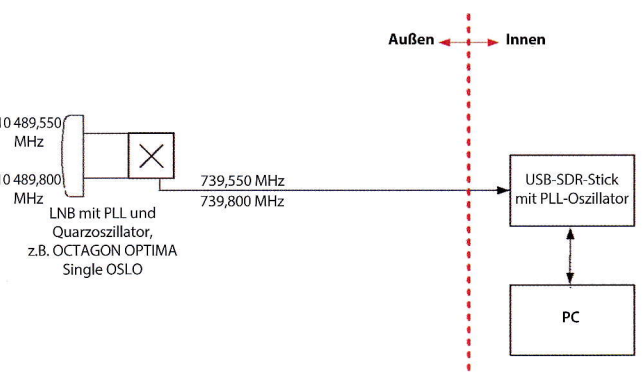


Bild 3.1: Quarzoszillator mit Quarz HC18/U. Temperaturkoeffizient ±50 ppm, Oszillatorfrequenz 9750,000 MHz, Frequenzdrift ±390,00 kHz

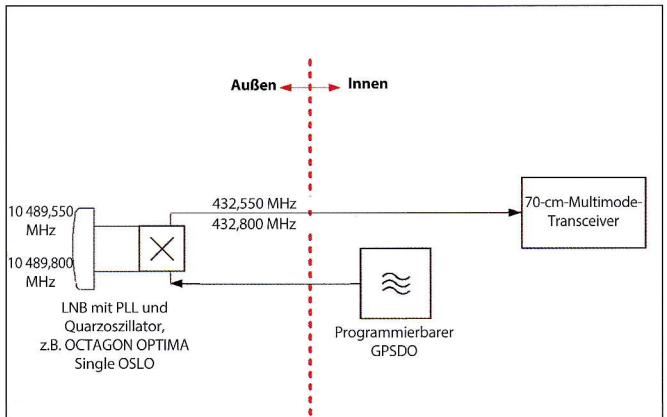


Bild 3.2: Quarzoszillator ersetzt durch programmierbaren GPSDO. Temperaturkoeffizient ±0,5 ppb, Oszillatorfrequenz 10 057 MHz (ZF 432,800 MHz), Frequenzdrift ±4,03 Hz

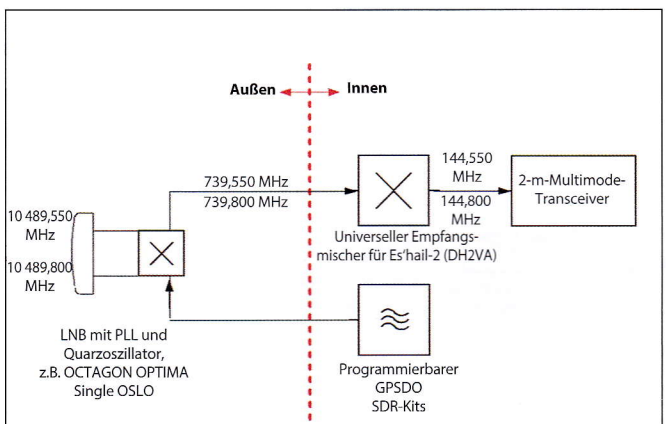


Bild 3.3: Quarzoszillator ersetzt durch programmierbaren GPSDO. Nachgeschalteter Empfangsmischer nach DH2VA. Temperaturkoeffizient ±0,5 ppb, Oszillatorfrequenz 9750 MHz (ZF 739,800 MHz), Frequenzdrift ±3,89 Hz

4.) 10 GHz modifizierter TV-LNC von Kuhne Electronic

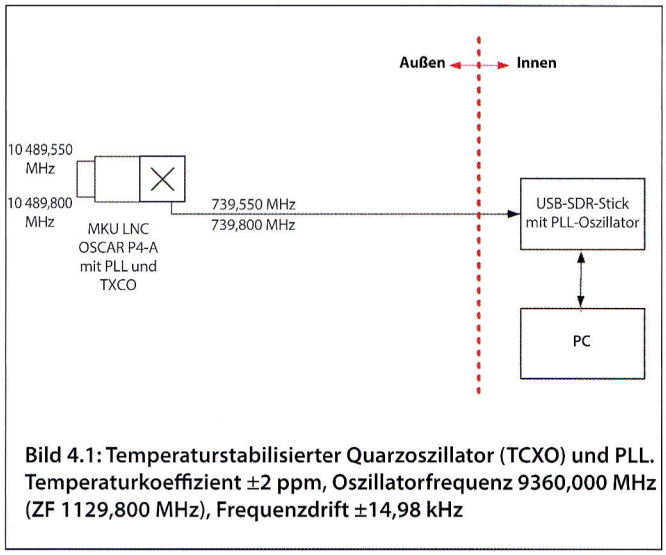


Bild 4.1: Temperaturstabilisierter Quarzoszillator (TCXO) und PLL. Temperaturkoeffizient ±2 ppm, Oszillatorfrequenz 9360,000 MHz (ZF 1129,800 MHz), Frequenzdrift ±14,98 kHz

5.) 10-GHz-Konverter aus Rumänien

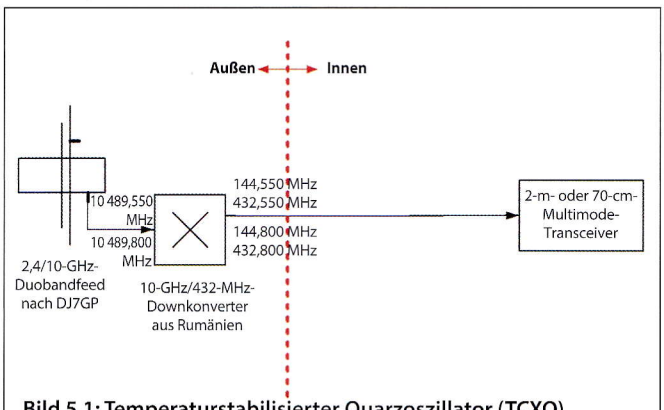


Bild 5.1: Temperaturstabilisierter Quarzoszillator (TCXO) und PLL. Temperaturkoeffizient ±2,5 ppm, Oszillatorfrequenz 10 345,000 MHz (ZF 144 MHz), Frequenzdrift ±20,69 kHz; Oszillatorfrequenz 10 057,000 MHz (ZF 432 MHz), Frequenzdrift ±20,11 kHz

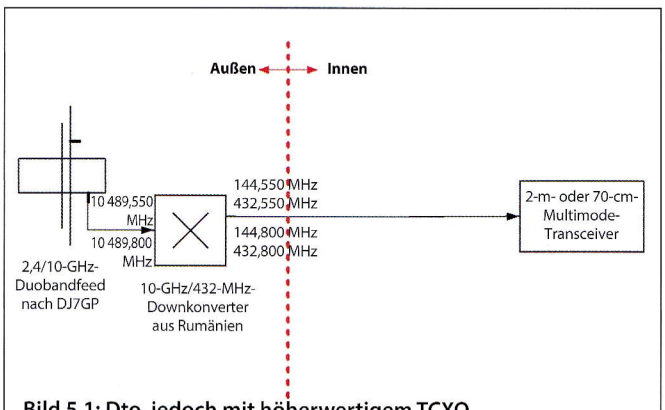


Bild 5.1: Dto. jedoch mit höherwertigem TCXO. Temperaturkoeffizient ±0,5 ppm, Oszillatorfrequenz 10 345,000 MHz (ZF 144 MHz), Frequenzdrift ±4,14 kHz; Oszillatorfrequenz 10 057,000 MHz (ZF 432 MHz), Frequenzdrift ±4,02 kHz

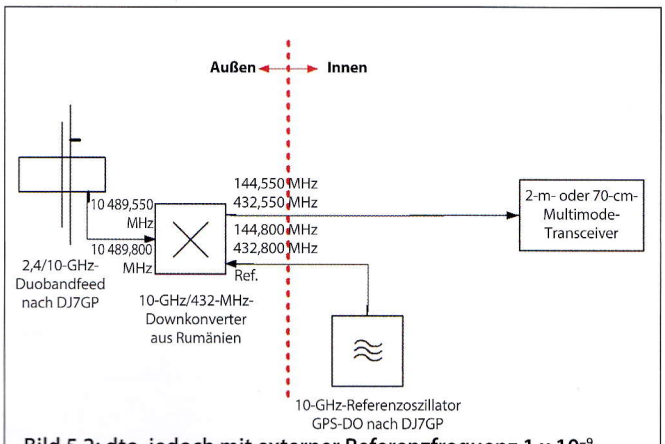


Bild 5.2: dto. jedoch mit externer Referenzfrequenz 1 x 10^{-9}. Oszillatorfrequenz 10 345,000 MHz (ZF 144 MHz), Frequenzdrift ±4,14 Hz; Oszillatorfrequenz 10 057,000 MHz (ZF4 32 MHz), Frequenzdrift ±4,02 Hz

6.) Zwei Beispiele für Transverter für den Betrieb über Es'hail-2

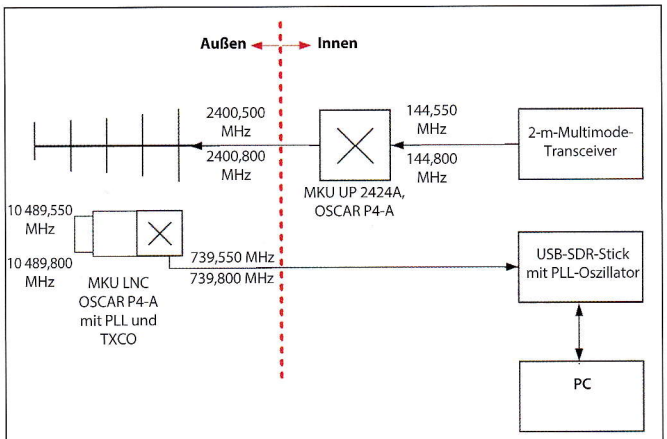


Bild 6.1: Mit Baugruppen von DB6NT. Im Sendezweig MKU UP 2424A, Temperaturkoeffizient ±2 ppm, Frequenzdrift ±1,92 kHz. Im Empfangszweig MKU LNC OSCAR P4A, Temperaturkoeffizient ±2 ppm, Frequenzdrift ±14,98 kHz

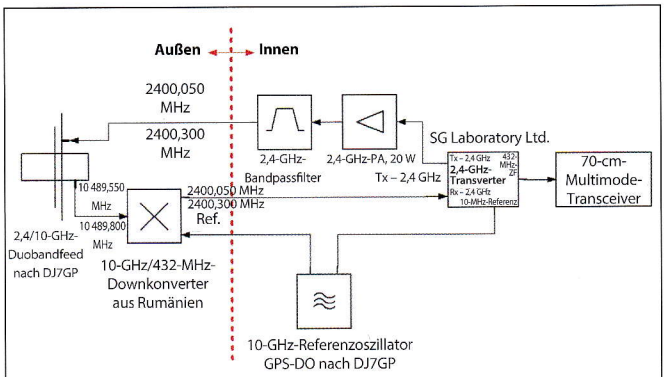
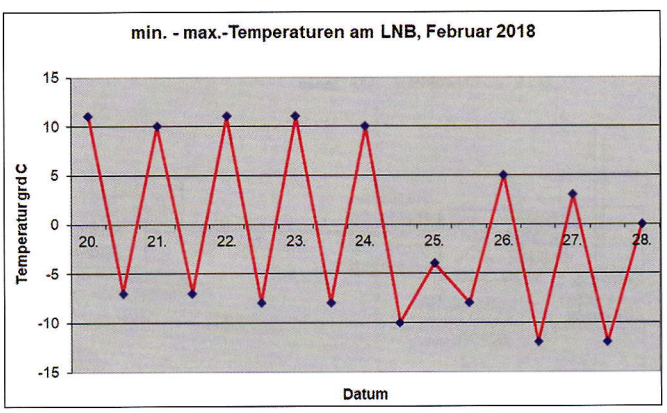
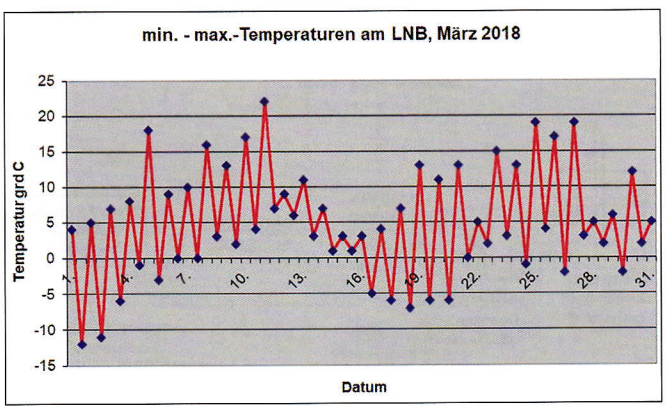
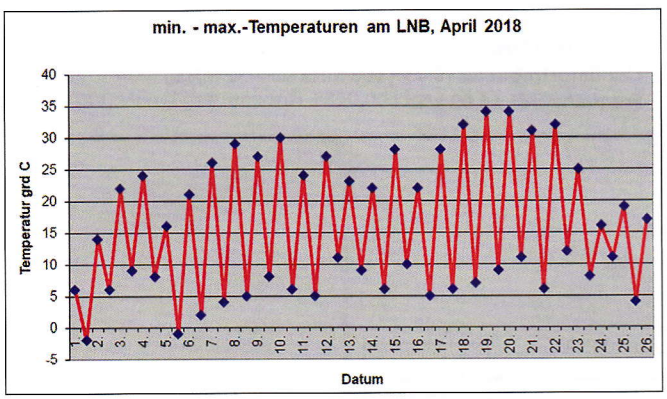


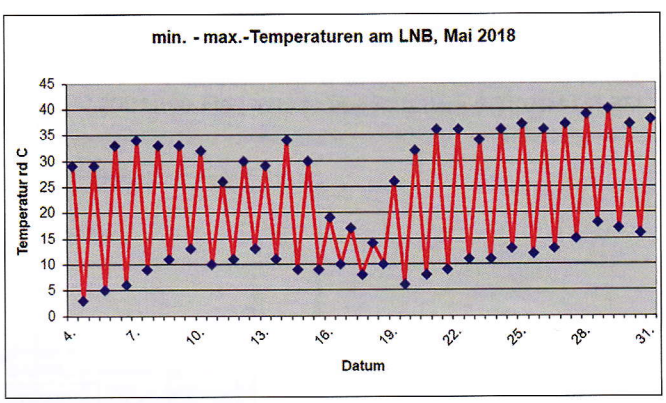
Bild 6.2: Mit Baugruppen aus Rumänien. Im Sende- und Empfangszweig der 13-cm-Transverter 432/2400 MHz. Zusätzlich im Sendezweig eine 20-W-PA und ggf. ein Bandpassfilter. Zusätzlich im Empfangszweig ein 10/2,4 GHz Downkonverter. Transverter und Down-Converter werden an einer 10-MHz-Referenz mit einer Stabilität besser 1 x 10^{-9} betrieben. Frequenzdrift im Sendezweig ±1,97 Hz, Frequenzdrift im Empfangszweig ±4,02 Hz

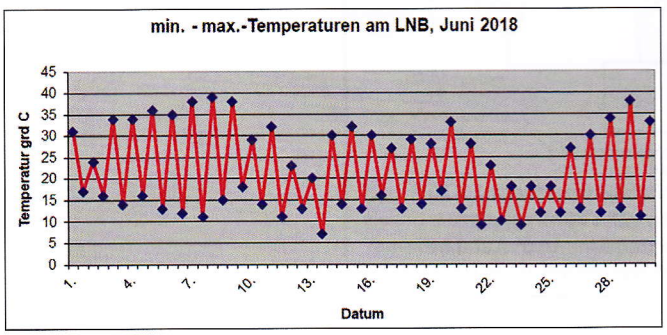
Die untenstehenden Grafiken zeigen die an einem LNB vor einem 90-cm-Offsetspiegel aufgetretenen Temperaturen

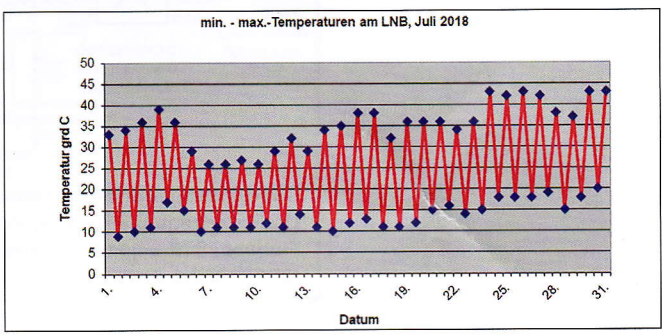




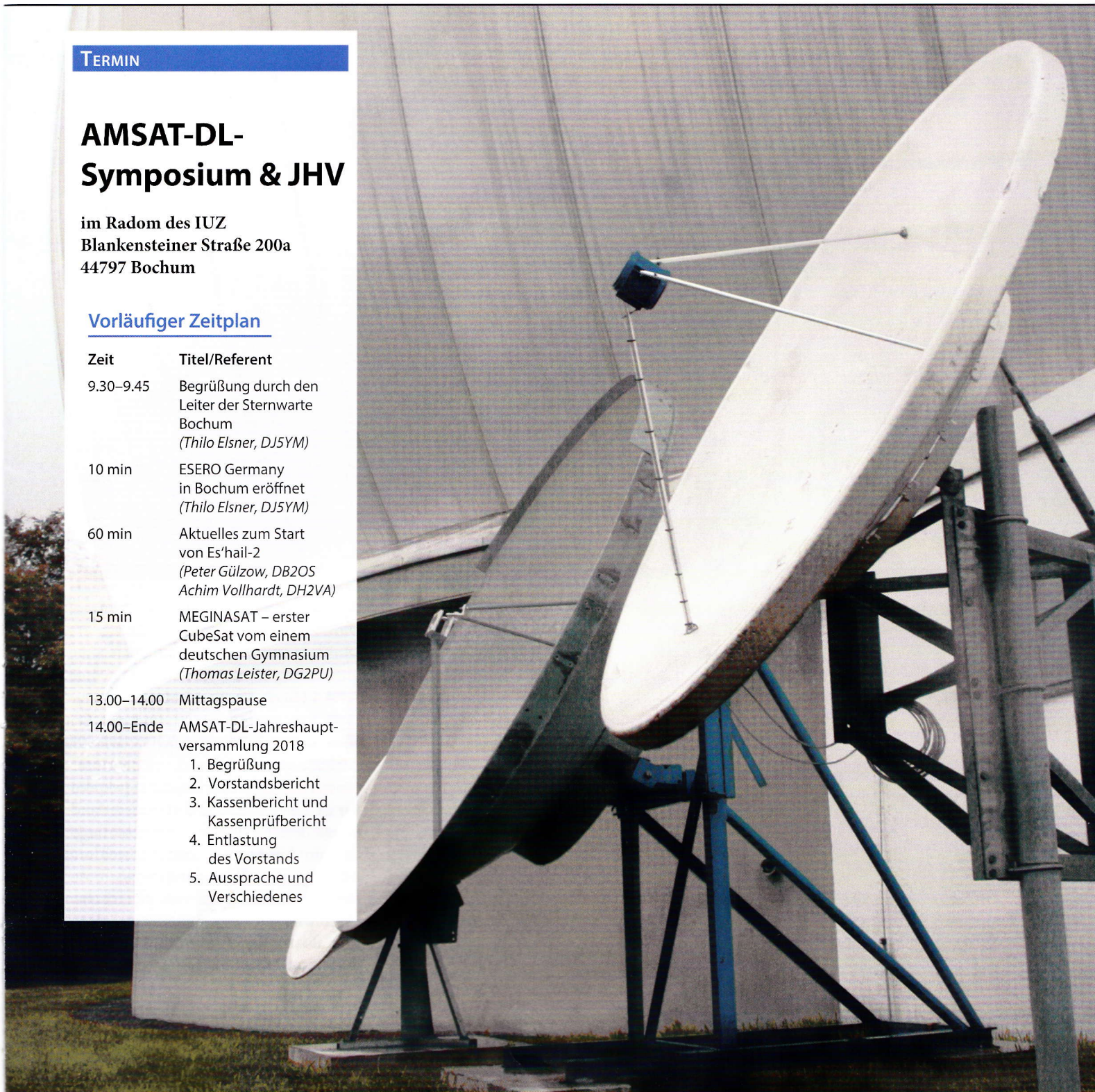








Erfreulicherweise werden Bandanfang und Bandende des Transponders durch Bakensignale markiert, was die „Navigation“ etwas erleichtert.
Hinzu kommt, dass die Temperaturänderung und damit auch die Frequenzdrift nicht sprunghaft erfolgt. Verbindungen in der Betriebsart SSB sind also sicher möglich. Vorausgesetzt die verwendeten Sender sind hinreichend frequenzstabil. Problematisch wird es jedoch bei Schmalbandbetriebsarten, wie z. B. PSK 31. Eine kalibrierbare Frequenzanzeige, wie wir sie von unseren KW-Transceivern gewohnt sind, ist mit diesen Empfängerkonfigurationen nicht möglich! Dazu muss man dann doch etwas mehr Aufwand treiben (**Blockschaltbilder 3.2, 3.3** und **5.2**).
Neben den o.g. Fakten gibt es aber noch eine Reihe anderer Gesichtspunkte für die Wahl des Empfängerkonzeptes. Die Verwendung eines (modifizierten) TV-LNBs erfordert z. B. separate Antennen für den 2,4-GHz-Uplink und für den 10-GHz-Downlink.
Die anderen Konzepte erlauben den Betrieb an dem von mir entwickelten Duoband-Feed (AMSAT-DL-Journal 1/2016) vor einem TV-Offsetspiegel. Die **Blockschaltbilder 6.1 und 6.2** zeigen beispielhaft zwei Transverter für Es'hail-2.
Der Transverter nach Bild 6.1 ist aus fertigen Geräten „von der Stange“ zusammengestellt, der Transverter nach Bild 6.2 muss mit Bausteinen des Herstellers in Rumänien selbst aufgebaut werden.
Dieser Transverter erlaubt dann die Abwicklung von QSOs, so wie wir es mit unseren KW-Transceivern gewohnt sind.



Termin

AMSAT-DL-Symposium & JHV

im Radom des IUZ
Blankensteiner Straße 200a
44797 Bochum

Vorläufiger Zeitplan

Zeit	Titel/Referent
9.30–9.45	Begrüßung durch den Leiter der Sternwarte Bochum *(Thilo Elsner, DJ5YM)*
10 min	ESERO Germany in Bochum eröffnet *(Thilo Elsner, DJ5YM)*
60 min	Aktuelles zum Start von Es'hail-2 *(Peter Gülzow, DB2OS Achim Vollhardt, DH2VA)*
15 min	MEGINASAT – erster CubeSat vom einem deutschen Gymnasium *(Thomas Leister, DG2PU)*
13.00–14.00	Mittagspause
14.00–Ende	AMSAT-DL-Jahreshauptversammlung 2018 1. Begrüßung 2. Vorstandsbericht 3. Kassenbericht und Kassenprüfbericht 4. Entlastung des Vorstands 5. Aussprache und Verschiedenes