

**(Amateur) - Funk**

**im Terahertz Bereich ( $\geq 0,444$  THz - 1667 THz)**

**Freiraum-Kommunikation**

**FSO - Free Space Optics**

Version 2005-September-01-15:00

$\alpha\lambda$

<http://www.lichtsprechen.de>

[d17uhu@darc.de](mailto:d17uhu@darc.de)

Peter Greil

## Hinweise:

Druckeinstellungen: Courier New - Normal - Seitenränder: oben 15 mm, sonst 2 cm

Textstellen sind auf Grund komplexer Beziehungen von einander abhängig. Missverständnisse können sich ergeben, wenn durch nur teilweises Lesen und Verstehen des Textes diese Beziehungen nicht erkannt werden.

Der Text ist nach bestem Wissen und Gewissen verfasst, was aber keine Fehler ausschließt.

**Änderungen, Ergänzungen gegenüber Version 2005-Juni-20-12:00**

Diese Seite wurde letztmalig aktualisiert am 28.08.2005

- 1 Einleitung  
Verwendung vom Kehlkopfmikrofon, 1. Absatz  
In Tabelle Funkverbindung maritim mobile eingearbeitet  
... 100 Jahre ... ergänzt
- 3 Betriebs- und Sendeararten  
Ergänzt, Telegrafie bei Telefonie
- 5 QSL-Karte  
Sichtweite berücksichtigt  
Notwendigkeit der Verwendung eines 8 bzw. 10 stelligen Locators.
- 10.2 Reichweite  
Kommerzielles Beispiel durch Hinweis auf adaptive Optik ergänzt
- 10.5 Standort und -angaben, ...  
Magnetnadel/Kompass, im Richtkreis und Zubehör für Theodolit  
Überarbeitet und ergänzt
- 11.3 Visiereinrichtung  
Ergänzung zum Absehen, zur Strichplatte
- 11.8 Stativ, Stativschiene  
Verwendung eines unstabilen Stativs beim Funkverkehr vom fahrenden und damit schwankendem Schiff eingearbeitet
- 13 Messungen, Justage und ...  
Überarbeitet
- 14 Baken  
Ergänzt
- 22 (K) Beugung, Brechung und Reflexion in Wolken  
Schreib- und Rechenfehler in Gleichung berichtigt, ergänzt

Als aktualisierter Vortrag u.a.

- 1999: HAM-Radio Friedrichshafen
- 2000: HAM-Radio Friedrichshafen
- 2001: HAM-Radio Friedrichshafen, Weinheimer UKW-Tagung
- 2002: 2. AFU-Fachtagung Brandenburg, 25. GHz-Tagung Dorsten, HAM-Radio Friedrichshafen, Weinheimer UKW-Tagung
- 2003: HAM-Radio Friedrichshafen, Weinheim UKW-Tagung
- 2004: HAM-Radio Friedrichshafen, Weinheim/Bensheim UKW-Tagung
- 2005: HAM-Radio Friedrichshafen

## Lichtsprechen

### Inhaltsübersicht

1	Einleitung
2	Wellenlängen-/Frequenzbereiche
2.1	EUROPA
2.2	
2.3	
2.4	Nationale Einschränkungen
3	Betriebs- und Sendarten
4	Signalstärke
5	QSL-Karte
6	Schwingungserzeugung
7	Laser Klassen nach Europanorm EN 60825-1
8	Nationale Regelungen
8.1	Situation in Nachbarländern
8.2	(Amateur-) Funkbetrieb in Deutschland
8.3	Nutzung des Bereiches durch deutsche Bürger in Deutschland
8.4	Ausländische Funkamateure und Amateurfunk oberhalb von 0,3 THz in Deutschland
9	Historie
10	Grundlagen
10.1	(Tages-)Sichtweite
10.2	Reichweite
10.3	Auge und optische Instrumente (Fernglas)
10.4	Empfangsleistung und Bestrahlungsstärke
10.5	Standort und -angaben, Suchen und Finden der Gegenstelle
11	Baugruppen eines Lichtsprechgerätes
11.1	Empfänger; seine Optik, Empfangskopf
11.2	Sender; Sendekopf
11.3	Visiereinrichtung
11.4	Bedienteil; Tonselktion, Verstärker, Modulator, Tongenerator
11.5	Stromversorgung
11.6	Zubehör am Lichtsprechgerät
11.7	Eigentliche Mechanik
11.8	Stativ, Stativschiene
12	Messmittel
13	Messungen, Justage und Abgleich im Freien
14	Baken
15	Rundspruch- und Teststation
16	Mikrowellenantennen schnell und optional ausrichten
17	Lichtsprechgeräte, kommerzielle, alphanumerisch
18	Lichtsprechgeräte, Eigenbau
18.1	Allgemein
18.2	Grundsätzliche Entscheidungen
19	Ausblick
20	Zugriff auf aktuelle Informationen
21	Umrechnungen, Meßbedingungen
22	Berechnungen zu ausgewählten Themen
23	Bezugsquellen, Ergänzungen
24	Literatur, Hinweise
25	PS
26	Anlagen
26.1	Nutzungsbestimmungen bis 04.10.2003
26.2	Nutzungsbestimmungen ab 21.04.2005
27	Bildteil
28	Schaltungen
	Sachverzeichnis

## 1 Einleitung

Eines Mittags teilte mir Achim, DM7LED mit, das er den Woltersdorfer Aussichtsturm in gut 24 km Entfernung von seiner, im Herzen von Berlin liegenden Wohnung sieht. Es wurde darauf vereinbart, das sein Lichtsprechgerät um 14 Uhr auf den Turm ausgerichtet, mit A 2 moduliert ist und er hört.

In mein Lichtsprechgerät wurden 3 Mignon Zellen eingesetzt, das Stativ gegriffen und nach 3 Minuten war die Wohnung verlassen. Nach der Ankunft mit den Öffentlichen und zu Fuß auf dem Turm wurde das Fenster geöffnet und das Lichtsprechgerät aufgebaut. Das dauerte 4 Minuten, wobei die meiste Zeit für das Öffnen des Fensters benötigt wurde. Punkt 14 Uhr wurde der Horizont mit eingeschaltetem Gerät abgesucht, da ja Achims Wohnung in der Nähe des Ostbahnhofes auf diese Entfernung im Berliner Dunst nicht zu erkennen war. Nach Sekunden wurde von mir der in der Lautstärke ansteigende A 2 Ton gehört und sofort in das Mikrofon gesprochen. Die Antwort kam prompt, da ja als Grundvoraussetzung das gleichzeitige „Sehen“, Sprechen und Hören, Senden und Empfangen je Gerät, gegeben war.

Das ist ein typisches Beispiel aus der Praxis, nur mit dem gleichzeitigen Benutzen der Visiereinrichtung, dem „Sehen“; dem Senden und Empfangen sind sinnvoll Verbindungen aufzubauen, wenn nur eine Station die andere sieht oder sie sich beide nicht sehen, das ist der Normalfall! Einschalten des Gerätes bedeutet Sende- und Empfangsbetrieb gleichzeitig, es gibt keine Sendetaste! Wer einen Lautsprecher am Gerät hat und bei Telefonie mit Mikrofon benutzen möchte, hat das Wesentliche nicht erkannt; es sei denn, er benutzt ein Kehlkopfmikrofon, wurde zur HAM-Radio 2005 erfolgreich probiert oder eine entsprechende Anordnung/Schaltung zur Kompensation, zur Ermöglichung des Freisprechens.

Verwendet wurden die aus den 80er Jahren stammenden Geräte JO-4.02 von CARL ZEISS JENA mit 1 mW Sendeleistung einer IRED, (**I**nfra **R**ot **E**mitter **D**iode) auf 945 nm.

Der optische Bereich wurde schon vor über 100 Jahren für experimentelle Telefonieübertragungen, seit ca. 90 Jahren für Telefonieübertragungen genutzt, in Deutschland wurde dafür der Begriff „Lichtsprechen“ verwendet. Der Einsatz erfolgte zur Zeit des 1. und 2. Weltkrieges für vorwiegend militärische Zwecke und während des kalten Krieges vorwiegend von „Agenten“ und „Kundschaftern“.

Die „Agentin“ G. G. wurde 1959 in der DDR zu 12 Jahren Zuchthaus verurteilt. Zur Inbetriebnahme des amerikanischen Infrarot-Lichtsprechgerätes nahm sie die Hilfe eines Bekannten in Anspruch, von dem sie „verraten“ wurde.

Heute werden riesige Datenmengen im Gbit Bereich auf Strecken bis zu 3 km (5 km) in Ballungszentren sicher übertragen, zwischen Flugzeugen in 12 km Höhe 800 km mit 15 mW, zwischen Satelitten über 40.000 km überbrückt, die Entfernung zum Mond ununterbrochen gemessen und Laserblitze von 100 Trillionen Watt/cm<sup>2</sup> = 100\*10<sup>18</sup> W/cm<sup>2</sup> = 100.000.000.000.000.000 W/cm<sup>2</sup> erzeugt.

Funkamateure haben in den 60er Jahren vereinzelt und danach mit der Möglichkeit Laser zu benutzen verstärkt Aktivitäten gezeigt. Jetzt werden internationale Regelungen überarbeitet, bzw. geschaffen und koordiniert, um auch in unseren Nachbarländern Amateurfunk im Terahertz-Bereich zu bekommen. Die überbrückbaren Reichweiten sind im wesentlichen vom Standort und vor allem vom **Wetter** abhängig, die Leistung spielt bei sehr guter Sicht eine untergeordnete Rolle.

Obwohl 1954 schon galt: „Die weit verbreitete Meinung, die ultrarote Strahlung werde durch Nebel nicht oder nur sehr wenig geschwächt, ist irrig.“/3/ hat sich daran nichts geändert. Es ist ein Märchen, das Nebel bei Sichtweite unter 500 m, die Übertragung im nahen Infrarot, 214 THz-Band weniger beeinflusst als im Sichtbaren, 429 THz-Band./24/ Der Vergleich 2er Fotografien, einmal mit normalen Film und einmal mit Infrarotfilm aufgenommen tut sein übriges.

Beispiele für zweiseitige Verbindungen, nach unterschiedlichen Gesichtspunkten ausgewählt:

LOS (Line of Sight), WR (World Record), WF (World First QSO), DL (DL Record)

Band	$\lambda$	Date	Calls	QRB	Remarks
0,3 THz	730 $\mu$ m	1998-01-06	DB6NT/p DL1IN/p	0,05 km	LOS, WR, WF, /15/
100 THz					
214 THz	940 nm	2003-05-24	DL7USE/p, DL7VGB/p	24 km	LOS, 1 mW, 3 mrad, IRED
214 THz	940 nm	2005-06-29	DO7LED/p, DL7UHU/p	10 km	LOS, maritim mobile
429 THz		1991-06-08	KY7B/7 WA7LYI	248 km	LOS, WR, /14/
429 THz	660 nm	2002-06-03	DB6NT/p, DG8EB/p, DJ5NQ/p	72 km	LOS, DL, 5 mW Laser
750 THz	370 nm	2003-02-23	DF9PX/p; DJ5NQI/p	3 km	LOS, DL,
952 THz					
1071 THz					

## 2 Wellenlängen-/Frequenzbereiche

Der Bereich beginnt bei 0,3 THz, was einer Wellenlänge von 1 mm entspricht. Die Angabe der Wellenlänge ist hier noch üblich und **maßgebend**, denn die praktische Frequenzangabe und damit die Bandbezeichnung stimmt nicht in jedem Fall mit der Wellenlängenangabe überein. Die Maßeinheit Ångström sollte nicht mehr verwendet werden.

Bei der Angabe von Kanälen, oberhalb von 100 THz, kommerzieller Abstand 100 GHz, muss natürlich die Frequenz angegeben werden, bei Angabe der Wellenlänge würde sich von Kanal zu Kanal jeweils ein anderer Kanalabstand, eine andere Wellenlänge als Differenz ergeben.

Aktuelle Bänder **ohne** Berücksichtigung durch **nationale Einschränkungen (Punkt 2.4)** sind:

## 2.1 EUROPA/5/

<u>0,3 THz</u> ...	<100 THz,	1 mm ...	<3 µm,	Infrarot C
<u>100 THz</u> ...	<214 THz,	3 µm ...	<1,4 µm,	Infrarot B
<u>214 THz</u> ...	<429 THz,	1,4 µm ...	<700 nm,	Infrarot A
<u>429 THz</u> ...	<750 THz,	700 nm ...	<400 nm,	Sichtbar, bevorzugt 660 nm, ±15 nm
<u>750 THz</u> ...	<952 THz,	400 nm ...	<315 nm,	Ultraviolett A
<u>952 THz</u> ...	<1071 THz,	315 nm ...	<280 nm,	Ultraviolett B
<u>1071 THz</u> ...	<1667 THz,	280 nm ...	<180 nm,	Ultraviolett C

**Fettgedruckt** und unterstrichen sind die **Bandbezeichnungen**, **fettgedruckt** und **kursiv** der **exakte Wert**.

Die verbalen Bezeichnungen sind eine kleine Auswahl aus teilweise sich widersprechenden Bezeichnungen.

Um Doppelnutzung einer Wellenlänge bzw. Frequenz für 2 benachbarte Bänder zu vermeiden, wurde das „<“ Zeichen verwendet.

## 2.2 entfallen

## 2.3 entfallen

## 2.4 Nationale Einschränkungen, siehe auch Punkt 8

Es gelten folgende Einschränkungen für Funkbetrieb nach Punkt 8.2 und 8.3 in Deutschland, in folgenden Frequenzbereichen ist Funkbetrieb nicht erlaubt:

**300 GHz - 444 GHz; 453 GHz - 510 GHz; 546 GHz - 711 GHz; 730 GHz - 909 GHz; 926 GHz - 945 GHz; 951 GHz - 956 GHz und >1666667 GHz**

## 3 Betriebs- und Sendarten

AM Telegrafie Rx: **625 Hz** optimale NF Bandbreite abhängig vom „Tempo“  
Tx: **625 Hz ±1 Hz** Tastgrad 0,5, Modulationsgrad 100 %, in den „Satzpausen“ hochlaufend auf mittlere Leistung wie bei A3 unmoduliert!

AM Telefonie Rx: 350 Hz - 2,7 kHz Bandbreite der NF Selektion 2,35 kHz  
Tx: 350 Hz - 2,7 kHz Sprache

Der unbedingt wahlweise gleichzeitig sendbare Telegrafieton ist nur mit 50 % moduliert.

FM Telegrafie Rx: 32,768 kHz Festfrequenz zwischen 32 kHz und 38 kHz  
**625 Hz** Bandbreite der HF Selektion 3 kHz  
**625 Hz** optimale NF Bandbreite abhängig vom „Tempo“  
Tx: 32,768 kHz Träger **einstellbar zwischen 32 kHz und 38 kHz**  
**625 Hz ±1 Hz** Telegrafieton, **Modulationsindex 1**

Der Modulationsindex für FM-Telefonie und Telegrafie beträgt 1 für Demodulation an der Rauschgrenze.

Für Signale mit günstigeren Werten kann der Modulationsindex erhöht werden, um die Qualität zu steigern. Das zieht Änderungen auf der Sender- und Empfängerseite nach sich.

FM Telefonie Rx: 32,768 kHz Festfrequenz zwischen 32 kHz und 38 kHz  
Bandbreite der HF Selektion 6 kHz und >  
Bandbreite der NF Selektion 2,35 kHz  
Tx: 32,768 kHz Träger **einstellbar zwischen 32 kHz und 38 kHz**  
350 Hz - 2,7 kHz Sprache

Der unbedingt wahlweise gleichzeitig sendbare Telegrafieton ist nur mit 50 % moduliert.

625 Hz wurde gewählt, um Störungen durch die Frequenzverdopplung in Lichtquellen und von „Oberwellen“ zu vermindern, wie sie in größeren Städten z. B. in Dresden auftreten, („denn die Sachsen sind nicht nur helle, bei ihnen ist es auch helle“). Außerdem werden die Wirkungen der magnetischen Einstrahlung der Netzfrequenz mit ihren Harmonischen gemindert. Bis zur 11. Oberwelle wird von den Energieversorgungsunternehmen gemessen, leider streuen auch 16<sup>2</sup>/ Hz ein.

#### 4 Signalstärke

Für das „S-Meter“ ist eine Angabe der Eingangsspannung bezogen auf den Eingangswiderstand nicht praktikabel. Wichtig und letztendlich entscheidend ist das Einbeziehen der Eingangsleistung. Oberhalb von 30 MHz entsprechen 5  $\mu\text{V}$  an 50  $\Omega$  S 9. Daraus ergibt sich eine Eingangsleistung von  $5 \cdot 10^{-13}$  W entsprechend 500 fW. Die Angabe der Eingangsleistung allein sagt aber noch nichts über die am Empfangsort vorhandene „Feldstärke“ aus. Handelsübliche Detektoren weisen ohne Kühlung noch  $10^{-18}$  W nach.

Es ist nun sinnvoll, die Eingangsleistung auf die Empfangsfläche zu beziehen, dies ergibt die „Feldstärke“. Damit kann die sendende Gegenstelle über den Rapport erfahren, welche **Bestrahlungsstärke** von ihr am Empfangsort erzielt wird. Einem selbst ist klar, ob das eigene Auge eventuell gefährdet ist. Damit sind wir auch wieder dort, wo früher der Amateurfunk stand, nämlich die Empfangsfeldstärke, und keine Eingangsspannung anzugeben. /17/ Dadurch ist die Angabe der Signalstärke für die Gegenstelle wesentlich aussagekräftiger und die Empfangsstelle kennt die in der Praxis vorhandene wirkliche Empfindlichkeit des Rx.

Für die Angabe der üblichen **Signalstärke** (signal strength) an 2. Stelle im RST/M-System schlage ich die **Bestrahlungsstärke** (**irradiance**) in den üblichen 6 dB Stufungen vor, großzügig sollte man die Bezeichnung RST/M-System lassen. Bei hoher Bestrahlungsstärke werden Zusätze (+ x dB) benötigt, der Empfang von schwachen Satellitensignalen ist berücksichtigt.

Nimmt man als Empfangsfläche 1  $\text{dm}^2$  bzw. eine runde Fläche mit 1,13 dm  $\varnothing$  an, ergeben sich die folgenden Werte. Hierbei liegt man nur bei sehr empfindlichen Empfängern im Bereich der Angaben S 1 bis S 9, sonst bei S 9 + x dB. Vielleicht ist diese Festlegung ein Denkanstoß viel Energie in die Steigerung der Empfindlichkeit zu stecken:

S 1 entspricht $7,63 \cdot 10^{-16}$ W/m <sup>2</sup>	S 2 entspricht $3,05 \cdot 10^{-15}$ W/m <sup>2</sup> .
S 3 entspricht $1,22 \cdot 10^{-14}$ W/m <sup>2</sup>	S 4 entspricht $4,88 \cdot 10^{-14}$ W/m <sup>2</sup>
S 5 entspricht $1,95 \cdot 10^{-13}$ W/m <sup>2</sup>	S 6 entspricht $7,81 \cdot 10^{-13}$ W/m <sup>2</sup>
S 7 entspricht $3,13 \cdot 10^{-12}$ W/m <sup>2</sup>	S 8 entspricht $1,25 \cdot 10^{-11}$ W/m <sup>2</sup>
S 9 entspricht $5,00 \cdot 10^{-11}$ W/m <sup>2</sup>	

S 0 bedeutet, das keine sinnvolle Aussage möglich ist.

Eine Kalibrierung des S-Meters des Empfängers ist ohne viel Aufwand möglich, siehe auch Vakuumreichweite, Abschnitt 10.2.

#### 5 QSL-Karte

Die QSL-Karte sollte, besser muss u. a. folgendes außer den üblichen Angaben enthalten:

##### Gesendet:

**Divergenz** des „Strahls“ in **mrad** und **Strahlungsleistung** (**radiant power**) in **W**, (**mW**,  $\mu\text{W}$ ); oder/und **Strahlstärke** (**radiant intensity**) in **W/sr**

##### Empfangen:

**Bestrahlungsstärke** (**irradiance**) als S 0 ... S 9 im Rapport, eventuell genauer in **W/m<sup>2</sup>**, (**mW/m<sup>2</sup>**,  $\mu\text{W/m}^2$ , **nW/m<sup>2</sup>**, **pW/m<sup>2</sup>**)  
**Empfangsfläche** oder **effektiver Durchmesser** der Empfangsfläche in **dm<sup>2</sup>** oder **dm** (als Maßeinheit wurde **dm**, **dm<sup>2</sup>** gewählt, um in der Praxis mit wenigen Stellen auszukommen, es bleibt natürlich jedem freigestellt.

##### Senden/Empfangen:

Sichtweite in **km**

Die weiteren notwendigen Eintragungen lassen sich an den üblichen Stellen vornehmen, wobei der Locator in Deutschland bei Entfernungen von kleiner 250 km mindestens 8-stellig, unter 25 km 10-stellig angegeben werden sollte, um einen eventuell möglichen Fehler unter die in Contestabrechnungen geforderten 3 % zu bringen, natürlich in WGS84.<sup>18</sup> Bei einem 10-stelligen Locator haben die letzten 2 Stellen eine Auflösung von ca. 1''. Entfernungen unter 600 m sollten anderweitig bestimmt werden.

Die Angabe eines „Antennengewinns“, Quotient aus Empfangsfläche zur Detektorfläche ist Onanie und sinnlos. Wichtig ist die Angabe der Empfangsfläche oder/und des effektiven Durchmessers der Empfangsfläche. Der **effektive Durchmesser** der Empfangsfläche ist der Durchmesser einer dem Flächeninhalt der Empfangsfläche entsprechenden kreisrunden Fläche. Er berücksichtigt Abschattungen u.ä. Die Angabe eines effektiven Durchmessers sollte Vergleiche durch Kopfrechnen ermöglichen.

## 6 Schwingungserzeugung

Als Sender muss nicht ein Laser verwendet werden, /29/, auch wenn die Einteilung in Laser Klassen /5/ erfolgt, eine LED, LED-Gruppe oder andere Quelle muss in eine Laser Klasse eingeordnet werden um Gefährdungen zu erkennen und eine Zuordnung zu ermöglichen. Ebenso fallen darunter Sender, die die Ausgangsfrequenz(en) von >0,3 THz durch Vervielfachung, Mischung oder auf anderem Weg erzeugen.

## 7 Laser Klassen nach Europannorm DIN EN 60825-1 Oktober 2003

Diese DIN EN 60825-1 bzw. VDE 0837 Teil 1 ist seit 01.10.2003 in Deutschland gültig, berichtigt durch die Berichtigung 1 zur DIN EN 60825-1 Juni 2004 Die DIN EN 60825-1 November 2001 ist ungültig.

Erwirbt man Laserdioden, Laserpointer, Laserdiodenmodule, ist, neuerdings teilweise auch bei LED, die Laser Klasse oder ein anderer Hinweis auf die Gefährdung angegeben. Die Laser Klassen sind in der DIN EN 60825-1 erläutert, besonders in Hinblick auf eine mögliche Gesundheitsgefährdung des Auges. Die Benutzung einer Laser Klasse beinhaltet also gleich die entsprechenden Hinweise auf die Sicherheit.

Die Kennzeichnung eines Erzeugnisses mit einer Laserklasse kann zwar mit der Bezeichnung einer Laserklasse nach DIN EN 60825-1 übereinstimmen, da aber in anderen Ländern, besonders außerhalb von Europa, andere Klassifizierungen gelten, kann es etwas ganz anderes bedeuten.

Die in den anderen Amateurfunkbereichen übliche Angabe der maximalen Leistung als Grenzwert ist durch die psychologischen Wirkungen nur unter Randbedingungen sinnvoll, für den Funkamateur daher nur in speziellen Fällen aussagekräftig. Je nach den Randbedingungen ist in der Laser Klasse 3B unter gleichen psychologischen Wirkungen eine Leistung zwischen **1,5 mW** bis **150 MW** für unsere Versuche zulässig.

(Bei einer Emissionsdauer von 1 ns kann man wahrscheinlich kein QSO fahren, aber eine Reflexion von einer entfernten Kugel und von Satelliten, auf der mehrere Tripelreflektoren sich befinden, am Himmel bekommen. Kommerziell wird mit ca.5 µrad/0,00029° angestrahlt)

### Laser Klasse

- 1** Quellen, die bei vernünftigen, vorhersehbaren Betriebsbedingungen sicher sind.
- 1M** Quellen, die bei vernünftigen, vorhersehbaren Betriebsbedingungen sicher sind, außer bei Benutzung von optischen Geräten.
- 2** Quellen, die bei vernünftigen, vorhersehbaren Betriebsbedingungen sicher sind. Augenschutz üblicherweise durch Lidschlussreflex gesichert.
- 2M** Quellen, die bei vernünftigen, vorhersehbaren Betriebsbedingungen sicher sind. Augenschutz üblicherweise durch Lidschlussreflex gesichert, außer bei Benutzung von optischen Geräten.
- 3R** Quellen, die bei direktem Blick in den Strahl gefährlich sein können.
- 3B** Quellen, die bei direktem Blick in den Strahl normalerweise gefährlich sind, d. h. innerhalb des Sicherheitsabstandes.

Zu den aufgeführten „optischen Geräten“ zählt u. a. Fernrohr, Zielfernrohr und eventuell die Visiereinrichtung, eventuell die Spiegelreflexkamera.

Auch wenn hier der Begriff „Laser Klasse(n)“ aus der DIN EN 60825-1 verwendet wird, muss kein Laser verwendet werden, sie ist auch in diesem Fall meistens für andere Erzeugung (LED, Vervielfachung, u. a.) anzuwenden, siehe auch Punkt 6.

In Deutschland ist nur der Betrieb des Laserpointers als Laserpointer in der Laser Klasse 1 und 2 zulässig.

## 8 Nationale Regelungen

### 8.1 Situation in Nachbarländern

Ob die in den einzelnen Ländern mögliche Funkkonzession, freie Nutzung, Bewilligung, Genehmigung, Freizügigkeit, o. ä. wirklich Amateurfunk nach nationalen und/oder internationalen Vorschriften ist, bleibt offen.

**Belgien:** Die Nutzung oberhalb von 0,3 THz ist für Amateure verboten.

**Dänemark:** Es besteht Freizügigkeit, wahrscheinlich ist dies aber kein Amateurfunk.

**Liechtenstein:** Wie in der Schweiz.

**Luxembourg.** Es muss eine Genehmigung von der Umweltverwaltung (Administration de l'Environnement) vorliegen. Wahrscheinlich ist dies kein Amateurfunk.

**Österreich:** Es gilt eine generelle Bewilligung für Lichtfunkanlagen. Das sind Funkanlagen, bei denen die Übertragung ausschließlich mittels Licht erfolgt, ausgenommen solche Lichtfunkanlagen, die Laser der Klassen 3 oder 4 gemäß EN 60825-1 verwenden. (Ein 0,4 mW Laserdiodenmodul mit 1 mrad ist bei 940 nm nicht mehr zulässig!) Wahrscheinlich ist dies kein Amateurfunk.

**Schweiz:** Es kann für den Bereich von 0,3 THz bis 3 THz eine befristete Funkkonzession erteilt werden, oberhalb von 3 THz freie Nutzung, die sicherheitstechnischen Vorschriften bezüglich optischer Strahlung müssen jedoch strikte eingehalten werden. Dies ist wahrscheinlich kein Amateurfunk.

**Tschechische Republik:** Es muss eine Genehmigung des örtlich zuständigen hygienischen Amtes vorliegen. Wahrscheinlich ist dies kein Amateurfunk.

**Ungarn:** Es ist die Nutzung oberhalb von 0,3 THz für Amateure verboten.

## 8.2 (Amateur-) Funkbetrieb in Deutschland

Die letzten, **personengebunden befristeten** erteilten Gestattungen für Amateurfunkbetrieb galten bis zum Ablauf ihrer Gültigkeit, dem 04.10.2003. Erstmals wurde am 22.06.1998 eine Gestattung erteilt, kein Funkamateure besaß eine Gestattung für den gesamten Zeitraum.

### Variante 1, kein Amateurfunk, Frequenz >500 THz

Die Obergrenze der derzeitigen Regelungen für Frequenznutzungen endet bei 500 THz. Daher können zur Zeit Frequenzen oberhalb von 500 THz in Bezug auf die Regelungen des FTEG freizügig genutzt werden. Als Bürger kann man sich oberhalb von 500 THz entsprechend freizügig bewegen.

### Variante 2, kein Amateurfunk, Frequenz 0,3 THz bis 500 THz

„Allgemeinzuteilung der Frequenzen 300 GHz bis 3000 GHz für die Nutzung durch die Allgemeinheit für nichtöffentliche Funkanwendungen des optischen Richtfunks und Infrarot-Funkanwendungen“

Vfg 75/2003 im Reg TP-Amtsblatt 25/2003 Seite 1366 vom 17.12.2003. Daraus abgeleitet: Die verwendeten Geräte müssen das „FTEG“ und „EMVG“ einhalten (2); - Schutz von Personen DIN EN 60825-1 (5); Frequenznutzungen oberhalb von 3 THz bedürfen keiner Frequenzzuteilung (7). „Grundsätze für Allgemeinzuteilungen; Erläuterungen zur ...“

Mitteilung Nr. 193/2003 im Reg TP-Amtsblatt 14/2003 Seite 767ff vom 16.07.2003.

...bedürfen keiner Frequenzzuweisung... bedeutet nicht, dass keine Bedingungen eingehalten werden müssen. Wir als Funkamateure haben in den einzelnen, durch die Reg TP zugewiesenen Bändern, auch keine Frequenzzuweisungen von der Reg TP, nur interne Zuweisungen/Bereiche für einzelne Betriebsarten.

### Variante 3, kein Amateurfunk

Sollten die Möglichkeiten mit Variante 1 oder Variante 2 nicht umfassend abgedeckt werden, besteht die Möglichkeit, formlos einen Antrag bei der Reg TP auf Frequenzzuteilung nach § 4 Abs. 3 der Frequenzzuteilungsverordnung vom 26.04.2001 (BGBl. I 2001 S. 829) zur Nutzung einzureichen, der durch eine kostenpflichtige Einzelzuteilung beschieden werden kann, wenn keine telekommunikationsrechtliche Gründe oder Störungsprobleme zu erwarten sind.

### Variante 4, Amateurfunk

Seit dem 21.04.2005 ist u. a. in Verbindung mit der am 19.02.2005 in Kraft getretenen Amateurfunkverordnung Amateurfunkbetrieb oberhalb von 0,444 THz wieder möglich, dazu sind in der Vfg. Nr. 14/2005 im Amtsblatt Nr. 7 vom 20.04.2005 der Reg TP die Nutzungsbedingungen enthalten.

In diesem Text gekürzt unter **26.2**, im Internet zu finden unter: [www.bundesnetzagentur.de](http://www.bundesnetzagentur.de) > Regulierung Telekommunikation > Amateurfunk in Deutschland > Amtsbl.-Vfg. Mitteilungen

## 8.3 Nutzung durch deutsche Bürger in Deutschland, ohne Berücksichtigung eines eventuell vorhandenen Amateurfunkzeugnisses



Die Nutzung ist vorstehend als Variante 1 bis 3 beschrieben worden, man sollte die unter vorstehender „Variante 4“ aufgeführten Nutzungsbedingungen sinnvollerweise eventuell berücksichtigen.

#### 8.4 Oberhalb von 0,3 THz in Deutschland funkende ausländische Funkamateure

Hier liegen keine aktuellen Erkenntnisse vor.

### 9 Historie, siehe auch 17

1880 meldete Alexander Graham Bell sein „Photophon“ zum Patent an. Hierbei wurde Sonnenlicht über einen Reflektor und ein Linsensystem auf eine, akustisch besprochene Membran geworfen. Empfangen wurde mit einem Se-Detektor und Telefonhörer ohne aktive Verstärkung. /16/

Bei diesem Verfahren wird die **Frequenz** bei der Demodulation **verdoppelt**, nur bei Modulationsgraden <20 % und „Fehlern“ ist eine sinnvolle Verständigung möglich. Es ist mir nicht gelungen, an ein von der Bundesrepublik übernommenes Geheimpatent aus DDR Zeiten heranzukommen, welches natürlich noch interessantere Zusammenhänge für weitere Möglichkeiten (Nachrichtenabfluss aus Botschaften u. a.) darstellt.

Vor 1900 gab es im deutschen militärischen Bereich „Lichtfernsprechen“, es konnte von mir noch nicht geklärt werden, was darunter verstanden wurde.

1903/04 wurden durch Ernst Ruhmer in Berlin/Umgebung in einer Lichtsprech Telefonie Verbindung 14,4 km, im Norden Deutschlands 35,5 km ohne Verstärker überbrückt, als Empfänger Selenzelle im 90 cm Parabolspiegel, als Sender modulierter Kohlebogen im 60 cm Marine-scheinwerfer.

Eine praktische Anwendung von deutscher Seite scheint erstmals im 1. Weltkrieg erfolgt zu sein. Sender modulierte Kohlebogenlampe, Empfänger Selenzelle, Reichweite in Telefonie 8 km, in Telegrafie >8 km. Spätestens seit 1929 wurden wieder in Deutschland, als „Optischer Fernsprecher“ bezeichnet, verschiedene Geräte gefertigt und angeboten. Als Empfangszelle wurde die 1917 in den USA patentierte Thallofid (Tl<sub>2</sub>S)-Zelle, teiloxidiertes Thalliumsulfid, mit einem schmalen Maximum bei ca. 950 nm verwendet. (Thallofid ist giftig, der MAK-Wert für Tl<sub>2</sub>S liegt bei 92,7 µg/m<sup>3</sup>). Als Fotowiderstand mit Blende und Rotfilter, bequem wechselbar in deutsche Geräte eingebaut. Gefertigt wurden seit 1934 oder früher der OF 80/3, aus dem das LiSpr 80 entstand, (bis 1939 an die UdSSR geliefert) und der OF 130, der nur eine gemeinsame Linse von 130 mm ø für Senden, Empfang und als Fernrohrobjektiv enthielt, ebenfalls an die UdSSR geliefert. Vorläufer des Li Spr 60/50 ist das LiSpr „a“. Das ist nur eine Auswahl aus mindestens 24 Typen die von CARL ZEISS JENA bis 1945 gebaut wurden.. Die Bezeichnungen wurden vom Hersteller, Anwender und alliierter Seite nicht immer korrekt benutzt.

Obwohl der Empfänger der Geräte nur aus dem Tl<sub>2</sub>S Fotowiderstand und einem NF-Verstärker bestand, wurden je nach Gerätetyp, Durchmesser der Empfangslinse 50 mm - 130 mm, für deutsche Geräte des 2. Weltkrieges am Tag Reichweiten in Telefonie zwischen 2 km und >15 km angegeben und sicher bei „normalen Wetter“ eingehalten. Für das italienische Lichtsprechgerät 180 mm (Stazione fototelefonica da 180 mm) des 2. Weltkrieges wurden für Telefonie tags 6/7 km, nachts 9 km; für Telegrafie nachts 30 km bzw. 50 km angegeben. /4/ Auf die Aussagekraft von Reichweitenangaben wird noch eingegangen.

Es wurden auch Geräte mit modulierter gasgefüllter Hochdrucklampe als Sender gefertigt, die mehrere Kanäle übertragen.

Mindestens bis Mai 1951 war in den alliierten Zonen bzw. der BRD Entwicklung, Bau und Betrieb verboten. Ab wann Genehmigungen z. B.: beim FTZ Darmstadt bzw. beim MPF Berlin, beantragt werden konnten und erteilt wurden, ist nicht bekannt.

Ende der 50er Jahre erschienen auch in nicht technischen Zeitschriften Bauanleitungen für „Lichtsprechgeräte“. Sie waren zum Spielen und als Beschäftigung der Jugend gedacht. In den 60er Jahren war das Lichtsprechgerät ASTRO Infraphon **6611** von der Bundespost zugelassen und konnte lizenz- und gebührenfrei betrieben werden. Eine Zulassung war immer nötig, falls die Gegenstelle nicht im selben Grundstück lag. Mit dem Aufkommen der Laser begannen auch Funkamateure verstärkt mit dem Experimentieren, oft nur zum Aufbau einer einseitigen Verbindung, oft wurde mit dem Auge die Telegrafie empfangen. Eine Genehmigung scheint in keinem Fall erteilt worden zu sein, da eine Beantragung nicht erfolgte bzw. nicht erteilt wurde? Um die Entwicklung aufzuarbeiten, bin ich hier an Hinweisen interessiert, bitte schriftlich. In der DDR wurde mindestens eine Genehmigung beantragt, der Antragsteller erhielt nach einem Jahr die Ablehnung. Von Seiten des MfS (Ministerium für Staatssicherheit) wurde zeitweise veranlasst, keine Bauanleitungen zu veröffentlichen. In den 60. Jahren mit Manfred, heute DD 6 VGM durchgeführte Versuche mit Glühlampen brachten sehr schnell die Erkenntnis, dass ein Mindestmaß an Kenntnissen der Optik und ein Mindestaufwand an Mechanik erforderlich ist, um reproduzierbares Verhalten zu erreichen. Ohne diese Voraussetzungen sind anscheinend richtige logische Schlussfolgerungen falsch.

Für Versuchsfunk im Bereich 0,4 THz - 0,42 THz wurde am 10.06.1996 an DB6NT Michael und am ... an DL 1 IN eine kostenpflichtige Genehmigung erteilt, auf 0,411 THz wurde zwischen beiden am 06.01.1998 die erste Verbindung hergestellt.

Michael benutzte eine russische Beam Lead Diode, keine LED, im Brennpunkt eines 16 cm Spiegels beim Senden als Verneunfacher des ursprünglich Quarzsignals und beim Empfang als Mischdiode.

DL 1 IN verwendete in einer Mischer PLL ein 51,4 GHz Gunnoszillator Signal nach Veracht-fachung, wobei ein  $4 \lambda$  „Langdraht“ des gleichen Diodentyps eine 16 cm Fresnellinse aus-leuchtete.

Eigene Bemühungen um eine Genehmigung in den 90er Jahren kamen einfach nicht voran, ob-wohl für kommerzielle Nutzung entsprechende Verfügungen vom BAPT bestanden. Vorwärts ging es, als in Rainer Wilhelm DH 7 RW, im Referat 123 des BAPT 1997 ein Partner gefunden wurde, mit dem das Einbinden der Frequenzen oberhalb von 0,3 THz unter sehr guten, zu-kunftsorientierten Bedingungen möglich wurde.

Am **22.06 1998** wurde die erste Gestattung mit zusätzlicher Rufzeichenzuteilung mit dem Rufzeichen DA 5 FA erteilt und sofort die Versuche aktiviert. Nach Erteilung des Ruf-zeichens DA 5 FB an Hans, DL 7 VJB, wurde am 05.06.1999 bei herrlichem Sonnenschein eine zweiseitige A2A Verbindung über 680 m hergestellt. Da eine Station aus getrenntem Sender und Empfänger bestand, war die Einstellung auf die Gegenstelle sehr mühsam. Auf Grund der Qualität der Verbindung wurden genügend Reserven für größere Entfernungen erkannt.

Das war in Deutschland die erste Amateurfunkverbindung oberhalb von 0,3 THz. Alle vorher stattgefundenen Verbindungen wurden, falls überhaupt eine Genehmigung vorlag, mit Genehmigungen durchgeführt, die nicht den Amateurfunk betrafen. Diese Genehmigungen hätte je-der Bürger beantragen können, er hätte sie mit hoher Wahrscheinlichkeit auch bekommen.

In der Folgezeit musste ich allein arbeiten, „QSO-Partner“ waren Hauswände und in der Dunkelheit das Laub einer in 140 m Entfernung stehende Pappel. Versuche in FM mit einem modifiziertem ELV-Bausatz in 30 kHz/60kHz und wieder 30 kHz wurden Mitte 2000 durchge-führt. Die gemachten Erfahrungen wurden mit „Pflichtenheft“ an andere OM weitergegeben und DL 2 CH Hellmuth, entwickelte die FM-Strecke weiter bis zum Laser-Transceiver /11/, während ich mich um die Mechanik/Optik, Grundlagen und Bestimmungen für Conteste und der Nachbarländer kümmerte.

In der Folgezeit wurden die Bedingungen den Erfahrungen der Praxis angepasst und die Gestattung ohne besondere Rufzeichenerteilung möglich.

Nach Rücksprache mit den Verantwortlichen des BBT wurde am BBT seit 2000 teilgenommen, in die Wertung seit 2001 bis 2003, bis die Gestattung nicht mehr vorlag.

Im DARC VHF/UHF/SHF-Technik Referat bin ich Sachbearbeiter für Frequenzen ab 0,3 THz/Freiraumausbreitung/Kommunikation.

## 10 Grundlagen

### 10.1 (Tages-)Sichtweite /10/

Die meteorologische Sicht - so wie sie an Wetterstationen beobachtet wird - ist definiert als die größte Entfernung, aus der ein schwarzer Gegenstand ausreichender Größe (Sehwin-kel  $0,5^\circ$  bis  $5^\circ$ ) gegen den Horizont Himmel mit bloßem Auge sichtbar ist und seine Umrisse erkennbar sind. Ferngläser o. ä. dürfen hierbei nicht verwendet werden.

Der Vollmond und ein üblicher Bleistift an einem ausgestreckten Arm wird unter einem Seh-winkel von ca.  $0,5^\circ$  gesehen. Als Sichtmarken kommen Fernsehtürme, Kirchtürme, hohe Schornsteine, Denkmäler etc. in Frage. Der schwarze Gegenstand in obiger Definition wird nicht so eng gesehen. Der Leuchtdichteunterschied bei der Augenbeobachtung ist ein physiologischer Faktor. Das menschliche Auge erkennt einen Unterschied, wenn der Ge-genstand etwa 95 bis 98 % der Leuchtdichte des Hintergrundes (des Horizonthimmels) hat. Bezugsgröße für die Sicht ist der Horizont Himmel, auch wenn er in der Helligkeit verän-derlich ist, z.B. beim Morgen- und Abendhimmel im Osten bzw. Westen.

Die gemeldete Sichtweite an einer Wetterstation ist die schlechteste Sicht im Horizont-kreis, dabei sollte die schlechte Sicht etwa in einem 30 Grad-Sektor vorhanden sein.

Die Verschlüsselung 89 im SYNOP-Code für Sicht (VV) hat jetzt die Bedeutung Sicht größer 70 km. Bei kritischer Betrachtung wird die recht feine Unterteilung der Sicht im Wetterschlüssel nicht an allen Wetterstationen eingehalten. Die Sichtweite hat für die Wettervorhersage nicht eine durchschlagende Bedeutung. Allerdings werden die Unter-scheidungen der Sicht bis zu Sichtweiten von etwa 5000 m sehr ernst genommen, da sie für die Fliegerei (Sichtflug) besonders wichtig sind.

### 10.2 Reichweite

Unter (Tages)**Sichtweite** wird im weiteren die vorstehend beschriebene **meteorologische De-finition** verstanden, liegt innerhalb der Sichtweite die Gegenstelle, muss diese daher nicht unbedingt gesehen werden können.

Für den Einstieg ist es sinnvoll im sichtbaren Bereich zu sein. Das Sehen mit dem Auge, die Frequenz des Senders und die frequenzabhängige Empfindlichkeit des Detektors, Dämp-fungseinbrüche in der Atmosphäre durch Wasserdampf, Kohlendioxid und andere Gase im In-fraroten sind Kriterien.

Die Atmosphäre ist durch unterschiedliche Temperaturschichten mit wachsender Strecke ein immer mehr inhomogeneres Medium, der Lichtstrahl wird „krumm“, auch wenn man nur die

Wirkungen bemerken kann. Die untergehende Sonne sieht man  $0,55^\circ/9,6$  mrad höher, als sie sich wirklich befindet. Dies fällt schon beim Vermessen mit Theodoliten in der Stadt auf, daher bei diesen Messungen Beschränkung auf kleine Entfernungen. Bei größeren Entfernungen werden aus diesem Grund Messungen an 2 Tagen mit möglichst unterschiedlichem Wetter durchgeführt. Strecken parallel zum Boden in üblichem Abstand können tödlich sein, daher bitte die richtigen Strecken für Versuche aussuchen. Sind die Stationen 20 m über dem Erdboden wandert der Strahl bei 5 km Entfernung im Laufe des Tages 0,7 m, bei 4 m Höhe um 3,5 m, in üblicher 1,5 m Höhe wesentlich mehr in vertikaler Richtung. Die Ablenkung in horizontaler Richtung ist wesentlich kleiner. Die Auslenkung ändert sich **quadratisch** mit der Entfernung, **doppelte Entfernung - vierfache Auslenkung!** Solange das Auge am Sucher und die Finger an der Visiereinrichtung sind oder eine Regelung o. ä. wirksam ist, kann und wird ausgeglichen. Es ist meist nicht möglich zu unterscheiden, ob sich das Gebäude, der Mast, die „Mechanik“ und/oder Optik und/oder die Atmosphäre „bewegt“ hat. Daher sind zuverlässige Strecken nur bis 3 km (5 km), dann aber fast dauernd nutzbar. (2,3 km mit 43 µrad, Gigabit-Backbone in Istanbul realisiert, das Gebäude schwankt 20 x mehr, als der Durchmesser der Empfangsfläche und des Sendestrahls beträgt. Nachregelung über adaptive Optik.)/21/ Mit wachsender Höhe wird die Dämpfung immer kleiner. In 4000 m Höhe beträgt die Dämpfung nur noch 1/1000 der Dämpfung in Meereshöhe. Aus diesem Grund wurde davon abgesehen, exakte Betrachtungen über das Wetter, die Höhe und andere dann notwendige Parameter zum Bestimmen der Reichweite vorzunehmen, das würde den Rahmen sprengen und hätte für die Praxis wenig Nutzen, da wir ja in „Echtzeit“ arbeiten. Die Berechnungen dazu wurden in den 60er Jahren auch in der DDR abgeschlossen, viele Irrtümer der Vergangenheit beseitigt, es ist nichts neues zu erwarten. Es ist zweckmäßig die Vakuumreichweite anzugeben. Bei einer Tagessichtweite von 500 km werden 99 % der Vakuumreichweite erreicht.

Nimmt man die Geräteparameter als gegeben an und setzt die Geräte sinnvoll ein, hängt die Reichweite vom Wetter, vom Zustand der Atmosphäre ab; die Standorte natürlich sinnvoll gewählt.

Sehr zu empfehlen ist /1/, in dem neben Grundlagen mit ausführlichen Berechnungen u. a. Messungen für Berlin, Karl-Marx-Stadt (Chemnitz), Dresden (höchste Dämpfung), Greifswald, Leipzig und Warnemünde (geringste Dämpfung) enthalten sind.

Dämpfung bei 920 nm <b>pro km</b> für	50 % bis 70 % der Zeit Dämpfungen <1,3 dB
	82 % bis 90 % der Zeit Dämpfungen <4 dB
	98 % bis 98,5 % der Zeit Dämpfungen <40 dB

Eine 99,9 % Sicherheit für die Übertragung ist mit vertretbarem Aufwand nur auf einige 100 m im Freien möglich. Kommerziell werden Geräte seriöser Anwender nur bis 3 km, in Ausnahmefällen bis 5 km propagiert und eingesetzt.

Als Funkamateure muss man die Zeitspanne und das Wetter nutzen, wo die Dämpfung entsprechend klein ist.

Daher ist außer der Vakuumreichweite eine Reichweitenangaben für eine Kombination Tx/Rx nur aussagekräftig, wenn u. a. die Sichtweite angegeben ist, da das dafür notwendige Wetter, die Dämpfung meist in den Angaben fehlt oder sich nicht reproduzieren lässt.

Für kommerzielle Geräte wurden in der DDR die Reichweiten bei 5 km Sichtweite und einem Signal-Rauschabstand von 10 dB angegeben.

Für das Gerät JO-4.02, Sendeleistung 1 mW, IRED, angegebene Reichweite 5 km, ergeben sich daraus bei einer Sichtweite von 70 km eine Reichweite von 15 km, die Vakuumreichweite beträgt 20 km bei dem erwähnten Signal-Rauschabstand. Daraus ergibt sich unter Amateurfunkbedingungen, kleinerer Signal/Rauschabstand, eine größere Reichweite als 20 km.

Auch aus diesem Grund ist die Angabe der **Vakuumreichweite** nützlich, sie verzichtet nämlich ganz auf das Wetter und damit auf die Atmosphäre. Sinnvollerweise geht sie von einem Gerät mit gleichen Eigenschaften als Gegenstelle aus.

Die Vakuumreichweite kann man theoretisch errechnen und auch praktisch bestimmen. Falls man nicht auf einen 2. Sender, Empfänger oder Transceiver mit gleichem Aufbau zurückgreifen kann, bietet sich der Einsatz der Einheit Zielfernrohr, LED/Laserdiodenmodul, (Strahlaufweitung) mit Muttern-Zollgewinde an.

Für das letztere braucht man eine kurze Messstrecke um die Dämpfung vernachlässigen zu können, bei der bei sehr guter Sicht sichergestellt ist, dass der Strahlquerschnitt des Senders die Empfangsfläche übertrifft. Die Empfangsfläche muss z. B. durch eine 3-Sektorenblende definiert verkleinert werden können. Nach Inbetriebnahme der Strecke wird die Empfangsfläche verkleinert bis das empfangene Signal den Vorstellungen des Signal-Rauschabstandes, der Reichweitengrenze entspricht.

Siehe auch Berechnungen **(A)**

Früher bedeutete VV 89 eine Tagessichtweite >500 km, nun kann jeder sich seine Gedanken machen, warum es nach unten, auf >70 km, geändert wurde.

Bei einer Tagessichtweite von 18 km ergibt sich für 2 Geräte mit den unterschiedlichen Vakuumreichweiten von 30 km bzw. 100 km eine effektive Reichweite, meist nur als Reichweite bezeichnet von 10 km bzw. 16 km. Um so höher die Vakuumreichweite, um so mehr nähert sich die effektive Reichweite der Sichtweite.

Wenn man die Gegenstelle sieht, heißt das nicht in jedem Fall, das man mit ihr auch arbeiten kann und umgekehrt.

### 10.3 Auge und optische Instrumente (Fernglas)

Beim gleichzeitigen Auftreffen von mindestens 25 Photonen auf das mindestens 30 Minuten adaptierte Auge, davon erreichen 5-8 Photonen die Netzhaut, wird ein Lichtreiz registriert. ( $1,3-6 \times 10^{-17}$  Ws) Eine Änderung der Lichtintensität im Verhältnis von 1:10.000.000.000 kann verarbeitet werden!. Die vorstehenden Angaben schwanken sehr stark in der Literatur!

Das Auge wird nur durch sehr gute Fotovervielfacher und Avalanche-Fotodioden für Photonen-Einzelnachweis übertroffen.

Es gibt keine scharfe Grenze zwischen dem sichtbaren Bereich und dem infraroten Bereich für das Auge, der Übergang ist gleitend. Wahrscheinlich sind dadurch auch die unterschiedlichen Angaben in der Literatur bedingt.

2 Beispielen aus der Praxis, besonders interessant, wenn eigentlich unsichtbar gearbeitet werden soll:

Die Sendediode bei 800 nm/880 nm und bei 5 mA Durchlassstrom mit 10 mm Durchmesser wurde mit dem Auge im Dunkeln aus 150 m/15 m; mit dem „bewaffnetem“ Auge aus 400 m/40 m gesehen. Das Auge ist bei 800 nm also 100 x empfindlicher als bei 880 nm. Eine „Nullstelle“ gibt es oberhalb von 900 nm, wo das Wasser der Linse und im Augapfel absorbiert. Bei entsprechend kleineren Entfernungen sind Sendedioden mit gleicher Leistung natürlich auch noch bei 1  $\mu$ m zu sehen,

Was ist nun ein gutes Fernglas? Das Verhältnis der Objektivbrennweite zur Okularbrennweite ergibt die **Vergrößerung**, als erste Zahl angegeben. Das Objekt wird wie aus einer näheren Entfernung, entsprechend: **Objektentfernung/Vergrößerung**, gesehen. Für Erdbeobachtungen mit dem Auge gibt der **Objektivdurchmesser**, meist identisch mit der **Eintrittspupille**, in mm, als zweite Zahl angegeben, die maximale **sinnvolle Vergrößerung** an, für astronomische Beobachtungen und wer nur ein geringes Auflösungsvermögen benötigt, darf auf das Doppelte gehen. Von kleinen Werten bis ca. 125 mm Durchmesser der Eintrittspupille verbessert sich das Auflösungsvermögen linear, danach sind gewaltige Erhöhungen des Durchmesser der Eintrittspupille nötig, um das Auflösungsvermögen weiter zu erhöhen. /30/

Leider werden mittlerweile Ferngläser angeboten, die diese Bedingungen nicht erfüllen, es wird „leere“, „nicht förderliche“ Vergrößerung verkauft. Die **Austrittspupille**, (**AP**) ergibt sich aus der Division von Objektivdurchmesser und Vergrößerung. Im Laufe des Lebens verringert sich beim gesunden Menschen der **maximal** mögliche Pupillendurchmesser von ca. 7 mm auf ca. 2 mm. Eine (meist ältere) Person mit **maximaler 2** mm Pupille nutzt ein Fernglas 7x50, meist als Nachtglas wegen der 7 mm Austrittspupille ausgewiesen, nur zu **8 %** aus! Ist nun klar, was ein gutes Fernglas ist? In einer Schummerstunde sollte man sich nach mindestens 30 Minuten mal seinen maximalen Pupillendurchmesser messen und sagen lassen. Zur Kontraststeigerung kann nicht nur bei Störungen durch Fremdlichtquellen anderer Wellenlänge ein Lichtfilter passend zur Wellenlänge des zu empfangenen Lichtes aufs Okular gesetzt werden, wurde zum Zeiss Glas 6x30 der Li Spr als „Einblickfilter“ mitgeliefert, sondern auch zum Anvisieren markanter Punkte. Hier können auch Filterkombinationen weiterhelfen. Eine Filterbrille tut es natürlich auch, ist aber unbequem. (Manchmal fälschlicherweise als „Schutzbrille“ bezeichnet werden geeignete Filterbrillen zu Laserwasserwaagen mitgeliefert. Eine Schutzbrille müsste natürlich für rote Laser z. B. grüne Filter enthalten) Die **Dämmerungszahl**, (**DZ**) ist das Produkt aus Vergrößerung und Objektivdurchmesser. Hier werden weitere physiologische Faktoren berücksichtigt, die das Sehen in der Dunkelheit beeinflussen. Je größer das Produkt, desto besser, die Betrachtungen zur sinnvollen Größe der Austrittspupille aber berücksichtigen, damit kommt man zur **Dämmerungsleistung**. Der **Dämmerungsindex**, (**DI**) = **DZ x AP**, berücksichtigt dann das reale Auge.

### 10.4 Empfangsleistung und Bestrahlungsstärke

Um überhaupt eine Vorstellung von dem Machbaren zu bekommen, bietet sich die Berechnung des am Empfänger unter idealen Bedingungen **ankommenden Teils der Sendeleistung**, der **Empfangsleistung**, an.

Siehe auch Berechnungen (**B**)

Bei 660 nm beträgt die Hintergrundstrahlung unter idealen Bedingungen, mondlose Nacht, ca. 7  $\mu$ W/m<sup>2</sup>. /18/ Das sind 140000 x mehr als S9 nach dem Vorschlag. Das zeigt, das es auch Nachts notwendig ist, die unnötigen tiefen Frequenzen nicht zu empfangen, die Bandbreite einzuengen und Gleichlichtempfang muss gleichzeitig unterbunden werden. Als maximale horizontale Leuchtdichte können für einen klaren Tag 16 kcd/m<sup>2</sup> angenommen werden/25/. Die höhere ausnutzbare Empfindlichkeit von sehr guten Avalanche Fotodioden, (APD) und Fotovervielfachen, (SEV) lassen sich bei den hier angegebenen Modulationsverfahren nur Nachts ausnutzen, am Tag sind sie weniger geeignet als PIN-Dioden.

Vorher sollte man aber erst einmal in üblicher PIN-Dioden-Technik eingestiegen sein, denn dieses sollte zügig und schnell geschehen, um kurzfristig Erfolge und Partner zu haben.

## 10.5 Standort und -angaben, Suchen und Finden der Gegenstelle

Bei der Angabe des Standortes für den Locator ist WGS84 zu verwenden, nach Möglichkeit bei kleinen Entfernungen 8- bzw. 10-stellig./8/ (Microfeld bzw. Nanofeld) Die Teilung ist sinngemäß wie die der entsprechenden vorhergehenden Stellen. Mittlerweile gibt es Logbuchprogramme die Microfeld, Nanofeld und auch Terahertz vorsehen. (**Das Log, HAMMAP**). Für Höhenangaben ist die WGS84 Höhe nicht geeignet, sie ist keine Gebrauchshöhe, daher nicht staunen, wenn das GPS-Gerät anscheinend falsche Höhen anzeigt. Die Gebrauchshöhe Normalhöhennull NHN hat die Höhen HN und NN in Deutschland abgelöst, gleichzeitig ist damit ein nahtloser Übergang der Höhenpegel zwischen den alten Bundesländern erreicht, in den neuen Bundesländern war der Übergang schon nahtlos. Auch aktuelle Karten haben noch gleichzeitig Angaben aus unterschiedlichen Bezugssystemen, nicht wundern./2/

Mit dem Wegfall von sichtbaren Grenzen in der "Botanik" kann es Probleme zur Bestimmung des politischen Standortes, der Landesgrenzen, geben. Hier sollte auf Karten mit dem UTM-Kenner/Gitter zurückgegriffen werden. /31/ Seit mindestens **1998** werden im Buchhandel und bei den Vermessungsämtern topographische Karten in WGS84 mit UTM-Gitter angeboten! Das GPS-Gerät lässt auch markierte Punkte später aufrufen und als UTM-, Locator-, Gauß/Krüger und andere Daten ablesen, wesentlich bequemer als rechnen. Die Anzeige in „Strich“, („mil“) ist meist genauer als in „Grad“, (z. B. GPS Gerät eTrex Legend) Mit dem UTM-Kenner/Gitter lässt sich auch problemlos in der „Botanik“ hantieren, da ein Plan(an)zeiger/Maßstab mit 10 cm Teilung reicht.

Besser als ein Maßstab ist ein Plan(an)zeiger, früher 0,95 Mark, heute 59,95 €! Jeweils für 2 Maßstäbe ohne Rechnung direkt verwendbar, selber machen kein Problem.

Der **HAM-Spirit** gebietet, das jede Station über ein oder mehrere **Tripelsysteme** zum Nutzen für die Gegenstelle verfügt. Besonders effektiv ist dann durch eine Impulsmodulation bei entsprechendem Tastverhältnis des Senders ein ausreichend starkes Echo zu empfangen, es ist Radar mit Licht. Dies bietet mehr Sicherheit als das Hören des 625 Hz Tones der normalen eigenen Modulation.

Bei Funkstellen im Stadtgebiet und „Flachland“ ist meist schnell der Punkt erreicht, wo diese nicht mehr gesehen und damit gefunden werden, die Dächer sehen alle „gleich“ aus.

Ein kleiner mit Ballongas, Helium oder Wasserstoff gefüllter undurchsichtiger Ballon, übliche sind ungeeignet, da bei durchscheinendem Licht kein Kontrast, wird durch Wind schnell je nach Länge seiner „Leine“ aus der Senkrechten geweht. Daher mit Luft aufblasen, geeignet ist eine Gruppe von kontrastgebenden Ballons, an der Spitze einer langen Angelrute als Sichtziel. Die Abspannung der Spitze kann durch eine aufgesetzten, zusätzlich befestigten „Stoffpyramidenstumpf“ zusätzlich zum Sichtziel avancieren. Größere Drachen können bei entsprechendem Wind aus der richtigen Richtung ausgezeichnet zu sehen sein.

Nicht nur auf Trümmerbergen, durch Stahlteile hervorgerufen, kann die Richtungsbestimmung mit dem Magnet-Kompaß, der Bussole versagen. Durch die Peilung zu mindestens einem markanten Objekt, in Berlin und Umgebung meist der Fernsehturm, lässt sich das Problem eventuell lösen.

Das setzt aber einen Teilkreis, falls man das Lichtsprechgerät nicht selbst auf eins der folgenden Geräte montiert, sinnvoll am Stativ voraus, oder man benutzt eine Peilscheibe, einen Richtkreis, ein Nivellierinstrument mit Horizontal- (Hz-) Kreis oder wenn's ganz hart kommt, einen Theodoliten mit Brücke. Eine **regelbare** Beleuchtungseinrichtung, auch für die Strichplatte des Fernrohrs ist zumindest meist nachrüstbar und der Einsatz ist auch am Tage unbedingt erforderlich, mit einem Dach über dem Kopf ist die Sonne als Beleuchtungsquelle meist nicht zu erreichen. Die optimale Einspeisung des Lichts in das Gerät, z. B. den Theodoliten kann bei gleicher Typenreihe variieren! Eine interne Spannungsversorgung durch eine AA-Zelle mit Schaltregler ist angebracht. Zu genaue Geräte, „Sekundentheodolit THEO 010 B“, „Mikrometertheodolit THEO 015 B“ sind eventuell in der Bedienung zu kompliziert, bzw. zu umständlich. Zur Ablesen von Magnetisch-Nord bzw. Kompass-Nord enthält der Richtkreis eine Magnetnadel, für Theodoliten lassen sich meist verschiedene Modelle von Bussolen ansetzen, auch für 360°/400°. Alle Theodoliten sind nicht eisenfrei, ebenso wie die dazugehörenden Stative. Durch Rechnung zu „Fuß“, wie in der Artillerie zumindest früher üblich, lassen sich Abweichungen in der Winkelbestimmung, falls ein nicht zu vernachlässigender Abstand zwischen Lichtsprechgerät und Peilvorrichtung besteht, beseitigen.

Als Grundlage eignen sich ausgezeichnet Flakfernrohre. Sie verfügen über einen Horizontalkreis als Vollkreis von (360°/400°)/6000 bzw. 6400 Strich o. ä. und fast 90° Vertikalkreis, eine beleuchtete Strichplatte ist vorhanden. Der sowjetische Richtkreis PAB-2(M) ist günstig mit eisenfreiem Stativ zu bekommen.

Achtung, je nach Zeit und Land/Militär werden für den Vollkreis 6000 oder 6400 Strich verwendet. 6283,1853 Strich entsprechen 1 mrad, so das unabhängig von vorstehendem 1 Strich ca. 1 mrad entspricht. Da die Strichplatten eine Teilung in Strich, meist 5 Strich als kleinster Abstand hat, eignet sich diese Teilung für unsere Zwecke hervorragend. Auf Ferngläsern ist teilweise ein Hinweis, z. B.: „H/6400“ angegeben.

Für mobile Radargeräte und Militärfahrzeuge finden nordsuchende Kreisel Verwendung, die über eine auch für uns entsprechend hohe Genauigkeit verfügen. Die Drehstromversorgung über Umformer (Motor/Generator) ist einfach durch eine Schaltung mit Halbleitern zu ersetzen.

Um die „Handarbeit“ zu erleichtern hat Erich, HB9MIN in /19/ u. a. einen Beamscanner vorgestellt, der von **einer**, an einem **sichtbaren markanten** Punkt sich befindlichen Station benutzt werden kann. Falls **beide** Stationen über ein **Tripelsystem** verfügen, ist ein Beamscanner auch **von beiden**, natürlich auch gleichzeitig einsetzbar, wenn beide Stationen **nicht sichtbar** sind. Es dürfte dann genügend Komfort, Schnelligkeit und Sicherheit zum Finden der optimalen Ausrichtung vorhanden sein.

Als erstes sollten mit dem Programm „**Radiomobile**“<sup>17</sup>, mögliche Standorte gefunden werden. „Help for the first Steps“ wurde dazu von Michael Oetjen, DH6XS geschaffen. Das geht ausgezeichnet, die Feinarbeit dann mit TOP 50 oder TOP 25 erledigen.

Das im Buchhandel erhältliche Programm Top 50 gibt es für alle Bundesländer, ob das bei Top 25 auch so ist, weiß ich nicht. Im TOP50, ab Version 3 lassen sich auch Höhenprofile darstellen und natürlich ausdrucken. Aus den Standortangaben, die Stellung des Mauszeigers zeigt bei entsprechender Einstellung jeweils Angaben zum Standort, lässt sich der Winkel zueinander und zum markanten Objekt auf dem Bildschirm ablesen bzw. genauer ausrechnen. Der selbst angezeigte Winkel hat leider nur eine Auflösung von 1°. So ist es einfach möglich, das Lichtsprechgerät zur Gegenstelle grob auszurichten, auch wenn diese nicht sichtbar ist.

(**Fehler in TOP50**: Brandenburg/Berlin, Version 3, bei 1:50.00 können **ausgedruckte** Nachkommawerte der Minuten bei der Darstellung in Grad, Minute **ohne** Sekunde falsch sein, bitte auf die Darstellung Grad, Minute **und** Sekunde ausweichen!)

Sinnvoll, da WGS84 auch für den Locator verwendet wird, ist die Berechnung der Winkel aus den WGS84-Koordinaten von 3 Standorten, Länge und Breite in Grad/(Minute) bzw. Werte für UTM mit den dazugehörigen Höhen in m. Hierzu kann bei einer Transformation oder beim Rechengang selbst aber die Verwendung von Elementen der sphärischen Trigonometrie nötig sein.

Um ohne sphärische Trigonometrie auszukommen, können die Koordinaten der Standorte in UTM verwendet werden. Durch die Hoch- und Rechtswerte von 3 Punkten ist der Winkel mit den üblichen Winkelbeziehungen für ebene Flächen schnell bestimmbar. Falls die Höhe nicht berücksichtigt wird, kann ein zusätzlicher Fehler entstehen. Nur der Winkel stimmt, die Nordrichtung, die Strecken/Entfernungen und damit die Flächen auf der Karte sind aber **falsch**.

Der Hochwert ist die Entfernung zum Äquator, der Rechtswert der Abstand von einem bestimmten Meridian, der links liegt.

Die im kostenlosen **HAMMAP**<sup>18</sup> vorhandenen Programme ermöglichen nicht nur das Einbinden der Top50-Karten und das Umrechnen verschiedener Koordinatensysteme, sondern auch die Berechnung des Locator (2 bis 12(14) Stellen), das Berechnen der Winkel, der genauen Entfernung u. a.

## 11 Baugruppen eines Lichtsprechgerätes

Folgende Aufteilung bietet sich an:

**Empfänger**, bestehend aus dem **Empfangskopf** und dem **optischen Teil**, (eventuell Visiereinrichtung), er ist im Prinzip allein funktionsfähig

**Sender**, bestehend aus dem **Sendekopf**, Laser- bzw. LED-Modul mit Mechanik (eventuell Visiereinrichtung), er ist im Prinzip allein funktionsfähig

**Visiereinrichtung**, falls nicht am Sender oder Empfänger

**Bedienteil in der Größe eines Handmikrofons**, enthält Tonselktion, Verstärker, Mikrofon, „Taste“, Modulator mit Tongenerator, ev. mit interner Stromversorgung und kann mit verschiedenen Empfängern und Sendern arbeiten.

**Stromversorgung** extern, wahlweise

**Zubehör am Bedienteil ansteckbar**, wie Kopfhörer, Mikrofon, (Hör-/Sprechkombination), Taste

**Eigentliche Mechanik**, Einstellmöglichkeit für Seite und Höhe, Aufnahme für Stativschraube, Verbindung zwischen Empfänger und Sender.

**Stativ**, Stativschiene, Befestigung für Theodolit

(**Aktiv-**) **Lautsprecher**, in entsprechender Entfernung vom Lichtsprechgerät für „Zaungäste“

### 11.1 Empfänger

Der **Empfangskopf** enthält den Detektor mit Vorverstärker und ist wechselbar, indem er auf einer CD mit 34,5 mm Durchmesser aufgebaut ist. Es kann sinnvoll sein, ihn mit Blende, Tubus und Filter(n) zu kombinieren.

Der eigentliche Detektor **empfängt meist** auch **von hinten**, bitte unbedingt unterbinden! Wird die Empfindlichkeit der Fotodiode im Kurzschlussbetrieb (Transimpedanzverstärker, Strom-/Spannungswandler) gleich 1 gesetzt, ist sie im Leerlauf 7 x geringer und im Diodenbetrieb 50 x geringer. /13/ Das schließt nicht aus, dass Leerlauf und Diodenbetrieb auch angewandt wird. Die Möglichkeit Gleichlicht zu empfangen darf nicht, auch nicht für Messzwecke vorgesehen werden, man zerstört sich die optimale Konzeption. Ab 350 Hz geht's erst richtig los für A2 und A3, FM liegt ja noch wesentlich höher.

Die Rauschäquivalente Strahlungsleistung **NEP** (Noise equivalent power) ist aus den Datenblättern der Dioden zu entnehmen oder auszurechnen.

Siehe auch Berechnungen **(C)**

$I_R$  ist als Dunkelstrom bei einer bestimmten Sperrspannung angegeben. Bei **kleiner aktiver Fläche** ist auch der **Dunkelstrom** geringer, es empfiehlt sich eventuell Dioden auszumessen. Das ist nur sinnvoll, wenn das Rauschen im wesentlichen von der Diode bestimmt wird. Das sollte aber so sein, der nachfolgende Verstärker trägt meist bei ungünstiger Dimensionierung einen zu großen Teil dazu bei. Für unsere Zwecke müssen die Biasströme klein sein. (LF 356, LT 1028, OP 27, OPA 111, OPA 627) Achtung!, die maximal zulässige Sperrspannung von Fotodioden ist teilweise kleiner als 1 V, **Gefahr der Zerstörung**.

Die **Detektivität** ist von Bedeutung, wenn keine Optik verwendet wird, was für uns nicht zutrifft.

Beim Transimpedanzverstärker wird mit der **Erhöhung** des Gegenkopplungswiderstandes das **Rauschen** und die **Bandbreite verringert**, bei gleichzeitiger **Erhöhung der Verstärkung**. /9/ Der Gegenkopplungswiderstand sollte mindestens 10 x größer als der Diodenwiderstand sein, lässt sich bei Si-Dioden selten einhalten. Um je nach benötigter oberer Grenzfrequenz ein **Maximum an Empfindlichkeit** zu erreichen, sollte die **Umschaltung** im Empfangskopf, am besten durch ein **Relais** erfolgen. Ein Nebeneffekt ist gleichzeitig die damit verbundene Änderung der Verstärkung. Ein Bereich für AM, 350 Hz ... 2,7 kHz und für FM und andere Modulationsverfahren (30 kHz) ... **32,768 kHz** ... (40 kHz).

Für den angegebenen Bereich gibt es preisgünstige Lösungen für Fernsteuerungen, Fotodiode, Transimpedanzverstärker und Bandpass, für eine Frequenz zwischen 30 kHz und 40 kHz und meist Infrarotfilter, alles in einem Gehäuse integriert, leider meist nur für Telegrafie geeignet und anscheinend nur für das 214 THz-Band<sup>4</sup>. Einfach ist die Verwendung von Burr Brown OPT101...<sup>2</sup> und OPT210...<sup>3</sup>, Fotodiode, Transimpedanzverstärker mit Zugriff auf Bandbreite und Empfindlichkeit in einem Gehäuse.

Durch die mechanische Trennung vom Bedienteil jederzeit austauschbar, bzw. anderes Bedienteil zur Verstärkung und Demodulation über am Empfangskopf fest angeschlossenes Kabel mit **Steckverbinder** verwendbar.

Hierbei ist zu beachten, das die gewünschten Grenzfrequenzen für die Übertragung durch die Koppellemente eingehalten werden. Eine Reihenschaltung von 560 Ohm mit 47 nF legt die untere Grenzfrequenz auf 6 kHz fest und ist damit nicht für AM, sondern nur für FM sinnvoll geeignet.

Bei der „eigentlichen optischen Strecke“ sieht es ganz anders aus, hier kann man Ideen einbringen. Es ist nicht nötig, Probeaufbauten mit kleiner Optik oder anderen Einschränkungen zu machen, die Gesetze der Optik ändern sich dadurch nicht, obwohl sich einfachere Gleichungen eventuell anwenden lassen. Falls bei Sonnenschein gearbeitet, die Reichweite über 2 km und die Grenzempfindlichkeit ausgenutzt werden soll, muss der  $\varnothing$  der Empfangsfläche >58 mm sein um den Einfluss von Einbrüchen zu verringern. Diese ergeben sich aus der Größe eventuell entstehender Luftturbulenzen in unseren Breiten in Abhängigkeit der von uns benutzten Wellenlänge von 660 nm, entsprechend >80 mm Durchmesser bei 920 nm. Für den Einsatz bei Schnee, Regen und Hagel sollte die Empfangsfläche auch groß sein. Besser ist Mehrfachempfang, bei dem mehrere „kleine“ Empfangsflächen statt einer „großen“ Empfangsfläche verwendet werden. 2 Optiken/Linsen mit z. B. 80 mm Durchmesser sind im Regelfall billiger als eine Optik/Linse mit 113 mm Durchmesser. (Gleiche Gesamtfläche)

Mit steigender effektiver Fläche der Empfangsoptik, trifft für Linsen(-systeme) und Spiegel(-systeme) zu, steigt theoretisch die Empfindlichkeit. Verluste ergeben sich durch Reflexionen an den Luft/Glas- und/oder Luft/Kunststoffflächen. Diese lassen sich durch Vergütung/Entspiegelung von ca. 4% auf <1 % je Grenzfläche verringern. Weitere Verluste entstehen durch nicht senkrecht auf Auftreffen des Lichts auf die fotoempfindliche Fläche, Angaben dazu meist in den Datenblättern der Detektoren. Daher sind auch Scheinwerferspiegel, die die vorgesehene Lichtquelle sehr gut ausnutzen normalerweise nicht geeignet, da nur ein ganz kleiner Querschnitt genutzt werden kann. Mir ist nur eine realisierte Variante bekannt, der Detektor empfängt von seiner Vorder- und Rückseite, seitlich! (Ruhig mal aufzeichnen) Eine zusätzliche Optik, bzw. die vorhandene „Plastoptik“ einer Fotodiode vergrößert die lichtempfindlichen Fläche auf den Durchmesser der Diode! und verschlechtert damit im Regelfall die optische Abbildung, der Empfangswinkel wird zu groß.

Bitte nicht vergessen, die Empfangsdiode soll kein Nebenlicht erhalten, daher wird ein kleiner Empfangswinkel, identisch mit dem Sendewinkel, angestrebt, zu erreichen meist durch eine Blende.

Für die Empfangsfläche (Sendefläche) ergibt sich der Empfangs-(Sende-)Winkel aus deren Größe und der Brennweite der Optik.

Siehe auch unter Berechnungen (D)

Seriöse kommerzielle Geräte, (JO-4.02, -03), haben auf der Empfänger- und Senderseite den gleichen Winkel zur Ausleuchtung/Abbildung.

Optische Systeme, die z.B. Kleinbild 24 mm x 36 mm ausleuchten sind daher natürlich nicht nötig, es reichen also Systeme die nur einige mm<sup>2</sup> ausleuchten, wie für Digital- und Fernsehkameras mit kleiner Chipfläche.

Hier gibt es auf Flohmärkten noch langbrennweitige, lichtstarke Objektive aus DDR-Überwachungskameras, teilweise gleichzeitig für 546 nm und 850 nm korrigiert und damit im 429 THz- und 214 THz-Band einsetzbar.

Es ist sich vor Augen zu halten, dass die Quelle der Gegenstelle abgebildet nur einen Durchmesser im nm/µm Bereich hätte, wenn alles ideal wäre. Was außerdem auf dem Detektor kommt **verringert das Signal-/Rauschverhältnis und damit die Reichweite!**

Es ist also **wichtig**, eine **Blende** oder/und einen kleinflächigen Detektor zu verwenden oder/und **die Brennweite groß** zu halten.

Eine Blende ist nur bei kleinflächigen Fotodioden eventuell entbehrlich.

Für Detektoren mit Lichtwellenleiter wird die Auswahl der Optik nach Blendenzahl vorgenommen.

Siehe auch unter Berechnungen (E)

Das ist anwendbar, wenn im Brennpunkt einer (auch großen) Optik als Empfänger ein Ende eines Lichtwellenleiters anordnet wird. Durch den Einsatz einer zusätzlichen Linse/Optik kann der nur einige Zehntel mm große aktive Durchmesser des Lichtwellenleiters scheinbar vergrößert werden, um Toleranzen auszugleichen, siehe aber vorstehende Gleichung mit Hinweis. Es gibt dafür verwendbare hochempfindliche, breitbandige Empfangsmodule.

Linsefotobjektive können auf Grund der mehrfachen Grenzflächen, besonders ältere ohne Vergütung, zu hohe Verluste gegenüber Spiegelobjektiven haben. Die hochwertige optische Korrektur ist meist nicht nötig, da der Laser, die LED fast bei einer Wellenlänge strahlt. Besser geeignet als hochwertige Linsefotobjektive können einfache Linsen, **Fernrohrobjektive, -(luft-)achromate** und -spiegel sein. (Die Brennweite von üblichen Fernrohrobjektiven beträgt ca. das vierfache ihres Durchmessers.) Newtonsysteme benutzen einen Parabolspiegel (mit Planspiegel), Cassegrainsysteme einen Hohlspiegel mit konvexem Hyperboloidspiegel. Das Maksutow-Spiegelsystem verwendet statt der Schmidt-Platte eine Meniskuslinse. Fresnellinsen, (für unendlich korrigiert) und eventuell einfach aufgebaute Projektionsobjektive können geeignet sein. Brenngläser/Lupen sind ein Notbehelf, die man eigentlich nicht verwenden sollte, preisgünstige Brenngläser/Lupen können eine Linse enthalten, die für uns besser geeignet ist, als Markenerzeugnisse; diese sind oft wirklich für die Verwendung als Lupe konstruiert und dann für uns nicht geeignet. Die effektive Öffnung, das Verhältnis von Durchmesser zu Brennweite ist meist groß. Beide Gründe verhindern zusammen eine Fokussierung für Strahlen aus dem Unendlichen. Damit kann eine wirksame Blende nicht eingesetzt werden, bzw. der Strahl lässt sich nicht scharf fokussieren um kleinflächige Blenden und Detektoren optimal einzusetzen. Kommerziell werden fast immer **asphärische** Linsen verwendet.

Der einzige Fehler der Optik der uns das Leben schwer machen kann ist der Öffnungsfehler, u.a. auch als sphärische Abweichung bezeichnet.

Der Schnittpunkt der Rand-, Zonen- und Zentralstrahlen bildet eine Brennfläche, (kaustische Fläche oder Kaustik, kann in einer runden weißen, teilweise mit schwarzem Kaffee gefüllten Tasse sichtbar werden!). Die weiter außen liegenden Strahlen (Randstrahlen) werden im Gegensatz zu den weiter innen liegenden Strahlen (Zonen- und Zentralstrahlen) stärker gebrochen (Prismenwirkung), der Brennpunkt liegt näher an der Linse. Mit der Erfüllung der Sinusbedingung ist der Fehler beseitigt.

Da der Empfangsoptik nur zur Achse parallele Strahlen einer Wellenlänge angeboten werden, haben andere Fehler der Optik keinen nachteiligen Einfluss.

Die für uns sehr interessanten Detektoren haben lichtempfindliche Flächen mit einem Durchmesser von **0,3 mm und kleiner!** Durch den kleinen Durchmesser der lichtempfindlichen Fläche wird ebenso wie bei großflächigen Detektoren mit Blende der Einfluss des Nebenlichtes gewaltig verringert.

Wird ein großflächiger Detektor, z. B.: OPT 101 ohne Blende und Tubus verwendet, kann also sinnvoll immer nur nachts gearbeitet werden, am Tag ist die erzielbare Reichweite gering.

Daher mein Rat, bitte immer die Abbildungseigenschaften durch die Abbildung eines (**unendlich**) **entfernten** Objektes, (z. B. Mond), überprüfen wenn die Abbildungseigenschaften nicht bekannt sind. Eine Spiegelreflexkamera kann hier hervorragend zum Testen eingesetzt werden.

Das geht aber nicht im Schnelldurchgang, denn es muss sichergestellt sein, das Linse/Optik und weiße Empfangsfläche parallel zu einander sich befinden, die Abbildung in der Mitte der Empfangsfläche erfolgt und die **richtige** Seite der Optik/Linse gewählt wird. Um auch genügend Kontrast zu haben ist ein oder besser sind 2 Rohrstückchen angebracht. Die Brennweite über die Abbildung der Sonne zu bestimmen, ist nur in Sonderfällen sinnvoll. Bildet man ein Objekt 1:1 ab, ist der Abstand zwischen Objekt und Abbild durch 4 zu



teilen, das ist die Brennweite. Als Objekt bietet sich die Beschriftung der Kuppe einer in Betrieb befindlichen Glühlampe an.

Die Optik sollte für Unendlich berechnet sein. Unter den einfachen Linsen wäre eine asphärische Linse für minimalen Öffnungsfehler bei der verwendeten Wellenlänge berechnet, ideal. Gut geeignet ist die „**Bestformlinse**, auch **Linse günstigster Form**“ genannt. Hierbei ist eine Fläche konvex, eine Fläche nur gering gebogen bzw. plankonvex. Die **stärker gewölbte Fläche zeigt zur Gegenstelle!**.

Gute Erfahrungen wurden mit sphärischen, plankonvexen Brillengläsern gemacht. Steht Material mit der richtigen Brechzahl zur Verfügung, (Brechzahl 1,685 bei der entsprechenden Wellenlänge für dünne Linsen) ist der Öffnungsfehler ein Minimum. Moderne, punktuell abbildende Brillengläser sind gar nicht und bikonvexe Linsen, bei diesen sind beide Flächen gleich erhaben, bei großer Öffnung, nicht geeignet.

Übliche, fürs Sichtbare optimale mehrschichtige Entspiegelungen sind im Infrarotem nicht nur unbrauchbar, sondern meist auch stark dämpfend.

Moderne Ferngläser aus militärischen Beständen sind meist mit einer IR-Sperrschicht vergütet, daher nur für den VIS-Bereich geeignet.

Das Linsen(-systeme) und hinterlegte Spiegel(-systeme) (im Gegensatz zu Oberflächenspiegeln), in der Regel unterschiedliche Wellenlängen in unterschiedlichen Ebenen abbilden, kann Vor- und Nachteil sein. Werden nicht gewünschte Wellenlängen nicht in der Ebene abgebildet, stören sie weniger. Werden als Nutzsignal unterschiedliche Wellenlängen empfangen, muss eventuell der Fokus nachgestellt werden.

Eine Blende kann in der Praxis am Tag unbedingt erforderlich sein, wenn die aktive Fläche des Detektors größer als der sich aus nachstehendem ergebende Blendendurchmesser ist und störenden Einstrahlungen auftreten können. Sie ist die Ebene auf die abgebildet wird. Stellt man sich vor, die Gegenstelle muss frei auf einem Berg stehen mit der Sonne fast im Rücken ... Die Blende sollte vom Durchmesser so klein sein, das sich der gewünschte Empfangswinkel ergibt; und das Material muss, sehr dünn sein. Der mögliche minimale Durchmesser wird durch die mechanische Stabilität und die Abbildungseigenschaften der Optik, den Öffnungsfehler, bestimmt. Die bei sehr kleinen Blendenöffnungen auftretende Beugung liegt in der Praxis jenseits von Gut und Böse.

Siehe auch unter Berechnungen (G)

Der Einbau eines Filters ist notwendig, um, meist am Tage, Licht störender Wellenlängen vom Detektor fernzuhalten, falls der Detektor nicht selbst einen geeigneten Filter besitzt. Es reichen einige  $\text{mm}^2$ , wenn es an der Blende, eventuell wechselbar, angebracht wird. Metallinterferenzfilter sind zwar sehr schmal, ca. 0,3 nm ... 25 nm, die Durchlässigkeit beträgt aber im Schnitt nur 40 %, bei Doppelmetallinterferenzfiltern im Schnitt nur 20 %, während „normale“ Filter über 99 % Durchlässigkeit haben können. Durch Schrägstellen des Interferenzfilters verschiebt sich der Durchlassbereich ins langwelligere, Verlauffilter nutzen diesen Effekt aus. Damit ein Metallinterferenzfilter in seinen Daten voll wirksam wird, muss daher das Licht parallel passieren. Bei Objektiven hoher Öffnung dann besser vor das Objektiv. Wird das „normale“ Filter in der Nähe des Detektors eingesetzt, spielen die eigentlichen optischen Qualitäten keine Rolle mehr, es können Gelatinefilter verwendet werden. Da sich die Wellenlänge der Laserdioden in Abhängigkeit vom Strom und der Temperatur ändert, können zu schmale Filter Probleme machen, der Laser läuft raus./19/

Die farbigen „Deckflächen“ der 7-Segment Lichtschachtbauelemente können hervorragend geeignet sein, sie sollten aber unbedingt vorher gemessen, eventuell probiert werden, indem man sie in den Strahl bringt und sich den Unterschied am „Leistungsmesser“, einem relativen oder absoluten Messgerät, ansieht. Sie haben Tiefpasscharakter bezogen auf die Wellenlänge.

Durch Infrarotsperrfilter aus CCD-Kameras und „Wärmeschutzfilter“ sollte eine Dämpfung der nicht gewünschten Infrarotstrahlung erfolgen. Wärmeschutzfilter sind z. B. meist als Glasstreifen im Diaprojektor eingebaut. Sie erwärmen sich durch die Wärmestrahlung der Glühlampe und schützen durch Abgabe der Wärme an die Halterung das Dia. In der Praxis werden auch Linsen- und Spiegelsysteme verwendet, die aus Filterglas, „Schwarzglas“ bestehen. Sie sind optisch als Tiefpass wirksam und es wird dann meist kein zusätzliches Filter benötigt.

Seriöse dB-Angaben über eine Verbesserung des Signal-/Rauschverhältnisses durch den Einsatz von Filtern für den konkreten Fall lassen sich berechnen, solange die störende Strahlung von der Sonne ausgeht. Hierbei ist aber die Berücksichtigung des Standort für die Hintergrundstrahlung und der Einfluss der Tageszeit sehr aufwendig. Eine Verbesserung ergab ein Metallinterferenzfilter gegenüber einem üblichen Tiefpassfilter in einem konkreten Fall von 6 dB.

Trotzdem sind fast alle veröffentlichten „gemessenen“ Angaben sehr subjektiv und nur bei Angabe der Wetter- und anderer Umweltbedingungen eventuell aussagekräftig. Nur wenn ein störender Fremdlichteinfall vorhanden ist, kann sich eine Verbesserung ergeben. Da dessen Stärke aber meist nicht vorhersehbar und meist nicht nachvollziehbar ist, bleiben die Aussagen diffus. In einer idealen Nacht bringt ein Filter kaum Vorteile, am Tag meist aber.

Um störendes Streulicht zu reduzieren, ist es ein muss, einen „Tubus“ vor den Detektor zu setzen, er ist eine Ergänzung zum **unbedingt** notwendigen Tubus vor der Optik. Die sinnvollen Abmessungen lassen sich zeichnerisch, bzw. rechnerisch in Abhängigkeit von Empfangswinkel, Apertur der Optik als Tubuslänge und -durchmesser ermitteln. (Siehe 22.(D))

Es sollte Metall oder mit Metall kombiniertes Material benutzt werden, falls man die Materialeigenschaften im Infraroten nicht kennt, da viele Materialien sehr gut Infrarot durchlässig sind, von denen man es nicht erwartet. Da die Detektoren im Infraroten meist besonders empfindlich sind, kann es Probleme geben. Im Sichtbaren wirksame Beschichtungen können im Unsichtbaren unwirksam sein und umgekehrt.

Die Oberfläche von Oberflächenspiegeln u. ä. kann auch durch einen ganz weichen Pinsel, durch Anhauchen dauerhaft unbrauchbar werden.

Für den infraroten Bereich lassen sich verschiedene der vorstehenden Hinweise nicht verwenden, hier kann der Einsatz von Nachtsichtgeräten/Bildwandlern und/oder IR-Kameras/CCD-Kameras/Camcorder mit ausgeschaltetem IR-Sperrfilter (NIGHTSHOT) sinnvoll sein. Mittlerweile ist es leider üblich, diesen Effekt nur durch eine Farbverfälschung vorzugaukeln!

Achtung, moderne Kameras, z. B. CANON EOS 300V sind nicht für 850er Infrarotfilm geeignet, geschweige denn für 1050er, also eine alte Metallkamera aktivieren.

Das elektronische Okular MEADE P/N 07167 läßt sich nach Umbau zusätzlich als Kamera für C-Mount, mit/ohne IR/VIS-Sperr-/Durchlaßfilter verwenden.

## 11.2 Sender

Während Laserdioden für Impulsbetrieb meist nur aus der Laserdiode bestehen, wird sonst meist stillschweigend vorausgesetzt, das eine Monitordiode im gleichen Gehäuse vorhanden ist.

Das Bauelement Laserdiode strahlt in einem Winkel zwischen  $10^\circ$  und  $50^\circ$ , besteht üblicherweise aus einer Laserdiode und einer Monitordiode in einem Metallgehäuse mit 3 Anschlüssen. Ein Anschluß ist gemeinsam, einer ist mit dem Gehäuse verbunden. Es gibt also 4 verschiedene Beschaltungen ohne Berücksichtigung des Gehäuses, welches nur selten Massepotential hat. Das ist beim Befestigen zu berücksichtigen. Durch die unterschiedliche Durchlassspannung, die Laserdiode liegt bei ca. 2 V, die Monitordiode bei ca. 0,7 V können die Anschlüsse bestimmt werden. Die **zulässige Sperrspannung** kann **unter 1 V** liegen, daher Vorsicht!

Parallel zur Laserdiode muss immer ein Kondensator liegen der eventuelle Spannungsspitzen auffängt, der Anschluß über längere Leitungen kann tödlich sein. Daher die Laserdiode mit den entsprechenden Bauelementen immer kurz verbinden, von dieser „Sendeeinheit“ sind dann längere Leitungen möglich.

Seriöse Laserdioden mit funktionierender Monitordiode werden, da dies über die Leistungsregelung durch entsprechende Schaltung mit Hilfe der Monitordiode möglich ist, sehr oft in der Nähe der Maximalwerte betrieben, daher bei unsachgemäßem Einsatz schnell, schon bei 5 % mehr, zu töten. Sie sind deshalb sinnvollerweise über dazu geeignete Treiber-IC zu verwenden.

Wald- und Wiesendioden, meist ohne bzw. mit defekter Monitordiode, sind meist unempfindlicher, da sie aus Sicherheitsgründen weit unterhalb ihrer Maximalwerte betrieben werden, sie sind schaltungsmäßig wie LED zu behandeln. Seriöse Hersteller geben für bestimmte Laserdioden teilweise nur eine Lebensdauer von 100 h an, ruhig mal nachfragen.

Der **Sendekopf**, am zweckmäßigsten ein Laserdioden- oder LED-Modul mit auf unendlich fokussierten Kollimator, **muss**, falls eine Laserdiode Verwendung findet, mit dem Treiber immer eine Einheit bilden. Der Absturz der Laserdiode ist sonst vorprogrammiert. Hersteller von Laserdiodentreibern geben nicht umsonst das Layout vor. Einbau, falls nötig, am zweckmäßigsten in ein rundes Gehäuse, wenn Strahlaufweitung gewünscht, z. B. in ein 4x15 Fernrohr. Dieses enthält dann natürlich nur noch Objektiv und Okular, die Divergenz wird auf 1/4 verringert und damit die Bestrahlungsstärke versechzehnfacht. Die Spannungsversorgung ist auszulegen für +5 V Betriebs- und maximal 5 Vss Modulationsspannung, bezogen auf Masse. Damit ist bei Versuchen das Umfeld nicht zu ändern, es können dann kommerzielle Module für maximal 5 V verwendet werden.

Durch die mechanische Trennung vom Bedienteil jederzeit austauschbar, bzw. anderes Bedienteil zur Modulation über am Sendekopf **fest** angeschlossenes Kabel mit **Steckverbinder** verwendbar./26/

Das Hauptziel ist es, eine möglichst große **Bestrahlungsstärke** am Empfangsort zu erreichen bei noch handbarer Divergenz. Für Feststationen eine Divergenz  $>2$  mrad vorsehen, falls keine Nachregelung erfolgt.

Falls das austretende Strahlenbündel unterschiedliche Ausdehnungen hat, muss die größte Ausdehnung lotrecht sein!

Wird als Sender ein Gas-Laser verwendet, kann eine Optik zu Modulationszwecken nötig sein, es geht erst mal ohne.

Die Laserdiode braucht in jedem Fall eine Optik, besser ist die Verwendung von Laserdiodenmodulen, die Laserdiode, Optik, (Kollimatoroptik), einen Treiber, sinnvoll in einem zylindrischen Gehäuse enthalten.

DB 6 NT, Michael hat Laserdiodenmodule<sup>7</sup> der nicht mehr zulässigen Laser Klasse 3A für **660 nm** im Angebot, die Monitordiode, falls überhaupt vorhanden, ist nicht verwendbar, das stört aber nicht.

Um so kleiner die Leuchtfläche eines Lasers, einer LED, um so geringer ist der Aufwand dem Strahl eine geringe Divergenz zu geben. Leistungsstarke Laserdioden und LED bestehen oft aus mehreren in Reihe geschalteten Einzeldioden in einem Gehäuse, dies ergibt außer der größeren Fläche auch einen höheren Spannungsabfall. LED sind leider meist nur noch

mit dem als Linse geformten „Gehäuse“ zu bekommen. Als Grundlage für die Berechnung ist in diesem Fall nicht die Chipfläche, sondern der Durchmesser der LED zu berücksichtigen!

Siehe auch unter Berechnungen (D)

Falls die Berechnung zu ungünstige Werte ergibt, kann man die Strahldivergenz in diesem Fall über ein Fernrohrsystem verkleinern.

Der Einsatz von LED-Modulen als Sender ist kein Kompromiss, wenn die realisierbare Strahldivergenz entsprechend klein zu halten ist. Das von sehr schmal strahlenden LED ausgesendete Licht bitte in einigen Metern auf einer ebenen Fläche abbilden und ansehen. Sehr oft ist in der Mitte ein starker Abfall der Helligkeit. Wenn dies der Fall ist, dieses Exemplar nur für spezielle Fälle verwenden oder eine unscharfe Abbildung für Unendlich einstellen.

Die Divergenz üblicher Laserdiodenmodule liegt zwischen 0,2 mrad und 3 mrad. Durch das Vorsetzen eines einfachen Fernrohrsystems, (Strahlaufweitung, „Beamer“) wird die Divergenz bei Vergrößerung des Strahldurchmessers am Austritt und Bildung einer Taile in der Nähe kleiner. Die Taile ist eine Einschnürung, bei normalen Strahlaufweitungen innerhalb einer Entfernung von 200 m, also bei Messungen und deren Auswertung ev. berücksichtigen. Die Divergenz wird um die Vergrößerung des Fernrohrs kleiner und die Bestrahlungsstärke um das Quadrat der Vergrößerung höher. Damit wird eine Reichweitenerhöhung und Verbesserung der Verbindung auch bei Regen, Schnee u. ä. erreicht. Die atmosphärischen Bedingungen bei größeren Strecken können die Vorteile zeitweise aber aufheben, entscheidend ist eben das Wetter

Um so geringer das Frequenzspektrum des Senders, um so höher die Gefahr von Interferenzen und damit Auslöschungen auf der Übertragungsstrecke, LED's sind hier günstiger als Laserdioden, sie strahlen breiter und Verluste in der Atmosphäre durch Absorptionen sind leichter zu verschmerzen. „Billige“ Laserdioden können je nach Strom, bei Modulation mit der Wellenlänge „springen“, sie verändern damit auch schlagartig die Amplitude.

### 11.3 Visiereinrichtung

Als **Visiereinrichtung** wurde in den Lichtsprechgeräten LiSpr 60/50; 80, 250/130 u.a. das Abbild des Glühfadens, über einen Tripelstreifen ins Fernrohr gespiegelt, mit der Gegenstelle zur Deckung gebracht. Das ist eine optimale Lösung, die nicht nur eventuelle mechanische Änderungen kompensiert, sondern auch Nachts funktioniert.

Um eine für die Übertragung vorgesehene Optik mehrfach zu nutzen, kann natürlich zeitweise oder ständig, dann unter Verwendung eines Strahlteilers, eines teildurchlässigen Spiegels oder eines „Strahlschalters“ ein Okular eingeschaltet sein. Dann dient das Objektiv auch als Fernrohrobjektiv, als Zieleinrichtung. Hier sind viele Varianten, z.B. Spiegelreflexkamera, möglich, die meist erst bei größeren Geräten sinnvoll sein können.

Als Visiereinrichtung bietet sich ein preisgünstig im Versandhandel erhältliches Zielfernrohr **mit** Beleuchtung<sup>5</sup> an. Ungünstig ist der große Augenabstand zum Okular, hier ist **unbedingt** (fast) körperlicher Kontakt durch eine Augenmuschel nötig, denn uns fehlt der Gewehrkolben zum Halten, der Aufbau auf dem Stativ ist kein Ersatz!. Nicht nur bei weißer Schneedecke dringt sonst zuviel Nebenlicht ein. Die Pupille des Auges wird dadurch automatisch „abgeblendet“ und die optische Leistung des Fernrohrs kann nicht mehr voll genutzt werden.

Die Strichplatte, siehe auch 10.5, bzw. das „Fadenkreuz“ im Brennpunkt des Objektivs angebracht, hat verschiedene Darstellungen, als **Absehen** bezeichnet. Es **muss in jedem Fall** dem „Sendestrahl“ entsprechen, kleiner sein oder eine eindeutige Zuordnung ermöglichen, eine sinnvolle Verbindungsaufnahme kann sonst nicht möglich sein. Wenn beim Ausrichten die Gegenstelle sich in der Mitte des Absehens befindet, ist keine weitere Ausrichtung nötig, sie ist abgeschlossen. Eine zusätzliche Darstellung der Empfangsfläche/n ist für Experimente hilfreich, kommerziell bei optischen Bewegungsmeldern großer Reichweite und Sucherkameras, auch mit wechselbaren Festbrennweiten, üblich.

Hier muss ein Absehen gewählt werden, welches das kleine Ziel nicht verdeckt, z. B.: Absehen 4; 4A; 6; 8; Crosshair; Plex; Z-Plex. Optimal ist meist ein kleiner Kreis. Die meisten Absehen sind unbrauchbar, da in der Mitte ein roter „Punkt“ dargestellt wird. Durch Ersatz des Absehens durch eine glasklare Platte aus z. B. Plexiglas, in deren Mitte ein konisches Loch mit der Spitze der dünnsten Impfnadel gemacht wurde, ist am Tag ohne und nachts mit am Rand eingespeistem Licht ein Kreis gut sichtbar. Eventuelle unerwünschte Lichtaustrittsstellen am Rand sind mit Leitlack abzudecken. Die geregelte Beleuchtung kann durch Mikro-Glühlampe, LED/22/ oder eine radioaktive Leuchtfarbe erfolgen, Anregung durch Tritium und Promethium als  $\beta$ -Strahler für gute 10 Jahre. Ohne beleuchtetes Absehen läuft Nachts wirklich **nichts!** Zwei realisierte Ausnahmen sind bekannt, das DDR Lichtsprechgerät FINOW 2 und unser Eigenbau, beide sind praktisch nicht von einem 2-äugigen Feldstecher zu unterscheiden. Hierbei darf die Gegenstelle im gesamten Gesichtsfeld liegen, damit kann Freihand, ohne Stativ gearbeitet werden. Ist die Beleuchtung im sichtbaren der Wellenlänge des zu empfangenen Lichts angepasst, braucht die Filterbrille, bzw. das Einblickfilter als Okularaufsatz zur Kontraststeigerung nicht abgesetzt werden. Die vorgesehene Montage an die meist 9 mm oder 1/2 Zoll-Schiene ist kostenaufwendig und nur sinnvoll, wenn das dann teure, z. B. (8x56) Zielfernrohr mit Beleuchtung des Absehens auch für andere Zwecke genutzt wird, was im Normalfall neuen Abgleich fordert. Besser ist fester Aufbau, auch wenn ein preisgünstiges Zielfernrohr mit Beleuchtung verwendet wird,

da für mittlere Entfernungen dann zwingend sowieso ein sehr gutes Fernglas zusätzlich benötigt wird. Bei sehr großen Entfernungen nützt meist auch ein sehr gutes Fernglas nicht mehr, hier muss die Ausrichtung über die vorgegebenen Werte in x- und Y-Richtung erfolgen. Bei einer hohen Vergrößerung des Zielfernrohrs ist ein Grobvisier, Kimme und Korn oder ein Richtglas, (Stablinse, Kleinkollimator, Kollimateur) angebracht. Das Richtglas ist ein dicke Linse, z. B.: 45 mm „dick“ mit einem geringen Durchmesser, z. B.: 6 mm. Als Bezugspunkt dient meist ein Kreuz, was mit dem Ziel beidäugig zur Deckung gebracht wird. Das zusätzliche Fernglas ist am Lichtsprechgerät oder einem extra Stativ zu benutzen.

Hier bieten sich preisgünstige 2-äugige Ferngläser mit Objektivdurchmessern ab 50 mm an. Da bei dem geringen Objektivabstand räumliches Sehen sowieso nicht möglich ist, teilt man es. Die Hälfte mit Okulareinstellung wird zwischen Okular und Bildumkehrsystem mit einem beleuchtbaren Absehen versehen und dient als hochwertige Visiereinrichtung, von der anderen Hälfte wird das Objektiv z. B. als Empfangsoptik für ein Messgerät oder für ein kleines Lichtsprechgerät verwendet. Der Rest wird hinter einer größeren Optik (Objektiv) in entsprechenden Abstand befestigt oder er bekommt eine kurzbrennweitigere Optik mit zentralem Loch für den Sender, die Fassung des Okulars ist die Verschraubung des Batteriebehälters geworden. Eventuell mit Mutter-Zollgewinde versehen, ist ein hochwertiges Fernrohr bzw. kleines Lichtsprechgerät entstanden, dem Geldbeutel hat es gut getan. Schon in der DDR wurden kommerziell in den 60er Jahren Lichtsprechgeräte gefertigt, die äußerlich ein doppeläugiges Fernglas waren. (siehe Punkt 17, vereinfachte Neuauflage nach der Wende, waren im Angebot)

Um ein Fotoobjektiv als Bestandteil eines hochwertigen Fernrohres benutzen zu können, gibt es im Fotofachhandel Zusätze. (z.B. HAMA) Dieser besteht aus einem Okular von ca. 10 mm Brennweite und einem Umkehrsystem, passend für verschiedene Anschlüsse (Gewinde, Bajonett) und Fabrikate (NIKON, PRAKTICA u. a.). Für M42 bei HUPRA<sup>15</sup> Aus einem Objektiv 1:4 300 mm wird somit ein hochwertiges Fernglas ca. 30x75.

Preiswerter ist es aber, das Okular mit Bildumkehrsystem eines preiswerten Fernglases, z. B. 10x25 oder eines Zoom-Fernglases, dabei Eignung über die Austrittspupille überprüfen mit einer passenden Optik zu kombinieren. Ein ZOOM-Fotoobjektiv als Okular ist selten machbar, eine Scharfeinstellung wird durch die mechanischen Gegebenheiten meist verhindert und eine Bildbegrenzung tritt ein.

Nicht im Schwerpunkt befestigte Fernrohrsysteme entwickeln meist ohne erkennbare Einflüsse eine Eigendynamik. Die auftretenden Eigenbewegungen können bei hohen Vergrößerungen die Anwendung völlig blockieren. Eventuell lassen sich die Bewegungen durch eine zusätzliche Masse dämpfen, Akku „ranhängen“!.

Die Visiereinrichtung sollte mit dem Laserdioden- oder LED-Modul/Strahlaufweitung **eine Einheit** bilden. Diese Einheit ist dann mit dem eigentlichen Empfänger, Optik mit Detektor im eigenem Gehäuse, über eine Abgleichmöglichkeit zu verbinden. Diese dann entstandene Einheit sollte in ein Gehäuse über eine **Einpunktverbindung** eingebaut werden. Andernfalls passiert es schnell, das beim Zusammenbau des Gehäuses die Justage umsonst war. Andere Konstruktionen, wie Frontplatte und Grundplatte mit getrennt montierter Zieleinrichtung, Sendemodul und Empfangsoptik verlangen wesentlich mehr Erfahrung besonders bei der Konstruktion und Ausführung. Der Abgleich und das Wechseln von Teilen kann sehr problematisch sein.

Sinngemäß ist vorzugehen, wenn die Visiereinrichtung mit dem Empfänger eine Einheit ist. Das setzt aber einen Empfänger mit kleiner Divergenz voraus. (Siehe 22.D)

#### 11.4 Bedienteil

Das Bedienteil und das Handmikrofon ist eine Einheit, es sorgt dafür, das während des Funkbetriebes der eigentliche Sender und Empfänger nicht berührt, und damit auch nicht versehentlich aus der Richtung gebracht werden kann. Alle nötigen Bedienelemente sind am Bedienteil vorhanden. Es verarbeitet das Empfangssignal vom Empfangskopf und steuert den Sendekopf an. Zur **Tonselektion muss ein Hochpass als Sperre für Frequenzen unterhalb von 350 Hz bei AM** Telefonie und Telegrafie vorhanden sein. Hier stört das Funkelrauschen der Fotodiode, hier ist das „Brubbeln“ zu Hause, ein Gemisch was fast wie „Sprache“ klingt. Wer „Musik“ hören möchte, braucht das Gerät nur in die sich bewegenden Blätter eines Baumes zu halten. Bestimmte Laubbäume modulieren bei Wind so stark, das eine Verbindung total ausfällt. Bei 625 Hz wird ein Bandpass zusätzlich eingesetzt, ich habe mich für eine Bandbreite von 47 Hz entschieden. Um Rauschen zu unterbinden, ist ein **Tiefpass** für 2,7 kHz immer eingeschaltet. Hier bietet sich der MAX 274<sup>11</sup>, MAX 275<sup>11</sup> als Tief- und/oder Bandpass an, wenn man nicht alles zu Fuß machen möchte.

Den FM-Bereich höher zu legen geht auf Kosten der Empfindlichkeit des Transimpedanzverstärkers. Die Frequenzen unterhalb von 30 kHz sollten unterdrückt werden, Funkelrauschen der Fotodiode!

Der im Bedienteil vorhandene **Verstärker** verarbeitet bei AM im einfachsten Fall nur die NF (Geradeausprinzip) mit einer Verstärkung von 80 dB, (40 dB der Empfangskopf), (Direktmischempfänger sollten entsprechend rauscharme Verstärker ausweisen), obwohl auch hier das Überlagerungsprinzip, z. B. mit dem TCA 440 möglich ist. Bei FM-Betrieb erfolgt die Verstärkung auf z. B. 32,768 kHz. Das kann ebenfalls im Geradeaus- oder im Überlagerungsprinzip erfolgen. Nach der Demodulation (z. B. im 4046) nimmt die NF den Weg wie bei AM. (Siehe 28.9, <sup>16</sup>)

Der im Bedienteil vorhandene **Modulator** hat Anschlussmöglichkeiten für übliche, jeweils einseitig geerdete Taste, Mikrofon und zusätzliche Tonquelle, eingebauten **Tongenerator**, (Quarzgenerator mit **HEF4060** und 5,12 MHz<sup>6</sup> Quarz)<sup>10</sup>, für 625 Hz, mit Mithörton Die Möglichkeit den eigenen Sender vom Ausgangssignal des eigenen Empfängers zu modulieren ist unbedingt nötig, Vollduplex. Es ist für Telegrafie sicherzustellen, das in den Pausen langsam hochlaufend wie bei Telefonie ohne Modulation ca. die halbe Leistung unmoduliert gesendet wird. Andere Varianten sind nicht nötig. Um den Ton mit der Sprache zu „übertönen“, ist bei Telefonie der Ton nur zu 50 % moduliert, bei Telegrafie natürlich 100 %. Telefonie und Telegrafie ist unbedingt gleichzeitig möglich.

Der „Lauschverstärker“<sup>16</sup> ist durch die Regelung sehr gut als Mikrofonverstärker geeignet. Durch Umdimensionierung ist der Hoch- und Tiefpass auf der Empfangsstrecke auch als schmalbandiges Telegrafie Filter verwendbar.

Für FM ist die Mittenfrequenz zwischen 32 kHz und 38 kHz einstellbar, die Gegenstelle hat vielleicht nicht die Möglichkeit auf 32,768 kHz zu empfangen. Eine Leistungsregelung kann sinnvoll sein, um in Ländern mit anderen Grenzwerten problemlos arbeiten zu können. Geliefert wird die 5 V als Betriebsspannung für den Laserdioden/LED-Modul, als Schaltspannung für den Gas-Laser und die maximal 5 Vss zur Modulation. AM Telegrafie muss sein, hier sollte ein Rechtecksignal mit einem Tastgrad von 0,5 Verwendung finden. Soll ein Gas-Laser für Telegrafie moduliert werden, kann mit wenig Aufwand in einem extra Gerät die 625 Hz aus dem Modulator zur Synchronisation der Drehzahl eines Motors mit Lochscheibe, eines Spiegelsystems o. ä. benutzt werden, falls man es mechanisch möchte.

### 11.5 Stromversorgung

Die Praxis macht es **unbedingt** erforderlich, gleichzeitig zu senden und zu empfangen, **das ist der Normalfall!**. Damit lässt sich das Finden der Gegenstelle unter erschwerten Bedingungen optimieren und das QSO erhält eine ganz neue Dynamik. Aus diesem Grund sind Kopplungen zwischen Sender und Empfänger für den Betrieb tödlich. Die Spannung des Akkus, der Primärelemente wird über einen Schaltregler auf 5 V gebracht, diese 5 V werden dem Empfangskopf und dem Sendekopf bereitgestellt. Eventuell andere Spannungen werden im entsprechenden Kopf daraus hergestellt.

Veröffentlichte Schaltungen sollten dahingehend untersucht werden, ob eine Funktion der meist vorhandenen Regelschaltung bei maximalen Strom und minimaler Batterieentladespannung mit den zu verwendeten Zuleitungen im praktischen „Feldeinsatz“ noch funktioniert. Im Bedarfsfall sind vorhandene Bauelemente eventuell durch Low Drop Regler, Schottkydioden und niederohmige Drosseln zu ersetzen.

### 11.6 Zubehör am Bedienteil/(Lichtsprecher)

Ein Lautsprecher lässt sich bei Telefonie nur für Zuhörer in **größerem Abstand** verwenden, da ja durch den Vollduplexbetrieb sich in der Nähe eine akustische Rückkopplung ergibt. Sinnvoll ist die Verwendung eines Aktivlautsprechers wegen der extra Stromversorgungsmöglichkeit. Eine elektronische Regelung ist nicht sinnvoll, da wegen der meist vorhandenen Windgeräusche Kopfhörer für den Operateur zu empfehlen sind.

Ein getastetes Signal, besser ein Rufzeichengeber ist angebracht, besonders für Versuchsreihen. Dauerton kann zu Mehrdeutigkeiten führen.

**Es ist sicherzustellen, das durch die Leitungen, den Aufbau keine HF, durch Funkbetrieb auf den üblichen Frequenzen, das Lichtsprechen stört. Am vorgesehen Standort ist schnell mal eine Conteststation mit 750 W, die auch Probleme für eine Quer-/Dienstverbindung schafft, vorher überlegen.**

### 11.7 Eigentliche Mechanik

Der Sende-Empfänger muss die **Einstellmöglichkeit für Seite und Höhe** beinhalten, sonst ist es eine halbe Sache. Es ist nur sinnvoll, eine Richtungsänderung durch das Drehen eines Knopfes mittels der Finger zu erreichen, falls nicht Elektronik verwendet wird. Der Hersteller MEADE von intern computergesteuerten Fernrohren zeigt da einiges. Es ist Unsinn, einen Stativkopf mit Hebel zu verwenden. Wichtig ist hierbei, dass kein Spiel und/oder Hysterese auftritt. Die Einstellung muss gegen Federkraft, im Notfall gegen die Schwerkraft erfolgen. Verwendet man Kordelschrauben M6(x1), 25 mm  $\varnothing$ , Abstand zum Drehpunkt 57,3 mm, so ergibt sich für 1 Umdrehung 1° Winkeländerung, für 1 mm Umfangsänderung an der Kordelschraube 0,76' Winkeländerung. (Eine Quelle mit 1 mrad hat 3,4') Diese Werte sind aus meiner Sicht optimal. Bitte keine Mikrometer oder ähnlichen Unfug für das Einstellen vorsehen, lieber diesen Aufwand für eine Ablesemöglichkeit des Winkels verwenden, in dieser Kombination eventuell brauchbar. Es ist für die Finger und das Auge beim Einstellen dasselbe, ob die Gegenstelle in 1 km oder 40 km Entfernung sich befindet, bitte selbst nachdenken. Markierungen sind vorzusehen, die Stationen müssen sich nicht immer sehen, ab einer größeren Entfernung ist dies der Normalfall. Sieht A mit dem „unbewaffneten“ Auge B, muss das nicht sicherstellen, dass B trotz „bewaffnetem“ Auge (Fernglas) auch A sieht. Durch „Abtasten, Scannen“ des Gelände kann es trotzdem klappen, dazu soll-

ten die Einstellungen reproduzierbar und **horizontal** und **vertikal** wirken. Eine fest aufgebaute (Dosen)-Libelle ist angebracht.

Ein Scharfschütze kann und muss erheblich besser visieren, er visiert und trifft auf <100 µrad.

Da wir ja über HAM-Spirit verfügen, ist auf jedem Gerät von uns oder neben dem Gerät ein **Tripelprisma**, auch als Reflexionsprisma, Corner Cube Prisms, Retroreflectors, Trihedral Prisms, Triple Reflector, Gruppe als Prism Cluster u. a. bezeichnet, vorhanden. Es muss aber unbedingt abdeckbar oder anderweitig außer Betrieb zu setzen sein, sonst können „unheimliche“ Effekte auftreten. Das unbrauchbare Katzenauge besteht aus vielen Tripelprismen. Sobald ein QSO-Partner sein Signal vom Tripelprisma reflektiert bekommt, ist für ihn die Suche beendet. Das klappt natürlich auch wenn beide gleichzeitig suchen! Aus 7,5 km Entfernung am Tag und 40 km Entfernung nachts wird man von einem Tripelprisma mit 100 mm Durchmesser geblendet, ohne ein optische Hilfsmittel zu benutzen! Das ist mit wesentlich größeren Katzenaugen und Reflexionsflächen bei weitem nicht zu erreichen. Wenn alles optimiert ist, ist die Verbindung sofort hergestellt mit der Übereinstimmung von Ziel und Absehen, natürlich innerhalb der Reichweite. Der Mehraufwand beim Suchen der Gegenstelle, der sich durch Sender und Empfänger auf getrennten Stativen ergibt ist so hoch, dass man diesen Weg noch nicht einmal probeweise beschreiten sollte. Falls die Verwendung der Strahlaufweitung zur Verringerung der Divergenz vorgesehen wird, muss dieses natürlich berücksichtigt werden, Werte von weniger als 0,2 mrad sind natürlich machbar, nur selten aber für uns sinnvoll.

### 11.8 Stativ, Stativschiene

Nach der HAM-Radio wurde vom Ufer zum fahrenden Schiff und umgekehrt über 10 km Funkverkehr von 30 Minuten durchgeführt. Hier war ein unstabiles Stativ angebracht. So ließen sich die Schwankungen des Schiffs oft nur ausgleichen, indem das Gerät mit beiden Händen in die Richtung gezwungen wurde, das Nachregeln mit den dazu vorgesehenen Einstellgliedern war oft nicht reaktionsschnell möglich. Ein „Einbeinstativ“ wäre wahrscheinlich besser gewesen.

Mit den Lichtsprechgeräten JO-4.03 wurde erfolgreich mit den billigsten und klapprigsten Stativen vollkommen problemlos gearbeitet. Das war möglich durch die leichtgängige, **vertikal** und **horizontal** wirkende überlegte Einstellmöglichkeit für Seite und Höhe am Lichtsprechgerät und durch die Divergenz von 5 mrad.

Durch die ca. 5x ... 30x höhere Bündelung der Laser-Sender ohne Strahlaufweitung gegenüber den erwähnten Lichtsprechgeräten mit Glühlampe oder LED, sind die Anforderungen entsprechend höher. Das Stativ sollte die Möglichkeit haben, die Stativbeine nach dem Aufstellen zu fixieren, auf glattem Parkett, Felsen u. ä. macht es sonst die Beine breit, daher zusätzlich die Auslenkung der Stativbeine z.B. durch Stativkreuz, Seil oder Kette begrenzen. Unabhängig davon ist es angebracht, „Schuhe“ für die Stativfüße zu haben, um Beschädigungen und das Einsinken zu verringern. Eine Ablage zwischen den Stativbeinen ist sinnvoll. Ich selbst habe mich für Holz-Stativen aus der Vermessungstechnik entschieden. Der gewählte Stativbolzen ist 1/4 Zoll, Geräte mit 3/8 Zoll Muttergewinde sind über handelsübliche Einsätze „Übergewinde“ schnell umzurüsten. Der umgekehrte Weg ist meist instabil. Adapter und Stativbolzen für 1/4-20 UNC, 3/8-16 UNC, 1/2-12 UNC, 5/8-11. UNC Zoll und M 16x1; -x1,5; -x2 sind außerdem vorhanden, für topografische Geräte und Versuchsaufbauten eventuell angebracht. Die Bolzenlänge des herausstehenden Teils muss kürzer als der Bolzendurchmesser sein, bei 5/8 inch <8 mm! Erhöhte Anforderungen bei Anwendung der Strahlaufweitung berücksichtigen.

Durch die Montage einer Profilschiene auf dem Stativ, lassen sich zusätzlich z. B. Fernrohr, Blitzgerät, Tripelprismen gleichzeitig befestigen. Hier bietet sich die Schiene einer optischen Bank oder eine mit Bohrungen versehene Metall-Wasserwaage an. Die aus der Fotografie bekannten Schienen sind meist zu kurz.

## 12 Messmittel

### WARNUNG - Bitte vor dem Messen beachten

Werden Laserdioden gemessen, ist unbedingt das unter 11.2 aufgeführte zu berücksichtigen.

**Messungen durch das Antasten mittels der Messspitze einer Leitung des Vielfachmessers an der betriebenen Laserdiode können, natürlich für diese, tödlich sein.**

### Einfacher Tester

Eine Fotodiode als Empfänger mit Katode am Innenleiter im BNC-Stecker eingebaut, mit ebenfalls in einem BNC-Stecker eingebauten 1 kΩ Widerstand als Abschluss an Masse über ein BNC-T-Stück am Oszillograf angeschlossen ist aussagekräftig bei nicht zu hohen Frequenzen.

Für höhere Modulations-Frequenzen wird der 1 kΩ Widerstand nicht an Masse, sondern an Plus gelegt.

### Leistungsmesser

Zur quantitativen Leistungsmessung bei Dauerstrich und niedrigen Frequenzen bieten sich Solarzellen an, niederohmig abgeschlossen, die aktive Fläche üblicher Fotodioden ist meist zu klein, sie werden bei **einigen mW/cm<sup>2</sup>** schnell übersteuert und sind, besonders im Unsichtbaren, schlecht zu treffen und voll auszuleuchten, ohne überstrahlt zu werden. Ist der Laserdiodenmodul zu nah am Detektor, wird im Innern reflektiertes Licht mitgemessen, also den Abstand erhöhen. Je nach Größe der Detektorfläche und des Strahls gibt es einen Entfernungsbereich von einigen dm, in denen die aktive Fläche voll ausgeleuchtet wird und die Anzeige konstant bleibt, „hier liegen sie richtig“. Die **Umgebung des Detektors muss abgedunkelt** sein und der Strahl nicht genau senkrecht auftreffen. In die Laserdiode zurücktreffendes Licht macht ganz schnell aus ihr eine LED, hab es probiert, war eine sehr teure Erfahrung!.

Bauanleitung für einen Leistungsmesser: „Laser-Leistungsmess-technik“/27/. Das Kalibrieren sollte am Gesamtgerät erfolgen, der nachstehend beschriebene Detektor ist geeignet. Der Detektor sollte lös- und steckbar befestigt werden, über ein im Leistungsmesser angelötetes Kabel mit Stecker vom Leistungsmesser auch ortsveränderlich und auch für andere Zwecke nutzbar. Leistungsmesser sind meist für „Dauerstrichleistung“, eine bestimmte Kurvenform, z.B. Sinus oder Rechteck mit den Tastgrad, Duty Factor, dieser meist schaltbar, ausgelegt. Um sicher Übersteuerungen und damit Fehlmessungen zu vermeiden, ist es für unseren Leistungsmessbereich, für die benutzten Detektoren günstig, die Kalibrierung für Dauerstrich, Tastgrad 1, durchzuführen. Über eine (BNC-) Buchse zum Anschluß an einen Oszi kann aus der anliegenden Kurvenform, dem Tastgrad der aktuelle Leistungswert ausgerechnet werden. Für die Zuordnung in eine Laser Klasse kann dies erforderlich sein. Geschieht das über einen kapazitiven Spannungsteiler, wird an der 50  $\Omega$  Buchse eine definierte Aussage möglich. Nur so lassen sich Übersteuerungen sicher erkennen und der Leistungsmesser als Detektor für andere Messaufgaben aussagekräftig benutzen. Grenzwerte für eine mögliche Fehlmessung durch Übersteuerung sind in Abhängigkeit vom Tastgrad vorher auszurechnen. Befindet sich die aktive Fläche auf einer aktivierten Infrarotindikatorkarte, vereinfacht sich die Messung im Unsichtbaren.

Als Messbereichsendwert sind **10 mW** angebracht, um im uns interessierenden Wellenlängenbereich die Laser Klasse 3R auszuschöpfen. Dazu ist es eventuell nötig, vor den Detektor ein optisches „Grau“- oder/und Hochpassfilter zu setzen.

Ausgezeichnet geeignet ist der schon betagte Leistungsmesser LM 2 von CARL ZEISS JENA, der auf Flohmärkten ab und zu auftaucht. Technische Daten: 300 nm/1 PHZ ... 2  $\mu$ m/150 THz; Bereichsendwerte 30 mW ...10 W/700 Wcm<sup>-2</sup>; aktive Messfläche 10 mm Durchmesser

## Detektor

100 mm<sup>2</sup> Detektoren mit 10 mm x 10 mm aktiver Fläche, aufgebaut auf einer Leiterplatte in einem Aluminium Flanschgehäuse sind von mir zu bekommen. Die Leiterplatte ist ohne mechanische Belastung „schräg schwimmend“ zu befestigen. Durch den Anbau einer 8 pol. DIN-Buchse, (passend für 3, 5, 7 und 8poligen Stecker) über M2,5/M2,6 Abstandsäulen unter Verwendung der vorhandenen Bohrungen, wechselbar, z. B. Befestigung am 16 mm Bohrfutter, Beschaltung zur Messbereicherweiterung, abgesetzt über Kabel , auch für andere Aufgaben einzusetzen, z. B. Kennlinienaufnahme.

Am Flansch lassen sich Tuben zur Verringerung der Wirkung von Fremdlichteinfall, Aufnahmen für Lichtwellenleiter u. a. problemlos befestigen.

## Kennliniensreiber - Einfacher Tester für Laserdioden

Zur Aufnahme der Kennlinie von Laserdioden eignet sich die Veröffentlichung /28/, vorstehendes ist zu berücksichtigen. Des weiteren empfiehlt es sich, vom Anschluß „- Laserdiode“ über einen Entkoppelwiderstand zum X-Eingang des Oszilloskops zu gehen. Um Fehlmessungen durch Übersteuerungen sicher zu vermeiden, sollte als Detektor/Fotodiode z. B. der erwähnte Leistungsmesser benutzt werden, der Anschluß an den Oszi ist bei diesem beschrieben.

## Halterung für optische Bauelemente

Sinnvoll ist ein zum Messkopf unfunktioniertes 16 mm Bohrmaschinenfutter, eventuell aufgeböhrt bzw. mit Durchgangsbohrung versehen, um die meist zylindrischen Sendedioden/-köpfe, Detektoren/-köpfe aufzunehmen, eine Überprüfung auf Strahlabweichung, Gehäuse/Strahl, Filtermessungen u. a. ist möglich. Ein Stückchen Rohr mit genau 15 mm Durchmesser im Bohrfutter dient dabei als Aufnahme für die auf der auf 34,5 mm verkleinerten CD aufgebauten Köpfe.

So ist das von mir verwendete Bohrfutter mit der gleichen Befestigung (M3 Muttergewinde) wie die Frontplatte des Leistungsmessers versehen, der beschriebene Detektor ist blitzschnell, auch mit Abstand zu befestigen. Dadurch sind schnell Filtermessungen möglich. Sinnvoll sind isolierte Backen oder Backen aus Isoliermaterial - das Objekt wird mechanisch beim Einspannen geschont und „Kurzschlüsse“ werden vermieden.

## Generator

Als Generator für wichtige Frequenzgang- und Empfindlichkeitsmessungen dient die PLL-Schaltung mit dem 4046<sup>8</sup>. Durch den Einbau in ein stabiles, lichtdichtes **Stahlgehäuse**, kombiniert mit stromgeregelten LED's verschiedener Wellenlänge ist ein handliches Gerät entstanden.

### Kollimator

Zum Optimieren der Empfangsoptik auf den Detektor wurde eine Optik, 100 mm  $\varnothing$ , mit einer LED so eingestellt, dass paralleles Licht entsteht, Kollimator.

### Filtermessungen

Zum Messen von Filtern dient ein Colorimeter, SPEKOL 10, Carl Zeiss Jena. (Auf Flohmärkten zwischen 10 und 25 €) Hiermit können nach durchgeführter Änderung u. a. Filter zwischen 300 nm und >900 nm auf Durchlässigkeit gemessen werden. Die Abmessungen der Proben dürfen zwischen 2 mm  $\varnothing$  und 2 mm bis 38 mm Breite bei einer maximalen Stärke von 15 mm liegen, Messungen an noch größeren Proben sind eventuell auch möglich.

### 13 Messungen, Justage und Abgleich im Freien.

Das Lichtsprechgerät ist schon in 1 km Entfernung in der „Botanik“ trotz Stativ meist nicht mehr zu sehen, es sei denn, man hat einen exponierten Standort mit entsprechender **Kennzeichnung**, der dann aber meist die schon erwähnten Nachteile hat. Als Kennzeichnung und Hinweis wird ein nach berichtigter EN 60825-1 selbstangefertigtes Laserwarnschild 92 cm\*100 cm, **RAL 1021/RAL 1022**, Reflexfolie für Kennzeichen, verwendet. Nur die RAL Nummern sind eindeutig, die Farb-Bezeichnungen sind teilweise irreführend und mehrfach vergeben! Einfache **Stative** sind fürs zusätzliche Fernrohr, Tripelprisma, -prismen, Testsender, „Bake“, Stroboskop-Blitzgerät<sup>1</sup> usw. nötig, falls diese nicht am Lichtsprechgerät selbst befestigt werden. Hier zählt sich die Normung der Anschlüsse aus.

6 kleine **Tripelprismen**, rel. Gesamtdurchmesser 1 dm, wurden mit **LED-Blitzgerät** und modulierbarem **LED-Sender** in ein Gehäuse eingebaut, /6/. Es ist für den Geldbeutel meist günstiger, wenige extrem helle LED<sup>9</sup> zu verwenden statt einen „LED-Scheinwerfer“ aus vielen Einzeldioden.

Die Augenempfindlichkeit in Abhängigkeit von Tag/Nacht, **Dämpfung** und der Wellenlänge, (Purkinje-Verschiebung) dabei berücksichtigen/23/. Das Auge wird im Dunkeln empfindlicher im kurzwelligen, im blauen Bereich. Sobald aber Streckendämpfung dazukommt, verschiebt sich die resultierende Empfindlichkeit ins langwelligere, in Richtung rot.

**Die übliche Diagramme sind nur für das Nahsehen brauchbar, die wellenlängenabhängige Empfindlichkeit des Auges in Abhängigkeit von der Entfernung/Dämpfung wird darin nicht berücksichtigt.**

Ein **Stroboskop-Blitzgerät**<sup>1</sup> im Scheinwerferspiegel und extra Gehäuse ist für Entfernungen im zig km-Bereich vorgesehen. Eine sichtbare Impulsfolge darf nicht im Bereich von 12 ... 30 Impulsen je Minute liegen, es kann zu Beeinträchtigungen anderer Dienste kommen. Am Bodensee liegen die „Funkellichter“ für Sturmwarnungen bei 40, bzw. 90 Blitzen pro min, Lichtfarbe Amber. Funkellichter für Boote und Häfen senden 40 bis 60 Blitze pro Minute, in blau und grün.

Bei **1,2 Hz** entsprechend **72 Impulsen je Minute** entsteht „biologischer Unsinn“ /12/, die Pupille wird bei Helligkeitseinwirkung aufgeregelt. Das ist natürlich günstig für uns. Die unter <sup>1</sup> aufgeführten Geräte sind problemlos auf 1,2 Hz umzustellen.

Siehe auch unter Berechnungen (H)

Schon vor 40 Jahren wurde kommerziell, seit 1998 von uns aber mit durchlässigem Spiegel, Spiegelreflexkameras verwendet. **Spiegelreflexkameras** sind ausgezeichnet, nicht nur als Messgerät ideal zum Testen von Empfangs-/Diodenköpfen, Optik und Reichweite, auch als ernstzunehmender Empfänger und mit definiert am/**im** Objektiv befestigten Sender als TRX zu verwenden, sondern gleichzeitig als Visiereinrichtung, als „Zielfernrohr“. Dies ist oft der einzige Weg um mechanische Änderungen an großflächigen Empfangsoptiken, z. B. aus Plexiglas beim Einsatz in der „Botanik“ zu kompensieren, die Arbeit mit diesen überhaupt erst zu ermöglichen. Die erreichbaren Vergrößerungen sind mit langbrennweitigen Objektiven unter Verwendung von okularseitigen Zubehör „Einstellfernrohr“ größer als die üblicher Zielfernrohre.

Einige moderne Spiegelreflexkameras unter vorwiegender Plastverwendung (z. B. CANON EOS 300V) sind laut Beschreibung nur für das Sichtbare, noch nicht einmal fürs nahe Infrarote, für 850 nm geeignet, dieses „scheint“ durchs Gehäuse.

Siehe auch Berechnungen (J)

Geeigneter „Lauschverstärker“, Mikrofonverstärker<sup>16</sup>, (siehe **28.9**) Mit dem für fast jede Kamera erhältlichen **T2 (M 42x0,75)-Adapter** an andere Objektive und astronomische Instrumente/Optiken/Fernrohre anschließbar. Für Fernrohre spezielles Astrozwischenstück



u.a. vom Kamerahersteller serienmäßig gefertigt. (Das ältere Kameragewinde M 42x1 hat im Gegensatz zu T2 eine Steigung von **1 mm**)

Kameras mit feststehenden, durchlässigen Spiegel lassen sich u. a. durch modifizieren der/einer Rückwand sofort ohne weiteren Umbau, natürlich auch weiter als Fotoapparat verwenden. Die zur Verfügung stehende Praktica GSK, (**Geräuscharme Spiegelreflex Kamera**) mit feststehendem, halbdurchlässigen Spiegel war mir für den Einsatz in der Botanik zu schade, so das eine besser geeignete, mit durchlässigem und beweglichem Spiegel, Kleinbildkamera Praktica VLC, VLC 1, VLC 2 bzw. VLC 3 (Anlagemaß 45,5 mm, Anschluß M 42(x1), (P)) mit austauschbaren Suchereinsätzen, beschafft und verwendet wurde. Sie wurde geändert, um gleichzeitig empfangen und den Sucher benutzen zu können, die Spiegelplatte des durchlässigen Schwenkspiegels erhielt einen Durchbruch. Die Größe des nicht kreisrunden Durchbruchs ist unabhängig von der Brennweite des Objektivs, sie wird nur von der Öffnung, (Blende) bestimmt. Auf der Bildebene wurde, zwischen der seitlichen Filmführung eine einstellbare Blende mit kreisrunder 15 mm Aufnahme für den Diodenempfänger befestigt. Diese 15 mm Aufnahme gibt der Grundplatte, eine auf 34,5 mm verkleinerte CD, ist in allen von uns gebauten Geräten (Lichtschranke, Fernglas etc.) verwendet, selbstzentrierend und justierend durch die engen Toleranzen des Durchbruchs der CD!. Auf der Grundplatte ist der Diodenempfänger aufgebaut. Tausch in Sekunden möglich.) Beleuchtung der Bildfeldlinse im Sucher mit Helligkeitsregelung ist im Kameragehäuse eingebaut und ist natürlich unbedingt nötig. Verschiedene Modelle der Exa, Exakta, Praktica u. a. haben serienmäßig, durch den Anwender ohne Werkzeug abnehmbare Rückwände. Einige Kameras, lassen sich, besonders wenn der Durchbruch nur für eine kleine Blende gemacht wird so umbauen, das sie ihre Funktion als Fotoapparat behalten. Am preiswertesten sind Praktica L zu bekommen. Dieser Preisvorteil kann aber durch die Kosten für den dann zu beschaffenden halb-/durchlässigen Spiegel aufgehoben werden, daher dies vorher klären oder gleich z. B. eine Kamera aus der VLC Typenreihe besorgen. Auf Nutzung der teilweise vorhandenen Fotowiderstände und -dioden (Belichtungsmessung/-steuerung) wurde bewusst verzichtet, um mit dem Detektor variabler zu sein. Eine Lichtstärke von mindestens 1:5,6 ist für das Objektiv sinnvoll. Über die Blendeneinstellung des Objektivs lassen sich schnell Rückschlüsse ziehen. In der Praxis reicht meist ein Weitwinkel- und ein Tele-Objektiv. Besonders sinnvoll ist die Verwendung von ZOOM-Objektiven für Messzwecke. Die Variation der auf den Detektor fallenden Lichtmenge durch die Blendenänderung wird durch den Zoomfaktor multipliziert. Für das Objektiv 1:2 - 1:22; 15 mm ... 150 mm, ergibt sich eine Änderung von 1:12.100 für das z. B. auf den Detektor auftreffende Licht. Man kann viele Fußwege sparen, indem man dem Detektor beim Empfang aus 100 m eine Entfernung von über 11 km vortäuscht.

Um störendes Licht nach Wegnahme des Auges durch die Okularöffnung zu vermeiden, unbedingt diese verschließen. Einige Kameramodelle ermöglichen dies ohne Zusatz. Alternativ einen (Gummi-) Tubus mit mindestens dreifacher Länge des Innendurchmessers verwenden.

Siehe auch unter Berechnungen **(I)**

Objektive von Schmalfilmkameras lassen sich selten verwenden. Das eigentliche Objektiv bildet meist im unendlichen ab, was durch die Konstruktion des Suchers bedingt ist. Ein zusätzliches System bildet in der Filmebene ab. Der Einbau des Detektors in der Filmebene einer Filmkassette ist besser. ZOOM-Objektive von Camcordern und Videokameras sind meist ausgezeichnet geeignet.

Wird die Einstellung der Empfangsoptik auf die Blende, den Detektor mit einem entfernten Objekt vorgenommen, muss dieses Objekt sich in einem

**Messabstand von ca. mindestens 1000 x Brennweite**

befinden, das kann man für unsere Zwecke meist mit **unendlich** gleichsetzen.

Siehe auch unter Berechnungen **(F)**

Bitte keine unüberlegten Versuche im Zimmer durchführen. Es sind dann schnell mechanische Arbeiten gemacht die sich nicht rückgängig machen lassen. Anscheinend logische Schlüsse bei kurzen Entfernungen können das ganze Projekt gefährden! Nur bei koaxial aufgebauten oder extrem kurzbrennweitigen Systemen kann man eventuell ein sinnvolles Echo im Zimmer bekommen.

Beim Lichtsprechgerät JO-4.03 ist eine Überprüfung im Zimmer möglich, 2 m entsprechen dann 2 km. Hierzu wird aber der Sekundärspiegel nicht ausgeklappt, das optische Cassegrainsystem ist damit **unwirksam**. Es kommunizieren nur die Dioden **direkt**, Durchmesser der aktiven Fläche jeweils 1,5 mm. Ein Echo oder Betrieb im Zimmer ist normalerweise immer ein Zeichen, dass der mechanisch/optische Abgleich nicht stimmt!

Siehe auch unter Berechnungen **(F)**

Wie kommerzielle Konstruktionen zeigen, kann man natürlich auch alles aus dem Vollen fräsen, und die Justage und den Abgleich anders durchführen, es geht aber auch ohne die dann sinnvollen Messmittel und in anderer Priorität.

Die folgenden Tipps beziehen sich auf den sichtbaren Bereich, im unsichtbaren müssen teilweise andere Wege gegangen werden. Das Wetter muß sehr gute Sicht bieten, bei Regen und Nebel werden diffuse Ergebnisse erzielt. Wird anstelle des Laserdiode/LED Moduls ein anderer Sender benutzt oder die PIN-Diode durch einen anderen Detektor ersetzt, ist nicht

immer alles zutreffend. Es muss dann von Fall zu Fall entschieden werden. Es wird davon ausgegangen, das Stativ ist an der Einstellmechanik für Höhe und Seite befestigt, welche wiederum mit dem eigentlichen Gehäuse/Empfänger unlösbar verbunden ist.

Am einfachsten und um den Spieltrieb zu befriedigen am schnellsten ist die Einheit Laserdioden/LED-Modul/(Strahlaufweitung)/Zielfernrohr aufzubauen. Es ist günstig, wenn diese Einheit (Mutter-)Stativgewinde 5/8" hat. Die Montage geschieht parallel.

Ist der Laserdioden/LED-Modul mit einer Strahlaufweitung kombiniert, ist diese Kombination erst einzustellen, dabei ist die Übersicht nicht zu verlieren und um Fehlschlüsse zu vermeiden, ist ein entsprechend großer Mindestabstand wichtig. Der Durchmesser des Leuchtflecks muss mit steigender Entfernung sich gering und linear vergrößern. Tritt das nicht ein, ist man im Bereich der Taile oder hat noch nicht optimiert. Erst nach Abschluss der Optimierung den folgenden Abgleich durchführen.

Bei Mittelstellung der Abgleichschrauben am Zielfernrohr wird bei eingeschaltetem Laser auf eine >200 m entfernte helle Fläche Deckungsgleichheit mit der vorgesehenen Stelle des Absehens durch Lageänderungen des **Laserdioden/LED-Moduls/(Strahlaufweitung)** hergestellt. Dazu eignet sich die Dämmerung am besten, **ohne** die Abgleichschrauben am Zielfernrohr zu benutzen. Danach wird der Laserdioden/LED-Modul/(Strahlaufweitung)/Zielfernrohr endgültig fixiert, z. B. durch Silikonkleber. Durch das Aufstellen eines Tripelprismas in **mehreren km** Entfernung, das kann am Tag auch bei vollem Sonnenschein geschehen, wird der endgültige Abgleich mit den Abgleichschrauben des Zielfernrohrs vorgenommen. Nun wird nie wieder etwas daran gestellt, eine weitere Verbesserung ist nicht möglich.

Die Justage von Laserdioden/LED-Modul/(Strahlaufweitung)/Zielfernrohr auf dem Empfänger für Höhe und Seite wird bei meinem (Lichtschranken-)Gerät durch jeweils 1 Schraube M 4 (x 0,7) vorgenommen. Bei einem Hebelarm von 120 mm, einer Einstellscheibe von 77 mm  $\varnothing$ , ergeben sich 5 Sekunden Winkeländerung bei einer Drehung der Einstellscheibe um 1 mm am Umfang derselben. Das ist zwar feinfühlicher als notwendig, lies sich aber konstruktiv ohne Mehraufwand nicht anders lösen.

Der Empfänger sollte so aufgebaut sein, dass **nur die Fokussierung** einstellbar ist und keine Rückwirkungen auftreten! Diese Einstellung sollte grob schon vorgenommen sein, bevor der folgende Abgleich erfolgt. Bei allen unserer Geräte kann das durch das Abbilden auf der vorhandenen bzw. anbringbaren Mattscheibe und Kontrolle mit dem Auge erfolgen. Bei Optiken, die den Fokus in Abhängigkeit von der Wellenlänge unterschiedlich abbilden, Quelle in annähernd gleicher Wellenlänge darstellen.

Um die Einheit Laserdioden/LED-Modul/(Strahlaufweitung)/Zielfernrohr mit dem Empfänger in Einklang zu bringen unterscheiden sich die Möglichkeiten nur in der Art der einige km entfernt stehenden Quelle.

Diese Quelle muss ein geringes, auswertbares Signal im Empfänger hervorrufen, nur dadurch ist eine Optimierung möglich, daher Begrenzung eventuell ausschalten falls kein „S-Meter“ vorhanden.

Das kann z. B. ein dejustierter Laserdiodenmodul, eine LED, ein LED-Feld oder ein Tripelprisma sein, wobei letzteres aus möglichst (fast) gleicher Position wie der Empfänger von einem **fremden** Laserdiodenmodul angestrahlt wird. Das Tripelprisma sollte nicht genau senkrecht angestrahlt werden. Mit den Einstellschrauben für Seite und Höhe zum Finden der Gegenstelle wird diese gesucht. Ist sie gefunden, dürfte eine Differenz zur Anzeige im Zielfernrohr bestehen. Diese Differenz ist durch die Justage der Einstellung Laserdioden/LED-Modul/(Strahlaufweitung)/Zielfernrohr **zum** Empfänger zu beseitigen. Vorher überlegen, was passiert wenn man was in welche Richtung dreht!. Um die Fokussierung zu optimieren muss die Quelle entsprechend moduliert sein. Die Fokussierung wird gegebenenfalls korrigiert, hierbei sind Rückwirkungen möglich.

Ist das Stativ an der Einstellmechanik für Höhe und Seite befestigt, welche wiederum an der Einheit Laserdioden/LED-Modul/(Strahlaufweitung)/Zielfernrohr befestigt ist, vereinfacht sich die Justage soweit, das extra Hinweise dazu nicht nötig sind.

## 14 Baken

Die Blitz-Befehrerung des Berliner Fernsehturms ist ganztägig im 429 THz und 214 THz-Band noch in 7 km bei Regen, Rx auch einige 100m daneben ausgerichtet und in 23 km, ausgerichteter Rx, eindeutig zu hören.

Als Rx der Transceiver JO-4.03 von 1985, effektiver Durchmesser der Empfangsfläche 0,55 dm.

Die „Modulation“ der Blitzlampen erfolgt über die vorhandenen Induktivitäten und Kapazitäten durch die fehlende Anpassung als Überschwingen, „rein zufällig“.

Größere Lüfter, hier besonders Horizontallüfter auf Gebäuden, können auch ohne zusätzliche Beleuchtung, z. B. durch einen Laserpointer, ein starkes Signal im NF-Bereich abgeben.

Der Satellit Oscar 40 ist mit Lasertechnik für 850 nm ausgerüstet, wurde nicht eingeschaltet.

## 15 Rundspruch- und Teststation

Ein modulierbarer Tripel**spiegel** an einem exponierten Standort kann 2 wichtige Bedingungen erfüllen.

Durch das unmodulierte „Anstrahlen“ kann die Modulation des modulierten Tripelspiegels eindeutig empfangen werden, daher für den Empfang von **Rundsprüchen** geeignet und damit auch für **Testzwecke** verwendbar. Eine weitere Möglichkeit besteht im Empfang der eigenen Modulation, wenn der Tripelspiegel nicht moduliert ist.

Durch die Verwendung mehrerer Tripelspiegel lassen sich 360° abdecken und damit ist echter „Rundspruch“ möglich.

Vielleicht kann jemand einen Leuchtturm in Kleinausgabe aktivieren?. Fresneloptik (Zonenlinse) in Ringform kann 360° abdecken, die Gasentladungslampe, Bogenlampe lässt sich auch heute wie vor 100 Jahren modulieren.

Wird die Modulation durch eine optische Verbindung zu einer herkömmlichen Relaisstelle gebracht, sind u. a. Störungen auf der sonst üblichen Eingabefrequenz für die Übertragung unwirksam.

## 16 Mikrowellenantennen schnell und optimal ausrichten

Im Kapitel „Einstellmöglichkeit für Seite und Höhe“ ist die Verwendung des Tripelprismas beschrieben. Das Ausrichten von hochbündelnden Antennen lässt sich nach diesem Verfahren präzise und einfach vornehmen.

An der Mikrowellenantenne der Station „A“ wird z. B. ein Laser, (Laserdiodenmodul oder z. B. He-Ne-Laser) so betrieben, dass dessen Strahl parallel zur Antennenvorzugsrichtung ist. Befindet sich an der Gegenstelle, der Station „B“ ein oder mehrere Tripelprismen mit ungefährer Ausrichtung auf Station „A“, kann ein „Echo“ empfangen werden, wenn der Strahl und damit die Antennenrichtung der Station „A“ das Tripelprisma, die Tripelprismen getroffen hat. Damit ist das Ausrichten der Antenne beendet. Die Station „B“ kann natürlich auch so verfahren und dies kann natürlich **gleichzeitig** erfolgen.

Der Empfang kann über das Auge registriert werden, falls man im sichtbaren Bereich sendet. Wird ein kompletter optischer Transceiver verwendet, kann das dann mit 625 Hz modulierte Signal gehört werden.

Die Kombination Tripelprisma/-men und optische Transceiver sollte entsprechend leistungsfähig sein, um innerhalb der gewünschten Entfernung die Reflexion zu garantieren. Es ist möglich, mit der von uns verwendeten Technik ein Echo vom „Rande“ der Sichtweite zu bekommen, nachts vielleicht auch ca. 50 % mehr.

Die Bestimmung der Vakuumreichweite, auch der zur Kommunikation vorgesehenen Stationen kann rechtzeitig informieren, ob eine Verbindung überhaupt möglich sein könnte. Weiteres im Kapitel 10.2 und 10.5.

## 17 Lichtsprechgeräte, kommerziell

Eine Übersicht über weitere 23 Typen (bis 1945; Li Spr 60/50, ... 130) und weitere 5 Typen (nach 1945) wird vorbereitet.

### Dahme II

Zusatz für westdeutsche WIRGIN Spiegelreflexkameras EDIXA Mat Reflex, verwandelt diese in ein Lichtsprechgerät. Baujahr vor 1970. (DDR)

### FINOW II

Lichtsprechgerät in ein übliches 2 äugiges Fernglas integriert. Eine Seite als Fernglas, eine Seite mit koaxialem System für Empfang und Senden. Daher äußerlich kaum von einem herkömmlichem Fernglas zu unterscheiden. Baujahr vor 1970. (DDR)

### JO-4

Siehe JO-4.03, Vorläufer.

#### JO-4.01

Passives Lichtsprechgerät von CARL ZEISS JENA DDR. Der passive Sender des JO-4.01, ist ein direkt und indirekt modulierbarer Tripelspiegel von nur 10,5 cm<sup>2</sup> Fläche (3,6 cm rel. Durchmesser). Er enthält keine Elektronik und benötigt keine Stromversorgung! Der auch getrennt, abgesetzt betreibbare Empfänger hat eine Linsenoptik von nur **1 cm** Durchmesser! 500 m werden mit dem JO-4.03 überbrückt.

(Mit einem 5 mW 1 mrad Laser angestrahlt kann man mit dem JO-4.01 eine Entfernung von 2,5 km in Telefonie überbrücken,

Das vorhandene Exemplar wurde ca. 1985 gefertigt

Stromversorgung für Empfänger und indirekte Modulation: 2 x 1,5 V Mignon.

#### JO-4.02

Aktives Lichtsprechgerät von CARL ZEISS JENA DDR, Infrarot Cassegrain-Spiegeloptik für 1 mW Sender und Empfänger, effektiver Durchmesser 130 mm, 3,1 mrad.  
 Vakuumreichweite 20 km, Reichweite bei 5 km Sichtweite 5 km.  
 (Telefonie, obere Grenzfrequenz 4 kHz, Signal/Rauschverhältnis 10 dB)  
 Das vorhandene Exemplar wurde ca. 1985 gefertigt  
 Stromversorgung: 3 x 1,5 V Mignon, E 10 Adapter zum Anschluß an eine 4,5 V Taschenlampe.

#### JO-4.03

Aktives Lichtsprechgerät von CARL ZEISS JENA DDR, Infrarot Cassegrain-Spiegeloptik für 1 mW Sender und Empfänger, Durchmesser 64 mm.  
 Fast gleich aussehende Vorläufer (JO-4) wurden seit den 70. Jahren gefertigt.  
 Vakuumreichweite ? km, Reichweite bei 5 km Sichtweite 3 km.  
 (Telefonie, obere Grenzfrequenz ? kHz, Signal/Rauschverhältnis 10 dB)  
 RX 300 kHz, TX 70 kHz  
 Das vorhandene Exemplar wurde ca. 1985 gefertigt  
 Stromversorgung: 3 x 1,5 V Mignon, E 10 Adapter zum Anschluß an eine 4,5 V Taschenlampe.

#### JO-4.05

Variante des JO-4.02 für Fernsehübertragung

#### JO-4.06

Variante des JO-4.02 mit erhöhter Sendeleistung, Verwendung als Gegenstelle zum JO-4.01

#### Li Spr 80

Aktives Lichtsprechgerät von CARL ZEISS JENA, getrennte Linsenoptik für Sender und Empfänger, Durchmesser 80 mm.  
 „Gestreut“ (zum schnellen Finden) - „frei“ (sichtbar) - „rot“ - „unsichtbar“  
 Vakuumreichweite ? km, Reichweite bei ? km Sichtweite 3 km.  
 (Telefonie, obere Grenzfrequenz ? kHz, Signal/Rauschverhältnis ? dB)  
 Das vorhandene Exemplar wurde 1938 gefertigt  
 Stromversorgung: 60 V Anodenbatterie und je nach Variante 2 V und 4,8 V Akku oder 2,4 V Akku.

#### OF 80/2

Vorläufer des OF 80/3, Sender-Empfänger mechanisch (fast?) identisch mit diesem. Halbtornister mit seitlich schwenkbaren Deckeln, Kabelzuführung von der Seite. Stromversorgung durch 2 x 4,8 V (5?) Ah Akku und 60 V Anodenbatterie. Streuung 0,3°

#### OF 80/3

Der optische Fernsprecher OF 80/3 ist der Vorläufer des Li Spr 80. Sender-Empfänger fast identisch mit diesem, Verbindungskabel 5+1 polig, Röhrenbestückung 5 x MF 2

#### P

Wird durch ein in der Decke eines geschützten Raumes befindliche Loch von innen nach außen geschoben. Elektrische Teile entsprechen denen des Li Spr 80.  
 Abmessungen des zylindrischen Teiles 10 cm x ca. 2 m

#### 6611

1967 wurde von Conrad die NORIS Lichtsprechanlage (ASTRO Infraphon) **6611** für 59,50 DM als Bausatz und für 110.- DM als Fertigergerät Paarweise angeboten.  
 Zum Senden wurde das Licht einer Glühlampe in einem Parabolspiegel über einen Planspiegel zur Gegenstelle übertragen. Freie Öffnung 38 mm Ø. Die Modulation erfolgte über die Sprache des Benutzers, die den Spiegel in Schwingungen versetzten. Der in einem Parabolspiegel mit sehr kleinem f/d befindliche Detektor empfing auf 2 Seiten um ihn besser auszunutzen. Freier Durchmesser 70 mm.

## 18 Lichtsprechgeräte, Eigenbau

### 18.1 Allgemein

Das Gerät zum Einstieg bei 660 nm sollte die Teilnahme an Contesten ermöglichen und entsprechend stabil aufgebaut sein, auch Regen und Transporte unbeschadet überstehen. Eine effektive Empfangsfläche von mindestens 0,32 dm<sup>2</sup>, besser 0,50 dm<sup>2</sup> ist dazu ausreichend. Hierbei ergeben sich noch handliche Abmessungen und Reichweiten um 15 km. Als sehr gut geeignet haben sich Lichtschranken nach Umbau gezeigt. Ist der eigentliche optische Teil

mit Detektor- und Sendekopf von der weiteren Elektronik über Steckverbinder trennbar, sind Änderungen einfacher möglich.

Bei auf Flohmärkten günstig angebotene Lichtschranken aus DDR-Zeit OEG (Rx) und OEQ (Tx) 31 553/32 553/33 553 34/553 enthält der Rx eine 50 mm Bestformlinse, Filter und quarzgesteuerten Überlagerungsempfänger mit dem A244D (TCA440), der Tx ebenfalls eine Bestformlinse und einen quarzgesteuerten Sender, jeweils mit Richtglas und manchmal noch angebaute Feineinstellung für die Ausrichtung auf die Gegenstelle.

Die Signalreserve bei 100 m Reichweite bei vorgesehener Konfiguration ist 500 fach. Die abgestrahlte Leistung der IRED VQ 125 beträgt mindestens 7,2 mW bei 0,8° entsprechend **14 mrad**. Der Ersatz der IRED durch einen Laserdiodenmodul zur Verringerung der Divergenz und wesentlichen Erhöhung der Reichweite ist unproblematisch.

Das Gerät sollte vom Materialaufwand so beschaffen sein, dass es einmal spielend, nicht später zum Materialspender wird, sondern auch in 65 Jahren aus dem Regal genommen noch spielt wie die Technik von 1937. (nur die Tl<sub>2</sub>S-Zelle musste ersetzt werden, die Wachseinsbettung hat wahrscheinlich Feuchtigkeit durchgelassen und das Tl<sub>2</sub>S ist wahrscheinlich vollständig oxidiert).

Der **Transceiver** von Hellmuth Cuno, DL2CH im Scriptum der Weinheimer UKW-Tagung 2001 ist weiterentwickelt und veröffentlicht. Aktuelle Infos /11/ Es gibt also keine Hindernisse um aktiv zu werden, besonders da **Bauanleitung, Platinen u. a. erhältlich<sup>14</sup>** sind.

## 18.2 Grundsätzliche Entscheidungen

Wenn man alles gelesen und verstanden hat, können die Parameter festgelegt werden.

Es wird davon ausgegangen, dass die optischen Daten, Wellenlänge, Divergenz des Senders als erstes festgelegt wurden, im Text genügend Hilfen zur Entscheidung, Auswahl u. a. Berechnung Punkt 22 (D).

Für den Empfänger wird eine passende Diode z. B. nach den Kennlinienblättern ausgesucht, der Durchmesser der Empfangsoptik bestimmt. Es wird die gleiche Divergenz wie auf der Sendeseite gewählt. Berechnung ebenfalls nach Punkt 22 (D)

Ist der Durchmesser der Diodenfläche größer als errechnet, wird an der Bildebene eine Blende angebracht. Die Blendenöffnung befindet sich in einem geschwärztem, lichtundurchlässigen, ≤0,1 mm starkem Blech um keine Beugungsverluste zu haben. Der Abstand der aktiven Diodenfläche von der Blende, der Bildebene wird ebenfalls nach Punkt 22 (D) berechnet.

Danach kann die Einbaulage der/des Filter/s bestimmt werden.

Die Verwendung einer Visiereinrichtung ohne beleuchtbares und in der Helligkeit regelbares Absehen ist eine nutzlose Investition.

## 19 Ausblick

Sieht man sich die in den vergangenen Jahrzehnten kommerziell gebauten Geräte an, ergeben sich aus meiner Sicht für uns nur folgende Ansatzstellen, um optimale Reichweiten zu erzielen:

**Wechsel ins 100-THz Band - wesentlich weniger Dämpfung auf der Übertragungsstrecke**

Anwendung des **Mehrstrahlsystems** für Tx und Rx - **geringere Abhängigkeit von Turbulenzen**

**Optimieren der Empfindlichkeit** nachts durch den Ersatz der PIN-Diode

**Impulsmodulation mit Kohärentdemodulation** verwenden - **höhere Reichweite**

**Strahlaufweitung** auf der Sendeseite, dadurch **Erhöhung der Bestrahlungsstärke und Reichweite**

## 20 Zugriff auf aktuelle Informationen

Wolken werfen nicht nur Schatten, sondern sie Brechen, Beugen und Reflektieren. Damit werden sie zum Kugelstrahler, sehr interessant für gewisse Dienste. So wird der Schatten zum Schirm.

Siehe auch unter Berechnungen **(K)**

Wer sich um den wirklich aktuellen Stand der Technik bemüht, wird schnell feststellen, dass Industrie, Institute, Schulen und Büchereien seit 30 Jahren den Zugriff für Außenstehende verweigern, das Militär u. a. schirmen sicher ab. So sind Unterlagen über die Infrarottechnik des MfS der DDR immer noch nicht frei gegeben, während andere spezielle Anwendungen spätestens Mitte der 90er Jahre freigegeben wurden.

## 21 Umrechnungen, Meßbedingungen, Beziehungen zum Merken

1° ~ 17,45 mrad - 1' ~ 0,29 mrad - 1'' ~ 4,85 µrad

1 rad ~ 57,3° - 1 mrad ~ 3,438' ~ 0,0573° - 1 µrad ~ 0,206''

1 dpt = 1 m/f    f = 1 m/dpt    f ist die Brennweite in m

1 cd = monochromatische Strahlung von 555 nm in einer Richtung von 1/683 W/sr  
 1° entspricht bei 57,3 mm Brennweite 1 mm Durchmesser  
 10 mrad entspricht bei 100 mm Brennweite 1 mm Durchmesser

Tastgrad, Duty Factor (D)=Impulsdauer ( $\tau$ )/Periodendauer (T), in % oder als Dezimalzahl.  
 Der Begriff Tastverhältnis wird meist falsch verwendet, ein Tastverhältnis von 1:1 bedeutet Dauerstrich, also unmoduliert. Gemeint ist aber ein Tastgrad von 0,5. Da Tastverhältnis und Tastgrad aber das Gleiche bezeichnen, bitte diesen Fehler vermeiden, richtig ausdrücken.

Die Lichtstärke in Candela (cd) und die Strahlstärke, -intensität (radiant intensity) in Watt /Sterad (W/sr) wird bei LED in einem sehr kleinen Raumwinkel ( $\Omega$ ) gemessen, z. B.: 0,01 sr bzw. 0,0009 sr; der kleiner als der Öffnungswinkel ist. Daraus wird ein Wert für die technischen Daten errechnet und angegeben, der sich auf eine größere Fläche bezieht, auch wenn diese Fläche auf Grund des geringen Öffnungswinkels gar nicht ausgeleuchtet werden kann. Damit ergeben sich für den selben Diodenchip je nach Gehäuseform und damit unterschiedlichem Öffnungswinkel extrem **unterschiedliche Werte** in den technischen Daten, auch wenn der Diodenchip die **gleiche Leistung** abgibt.

Durch die Verwendung eines anderen Gehäuses beim Hersteller, einer Optik, eines optischen Systems beim Anwender wird aus einer „Allerwelts“-LED mit 200 mcd ohne weiteres eine „Hochleistungs“-LED mit 125 x höherer Lichtstärke von 25000 mcd (25 cd), obwohl der Strom und damit die abgestrahlte Leistung gleich geblieben ist.  
 Bitte nicht Lichtstärke mit (Licht)Leistung verwechseln.

## 22 Berechnungen zu ausgewählten Themen

### (A) Reichweite

Die Vakuumreichweite ist die maximal mögliche Reichweite, ist die Wurzel aus

$$\frac{\text{Messentfernung} * \text{volle Öffnung der Empfangsfläche}}{\text{verringertes Öffnung der Empfangsfläche}}$$

Vakuumreichweite und Messentfernung gleiche Längeneinheit, volle Öffnung und verringertes Öffnung gleiche Flächeneinheit.

### (B) Empfangsleistung und Bestrahlungsstärke

Das Verhältnis der Empfangsleistung zur Sendeleistung ist die **Vakuumdämpfung**

$a_{\text{Vakuum}}$

Die folgende Annahmen sind nötig.

Strahlquerschnitt rotationssymmetrisch und gleichmäßig ausgeleuchtet, runde Empfangsfläche/-apertur, Entfernung E so groß, dass die Strahldivergenz konstant ist und die Empfangsfläche überstrahlt wird. Im Normalfall reicht hier 1 km. Bei kleineren Entfernungen können falsche Ergebnisse erhalten werden, (Taile).

Die Strahldivergenz  $\alpha$  wird in mrad, die Entfernung E und der Durchmesser der Empfangsfläche/-apertur  $d_{\text{Empfänger}}$  in gleicher Maßeinheit, z. B in m angegeben,  $a_{\text{Vakuum}}$  erhält man in dB.

$$a_{\text{Vakuum}} = 20 \log ((\alpha * E) / (d_{\text{Empfänger}} * 1000 \text{ mrad}))$$

Beispiel:

Sendeleistung	5 mW	10 log 5 mW	7 dBm
Strahldivergenz	1,2 mrad		1,2 mrad
Entfernung	10 km		10000 m
Empfangsapertur	8 cm		0,08 m

$$a_{\text{Vakuum}} = 20 \log ((1,2 \text{ mrad} * 10000 \text{ m}) / (0,08 \text{ m} * 1000 \text{ mrad})) = 43,522 \text{ dB}$$

$$P_{\text{Empfang}} = P_{\text{Senden}} - a_{\text{Vakuum}}$$

Als Empfangsleistung  $P_{\text{Empfang}}$  stehen 7 dBm - 43,522 dB = -36,522 dBm zur Verfügung

-36,522 dBm entsprechen 222,74 nW.

Bei dieser Leistung darf noch jede Menge Dämpfung durch die Atmosphäre „dazwischen“ kommen.

Achtung! - Bei extrem hohen Bestrahlungsstärken wird die Dämpfung zu Null!

Nun einige Betrachtungen unter „Vereinfachung“ der Mathematik und einzelner Parameter, wie Dämpfung u. a. Die entstehenden Fehler sind für diese Betrachtung unwichtig, man kann ja aus vorstehendem Dämpfungswerte einfügen. Damit es jeder nachvollziehen und auf seine Belange anwenden kann, habe ich auf eine rein mathematische Darstellung verzichtet. Die Erfahrung hält diese Darstellung aber für nützlicher.

Als Grundlage dienen die Daten des ca. 20 Jahre alten Gerätes JO-4.03 /7/, Carl Zeiss Jena, betrachtet in 3 km Abstand, seiner angegebenen Reichweite in AM Telefonie.

Vorgegeben, angenommen: Kreisrunder Strahl mit  $0,28^\circ$ , 5 m auf 1000 m, 5 mrad, 1 mW Sendeleistung, Durchmesser der Empfangsfläche 5,5 cm,

In 3 km Entfernung ist der Strahldurchmesser  $3 \text{ km} \cdot 5 \text{ m/1 km} = 15 \text{ m}$ .

Diese 15 m Durchmesser haben eine Fläche von  $177 \text{ m}^2$ . Daraus ergibt sich eine Bestrahlungsstärke von:  $1 \text{ mW}/177 \text{ m}^2 = 5,66 \text{ } \mu\text{W/m}^2$

Der Empfänger erhält bei einer Empfangsfläche von  $0,00238 \text{ m}^2$  Bestrahlungsstärke  $5,66 \text{ } \mu\text{W/m}^2 = 13,5 \text{ nW}$ .

Würde man den 1 mW IRED-Sender mit seiner Spiegeloptik durch einen Laserdiodenmodul mit 4,5 mW und  $0,9 \text{ mrad}$  ersetzen, erhöht sich die Reichweite wie folgt:

Erhöhung der Reichweite durch Leistungserhöhung:

Die Wurzel aus  $4,5 \text{ mW}/1 \text{ mW}$  ergibt 2,12 als ersten Faktor. Die Reichweite steigt also auf das 2,12 fache, entsprechend  $2,12 \cdot 3 \text{ km} = 6,36 \text{ km}$ .

Erhöhung der Reichweite durch Verringerung des Abstrahlwinkels:

Die Wurzel aus  $5 \text{ mrad}/0,9 \text{ mrad}$  ergibt 2,36 als zweiten Faktor. Die Reichweite steigt also auf das 2,36 fache, entsprechend  $2,36 \cdot 6,36 \text{ km} = 15 \text{ km}$ .

Für den Bereich von 785 nm bis 1550 nm ergibt sich die **Dämpfung**  $\sigma/24/$  in Abhängigkeit von der Sichtweite:

$$\sigma = 3,91/V \cdot (\lambda/550 \text{ nm})^{-q}$$

$\sigma$  = Dämpfung [dB/km]; V = Sichtweite [km];  $\lambda$  = Wellenlänge [nm];

q = Koeffizient, abhängig von der Sichtweite

$q = 1,6$ , V > 50 km;  $q = 1,3$ , V < 50 km ... 6 km;  $q = 0,16 \cdot V + 0,34$ ; V 1 km ... < 6 km;  
 $q = V - 0,5$ ; V 0,5 km ... < 1 km;  $q = 0$ , V < 0,5 km

Hierbei sind „Dämpfungseinbrüche“ durch Absorption an Gasen nicht berücksichtigt!

### (C) Empfänger

$$\text{NEP} = 17,9 \cdot 10^{-15} \cdot (\text{Wurzel } I_R) / S_\lambda \quad (\text{W/Hz}^{-1/2}) \quad S_\lambda \text{ in A/W} \quad I_R \text{ in nA}$$

Diese Rechnung ist meist fehlerbehaftet, da die angegebenen Daten selten Rückschlüsse auf die Meßbedingungen/Maximalwert/Durchschnittswert zulassen.

Das entspricht einem Signalrauschverhältnis von 1:1 bei 1 Hz Bandbreite.

Um bei einer Bandbreite x und einem Signalrauschverhältnis von 1:1 die erforderliche Eingangsleistung zu errechnen, ist die Wurzel aus (x Hz/1 Hz) mit der NEP zu multiplizieren.

Die Detektivität ist die

$$\frac{\text{Wurzel aus A (bestrahlungsempfindliche Diodenfläche)}}{\text{NEP}}$$

### (D) Empfänger

#### Abstrahl-/Empfangswinkel: $2 \alpha$

$\tan \alpha = \text{Durchmesser der Empfangs- bzw. Blendenfläche}/2 \cdot \text{Brennweite}$

Bei Ausnutzung einer Empfangsfläche von 2,1 mm Durchmesser, (OPT101, -210) und 200 mm Brennweite der Empfangsoptik ergeben sich  $0,6^\circ$

$$\tan \alpha = 2,1 \text{ mm}/2 \cdot 200 \text{ mm} = 0,00525 \quad \alpha = 0,30^\circ \quad 2 \alpha = 0,60^\circ$$

Dieser Winkel von  $0,6^\circ$  entsprechend  $10,47 \text{ mrad}$  beschreibt die Empfangskeule. Das ist bestimmt wesentlich mehr als der Sender strahlt, man verschenkt also Reichweite und/oder Empfindlichkeit durch Nebenlichtempfang.

Verringerung des Empfangswinkels zur Verringerung des Nebenlichtempfanges:

Der Empfänger soll zum Beispiel wie der Sender  $1 \text{ mrad} \cong 2 \alpha = 0,057^\circ$  bekommen,  $\alpha$  ist dann natürlich die Hälfte davon, nämlich  $0,0285^\circ$ .

$$\text{Durchmesser der Blenden- oder Diodenfläche} = \tan \alpha * 2 * \text{Brennweite} = 0,0005 * 2 * 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ mm}$$

Eine ordentliche Optik vorausgesetzt ist der Nebenlichtempfang 109 mal geringer.

Fazit: Durch die Verwendung einer kleineren Blenden-/Diodenfläche lässt sich der Nebenlichtempfang erheblich reduzieren.

Der Abstand  $f$  der aktiven Diodenfläche von der Blende/Bildebene lässt sich aus folgenden Angaben berechnen, in () Angaben für das Beispiel:

Wirksamer Objektivdurchmesser, Apertur, Eintrittspupille:	D	(70 mm)
Durchmesser der aktiven Empfangsfläche:	d	(2,29 mm)
Gewählter Durchmesser der aktiven Empfangsfläche:	$\sim 0,9 * d$	(2,1 mm)
Brennweite des Objektivs:	F	(200 mm)

$$\text{Abstand } f = F * 0,9 * d / D$$

Für das Beispiel ergibt sich: Abstand  $f = 200 \text{ mm} * 2,1 / 70 \text{ mm} = 6 \text{ mm}$

Wird zusätzlich ein Tubus verwendet, eine wirksame Länge von 3 x dem wirksamen Innendurchmesser braucht nicht überschritten zu werden.

#### (E) Empfänger

$k = 1/2A$ , ( $k$  = Blendenzahl, z. B. 1:2,8,  $A$  = Apertur, abhängig vom Lichtwellenleiter)

Beispiel:

Apertur = 0,37; daraus folgt:  $k = 1/2 * 0,37 = 1,35$ ; Ergebnis: Blende/Lichtstärke 1:1,35

#### (F) Messmittel

Die Abweichung  $\Delta a$  der Lage des Brennpunktes für eine Entfernung  $a$  des Objektes zur Lage des Brennpunktes für unendlich bei der Brennweite  $f$  des Objektivs ist:

$$\Delta a = f^2 / f - a$$

Beispiel:

Bei einer Entfernung  $a$  von 5 m und einer Brennweite  $f$  von 333 mm entsprechend 3 dpt ergibt sich eine Abweichung  $\Delta a$  von -23,8 mm gegenüber der Einstellung auf unendlich.

Man kann natürlich auch diesen Weg umgekehrt gehen um das Gerät auf unendlich abzugleichen. Für das Beispiel bedeutet das, auf 5 m scharf stellen, vorher aber überlegen worauf scharfgestellt werden muss, z. B. auf Blendenebene, und dann um die Einstellung für unendlich zu erreichen, den Abstand um 23,8 mm verkürzen. Dann ist auf unendlich scharf eingestellt.

Für Versuche im Nahbereich bis zu einigen Kilometern, bietet sich die erwähnte 3-Sektorenblende an, um Übersteuerungen mit Sicherheit zu vermeiden.

#### (G) Beugung

Minimaler Blendendurchmesser ( $D_{B, \text{min.}}$ ) für 87 % „Durchlaß“

$$D_{B, \text{min.}} = 2,45 * \lambda * f / D_{EP}$$

$\lambda$  = Wellenlänge,  $f$  = Brennweite,  $D_{EP}$  = Durchmesser der Eintrittspupille

Bei  $3 * D_{B, \text{min.}}$  beträgt der „Durchlaß“ praktisch 100 %

Beispiel:



$$\lambda = 660 \text{ nm}, f = 300 \text{ mm}, D_{EP} = \text{Öffnung, Durchmesser des Objektivs} = 120 \text{ mm}$$

$$D_{B, \text{min.}} = 2,45 * 0,66 \mu\text{m} * 300 \text{ mm}/120 \text{ mm} = 4 \mu\text{m} \quad D_{B, 100\%} = 3 * D_{B, \text{min.}} = 3 * 4 \mu\text{m} = 12 \mu\text{m}$$

### (H) Leistung und Energie an der Blitzröhre, des Blitzgerätes

Die der Blitzröhre zur Verfügung gestellte Leistung ist die im Kondensator gespeicherten Energie geteilt durch die Blitzdauer.

(Durch das Löschen der Blitzröhre keine volle Ausnutzung möglich.)

Die an der Blitzröhre verfügbare Energie, fälschlicherweise meist als Leistung bezeichnet, hängt von der im Moment der Zündung am Kondensator anliegenden Spannung (**U**) und der Kapazität (**C**) des Kondensators ab. Sie kann aber, da die Blitzröhre vor Erreichen der 0 V schon bei der Löschspannung erlischt, nicht voll ausgenutzt werden. Differenz leicht er-rechenbar.

Eine auf die Praxis zugeschnittene Größengleichung:

$$\text{Energie} = U^2 * C / 2000000 \quad \text{Energie in J, Spannung U in V, Kapazität C in } \mu\text{F}$$

Die Blitzdauer beträgt üblicherweise 0,002 bis 0,00001 s, das menschliche Auge kann noch wesentlich kürzere Blitze sehr gut verarbeiten, auch Grund für kürzeste Zeiten.

Das Blitzgerät sollte auf **maximale Leistung** konzipiert sein.

Eine Erhöhung der Spannung und/oder Verringerung der Kapazität verringert die Blitzdauer.

Eine Erhöhung der Spannung und/oder Kapazität bestraft die meist zu kleine Blitzröhre u.a. mit ihrem frühen Sterben. Die Daten der Blitzröhre bestimmen die Konzeption.

Um die optisch wirksame, abgestrahlte Lichtenergie, die selbst nur ein kleiner Teil der Energie ist, optimal zu nutzen, ist üblicherweise folgendes zu verwirklichen:

Leuchtender Teil der Blitzröhre mechanisch möglichst klein, Reflektor möglichst groß bei auf die Blitzröhre, der gewünschten Abstrahlung, optimierter Form und Oberfläche.

Die widerstrebenden Forderungen sind nur bei viel Volumen zufriedenstellend zu lösen.

### (I) Auswahl der/des Objektivs/Objektive

Moderne AF Objektive haben oft keine Möglichkeit die Blende manuell einzustellen.

Das mögliche Verhältnis ist das Quadrat der Variation der Blendenöffnungen (**D**).

$$1 : ((D_{\text{max}})^2 / (D_{\text{min}})^2)$$

Die Variation der effektiven Blendenöffnung (**D**) soll möglichst groß sein. In der Praxis bestimmt die Brennweite (**f**) und die kleinste Blende (**B**) des kurzbrennweitigen Objektivs/Weitwinkel die kleinste Blendenöffnung, die größte Blende des langbrennweitigen Objektivs/Tele, die größte Blendenöffnung.

$$f/B=D$$

Beispiel, Zoomobjektive sind sinngemäß zu behandeln:

Weitwinkel 2,8/28, kleinste Blende 32; kleinste Blendenöffnung  $D=28 \text{ mm}/32=0,875 \text{ mm}$ , größte Blendenöffnung  $D=28/2,8=10 \text{ mm}$

ZEISS Jena Sonnar 4/300, kleinste Blende 45; größte Blendenöffnung  $D=300 \text{ mm}/4=75 \text{ mm}$ , kleinste Blendenöffnung  $D=300 \text{ mm}/45=6,67 \text{ mm}$

Normalobjektiv 1,8/50; kleinste Blende 22, mögliche Blendenöffnungen 2,3 mm ... 27,8 mm

Das „Normalobjektiv“ braucht nicht verwendet zu werden, dessen Möglichkeiten werden durch Weitwinkel und Tele abgedeckt.

Ein Objektiv bestimmt die Größe des (unrunden) Durchbruch im Spiegelträger, in diesem Fall die Öffnung 1:2,8. (Lage durch Projektion festlegen)

Beim Einsatz dieser Objektive ist es möglich, die Lichtmenge im Verhältnis von

$$1 : ((D_{\text{max}}=75^2 / D_{\text{min}}=0,875^2)) = 1:7.347$$

zu variieren.

### (J) Suchervergrößerung

Vorgegeben ist die Suchervergrößerung  $v$ , die sich für ein Objektiv, meist das Standardobjektiv mit der Brennweite  $f$  ergibt, für  $f=50 \text{ mm}$  z.B. 0,75 fach.

Wird nun das vorstehende Objektiv durch ein Objektiv mit der Brennweite  $F$  ersetzt, ergibt sich folgende Vergrößerung  $V$  :

Vergrößerung  $V=v \cdot F/f$   $f$  und  $F$  gleiche Maßeinheit

Wird nun ein Einstellfernrohr mit der Vergrößerung  $VE$  benutzt, beträgt die Gesamtvergrößerung  $= V \cdot VE = VE \cdot v \cdot F/f$ .

Beispiel:

$v=0,75$  für  $f=50$  mm;  $F=500$  mm;  $VE=2,7x$

Gesamtvergrößerung  $= 2,7 \cdot 0,75 \cdot 500/50 = 20,25$

### (K) Beugung, Brechung und Reflexionen in Wolken

Für den uns z.Z. interessierenden Wellenlängenbereich ergibt sich folgende Leistung auf der Empfangsfläche:

Auf der Empfängerfläche  $A_E$  trifft bei einer Wolkenhöhe von  $H_W$  bei einer Sendeleistung von  $P_S$  folgende Leistung  $P_E$  auf.

$$P_E = 0,03 \cdot P_S \cdot A_E / (H_W)^2$$

Beispiel:

Empfängerfläche  $A_E$ :  $0,01 \text{ m}^2$  Wolkenhöhe  $H_W$ :  $5 \text{ km}$  Sendeleistung  $P_S$ :  $10 \text{ mW}$

$$P_E = 0,03 \cdot 10 \text{ mW} \cdot 0,01 \text{ m}^2 / (5 \text{ km})^2 = 1,2 \cdot 10^{-13} \text{ W} = 120 \text{ fW}$$

Das entspricht im vorgeschlagenem System (Punkt 4) einer Signalstärke von  $S 8$ .

### L Sichtweite unter Berücksichtigung der Erdwölbung

Die Sichtweite in km beträgt  $3,57 \cdot (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$ , Höhenangabe  $h_1$  und  $h_2$  in m.

### 23 Bezugsquellen, Ergänzungen:

- <sup>1</sup> Conrad Electronic, Bestellnummer 753190, kostengünstiger Bestellnummer 596523 ?, .ELV, Bestellnummer -280-09 (blau), -10 (rot), -11 (gelb)
- <sup>2</sup> Reichelt Electronic, Tel.: 0 44 22/95 53 33 [www.reichelt.de](http://www.reichelt.de)
- <sup>3</sup> Internet electronicpool
- <sup>4</sup> nur als Beispiel, nicht auf Eignung untersucht: SFH5110, SFH505A, TSOP1733
- <sup>5</sup> Westfalia, verschiedene Typen mit beleuchtbarem Absehen
- <sup>6</sup> Conrad Electronic, Bestellnummer 168220
- <sup>7</sup> Kuhne electronic, [www.db6nt.com](http://www.db6nt.com), (Special, Laser) Laserdiodenmodul
- <sup>8</sup> ELV 3/95, „NF-Übertragung mit Infrarotlicht“. Bestellnummer 60-188-38
- <sup>9</sup> Conrad Electronic, Hauptkatalog 2002, S. 1055, Bestellnummer 18 28 93-22
- <sup>10</sup> ELV 3/93, „PLL-Schaltungen“. Leiterplatte bei ELV nicht mehr erhältlich.
- <sup>11</sup> (CQ DL 11/89, „1750-Hz-Generator mit fünf Bauteilen“, nach Änderung verwendbar)
- <sup>12</sup> RS, Reichelt; bitte Datenblatt beschaffen, z. B. von RS.  
CQ DL 1/96, S. 28 - 31, 2/96 S. 111 - 113, QRP-Report 3-2001, S. 4, 5; 4-2001, S. 27  
sehr kritisch betrachten, sonst falsche Entscheidungen, da teilweise Fehler bzw. nicht nachvollziehbare Vereinfachungen.
- <sup>13</sup> Fielmann AG
- <sup>14</sup> Gerhard Heim, Tel.: (09 41) 2 86 29, [astronik@astronik.de](mailto:astronik@astronik.de)
- <sup>15</sup> HUPRA OPTIK, Köpenicker Straße 325, Haus 1, 12555 Berlin, Tel.: 0 30/65 76 22 21
- <sup>16</sup> ELV 5/2002, S. 71 - 75: ... Lauschverstärker LV 100, Bestellnummer für Komplettausatz -471-37, für Platine -47 186. Siehe auch Punkt 28.9
- <sup>17</sup> [www.cplus.org/radiomobile.htm](http://www.cplus.org/radiomobile.htm)
- <sup>18</sup> [www.HAMMAP.de](http://www.HAMMAP.de)

### 24 Literatur, Hinweise

- /1/ Kube, Erhard: Nachrichtenübertragung mit Lichtstrahlen in der Atmosphäre, VEB Verlag Technik, Berlin Nachrichtentechnik, 19 (1969) H. 6 S. 201-207
- /2/ Greil, Peter, DL7UHU: Nachtrag: Der richtige Standort, CQ DL, (2001) H. 12 S.908, 909
- /3/ Megla, Gerhard: Nachrichtenübertragung mittels sehr hoher Frequenzen, Fachbuchverlag Leipzig, (1954)
- /4/ Galasso Mario, Gaticci Mario: LA RADIO GRIGIO-VERDE, S. 185ff.
- /5/ DIN EN 60825-1

- /6/ Greil, Peter, DL7UHU: Sendeempfänger für das 394 ...750 THz-Band, CQ DL (2001) H. 8 S. 605
- /7/ Greil, Peter, DL7UHU: Funkamateure (2001) H. 10 S. 1020-1023.
- /8/ Schwarz, Hans, DK5JI: Jahrbuch für den Funkamateure
- /9/ Franke, Michael: Empfangskopf für geringste Lichtleistungen, radio fernsehen elektronik, 38 (1989) H. 6 S. 398
- /10/ Hüster, Herbert, DL1ZBP: DARC Referat Zukunftstechnologien: E-Mail v. 07.10.2001, Deutscher Wetterdienst: Leitfaden für die Ausbildung im Deutschen Wetterdienst Nr. 6: Instrumentenkunde. 2. Auflage, Offenbach am Main, 1973
- /11/ Cuno, Hellmuth, DL2CH: Skriptum der Vorträge, 46. Weinheimer UKW-Tagung 2001, S. 5.1 - 5.11, CQ DL 10/2001 S. 727 - 730, 11/2001 S. 810, 811. AATiS e. V., Praxisheft 12, Seite 102-109, [www.hhcuno.de](http://www.hhcuno.de); [www.astronik.de](http://www.astronik.de); [hhcuno@t-online.de](mailto:hhcuno@t-online.de); Tel.: (0 94 98) 90 20 24, 9 bis 21 Uhr; Fax: (0 94 98) 90 20 25
- /12/ Drischel, H.: Der Pupillenapparat des Menschen - ein biologischer Intensitätsregler, in Oppelt/Vossius: Der Mensch als Regler, VEB Verlag Technik, Berlin, 1970, S. 113
- /13/ Müller, Winfried: Optoelektronische Sender, Empfänger und Koppler, Militärverlag der DDR (VEB), 1986, S. 37
- /14/ DUBUS 1/2000, S. 46
- /15/ DUBUS 3/2001, S. 35
- /16/ Bergmann, H.: 100 Jahre optische Nachrichtentechnik, radio fernsehen elektronik, 29 (1980) H. 10, S. 633
- /17/ Fuchs~Fasching: Signalbuch für den Kurzwellenverkehr, Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage, Wien 1929
- /18/ Stahl, Konrad; Miosga, Gerhard: Infrarottechnik - Heidelberg: Hüthig, 1980; S. 163
- /19/ Zimmermann, Erich, HB9MIN: VHF-UHF 2002, München, 9. - 10. März 2002, Tagungsheft der 14. Vortragstagung ..., Distrikt Oberbayern im DARC, S. 71 - 76
- /20/ Lilburn R. Smith, W5KQJ: Amateur Communications Using Lasers
- /21/ 2003, Geräte fSona, Installation OMNITEK,
- /22/ Kainka, Burkhard: Elektor 6/2002, LED-Powerlampe, Regelung über 100 Ohm Poti zur Batterie
- /23/ Kondraschkow, A. W., Elektrooptische Entfernungsmessung, VEB Verlag für Bauwesen - Berlin 1961, S. 261 ff
- /24/ Isaac I. Kim, Bruce McArthur, Eric Korevaar, [www.opticalaccess.com](http://www.opticalaccess.com)
- /25/ Kube, Eberhard, Dipl.-Ing.: Abschlußbericht, INT Berlin, 1969
- /26/ Dr.-Ing. Klaus Sander, Modulierbarer Treiber für fast alle Laserdioden. Funkamateure 51 (2002) H. 8, S. 804 - 806
- /27/ Meier, Alexander, DG6RBP; Skriptum der UKW-Tagung Weinheim 2002, S. 17..., UKWberichte 42 (2002) Heft 3, S. 145 - 155; Tel.: 0 94 72/91 18 98, [www.ame-engineering.de](http://www.ame-engineering.de), [alex@ame-engineering.de](mailto:alex@ame-engineering.de)
- /28/ Cuno, Hellmuth, DL2CH: Einfacher Tester für Laserdioden, CQ DL 11/2002, S. 810/811; Adresse siehe /11/
- /29/ Amateurfunkverordnung AFuV, (Ende 2003, Anfang 2004 in Kraft)
- /30/ Herrmann, Joachim, dtv -Atlas zur Astronomie, Deutscher Taschenbuchverlag, März 1973, S. 20
- /31/ Deutschland Europa ADAC ReiseAtlas, ISBN 3-8264-1373-3

Viele wertvolle Hinweise erhielt ich von Dieter, DL7UDP, die ausgezeichneten Veröffentlichungen von Herrn Eberhard Kube wurden nicht alle erwähnt.

Im **Funkamateure** 10/01, S. 1020 - 1023 Beitrag mit Abbildungen, ist stark gekürzt; 06/01 S.

Im **Skriptum** der **Weinheimer UKW-Tagung** 2001 ...2004 ist eine Version dieses Beitrages mit Abbildungen, teilweise Schaltungen, enthalten.

Im **Skriptum** 2002 sind fast alle griechischen Buchstaben nicht gedruckt, so das Textstellen unverständlich und Gleichungen unbrauchbar sind, daher 2003 Berichtigungen.

In **UKWberichte** Heft 3/2002, 3/2003

In der **CQ DL** 5-2005, S. 329

**Dieser Text soll ständig ergänzt werden, Hinweise, Korrekturen bitte an mich.**

Die aktuellste Version wird nur **auf Anforderung** zugesandt, dazu bitte falls vorhanden die **Versionsnummer** der vorhandenen Version angeben und mir z. B. eine E-mail mit der Anforderung zusenden.

Bitte immer die aktuellste Version benutzen, auf Berichtigungen wird nur in Ausnahmefällen hingewiesen.

Unter <http://www.qsl.net/dolkhs/laser> sind Angaben zu OM und zur Einsatzbereitschaft ihrer Technik aufgeführt. Bitte auch nutzen.

Unter <http://www.HAMMAP.de> sind wichtige Programme zu finden.

Eine meist ältere Version dieses Artikels ist unter <http://www.lichtsprechen.de> zu finden. Version, Monat, Jahr ist im Dateinamen und Titelblatt enthalten.

Hinweise zu **laser-dl** unter: <http://mailman.qth.net/mailman/listinfo/laser-dl>

Peter Greil (DA5FA ex) DL7UHU Frankfurter Allee 83 10247 Berlin Tel.: (0 30) 42 01 72 45  
[dl7uhu@dark.de](mailto:dl7uhu@dark.de), [www.lichtsprechen.de](http://www.lichtsprechen.de)

Irrtümer vorbehalten. Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Quellenangabe.

## 25 PS

Ab und zu sollte man sein Gerät mit dem Vorstehenden vergleichen oder mal aus dem vorstehenden Informationen ein Projekt optimieren. Man kann ja mal abhaken, was von folgenden Bedingungen erfüllt wird.

AM und FM Telegrafie und Telefonie - Telegrafieton 625 Hz - FM Hilfsträger 32,768 kHz - Sender abstimbar zwischen 32 kHz und 38 kHz - Strahldivergenz optimiert, durch entsprechendes Laserdiodenmodul oder besser durch Strahlaufweitung - Eventuell 2. Empfangsoptik vorhanden oder anbaubar, Durchmesser jeweils >58 mm bei 660 nm - Blende sinnvoll ? - Filter - **Tubus** - Zielfernrohr mit beleuchtetem Absehen als Visiereinrichtung mit Laserdioden/LED-Modul/Strahlaufweitung zu einer Einheit verbunden - Einstellmöglichkeit für Seite und Höhe waagrecht und senkrecht mit Skala, reproduzierbar und am Lichtsprechgerät fest angebaut, mindestens Muttergewinde 5/8" - Befestigungsmöglichkeit für Tripelprisma und weiteres Zubehör - Treiber am/im Laserdiodenmodul, für 5 V - Detektor mit Transimpedanzverstärker und Umschaltung durch Relais (Verstärkung/Grenzfrequenz 3 kHz/40 kHz) im Empfangskopf - Empfangskopf mit Optik im eigenen „Gehäuse“ - Verbindung zur Einheit Laserdioden/LED-Modul/Strahlaufweitung-/Zielfernrohr über Einstellmöglichkeit - Tonselktion, bestehend aus immer eingeschaltetem 2,7 kHz Tiefpass, wahlweise eingeschaltet 350 Hz Hochpass und/oder 625 Hz Bandpass. Erzeugung der 625 Hz quarzgesteuert - Verwendung üblicher Tasten und Mikrofone gegen Masse - Stromversorgung für Empfangs- und Sendekopf 5 V - Bedienteil getrennt von „Optikteil“ - Empfangskopf auf CD mit maximalem Durchmesser von 34,5 mm und Sendekopf im zylindrischen Gehäuse, Durchmesser ≤16 mm bzw. ≤5/8 inch - usw.

## 26 Anlagen

### 26.1 Nutzungsbedingungen bis 04.10.2003

Zuteilungs- und Nutzungsbedingungen für Versuche im Frequenzbereich oberhalb 0,3 THz mit Funkanlagen, die den Laserklassen 1, 2, 3A oder 3B gemäß DIN EN 60825-1 angehören (auch unbesetzter Betrieb)

1. Sendearten: alle; bei Verwendung von Sendearten die im Amateurfunk nicht üblich sind, muss eine Identifikation der Aussendungen mittels gebräuchlicher Verfahren und gemäß AFuV § 12 Abs. 1 erfolgen.
2. Die Funkanlage muss unabhängig von der Art der Schwingungserzeugung Laserklasse 1, 2, 3A oder 3B nach DIN EN 60825-1 entsprechen.
3. Senderbetrieb: auf non-interference base (n.i.b.).
4. Empfangsfunkstörungen bei Ihrer Funkanlage sind hinzunehmen.
5. Die Bedingungen des EMVG sind einzuhalten.
6. Bei Versuchen mit Funkanlagen, die den Laserklassen 3B entsprechen, sind die erforderlichen Sicherheitsabstände einzuhalten. Das trifft auch für den sogenannten erweiterten Sicherheitsabstand zu, falls die Betrachtung durch optische Hilfsmittel (z.B. Fernglas) möglich ist. Die Sicherheitsabstände sind für eine Einwirkdauer von mindestens 100 s vor Beginn der Versuche zu berechnen.
7. Die Aussendungen sind so zu gestalten, dass insbesondere Personen nicht gefährdet werden. Außerdem darf durch die Versuche die Sicherheit im Land-, See- und Luftverkehr nicht beeinträchtigt werden. Die entsprechenden Anforderungen der DIN EN 60825-1 und alle sonstigen sicherheitsrelevanten Vorschriften sind einzuhalten.
- 8- Zum Optimieren der mechanischen und optischen Komponenten ist es zulässig, einen im optischen Frequenzbereich liegenden Sender nach dieser Anlage in Sichtweite unbemannt zu betreiben. Dieser Sender hat das DA5-Rufzeichen in einer gebräuchlichen Sendearart entsprechend § 10 der AFuV zu senden.

9. Das zugeteilte DA5-Rufzeichen ist bei besonderen experimentellen und technischwissenschaftlichen Studien zu benutzen und darf nur angewendet werden, wenn auch von den mit der Sonderzuteilung verbundenen Ausnahmezugeständnissen Gebrauch gemacht wird.

10. Bei Ablauf der Zuteilungsdauer ist der zuständigen Außenstelle der Reg TP ein Erfahrungsbericht vorzulegen.

Da spezielle Vorschriften für diesen Frequenzbereich im Amateurfunk nicht existieren, werden im Erfahrungsbericht u.a. auch Hinweise bzw. Anregungen zu den sicherheitsrelevanten Aspekten aus Punkt 2, 6 und 7 erwartet.

11. Für die Auswertung eventueller Störungen und Beeinträchtigungen sind Aufzeichnungen über die Sendetätigkeit gemäß § 17 AFuV zu machen und zusammen mit dem Erfahrungsbericht bei der Reg TP abzugeben. Die Aufzeichnungen sollen den in § 17 AFuV unter Nr. 1 bis 5 genannten Angaben entsprechen und ggf. Angaben über die Bestrahlungsstärke, Divergenz und den Strahlenquerschnitt enthalten.

12. Diese Anlage kann von der Reg TP kurzfristig durch eine geänderte Ausgabe ersetzt werden. Nach Vorlage des Erfahrungsberichts entsprechend dem obigen Punkt 10 wird dann entschieden, ob und für wie lange eine Verlängerung der Gestattung möglich ist.

## 26.2 Nutzungsbedingungen ab 21.04.2005, gekürzt

Frequenzbereiche nach AFuV, siehe auch 2.4  
Keine Einschränkungen der Sendart

1. Bei der Nutzung durch Funkamateure mit Zulassung zur Teilnahme am Amateurfunkdienst mit eingetragener Zeugnisklasse A müssen die verwendeten Funkanlagen und deren Betrieb in ihrer Gesamtheit Laserklasse 1, 1M, 2, 2M, 3A oder 3B der DIN EN 60825-1 vom Oktober 2003 und deren Berichtigung 1 vom Juni 2004 (nachfolgend als Norm bezeichnet) entsprechen. Bei der Nutzung durch Funkamateure mit Zulassung zur Teilnahme am Amateurfunkdienst mit eingetragener Zeugnisklasse E müssen die verwendeten Funkanlagen und deren Betrieb in ihrer Gesamtheit Laserklasse 1, 1M, 2 oder 2M der Norm entsprechen.

2. Andere Funkanlagen/Funkdienste dürfen nicht gestört werden, es besteht kein Schutz vor Störungen. Die Bestimmungen des Gesetzes über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten (EMVG) sind einzuhalten.

3. Bei der Verwendung von Funkanlagen, die Laserklasse 3B entsprechen, sind die erforderlichen Sicherheitsabstände für die in der Praxis mögliche maximale Einwirkungsdauer, mindestens aber für 100 s vor Beginn der Aussendungen nach obiger Norm zu berechnen und einzuhalten. Das trifft auch für den sogenannten erweiterten Sicherheitsabstand zu, falls die Betrachtung durch optische Hilfsmittel oder Instrumente (z. B. Fernglas) möglich ist.

4. Die funktechnischen Anlagen und deren Aussendungen sind so zu gestalten, dass insbesondere Personen nicht gefährdet werden. Sofern erforderlich, muss die Berechnung gemäß Punkt 3 auch auf die Laserklasse 1, 1M, 2, 2M und 3R ausgedehnt werden. Außerdem darf durch die Versuche die Sicherheit im Land-, See- und Luftverkehr nicht beeinträchtigt werden.

5. Soweit die grundsätzlichen Anforderungen der Norm eingehalten werden, können auch andere als die in der Norm genannten Arten der Schwingungserzeugung und Aussendung verwendet werden. Dabei ist die Norm sinngemäß anzuwenden.

## 27 Bildteil

27.1 Empfänger, optisch/mechanischer Aufbau, Prinzip; Datei: CA05WD01.pdf

27.2 Sender, optisch/mechanischer Aufbau, Prinzip

## 28 Schaltungen

Schaltungen für die folgenden Baugruppen werden vorbereitet, bzw. sind unter der angegebenen Quelle/Datei zu finden.

28.1 Empfangskopf

28.1.1 Mit OPT 101P von Hellmuth, DL2CH unter [www.hcuno.de](http://www.hcuno.de), AATiS e. V., Praxisheft 12, Seite 102-109,

Mein Tipp: Externe Transimpedanzwiderstände über Relais umschaltbar machen, um Empfindlichkeit und obere Grenzfrequenz damit zu optimieren. Widerstandswerte vom Aufbau abhängig, siehe Datenblatt. Der OPT 101 R ist besser geeignet.

Der OPT 210 läßt sich auch verwenden, dann Anschluß 4 nicht beschalten, Platine freibohren. Weitere Änderungen aus Datenblatt entnehmen.

28.1.2 Einfacher Detektor, Datei: **BG22BE02**

28.1.3 Mit BPX61 von Erich, HB9MIN unter [Erich.Zimmermann@swisscom.com](mailto:Erich.Zimmermann@swisscom.com) Schaltung: /19/  
Datei: HB9MINULLL...

28.2 Filter

CQ DL 1/96, S. 28 - 31, 2/96 S. 111 - 113, QRP-Report 3-2001, S. 4 u. 5, 4-2001, S. 27

Sehr kritisch betrachten, sonst falsche Entscheidungen, da teilweise Fehler bzw. nicht nachvollziehbare Vereinfachungen.

Für RC-Filter empfiehlt es sich, eventuell die Widerstände für die vorhandenen C's neu zu berechnen, da es immer schwieriger wird, engtolerierete C's zu bekommen..  
Siehe auch 28.9

28.3 Gesamtgerät

DL2CH unter [www.hcuno.de](http://www.hcuno.de),

Vollständigste zusammenhängende Darstellung AATiS e. V., Praxisheft 12, Seite 102-109,

28.4 Tongenerator 5,12 MHz/625 Hz, Datei: **BG22BE01**

28.4 Treiberschaltung für LED/Laserdiode

28.4.1 ... ohne Verwendung einer Monitordiode

28.4.2 ... mit Verwendung der Monitordiode

28.6 Generator für Messzwecke

Als Generator für wichtige Frequenzgang- und Empfindlichkeitsmessungen dient die PLL-Schaltung mit dem 4046<sup>8</sup>. Zwischen R3 und Masse liegt ein 470 k $\Omega$  Poti, neg. log. Durch Bedienung von hinten realisiert. Durch Parallelschalten eines Kondensators von 12 nF zu den in 9,6 pF geänderten C7 und Reihenschaltung eines 510 k $\Omega$  Widerstandes zum Poti ändert sich die Einstellmöglichkeit für die Frequenz von 29 kHz bis 41 kHz in 100 Hz bis 2,7 kHz. Das in Reihe zu R7 zusätzlich befindliche Poti senkt den Strom auf die benötigten Werte um die Lichtintensität zu verringern. Die Stromversorgung wurde an meine „Norm“ angepasst.

28.7 Bedienteil, Bedienelemente/Bauschaltplan Datei: CF181753

Bedienteil, Leiterplatte UHU 2003/Stromlaufplan

28.8 Leistungsmessgerät

Leistungsmeßgrät LPM 10: [www.ame-engineering.de](http://www.ame-engineering.de)

28.9 NF-Verstärker geregelt, mit Tief- und Hochpass, Mikrofonverstärker

Der in der ELV 5/2002, S. 71-75 beschriebene geregelte „Lauschverstärker“ ist nach folgenden Änderungen sehr gut geeignet. Falls es Beschaffungsprobleme für engtolerierete C's gibt, eventuell für vorhandene, ausgemessene C's neu berechnen:

Hochpass im Eingang C3 470 n für 73 Hz, 330 nF für 103 Hz,  
Hochpass für 350 Hz: C6=C7 68 n, R6 2,15 k, R7 14,682 k, (15 k parallel mit 680 k); Tiefpass für 2,7 kHz: C8 12 n, C9 1,8 n,

Toleranz dieser Bauelemente  $\leq 1$  %.

Telegrafiefilter (625 Hz): R6 2,55 k, R7 17,4 k, C6, C7 33 n; C8 68 n, C9 10 n, R9, R10 11,3 k.

Toleranz dieser Bauelemente  $\leq 1$  %.

Ausgemessene Kondensatoren mit Wertangabe für die dazugehörigen Widerstände kann ich zur Verfügung stellen, engtolerierete E96 Widerstände<sup>2</sup>.

Da kein rauschärmerer Typ für IC2 und IC4 in gleicher Bauform gefunden wurde, Ersatz durch SMD IC's, NE5532 und TL072, bzw. LM4865, aufgebaut auf 14/8poligem Steckadapter. Die Betriebsspannung für LM4865 kann durch die Reihenschaltung einer 3,6 V Z-Diode zum Anschluß 1 entsprechend herabgesetzt werden, falls die 9 V-Spannungsversorgung gewählt wird.