

DB0YY



DB0YY

2 m Relaisfunkstelle Ludwigsburg

Beschreibung der 2-Standort-Lösung

Empfänger-Standort  
Wasserturm

DARC  
OV P06  
Ludwigsburg

2-Standort-  
BetriebRelais-  
BedienungBlockschalt-  
bilderTechnische  
DatenBilder  
SendestelleBilder  
EmpfangsstelleProjekt-  
beteiligteDARC  
OV P06  
Ludwigsburg**Warum wird das Relais nicht am alten Standort weiterbetrieben?**

Durch standortspezifische Störungseinflüsse wurde die Empfindlichkeit des Relaisempfängers zeitweise so stark beeinträchtigt, daß ein störungsfreier Betrieb am Standort Osterholzschule nicht mehr möglich war. Hauptverursacher war die in Sichtweite liegende Bahnstrecke mit ihrem Fahrleitungsnetz. Es erzeugte auf der Relaiseingabe 16 2/3 Hz-spezifische Prasselstörungen, die subjektiv die Empfängerempfindlichkeit um teils mehr als 20 dB reduzierten.

Störmeldungen an die BNetzA führten zwar immer wieder zu Entstöraktionen der Deutschen Bahn, die dann meist mehrere Hochspannungsisolatoren ausgetauscht hat. Die dadurch erzielten Verbesserungen waren aber immer von kurzer Dauer. Wenn es an der einen Ecke mal ruhig war, hat es an der anderen wieder angefangen zu knattern. Ein dauerhaft störungsfreier Betrieb konnte unter diesen Bedingungen nicht sichergestellt werden.

**Warum zwei Standorte?**

Eine Lösungsalternative wäre gewesen, die komplette Relaisfunkstelle an einen anderen Standort zu verlegen. Hier bot sich der vom OV Ludwigsburg bereits für die Baken genutzte Wasserturm am Römerhügelweg am südwestlichen Rand von Ludwigsburg an. Dort war das Relais bereits in den 70er-Jahren installiert, wurde aber nach vielen Schwierigkeiten wieder abgebaut und zur Osterholzschule verlegt. Problemverursacher waren damals Mischprodukte auf der Relaiseingabefrequenz, die durch Diodeneffekte am Kupferdach des Wasserturmes entstanden sind. Da hatte sich der eigene Relaissender mit einem Rundfunksender gemischt. Leider was das Endprodukt nicht immer sehr unterhaltsam.

Da der Wasserturm heute fest in der Hand diverser Mobilfunknetzbetreiber ist und ein UKW-Sender des Deutschlandfunks von dort aus seine Botschaften in den Äther funkt, hielt sich die Begeisterung für eine erneute Installation des gesamten Relais an diesem Standort in Grenzen. Die alten negativen Erfahrungen saßen einfach zu tief in den Knochen. Also mußte eine andere Lösung her.

**Neuer Wein in alten Schläuchen ...?**

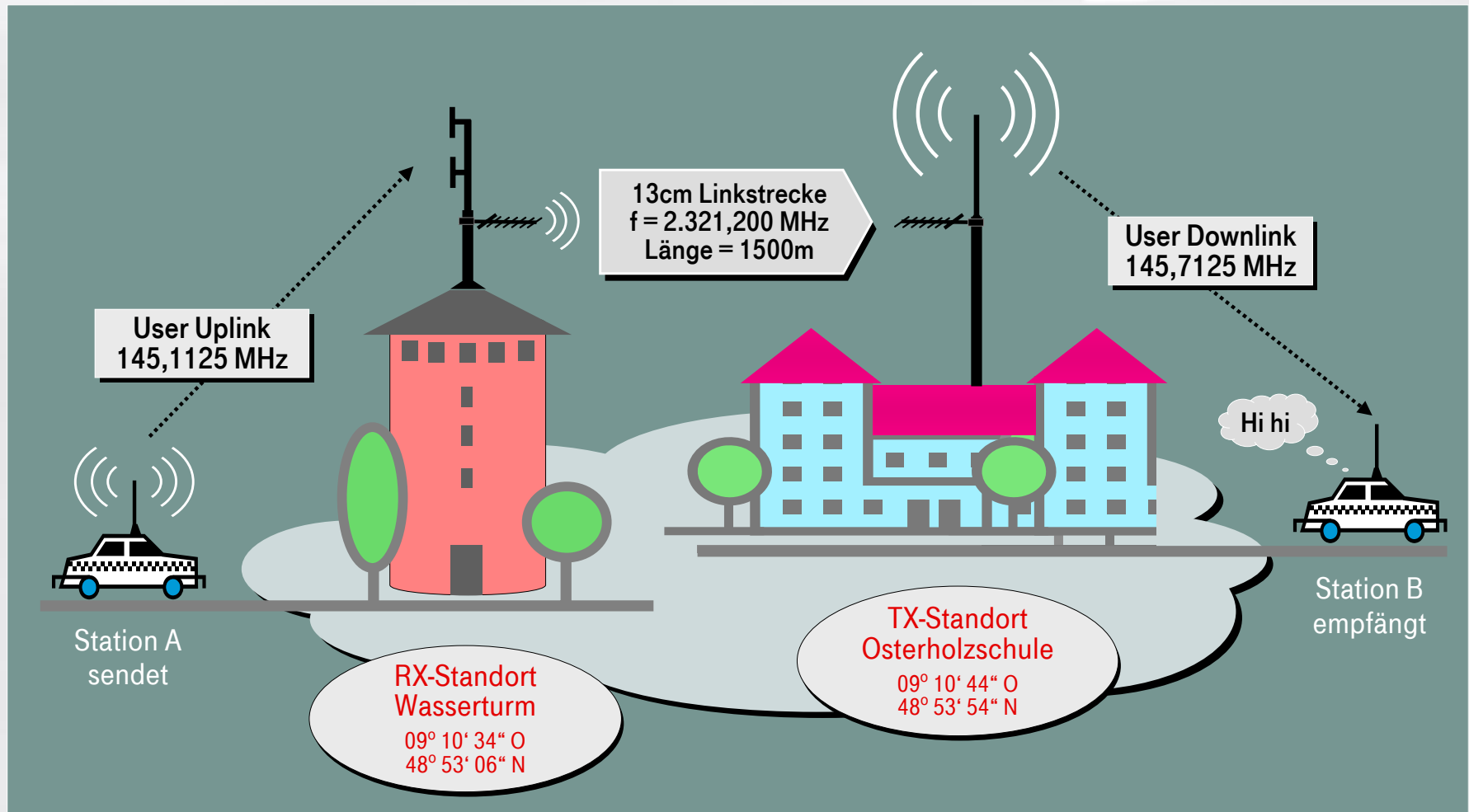
Bereits damals in den 70er Jahren, als die oben genannten Probleme am Wasserturm nicht zu beseitigen waren, wurde die Idee geboren, einfach den Sender räumlich vom Empfänger zu trennen. Als „Leitung“ zwischen den zwei Standorten sollte eine Linkstrecke im 23 cm Band zum Einsatz kommen. Dazu gab es sogar eine Genehmigung von der damals zuständigen Oberpostdirektion Stuttgart. Diese Lösung wurde dann aber aus verschiedenen Gründen nicht umgesetzt.

Getreu dem Motto „Gut Ding will eben Weile haben“ wurde die alte Idee wieder aus der Schublade geholt und ein wenig an die heutigen Möglichkeiten angepaßt. Nach einer grundsätzlichen Befürwortung durch die BNetzA mußten dann erst mal die Genehmigungsanträge gestellt werden. Bis die endgültigen schriftlichen Dokumente aber vorlagen, hat es dann noch mehr als ein Jahr gedauert. Da kamen die Primärnutzer des 13cm-Bandes, die ja zustimmen müssen, nicht so richtig in die Strümpfe.

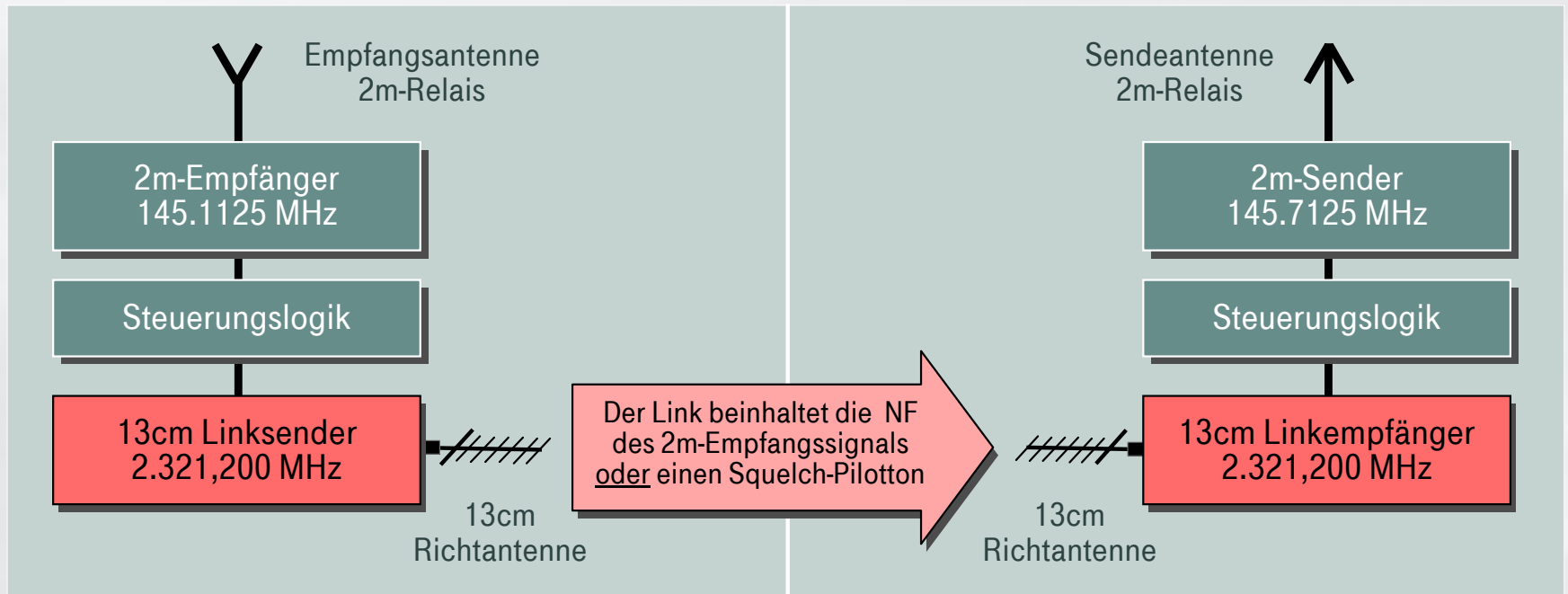
Verwaltungstechnisch sieht die heutige Lösung nun so aus:

**Call DB0YY:** Standort Osterholzschule, Sender auf 145.7125 MHz, Empfänger auf 2321,200 MHz

**Call DB0LB:** Standort Wasserturm, Empfänger auf 145.1125 MHz, Sender auf 2321,200 MHz. Da auf dem Wasserturm bereits die Baken im 70cm- und 23cm-Band gelaufen sind, konnte die Empfangsstelle des Relais unter dieser Rufzeichenzuteilung betrieben werden.

2-Standort-  
BetriebRelais-  
BedienungBlockschalt-  
bilderTechnische  
DatenBilder  
SendestelleBilder  
EmpfangsstelleProjekt-  
beteiligteDARC  
OV P06  
Ludwigsburg

Station A sendet auf der Eingabe und erreicht die Empfangsstelle des Relais auf dem Wasserturm. Das empfangene Signal wird über eine Richtfunkstrecke im 13cm-Band an die Sendestelle auf der Osterholzschule weitergeleitet und dort von der Sendestelle (Relaissender) auf der Ausgabe wieder abgestrahlt und erreicht die empfangende Station B.

2-Standort-  
BetriebRelais-  
BedienungBlockschalt-  
bilderTechnische  
DatenBilder  
SendestelleBilder  
EmpfangsstelleProjekt-  
beteiligteDARC  
OV P06  
Ludwigsburg**Empfangsstelle Wasserturm:**

Ein Signal auf der Relaiseingabe baut die „Leitung“ zur Sendestelle auf: Der Linksender im 13cm-Band wird eingeschaltet und mit der NF der rufenden Station (Benutzer-NF) moduliert. Wenn der 2m-Squelch dann wieder schließt, wird anstelle der Benutzer-NF ein 3300 Hz Pilotton aufgeschaltet. Damit wird der entfernten Sendestelle des Relais der Squelch-Status vom 2m-Empfängers signalisiert. Nach 70 Sekunden Inaktivität auf der Relaiseingabe wird die „Leitung“ zwischen den beiden Standorten wieder abgebaut, d.h. der Linksender wird abgeschaltet.

**Sendestelle Osterholzschule:**

Alle Relais-typischen Steuerungsfunktionen sind in der Sendestelle abgebildet. Wird ein Signal auf der Linkstrecke empfangen, wird grundsätzlich unterschieden zwischen Pilotton und Benutzer-NF. Pilotton vorhanden bedeutet „2 m-Squelch am Wasserturm ist geschlossen“, wird kein Pilotton erkannt, ist der 2 m-Squelch offen und das Linksignal beinhaltet die Benutzer-NF des 2m-RX am Standort Wasserturm, mit dem der eingeschaltete Relaisender moduliert wird. Nach dem letzten Schließen des 2m-Squelch kann das Relais 60 Sekunden lang mit Träger wieder aufgetastet werden. Nach weiteren 10 Sekunden schaltet die Empfangsstelle den Linksender ab.

2-Standort-  
BetriebRelais-  
BedienungBlockschalt-  
bilderTechnische  
DatenBilder  
SendestelleBilder  
EmpfangsstelleProjekt-  
beteiligteDARC  
OV P06  
Ludwigsburg

## Allgemeines

Grundsätzlich unterscheidet sich das neue Relais in der Bedienung nicht vom alten oder von anderen Relais. Eines der Ziele der neuen Lösung war, den Benutzer nicht merken zu lassen, daß sich die Technik der Relaisfunkstelle an zwei Standorten befindet.

## Relais öffnen

Befindet sich das Relais im selektiven Zustand, dann kann es auf zwei Arten geöffnet werden:

- mit 1750 Hz Tonruf von mindestens 0,4 Sekunden Dauer
- oder durch Aussenden der Ziffer 1 im DTMF-Modus

Das Relais meldet sich mit seiner Kennung und kann ganz normal benutzt werden. Nach Schließen des Empfänger-Squelch bleibt der Sender noch 3 Sekunden eingeschaltet. In den darauffolgenden 60 Sekunden kann er trägergesteuert wieder aktiviert werden. Danach muß das Relais wieder durch Tonruf bzw. DTMF-Ziffer geöffnet werden.

## Anmerkungen zum 12.5 kHz-Kanalraster

Grundsätzlich gelten im 2m-Relaisbereich die Regeln des 12.5 kHz-Kanalrasters. Im Vergleich zum alten 25 kHz-Raster bedeutet dies: Halber Senderhub und halbe Empfängerbandbreite. Soweit die Theorie. Leider stammen die meisten Funkgeräte der Relaisnutzer noch aus der „guten alten Zeit“ und sind mit diesen technischen Rahmenbedingungen nicht kompatibel. Manche Geräte lassen sich senderseitig zwar auf Schmalband-FM (NFM) umschalten und machen dann einen etwas geringeren Senderhub. Eine Halbierung der Empfängerbandbreite erfolgt aber nur in den Geräten der neueren Generation. Deshalb muß versucht werden, durch gewisse Kompromisse den Betrieb einigermaßen erträglich zu machen.

## Hubeinstellung bei der Benutzerstation

Bei einem Funkgerät mit Schmalband-FM bitte unbedingt auf diese Betriebsart umschalten. Ideal ist ein Spitzenhub von 2.5 kHz. Der Relaisempfänger verkraftet Hübe bis 3.2 kHz ohne Qualitätseinbußen, höhere Hübe werden bereits leicht verzerrt wiedergegeben. Wenn keine Schmalband-Betriebsart möglich ist, dann halt ein wenig leiser reden. Wem das gegen die eigene Natur ist, der kann ja das Mikrofon mit größerem Abstand besprechen.

## Hubumsetzung durch das Relais

Der Relaissender hat eine harte Hubbegrenzung bei 3.0 kHz. Mehr Hub geht einfach nicht, egal was auf der Eingabe ankommt. Um beim Benutzer trotz des gegenüber früher geringeren Hubes subjektiv eine annehmbare Lautstärke zu erzielen, werden die empfangenen Signale nicht 1:1 umgesetzt, sondern im Ausgabe-hub leicht angehoben:

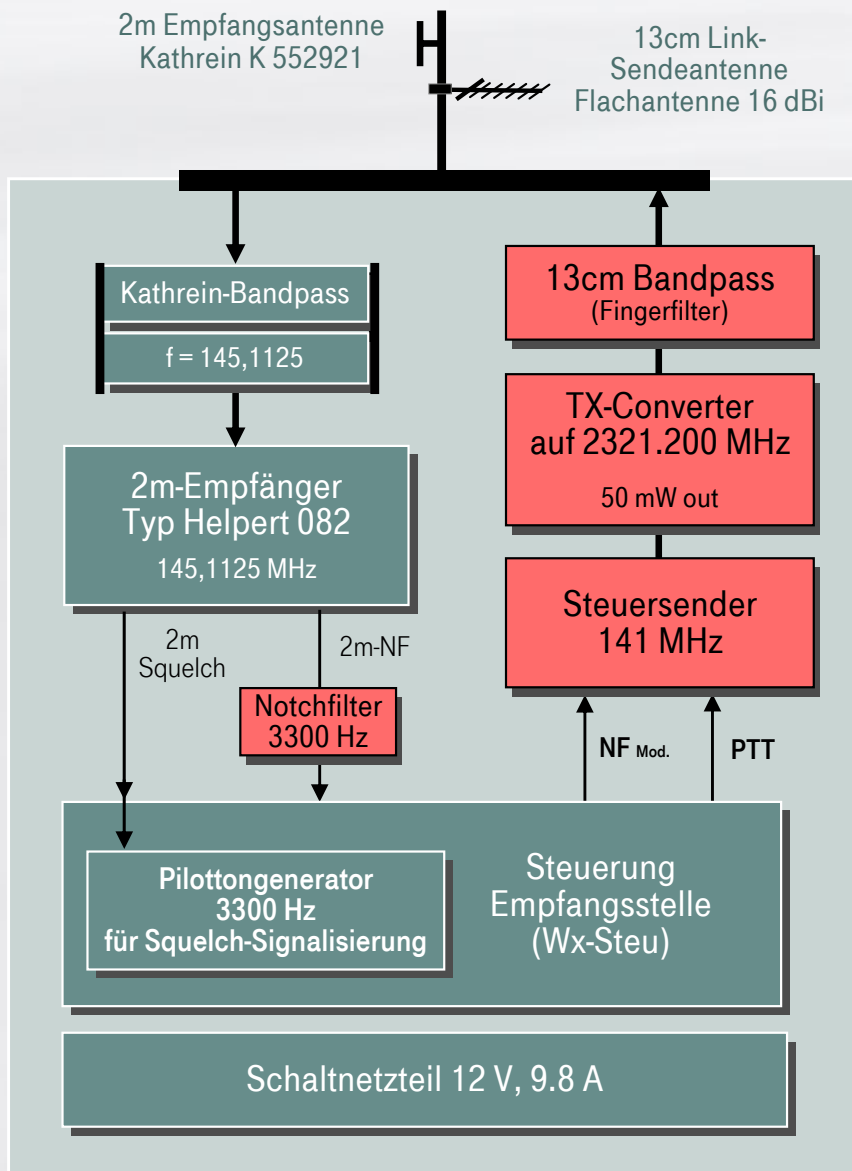
- die Eingangshübe werden um 400 Hz angehoben
- dies gilt bis zu einem Eingangshub von 2.6 kHz
- alle Hübe > 2.6 kHz laufen automatisch in die Hubbegrenzung und werden mit 3 kHz-Ausgabehub wieder abgestrahlt

## Sender-Subtone 88.5 Hz (CTCSS)

Der Relaissender strahlt immer einen Subtone von 88.5 Hz aus. Damit besteht für den Nutzer die Möglichkeit, den Empfänger auf CTCSS-Squelch umzuschalten. Damit werden störende Fremdsignale, die besonders im mobilen Umfeld immer häufiger auftreten, wirkungsvoll unterdrückt. Der Squelch öffnet dann nur, wenn der Relaissender empfangen wird.

## Sprechzeitbegrenzung (Quasselsperre)

Sie ist derzeit sehr großzügig auf 5 Minuten eingestellt.

2-Standort-  
BetriebRelais-  
BedienungBlockschalt-  
bilderTechnische  
DatenBilder  
SendestelleBilder  
EmpfangsstelleProjekt-  
beteiligteDARC  
OV P06  
Ludwigsburg

**Kathrein-Bandpass:** Mittenfrequenz auf der Relaiseingabe. Sorgt dafür, daß der Relaisempfänger vor dem Rest der HF-Welt geschützt wird.

**2m-Empfänger Typ Helpert 082:** Dies ist der eigentliche Relaisempfänger auf der Frequenz 145.1125 MHz.

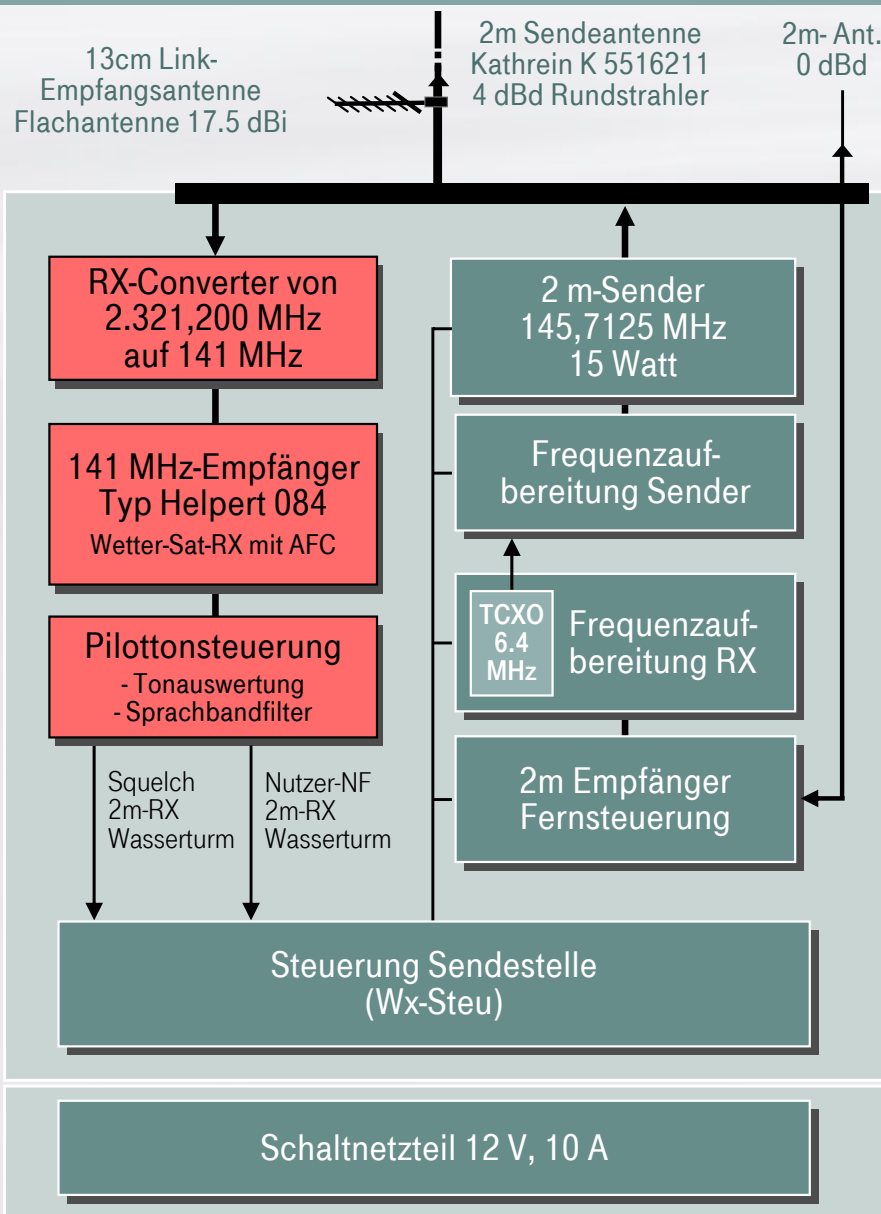
**Notchfilter 3300 Hz:** Das Notchfilter entfernt aus dem NF-Spektrum der Benutzer die Frequenzanteile im Umfeld der 3300 Hz. Damit wird eine Fehlauswertung der Squelch-Signalisierungslogik verhindert.

**Steuerung Empfangsstelle:** Komplette Relaissteuerung auf Basis eines PIC-Prozessors (Wx-Steu), die hier als tränergesteuerte Relaisstelle konfiguriert ist. Sie beinhaltet auch die Fernsteuerfunktionen für die Empfangsstelle.

**Steuersender 141 MHz:** Steuersender für die Linkstrecke mit ca. 80 mW Ausgangsleistung zur Ansteuerung des TX-Converters, Spitzenhub = 10 kHz.

**TX-Converter:** Setzt das Signal des Steuersenders auf die 13 cm-Linkfrequenz um. Ausgangsleistung ca. 50 mW. Zur Erreichung einer hohen Frequenzstabilität wird der Oszillatorquarz mit einem Präzisionsquarzheizer auf 40,8 Grad erwärmt.

**13 cm Bandpass:** 7-poliges Fingerfilter auf der Linkfrequenz zur Filterung des Linksendersignales.

2-Standort-  
BetriebRelais-  
BedienungBlockschalt-  
bilderTechnische  
DatenBilder  
SendestelleBilder  
EmpfangsstelleProjekt-  
beteiligteDARC  
OV P06  
Ludwigsburg

**Alle 2m-Komponenten sind Bausteine aus dem System Teleregent II der AEG/Telefunken in 19“-Bauweise.**

**2m Sender:** Baugruppe SDR12  
1 mW Input, 15 Watt Output

**Frequenzauflbereitung Sender:** Baugruppe FAS  
PLL mit VCO auf der Sendefrequenz, 1 mW Output,  
Modulationsverstärker mit Hubbegrenzer usw.

**Frequenzauflbereitung RX:** Baugruppe FAE  
PLL mit VCO für 1. Oszillator des Fernsteuerempfängers,  
zentraler 4.6 MHz-TCXO für beide Frequenzauflbereitungen

**2m Empfänger:** Baugruppe EM  
Empfänger für den Zugang zur Fernsteuerung der Sendestelle  
bei Ausfall der Linkstrecke

**RX-Converter:** Setzt das 13cm-Linksignal auf eine ZF von  
141 MHz um. Zur Erreichung einer hohen Frequenzstabilität  
wird der Oszillatorquarz mit einem Präzisionsquarzheizer auf  
40,8 Grad erwärmt.

**141 MHz Empfänger:** ZF-Teil des 13cm-Empfängers in Form  
eines Wettersat-RX mit AFC zum Ausgleich evtl. Frequenz-  
schwankungen des 13cm-Linksignals, Bandbreite für 50 kHz-  
Kanalraster

**Steuerung Sendestelle:** Relaissteuerung auf Basis eines PIC-  
Prozessors (Wx-Steu) mit allen Funktionen für den  
Relaisbetrieb und die Fernsteuerung der Sendestelle

2-Standort-  
BetriebRelais-  
BedienungBlockschalt-  
bilderTechnische  
DatenBilder  
SendestelleBilder  
EmpfangsstelleProjekt-  
beteiligteDARC  
OV P06  
Ludwigsburg

## Empfangsstelle Standort Wasserturm

2m- Empfänger	Doppelsuper, 1. ZF = 10.7 MHz, 2. ZF = 455 kHz, Typ Helpert DJ9HH 082	
	Frequenz	145.1125 kHz
	Kanal	RV57
	ZF-Filter 10.7 MHz	10M12D
	ZF-Filter 455 kHz	CWF 455 F
	Bandbreite -3 dB	12 kHz
	Empfindlichkeit	0,22 uV / 12 dB SINAD
2m-RX- Antenne	Rundstrahler mit bevorzugter Abstrahlung in Richtung NOO, Dipol vor Mast	
	Gewinn in Vorzugsr.	2 dBd
	Typ	Kathrein K552921
	Koaxkabel zum RX	20 m Ecoflex 10
Steuerung	Einplatinen-Ablaufsteuerung auf Basis eines PIC-Prozessors	
	Typ	Wx-Steu
	Betriebsart	Trägergesteuertes Relais
	Sendernachlauf (Link)	70 Sek.
Signali- sierung	Der Status des 2m-Squelch wird mittels Pilotton an die Sendestelle übermittelt	
	Pilottonfrequenz	3300 Hz
	Squelch offen	Pilotton = aus
	Squelch geschlossen	Pilotton = ein

Linksender	Eigenbau, erstellt von Richard DF5SL	
	Frequenz	2.321,200 MHz
	FM-Steuersender	141,000 MHz, 80 mW
	Spitzenhub	10 kHz
	Hubtransformation Relaiseingabe -> Linkstrecke	3 kHz Hub am 2m-RX ergeben 8 kHz Hub auf der Linkstrecke
	Oszil.-Quarzfrequenz	121.1222 MHz
	Vervielfachungsfaktor	18
	Quarztemperatur	40,8 Grad mit Präzisionsquarzheizer
	Pout auf 13cm	ca. 40 mW
Link- Antenne	Seitlich auf Höhe der Wasserturmfenster montierte Richtantenne	
	Typ	Flachantenne
	Gewinn	16 dBi

2-Standort-  
BetriebRelais-  
BedienungBlockschalt-  
bilderTechnische  
DatenBilder  
SendestelleBilder  
EmpfangsstelleProjekt-  
beteiligteDARC  
OV P06  
Ludwigsburg

## Sendestelle Standort Osterholzschule

2m-Sender	Komponenten des Systems Teleregent II von AEG/Telefunken	
	Frequenz	145.7125 kHz
	Kanal	RV57
	P <sub>out</sub>	15.8 Watt am TX-Ausgang
	Frequenzaufbereitung	PLL mit VCO auf 145 MHz
	Hubbegrenzung bei	3.0 kHz
	Hubumsetzung	Benutzerhübe bis 2.6 kHz werden um 400 Hz angehoben, alle Hübe darüber auf 3 kHz begrenzt
	CTCSS Subtone	88.5 Hz dauernd ein
2m-TX-Antenne	Flachrundstrahler, 4.80 m lang	
	Gewinn	4 dBd
	Typ	Kathrein K5516211
Steuerung	Einplatinen-Ablaufsteuerung auf Basis eines PIC-Prozessors	
	Typ	Wx-Steu
	Betriebsart	Normaler Relaisbetrieb
	Relais öffnen mit	Tonruf 1750 Hz > 400ms
	Relais öffnen mit	DTMF Ziffer 1
	Sendernachlauf	3 Sekunden
	mit Träger zu öffnen	bis 60 Sekunden nach TX-Abfall

13cm-Converter	13cm-RX-Converter erstellt von Richard DF5SL	
	Linkfrequenz	2.321,200 MHz
	RX-Converter	Prinzip wie TX-Converter
	ZF-Ausgang	141.000 MHz
Link-RX	Die aus dem RX-Converter kommende ZF von 141 MHz geht in einen Wettersat-RX mit AFC	
	Art	Wettersat-RX mit AFC
	Type	Helpert DJ9HH 084
	Frequenz	141.000 MHz
	Bandbreite -3dB	30.7 kHz
	Ziehbereich der AFC	ca. 8 kHz
Link-Antenne	Zusammen mit der 2m-Antenne für den Fernsteuer-RX auf dem Dach der Schule montiert	
	Typ	BAZ-Flachpanel
	Gewinn	17.5 dBi
Signalisierung	Der Squelch-Status des entfernten Relaisempfängers wird über einen Pilotton signalisiert	
	Auswertefrequenz	3300 Hz
	Squelch-Status	Ton = Squelch zu Kein Ton = Squelch offen
	Sprachbandfilter	Sperrdämpfung für Pilotton > 50 dB
2m Fernsteuer-RX	Bei Ausfall der Linkstrecke kann über einen 2m-RX direkt auf die Fernsteuerfunktionen der Sendestelle zugegriffen werden.	

2-Standort-  
Betrieb

Relais-  
Bedienung

Blockschalt-  
bilder

Technische  
Daten

Bilder  
Sendestelle

Bilder  
Empfangsstelle

Projekt-  
beteiligte

DARC  
OV P06  
Ludwigsburg



13cm  
Converter

141 MHz  
RX

Relais-  
steuerung

2m-RX  
Fernsteuerung

2m-  
Relaissender  
145.7125 MHz

Frequenzauf-  
bereitung  
Sender

Regler  
Stromvers.

Piloton-  
steuerung

Zentrale  
Schnittstelle

Frequenzauf-  
bereitung  
2m-RX Fernst.

2-Standort-  
Betrieb

Relais-  
Bedienung

Blockschalt-  
bilder

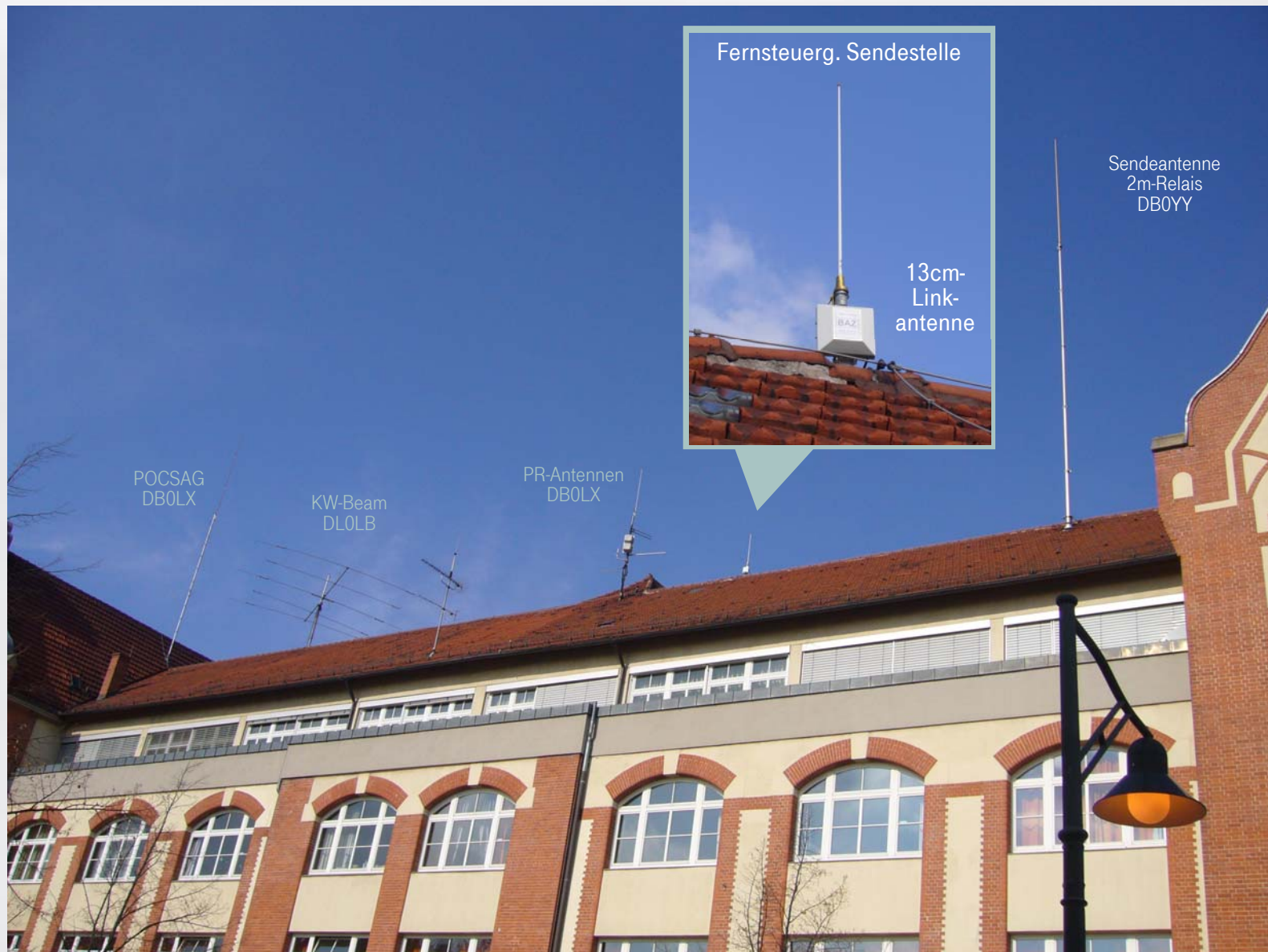
Technische  
Daten

Bilder  
Sendestelle

Bilder  
Empfangsstelle

Projekt-  
beteiligte

DARC  
OV P06  
Ludwigsburg



2-Standort-  
Betrieb

Relais-  
Bedienung

Blockschalt-  
bilder

Technische  
Daten

Bilder  
Sendestelle

Bilder  
Empfangsstelle

Projekt-  
beteiligte

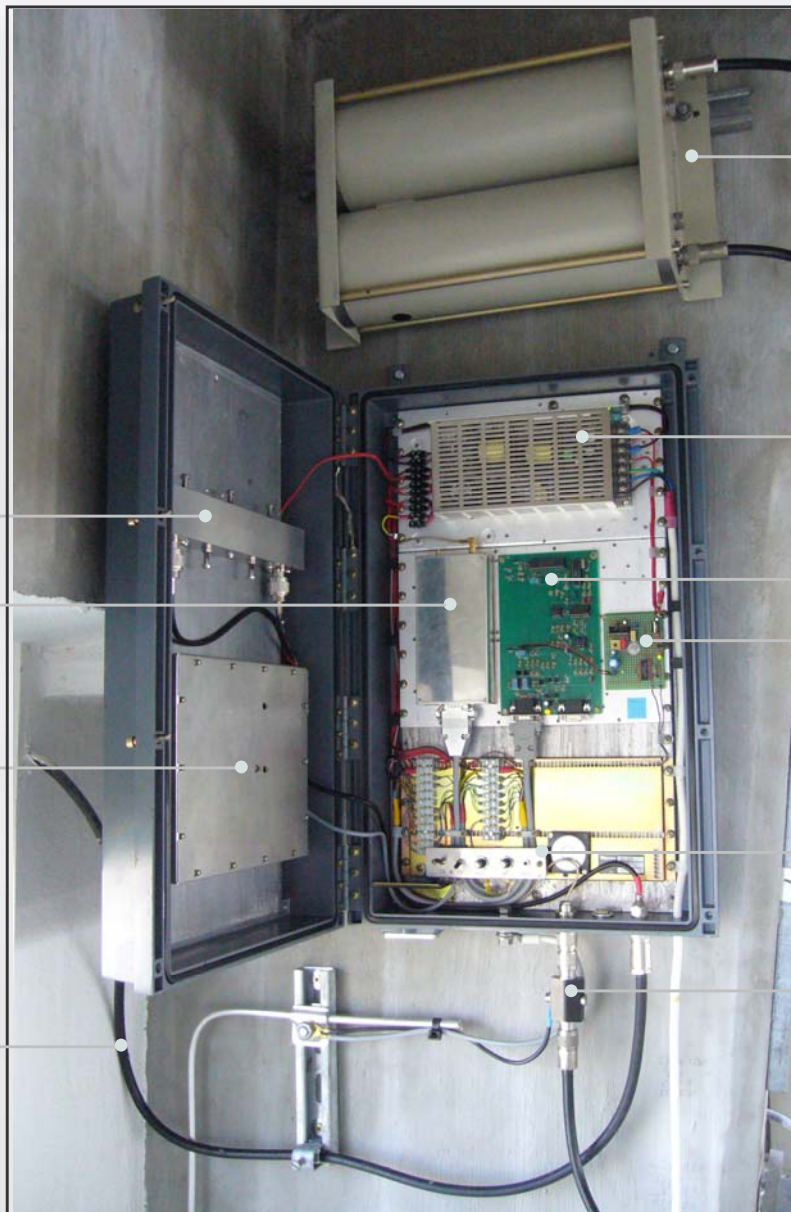
DARC  
OV P06  
Ludwigsburg

13cm-Fingerfilter

2m-Relaisempfänger  
145.1125 MHz

Komplette Technik für  
den 13cm-Linksender:  
141 MHz-Steuersender  
TX-Converter auf 2.3 GHz  
Notchfilter 3300 Hz

Kabel zur 13cm-  
Antenne



Kathrein  
Bandpassfilter

Stromversorgung  
der Empfangsstelle

Ablaufsteuerung

Pilottonsteuerung  
und -logik

Bedienelemente

Kabel zur 2 m-Antenne  
mit Blitzschutz

2-Standort-  
Betrieb

Relais-  
Bedienung

Blockschalt-  
bilder

Technische  
Daten

Bilder  
Sendestelle

Bilder  
Empfangsstelle

Projekt-  
beteiligte

DARC  
OV P06  
Ludwigsburg

Betriebsfunk der  
Wasserversorgung

70cm Bake  
DB0LB

23cm Bake  
DB0LB

Empfangsantenne  
2 m-Relais DB0YY



Im Hintergrund:  
Antennen UKW-Sender  
und Mobilfunksysteme

13 cm Link-Sende-  
antenne in Richtung  
Osterholzschule



Empfangsantenne  
2m-Relais

2-Standort-  
BetriebRelais-  
BedienungBlockschalt-  
bilderTechnische  
DatenBilder  
SendestelleBilder  
EmpfangsstelleProjekt-  
beteiligteDARC  
OV P06  
Ludwigsburg

Für die tatkräftige Unterstützung bei der Realisierung des Projektes bedanke ich mich bei

**DF5SL, Richard** für die Planung und perfekte Erstellung der kompletten 13cm-Technik, bestehend aus 141 MHz-Steuersender, TX-Converter auf 13cm und den Empfangsconverter von 13cm auf die 141 MHz-ZF

**DH9AN, Peter** für diverse Spenden von Hardwarekomponenten wie z.B. die komplette Teleregent II-Technik von AEG/Telefunken und seine praktischen Tips aus dem reichhaltigen Erfahrungsschatz der kommerziellen Funktechnik

**DJ9HH, Harald Helpert** für seine unermüdliche Geduld und immer freundliche Unterstützung bei der Lösungsfindung für den 2m-Relaisempfänger und den 141 MHz-Wettersat-Empfänger, insbesondere wenn's immer wieder um das kritische Thema der geforderten linearen NF-Frequenzgänge ging.

**DL5VDA, Erhard** für seine nie nachlassende Unterstützung bei der Koordinierung und Realisierung sämtlicher Aufbauaktivitäten im Umfeld Antennenbau und Herstellung der Grundinfrastruktur auf dem Wasserturm und der Osterholzschule, insbesondere für seine furchtlosen Außeneinsätze beim Antennenbau in schwindligen Höhen.

**DH2SAT, Karl-Heinz** als „Projektminister für mechanische Spezialitäten“ für seine Beratung und tatkräftige Unterstützung beim Aufbau der Infrastruktur auf dem Wasserturm und der Osterholzschule

**DL4SBK, Horst** der als OVV von P06 das Projekt immer gefördert und unterstützt hat

**Allen anderen Mitwirkenden** für die konstruktive Unterstützung des Projektes

Wie beim Bau des alten Relais war es wieder mal eine interessante Betätigung, die viel Spaß gemacht hat. Und so ganz nebenbei konnte man auch noch neue Erfahrungen sammeln. Zwei davon sollen nicht unerwähnt bleiben:

- Eine 12 kg schwere Bosch-Schlagbohrmaschine kann selbst nach einem senkrechten Sturz aus knapp 40 m Höhe noch funktionieren!
- Das Bohren von 50 mm-Löchern durch eine 40cm dicke Betonwand sollte man doch besser den Fachspezialisten überlassen!



Heinz, DK3PT