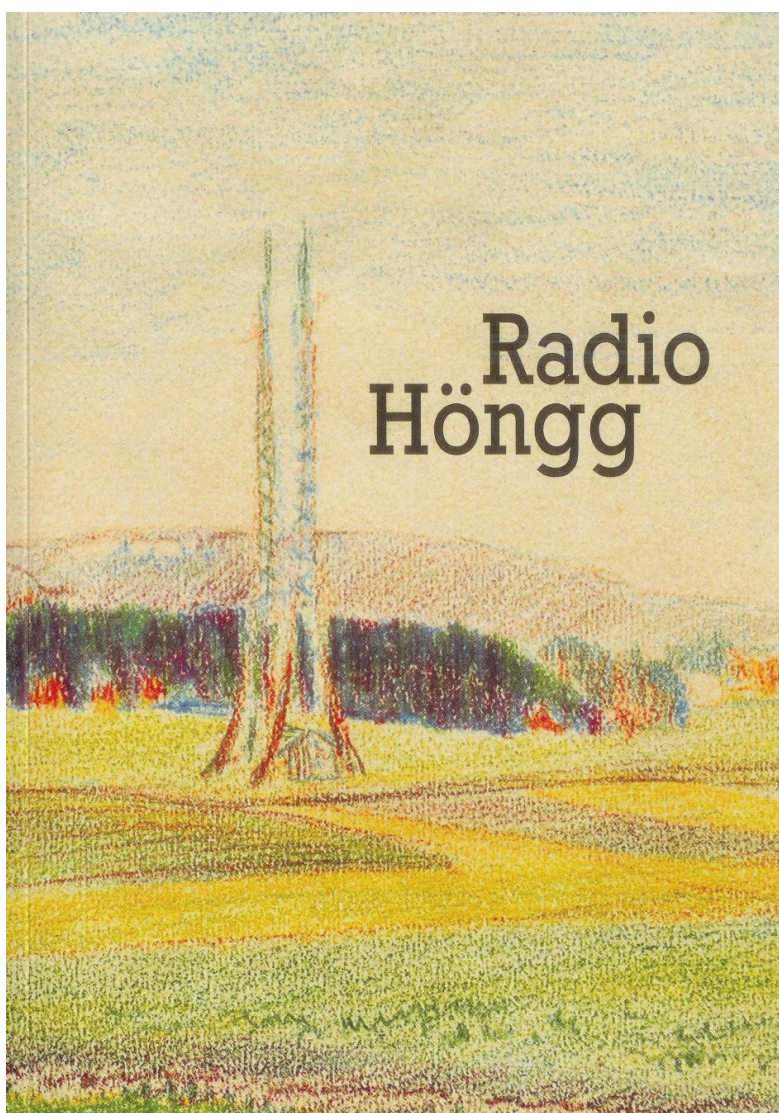


Lautsprecher

MITTEILUNGSBLATT DES ANGESTELLTENVERBANDES DER RADIO/TV- UND MULTIMEDIABRANCHE



Adresse: ART, Rossbergstrasse 35, CH-6410 Goldau, www.artmultimedia.ch

Redaktion: Istvan Kenessey, Florastrasse 19, CH-8632 Tann, Tel / 055 240 58 41,
istvan.kenessey@artmultimedia.ch

Copyright: Kopien der fachtechnischen Beiträge mit Quellenangabe für Unterrichtszwecke und persönliche Dokumentation erlaubt. Kommerzielle Auswertung verboten. Nachdruck nur mit Genehmigung der Autoren.

Inhaltsverzeichnis

Titelblatt	1
Inhaltsverzeichnis	2
Radio Höngg	3
4 K 2 K - Technologie	4
Winradio	6
Bericht der Zeitschrift Funk (nur Onlineversion).....	8
U S K A (Funkamateure - Frequenzen)	14
Wellenausbreitung	15
Welleneigenschaften	19
Wellenlänge und Farbe	21
Mögel - Dellinger - Effekt	24
Ionoscatteer	25
Das Phänomen : Polarlicht	26
Kürzlich gelesen	28
Schon mal gehört?.....	29
Lehrlingsaufgaben	30

Radio Höngg

Auf dem Hönggerberg stand die erste Schweizer Radiostation – dies war 1924.

Die Abbildung auf dem Lautsprecher Titelblatt zeigt die Sendeanlage am Hönggerberg aus südöstlicher Richtung – die beiden Gittermasten mit dem Sendehäuschen.

Dies ist ein Ausschnitt aus einer Farbstiftzeichnung des Höngger Schriftensmaler Ernst Bopp, welche am 8. November 1924 entstanden ist.

Der Bericht der Vernissage des Hönggers ist unter dem untenstehenden Link zu finden
<http://www.hoengger.ch/images/stories/archiv2013/130314endfassung.pdf>

Dieses einmalige Zeitzeugnis ist für Fr. 30.- erhältlich bei:

Gutekunst Johannes
Lenzhardstrasse 22
5102 Rapperswil
johannes.gutekunst@sunrise.ch

4 K 2 K - Technologie

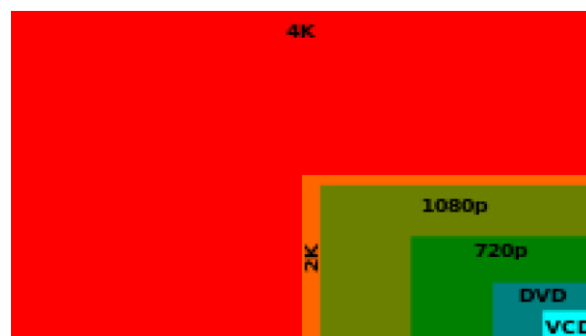
Die 4K2K-Technik ist aller Munde

Was steckt dahinter?

4 K ist ein digitales High-Definition-Video-Format, das etwa der vierfachen HDTV-Auflösung entspricht.

Bisher sind zwei verschiedene Auflösungen für das 4K2K-Format mit einem 16 : 9 Seitenverhältnis gebräuchlich:

4096 x 2304 Pixel unter der Bezeichnung **4K** und
3840 x 2160 Pixel unter der Bezeichnung **2160p/i und QFHD** bekannt.



Das Verhältnis der Bildauflösung

Beide Formate entsprechen etwa der Auflösung von **4000 x 2000 Pixeln**, worauf sich die Vorsätze für Masseneinheiten 4K2K beziehen. Bisher gibt es TV-Hersteller, wie Sony, Panasonic und Mitsubishi, die Geräte vorgestellt haben. **4K2K** gilt als zukünftiger Nachfolger der HDTV-Bildformate 720p und 1080i/p.

Neuregelung für Konsum-Elektronik

Die Consumer Electronics Association (CEA) hat am **18.10.2012** beschlossen: **Ultra HD** ersetzt die bislang propagierte Bezeichnung **4K**. Der Definition nach müssen Ultra-HD-Geräte eine Mindestauflösung von **8 Millionen Pixeln** haben (viermal so viele Pixel wie bei aktuellen Full-HD-Geräten). Die normale Auflösung liegt hier bei 3840 x 2160 Bildpunkten, kann aber je nach Seitenverhältnis und Hersteller variieren.

4 K wird neu **Ultra HD**

Nur Sony beharrt energisch auf der Bezeichnung: **4K Ultra HD** oder kurz **4K UHD**

3840 Bildpunkte..... **horizontal**

Definition neu! **2160** Bildpunkte..... **vertikal**

Seitenverhältnis **16 : 9**

Was bringt 4K Ultra HD?

Mehr Bildpunkte bedeuten mehr Bildschärfe und mehr Details. Bilder in 4K-Auflösung sehen daher noch echter aus als HDTV-Bilder. Weil die einzelnen Bildpunkte viel kleiner sind als bisher, kann der Zuseher näher an den Bildschirm heran, ohne dass er einzelne Pixel erkennt oder das Bild wie durch ein Fliegengitter wahrnimmt.

Zusammenfassend 4K Ultra HD bringt:

..... mehr Details (8 Millionen Pixel)

..... noch grössere Bildschirme

..... schärfere Fotos

Wie sieht es aus, senderseitig?

Ein Ultra-HD-Fernseher besitzt rund **8 Millionen** Bildpunkte. Um die Fähigkeiten des Displays auch nutzen zu können, müssen Inhalte her. Doch wer kann solche Filme oder andere Medien in echter Ultra HD-Auflösung liefern?

Unser erstes Problem:

Zurzeit steht kein Fernsehsender zur Verfügung, der in Ultra HD sendet. Immerhin gab Eutelsat den Start eines Demokanals für Ultra-HD-Inhalte bekannt. Die Übertragung hat am 8. Januar 2013 via Satellit **Eutelsat 10A** begonnen.

Das zweite Problem:

Es gibt zurzeit keine Blu-ray-discs mit Filmen in Ultra-HD-Auflösung. Derzeit muss man sich mit der Upscaling-Funktion aktueller Blu-ray-Player begnügen, die Filme ins neue Format hochrechnet.

Fazit:

Trotz allem wird die neue 4K Ultra HD-Technologie kommen, denn die Bildqualität, nie da gewesener Schärfe und Farbbrillanz wird jedermann überzeugen.

Winradio

Winradio, unter diesem Begriff, muss ich ehrlich zugeben, wusste ich bisher nicht viel. Nach einer intensiven Diskussion hat mich das Thema gepackt. So entschloss ich mich zu recherchieren, zuerst in den Fachbüchern anschliessend im Internet. Die Ausbeute war mager und nicht befriedigend. Nun - wo finde ich was? Dann kam mir die Idee, die Funk-amateur- Seiten zu besuchen. Und siehe, hier bin ich „fündig„ geworden!

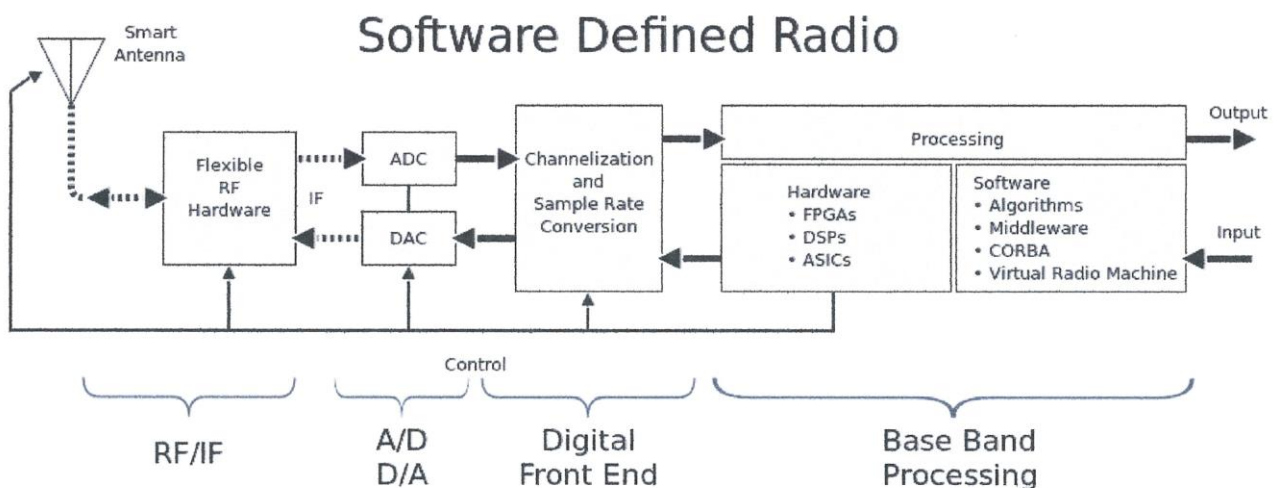
Wie sieht ein praktischer SDR - Empfänger aus?

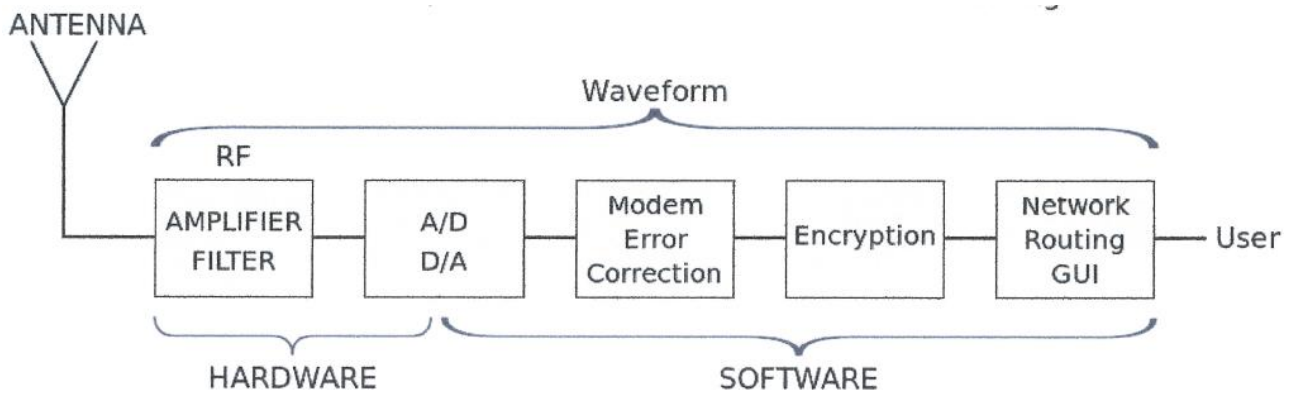
Im Jahr 2006 war die digitale Elektronik noch im Allgemeinen zu langsam, um die verwendeten Funksignale im Bereich vom 1 - 2GHz direkt in ausreichender Auflösung zu digitalisieren. Die Daten müssen nach dem Nyquist-Theorem mit mindestens der doppelten Grenzfrequenz abgetastet werden, um das Signal fehlerfrei rekonstruieren zu können. Dieses Problem wird in der Praxis durch das Vorschalten eines analogen Mischers gelöst, welcher das Signal auf eine niedrige Zwischenfrequenz herunter mischt. Dieses Konzept wird auch als Heterodynverfahren bezeichnet.

Kurz gesagt.....

Der einfachste und ideale SDR - Empfänger würde aus einem A/D - Umsetzer mit Antenne bestehen. Die ausgelesenen Daten würden dann direkt nach der A/D - Wandlung von einem digitalen Rechner verarbeitet.

Blockschaltbilder zweier SDR - Realisierungen





Quelle : Wikipedia.de

Der grosse **Vorteil** von Software Defined Radios besteht in der Flexibilität und den niedrigen Kosten bei der Erweiterung auf neue oder geänderte Übertragungsstandards durch Software-Upgrades.

Eine Weiterentwicklung des Winradios : **Model G - 3**

Dieses Modell verbindet modernste Empfangstechnologie mit den Möglichkeiten eines PCs. Das einzigartige Empfangskonzept setzt Massstäbe im privaten und professionellen Monitoring. Die perfekte Synthese von Hard- und Software führt zu einer klaren Softwareoberfläche mit konsistentem Bedienkonzept. Das Konzept des Software-Defined-Receiver (SDR) ermöglicht dabei vielfältige und stets anpassbare Einsatzmöglichkeiten, wie zum Beispiel visuelle Feldstärke-Überwachung, nahtlose Datenbankanbindung, direkte Integration von Signal-Decodern oder die IP-gestützte Fernbedienbarkeit. Die **Winradio G-3**-Serie ist drm-fähig und ermöglicht einen idealen Einstieg in den Empfang der digitalen Lang-, Mittel- und Kurzwelle.

Soweit die Informationen des Herstellers !

Einige Technische Daten von G -303

Empfängertyp:	Doppelsuperheterodyner Empfänger mit DDS-Synthesizer sowie softwaregesteuerter letzter ZF- und Demodulatorstufe
Frequenzbereich:	9 kHz 30 MHz
Abstimmgenauigkeit:	1Hz
Modulationsarten:	AM , AMN , AMS , LSB , USB , CW , FM3 , FM6 ,FMN
Spiegelfrequenzunterdrückung:	60 dB
Trennschärfe:	LSB , USB 2,5kHz usw.

Die beiliegende Schaltungsbeschreibung zeigt eine neue hochmoderne Technologie.

Es lohnt sich wirklich die technische Beschreibung des Empfängers zu studieren.

Quellen: www.winradio.com
www.funkamateurl.de

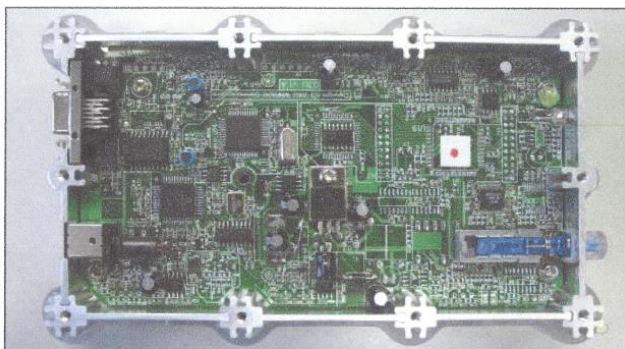
Testbericht : C. Seidenberg

Schatzkästlein – das brandneue Winradio G303e in der Praxis (1)

CLEMENS SEIDENBERG

Mit dem Winradio G303e steht erstmals ein softwaredefinierter Empfänger zur Verfügung, der extern betrieben und über USB angeschlossen wird. Zudem beinhaltet das Gerät in der PD-Version einen programmierbaren Demodulator, der Monitoring-Freaks wie auch Funkamateuren interessante Features bietet.

Seit der Einführung vor zwei Jahren gab es für die neue Baureihe der Winradio Kurzwellenempfänger (Empfangsspektrum: 9 kHz bis 30 MHz) breite Anerkennung und sogar Preise. Erstmals im kommerziellen Bereich wurde das Konzept eines „softwaredefinierten Radios“ konsequent umgesetzt. Zu Recht weist die mit G3 beginnende Typenbezeichnung die Geräte als Angehörige einer neuen Generation aus.



führung. Als unerwünschte Nebenwirkung muss man sich auf Fragen von neidischen Familienangehörigen nach dem neuen Kästchen und den weiteren Kabeln einrichten ...

Dabei ist es wirklich hübsch verpackt, denn das kleine Metallgehäuse ist noch von einer Kunststoffhülle umgeben, die Radio und Möbel gleichzeitig vor Gebrauchsspuren bewahrt. Eine blaue Leuchtdiode



Bild 3: Eher unscheinbar präsentiert sich die Front des neuen Winradios. Neugier lässt allerdings die Plastikhülle um das Metallkästchen aufkommen.

der vom Empfänger gelieferten Audio-daten, was die Leistung eines Software-Radios stark beeinträchtigen kann. Die manchmal hakelige Konfiguration der Soundkarte entfällt komplett und ein Kabel lässt sich einsparen. Zudem wird der Aufnahmezweig der Soundkarte für andere Nutzungen wieder frei.

Bild 1: Innenleben des WR-G303e



Bild 2: Rückseite mit Stromversorgungsbuchse, Antennen- und USB-Anschluss

Die hat jetzt mit einer externen Version des WR-G303 Verstärkung erhalten. Dabei handelt es sich wieder um eine Premiere, denn erstmals erfolgt die gesamte Kommunikation mit dem PC über die USB-Schnittstelle. Gute Gründe, dem jüngsten Spross in einem Praxistest Gelegenheit zum Nachweis seiner Fähigkeiten zu geben.

■ Frisch verbunden

Es ist ja nicht jedermanns Sache, den geliebten PC zu öffnen, um eine neue Steckkarte zu installieren. Sind die Hemmungen überwunden und ein freier PCI-Slot gefunden, machen einem oft Ressourcenkonflikte bei einem gut bestückten PC das Leben schwer. Ganz außen vor bleibt der Besitzer eines Laptops. Manch einer wird auch zweifeln – trotz aller Verbesserungen der Abschirmung – ob das Innere eines gigahertzgetakteten Rechners wirklich der richtige Platz für ein Radio ist.

Das Erfolgsmodell WR-G303 von Winradio, verpackt in ein separates Gehäuse, ist die Lösung der genannten Probleme – ein Weg, wie er auch schon mit dem WR-1500e beschritten wurde [3]. Allerdings ist das nicht ganz so unauffällig wie die interne Aus-

signalisiert durch Blinkzeichen den aktuellen Systemzustand. Wirkt zusammen schick und professionell. Ein junger Radiofreund würde das sicher als „cool“ bezeichnen.

Gesteuert wird jetzt erstmals über die USB-Schnittstelle. Praktisch – waren doch die seriellen Schnittstellen schon immer knapp oder fehlen, als vom Aussterben bedrohte Art, bei vielen Computern ganz. Eine ausreichende räumliche Trennung vom Störnebel des Rechners ist so leicht machbar. Anders als beim internen Schwestermodell erfolgt auch die Analog-Digital-Wandlung der Audiodaten im Gerät selbst. Die bereits digitalisierten Daten werden ebenfalls über die USB-Schnittstelle dem Rechner übermittelt.

Das hat mehrere Vorteile: Unabhängigkeit von der oft unzureichenden Qualität mancher Soundkarten bei der Digitalisierung

Auf den Einsatz unabhängiger Software-Radio-Programme, die Demodulationsaufgaben erfüllen – etwa den Open-Source-DRM-Decoder „DReAM“ [4] – muss man zumindest in der Grundausstattung leider verzichten. Diese erwarten eine 12-kHz-Zwischenfrequenz (IF) am Soundkarten-Eingang. Mit den Datenhappen an der USB-Schnittstelle können sie nichts anfangen – zur Alternative weiter unten. Überraschenderweise „fr“ das Programm immer mal wieder kurzfristig für ein paar Sekunden ein, obwohl es nur eine geringe Prozessorbelastung anzeigte. Bei Winradio hat man auf eine entsprechende Anfrage vorbildlich sofort reagiert und ein Software-Update geschickt (V. 1.53). Weiter wurde uns versichert, dass das ältere und langsamere USB-Protokoll 1.1 ausreichend sei und USB 2.0 nicht erforderlich ist.

Nur optional ist ein Adapter für die serielle Schnittstelle erhältlich, bei dem die 12-kHz-ZF analog in einem Extrakabel für den Eingang der Soundkarte herausgeführt wird und so den Einsatz unabhängiger Software erlaubt. Dieses Kabel lag uns bei dem Testgerät jedoch noch nicht vor. Es ist sicherlich eine Überlegung wert, wenn schon eine gute und kalibrierte Soundkarte im Rechner steckt.

von Winradio bemerkbar. Die Programmoberfläche ist nicht – wie sonst öfter – überladen und unübersichtlich, sondern ergonomisch gestaltet. Sie unterscheidet sich im Übrigen, bis auf kleine Verbesserungen, nicht von der des WR-G303i [5]. Unter den vielen Möglichkeiten zur Frequenzabstimmung und Schrittweiteingabe wird jeder die Methode seiner Wahl finden. Außergewöhnlich ist ein *Tuning*

Das wirklich neue der dritten Winradio-Generation liegt aber nicht in der bekannten funktionsgerechten Ausstattung der Steuersoftware bei ansprechendem Design, sondern in ihrer Ausführung als Software-Radio. Erst die damit gewonnene Anpassungsfähigkeit, eingebettet in das bestehende Softwarekonzept, schafft neue Perspektiven der Empfängernutzung.



Bild 4: Programmoberfläche mit geöffneter Band-Scope-Anzeige

■ **Rechenaufgaben**

Die Idee des so genannten Software-Radios ist es – grob ausgedrückt –, Funktionen, die üblicherweise in der Schaltung des Empfängers mittels konkreter elektronischer Bauteile realisiert sind, von einem Computerprogramm ausführen zu lassen. Die Idee ist nicht ganz neu, aber gut [6], [7]. Idealerweise übernimmt die Software die Signalverarbeitung so nah wie möglich am Antenneneingang: Praktisch realisierbar ist das jedoch erst ab einer ZF, die von den üblichen Soundkarten verarbeitet werden kann.

So auch der WR-G303e: In der Schaltung realisiert sind die HF-Stufen, die über eine erste ZF von 45 MHz auf die schon erwähnte ZF von 12 kHz umsetzen, deren Filterung und abschließende Demodulation mit Rückgewinnung des Tonsignals dann dem Rechner obliegt. Bild 5 vermittelt einen Überblick über die Aufteilung der Signalverarbeitung zwischen Winradio und PC. Erreicht wird eine große Flexibilität: Neue Betriebsarten oder Filter sind nur ein Software-Update entfernt. Flexibel gestaltet ist auch das Kundenangebot; wie sein Schwestermodell ist das Winradio mit zwei Softwarevarianten erhältlich. Der *Standard Demodulator* verfügt über alle gängigen Betriebsarten jeweils mit fest zugeordneten Bandbreiten und eine Echtzeit-Spektrogramm-Darstellung, die die aktuelle Situation im empfangenen Band darstellt. Die Größe des gezeigten Bandausschnitts beträgt prinzipbedingt 22 kHz. Benachbarte Sender kann man sehen und den Emp-

Noch nicht abgekommen ist man von der für einen Kurzwellenempfänger ungewöhnlichen SMA-Antennenbuchse; ein Adapter auf BNC gehört aber zum Lieferumfang. Alles anschließen und die Software mit Treiber installieren dauert – und das kann man wörtlich nehmen – nur eine Minute.

■ **Gar nicht oberflächlich**

Keine Knöpfe zum Drehen, keine Zeiger oder Skalen zum Anschauen – der Kontakt läuft nur über den Computer. Die optimale Gestaltung der Software ist für die reibungslose Funktion der Schnittstelle Mensch–Radio entscheidend. Diesbezüglich macht sich sofort die große Erfahrung

Pad genannter Bereich. Wird der in diesem Bereich platzierte Mauszeiger „gezogen“, ist eine Frequenzabstimmung mit fließenden Übergängen zwischen kleinen und großen Schritten möglich. Dem PC-Empfänger in die Wiege gelegt sind die praktisch unerschöpflichen Möglichkeiten zur Frequenzspeicherung und -verwaltung. Der WR-G303e ist hier vorbildlich, wie auch bei seinen Scan-Funktionen, die man perfekt konfigurieren und den eigenen Wünschen anpassen kann. Mit vierzig Kanälen pro Sekunde hält sich die Scan-Geschwindigkeit im Rahmen. Eine Band-Spektrum-Anzeige ermöglicht einen raschen Überblick über die Belegung eines beliebigen Frequenzabschnitts.

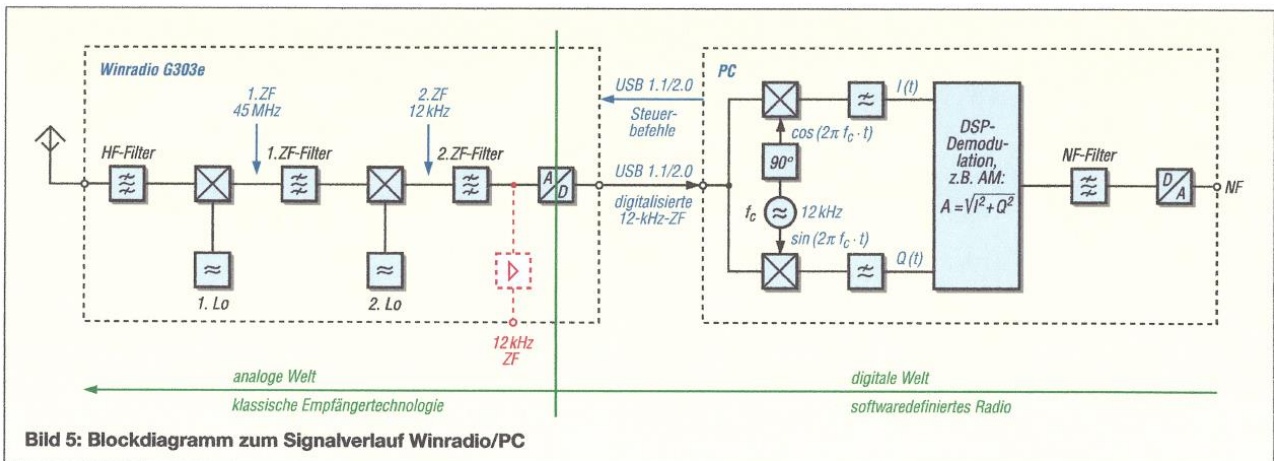


Bild 5: Blockdiagramm zum Signalverlauf Winradio/PC

Schatzkästlein – das brandneue Winradio G303e in der Praxis (2)

CLEMENS SEIDENBERG

Nach dem Beschreiben einiger grundsätzlicher Eigenschaften in der vorigen Ausgabe befasst sich diese abschließende Folge mit den Empfangseigenschaften des G303e und vermittelt ein wenig Theorie.

In der aktuellen Daseinsform des softwaredefinierten Radios SDR folgt die Aufbereitung der HF noch den üblichen Schaltungsentwürfen der Sender- und Empfängertechnik. Erst ab einer letzten Zwischenfrequenz übernimmt die Software das Signal zu dessen Filterung und Demodulation. Vor seiner digitalen Verarbeitung bedarf das analoge, zeitkontinuierliche Signal einer Zerlegung in einzelne zeitdiskrete Datenhäppchen.

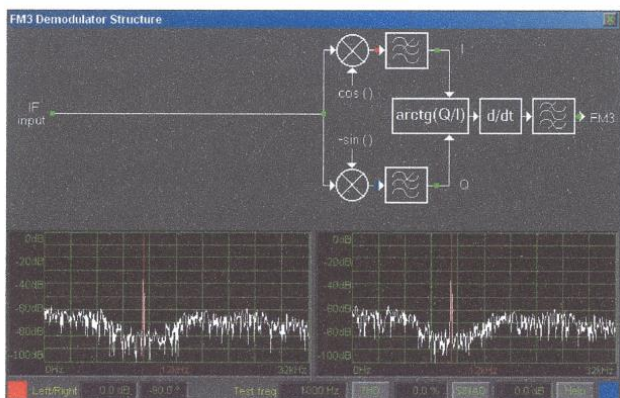


Bild 8: Professional Demodulator mit Echtzeit-Spektrogrammen; gemessen werden exakt 90° Phasendifferenz zwischen I- und Q-Signal.

Wie sicher weithin bekannt, muss die Abtastfrequenz der Analog-Digital-Umsetzer gemäß Nyquist-Theorem wenigstens das Doppelte der höchsten im Spektrum des Eingangssignals auftretenden Frequenz annehmen, um eine unverfälschte digitale Repräsentation zu garantieren.

Beginnt idealtypisch das SDR hinter dem Antenneneingang, so wäre für den KW-Bereich eine Abtastfrequenz von 60 MHz bzw. für das 2-m-Band von knapp 300 MHz erforderlich. Solche Analog-Digital-Umsetzer gibt es zwar, die Auflösung bezahlbarer Chips ist jedoch häufig zu niedrig. So ergeben 8 Bit Auflösung (256 Stufen) einen bescheidenen Dynamikumfang von 48 dB, was nicht ausreichend ist für die lineare Abbildung realer Funksignale.

In jeder PC-Soundkarte steckt aber schon mindestens ein Analog-Digital-Umsetzer mit einer Auflösung von mindestens 16 Bit (96 dB); die gängige maximale Abtastfrequenz ist jedoch (nur) 48 kHz. So hat sich in vielen SDR-Programmen eine soundkartenverträgliche ZF von 12 kHz eingebürgert. Erst nach deren Digitalisierung wird das Radio zum Software-Radio, das

als Quadraturdemodulator arbeitet (siehe Kasten auf der nächsten Seite).

Der PD bietet die bisher einzigartige Möglichkeit einen Blick unter die Motorhaube zu werfen, um dem Software-Quadraturdemodulator quasi bei der Arbeit zuzusehen. Ein Klick auf den Knopf *Demodulator Structure* öffnet ein interaktives Schaubild, das den Signalverlauf des aktuellen Demodulators grafisch als Blockdiagramm darstellt.

Bild 9: DigiTRX mit dem G303e
Screenshots: Autor



Darunter findet sich eine komplette Sammlung virtueller Messinstrumente, unter ihnen zwei Echtzeitspektrometer. Genau wie man mit dem Tastkopf eines Oszilloskops Messungen an verschiedenen Stellen einer realen Schaltung vornehmen kann, lassen sich die beiden Spektrometer durch einen Links- oder Rechtsklick mit einem beliebigen Punkt des Blockdiagramms „verbinden“.

In Echtzeit kann man die Veränderungen des Spektrums (das Signal in seiner frequenzabhängigen Darstellung) nach jedem Verarbeitungsschritt – nach Filterung, Mischung und Demodulation – studieren und

das ganz ohne zu schrauben. Ein Vektorvoltmeter bestimmt die Amplituden- und Phasendifferenz zwischen den beiden gewählten Punkten.

Wie theoretisch erwartet, lässt sich die Phasendifferenz zwischen I- und Q-Komponente zu Werten um 90° bestimmen, vgl. Bild 8. Vervollständigt werden die Experimentiermöglichkeiten durch ein Instrument zur SINAD¹- und THD²-Anzeige. Gemessen werden dabei die entsprechenden Werte des Gesamtsystems Empfänger-PC-Soundkarte. Dies erfordert allerdings die Zuführung eines mit 1 kHz modulierten Trägers.

■ Gehört und gemessen

Warum nicht einmal wieder das weltweite und grenzenlose Medium Kurzwellen-Rundfunk als Informationsquelle aus erster Hand nutzen und hören...? Hier überzeugt der Software-Demodulator einfach mit einem guten Klang, auch im Vergleich mit anderen Software-Radios, etwa dem ebenfalls nicht schlechten DReaM AM-Demodulator [4].

Die USB-Version steht dem internen PCI-Empfänger nicht nach. Das gilt für alle Betriebsarten, besonders auch für ISB und DSB mit souveränem, von Trägerschwan-

kungen unabhängigerem, Klang. Hier gilt es aber die Frequenzabweichung des Empfängers zu beachten und zu korrigieren, sonst entstehen lästige brummige Differenzöne.

Mein Exemplar zeigte bei 6 MHz eine Abweichung von 24 Hz und bei 21 MHz Empfangsfrequenz von 135 Hz, entsprechend ist die nominelle Frequenz nach oben zu berichtigen – beim AM-Empfang spielt das freilich keine Rolle.

¹ Signal to Noise and Distortion, Rausch-/Verzerrungsabstand des Signals

² Total Harmonic Distortion, Klirrfaktor

fänger sofort auf diese Frequenz „ziehen“, um sie auch zu hören, vgl. Bild 4.

■ Professional Demodulator

Will man sich mit dem Prinzip des softwaredefinierten Radios (SDR) näher beschäftigen, bietet sich der optional erhältliche *Professional Demodulator* (PD) an. Nicht in die Irre führen sollte dabei das Adjektiv *professional*. Es bezieht sich keineswegs auf etwaige exotische, nur im kommerziellen Bereich nutzbare Fähigkeiten. Im Gegenteil: Er bietet mit reichhaltigen Einstellmöglichkeiten und interaktiven Diagrammen gerade für den Amateur- und Hobbybereich vielfältige Möglichkeiten zum Experimentieren. Aber natürlich hört sich marketingtechnisch *Profi-Demodulator* besser als *Hobby-Demodulator* an. Mit seiner inneren Struktur, die als gut 1,4 MB großes Stück Software auf der Festplatte landet, wollen wir uns noch etwas näher beschäftigen.



Bild 6:
Der Professional Demodulator und seine Einstellmöglichkeiten

Fotos: Autor (2),
Red. FA (1);
Screenshots: Autor

Nach Aktivierung des PD im Hauptfenster passiert noch wenig Spektakuläres, lediglich zwei neue Knöpfe verweisen auf die zusätzlich verfügbaren Modulationsarten ISB und DSB. Sie sind interessant für den Rundfunkhörer, der damit AM-Sender unter bestimmten Bedingungen mit weniger Fading genießen kann. Im Kontrast zu anderen Software-Radios ist hier der Klang durchaus angenehm.

Ein Klick auf *Setup* gibt dann den Blick auf sämtliche Demodulator-Einstellungen frei, während das Betätigen von *View Demodulator Structure* eine interaktive grafische Darstellung der Signalverarbeitung im Demodulator – jeweils individuell für die elf unterschiedlichen Betriebsarten – zeigt. Für jede dieser Betriebsarten sind die Filterparameter separat einstellbar. Bei den ZF-(IF)Filtern ist eine kontinuierliche Wahl der Bandbreite zwischen 1 und 15 kHz möglich.

Zehn Voreinstellungen lassen sich abspeichern und sind auf „Knopfdruck“ abruf-

bar. Durch die optimale Anpassung des Filters an das Empfangssignal ist eine Steigerung der Empfänger-Sensivität um einige Dezibel möglich. Die digitalen Filter sind vom *FIR*-Typ. Andere Filter-Algorithmen sind nicht vorhanden, aber die so genannte *Länge* der Filter ist wählbar. Länge bezieht sich auf die Anzahl der internen Rechenschritte.

Die Filtereinstellungen können auch für das auf die Demodulationsstufe folgende Audiofilter und ein für die SSB-Verarbeitung notwendiges Hilbert-Filter getrennt festgelegt werden. Die DSP-Filter des *FIR*-Typs arbeiten in der zeitabhängigen Darstellung des ZF-Signals. Andere Software-Radio-Konzepte nehmen dagegen die Filterung erst nach der Umwandlung des Signals in seine spektrale frequenzabhängige Darstellung mittels Fourier-Transformation vor, was eine sehr flexible Handhabung erlaubt [8].

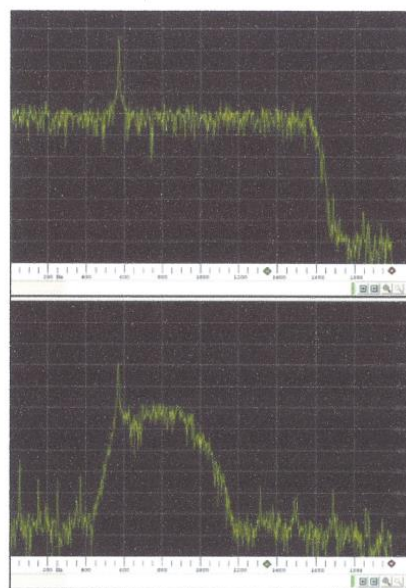


Bild 7: Unterschiedliche Flankensteilheit eines 800-Hz-Filter bei voreingestellter (oben) und maximaler Filterlänge (unten)

schnell, mittel und langsam ist das Ansprechverhalten durch Einstellung der Reaktions- und Abklingzeiten weitgehend zu beeinflussen und optimal an die unterschiedlichen Erfordernisse der einzelnen Betriebsarten anzupassen.

Bei aller Freude über diese neuen Möglichkeiten sollte man im Hinterkopf behalten, dass es sich um eine Software-AGC handelt. Dadurch vergeht immer etwas Rechenzeit zwischen der Veränderung der Signalstärke am Antenneneingang und der Reaktion des Programms darauf. Im ungünstigsten Fall „schaukelt“ sich das System auf und kann ein Übersteuern nicht vermeiden.

Aus diesem Grund ist auch weiterhin eine „echte“, zuschaltbare AGC in der Empfängerschaltung vorhanden.

(wird fortgesetzt)

Literatur

- [1] SSB-Electronic GmbH (Winradio Vertrieb in Deutschland): Winradio Kurzwellen-Empfänger WR-G303. www.ssb-amateur.de/amateur/products/winradio/g3.html; www.winradio.de
- [2] WiNRADiO Communications: Winradio WR-G303e Receiver. www.winradio.com/home/g303e.htm
- [3] Roth, W., DL2MCD: Kommunikationsempfänger in Modem-Größe: Winradio WR-1500e. *FUNK-AMATEUR* 48 (1999) H. 6, S. 630–633
- [4] Open Source Technology Group: Das Open-Source Software-Radio DRaM. <http://sourceforge.net/projects/dram/>
- [5] Seidenberg, C.: Testbericht Winradio G 303i. *Radio-Scanner* 8 (2003) H. 2, S. 22–24
- [6] Meyer, M., HB9BGV: SDR-1000. *FUNKAMATEUR* 53 (2004) H. 5, S. 454 – 457; H. 6, S. 560–561
- [7] Seidenberg, C.: Software-Radios. *Radio-Scanner* 9 (2004) H. 2, S. 57–59
- [8] Bücher, W., DL4YHF: Spectrum Lab. www.qsl.net/dl4yhf/spectra1.html

Erläuterungen zum Quadratursignal

Ein komplex modulierter harmonischer Träger beinhaltet seine Information sowohl in der augenblicklichen Amplitude als auch der Phasenlage. Zu seiner umfassenden Beschreibung sind folglich immer zwei Parameter erforderlich. In der Darstellung als Quadratur- oder komplexes Signal spiegelt sich diese Zweidimensionalität wieder und erlaubt ihre simultane Verarbeitung im (De-)Modulationsprozess.

Ein komplexes Signal lässt sich also nicht auf eine einfache (zeitabhängige) Variable abbilden. Diese kann sich nur in einer eindimensionalen Weise entlang des Zahlenstrahls bewegen. Bei Erweiterung auf eine Ebene (komplexe Ebene) ist die notwendige Zweidimensionalität hergestellt. Der Signalverlauf kann jetzt als ein sich in der Ebene bewegender Punkt bzw. als Zeiger interpretiert werden. Ein Wertepaar beschreibt die Koordinaten seiner Position.

Für die Darstellung der Koordinaten gibt es unterschiedliche mathematische Darstellungsweisen, die sich jedoch untereinander umrechnen lassen. Man darf dann die für den jeweiligen Zweck günstigste benutzen. Das ist ein mathematischer Trick, ähnlich wie die komplexe Wechselstromrechnung das Vermeiden von schwierigen Differenzialgleichungen erlaubt. Die beiden Achsen des Koordinatensystems werden beim Quadratursignal mit I (In-Phase) und Q (Quadratur) bezeichnet. In der komplexen Ebene (zur geometrischen Darstellung komplexer Zahlen) werden sie Real- und Imaginärteil genannt. I(t) und Q(t) bestimmen also eindeutig die Lage des Zeigers s(t) in der Ebene und bilden damit zusammen das komplex modulierte Quadratursignal:

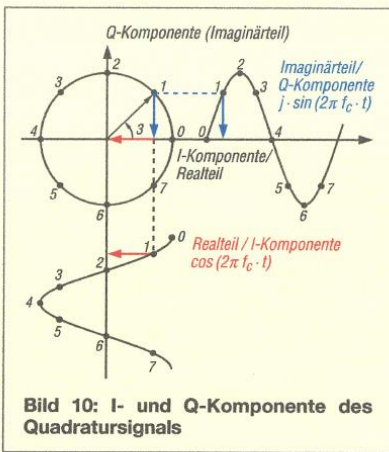


Bild 10: I- und Q-Komponente des Quadratursignals

Die vor den Sinusausdruck getretene imaginäre Einheit j braucht nicht zu irritieren. Bei der Multiplikation in der komplexen Ebene entspricht sie einer Drehung gegen den Uhrzeigersinn um 90°. Genau das verdeutlicht auch die Skizze. Das sinusförmige Signal wird senkrecht – in Quadratur – auf das Cosinus-Signal gestellt.

Die Amplitude A_t und Phase φ_t des komplex modulierten Signals lassen sich dann wie folgt berechnen [6]:

Nach Pythagoras ergibt sich die momentane Amplitude zu

$$A(t) = \sqrt{I^2(t) + Q^2(t)} \quad (1)$$

und die Phase zu

$$\varphi(t) = \arctan\left(\frac{Q(t)}{I(t)}\right) \quad (2)$$

Das lässt sich aus der geometrischen Darstellung direkt erkennen:

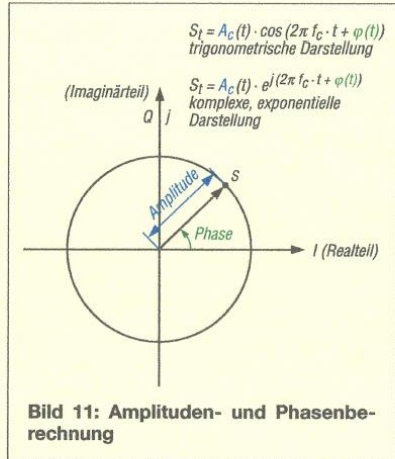


Bild 11: Amplituden- und Phasenberechnung

Um den Zauber des Quadratursignals zu nutzen, gilt es demnach, das komplex modulierte Signal in seine I- und Q-Komponenten zu zerlegen bzw. für den Sendebetrieb zu erzeugen. Das erledigt der Quadraturmischer. Nimmt man weitere Verarbeitungsschritte hinzu, ist auch von Quadratur-Sampling bzw. Quadratur-(De-)Modulation die Rede.

Hierbei wird der komplex modulierte Träger durch Leistungsteilung in zwei Kanäle aufgeteilt. Beide Kanäle werden dann nach dem Prinzip des Direktmischers mit der Trägerfrequenz gemischt, der zweite Kanal jedoch mit einem in der Phasenlage um 90° versetzten Träger.

Das hört sich einfach an, ist aber in Hardware wegen der notwendigen exakten Phasen- und Amplitudenbalance schwer zu realisieren. Digitale Verfahren erlauben jedoch eine präzise Kontrolle der beiden Parameter, so sind Quadratur-Signale das „wichtigste Funktionselement in der digitalen Signalverarbeitung“ geworden [9].

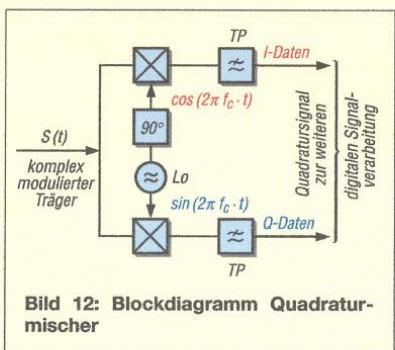


Bild 12: Blockdiagramm Quadraturmischer

Nach einem Tiefpass zum Ausfiltern der unerwünschten Mischprodukte stehen die I- und Q-Komponenten einzeln zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung. So ist eine „rechnerische“ Demodulation bei AM und FM durch die angegebenen Formeln (1), (2) direkt möglich.

Das funktioniert für zeitkontinuierliche, analoge Signale genauso wie für zeitdiskrete, digitalisierte Samples. Die Quadraturmischung ist, so wie im Winradio G303e realisiert, als reine Softwarelösung mit bereits digitalisierter ZF möglich. Man hat damit aber auf die Möglichkeit verzichtet, mit getrennter Digitalisierung des I- und Q-Kanals eine Verdopplung der Bandbreite zu erzielen [6].

Der weitere wesentliche Effekt der Quadraturmischung besteht darin, dass das Eingangssignal, dessen Mittenfrequenz die Trägerfrequenz bestimmt, auf 0 Hz „heruntergemischt“ wurde. Dabei vereinfacht das Vorliegen der getrennten I- und Q-Werte eine Auswahl des gewünschten Seitenbandes oder die Unterdrückung störender Mischprodukte ebenfalls: Betrachtet man den modulierten Träger nicht in der zeitabhängigen Darstellung, wie bei einem Oszillografen, sondern in seiner frequenzabhängigen, spektralen Form, zeigt sich seine Zweidimensionalität in der Anwesenheit von „negativen“ spektralen Frequenzanteilen. Bei der Mischung (Multiplikation) entstehen Summen- und Differenzfrequenzen, wie es die Rechenregeln für trigonometrischen Funktionen fordern.

Darunter finden sich unerwünschte Spiegelfrequenzen, die sich nicht mit einem Tiefpass eliminieren lassen und zu einer Verfälschung der im gewünschten Seitenband enthaltenen Informationen führen. Quadratursignale erlauben die Auflösung dieser Zweideutigkeit und die Entfernung der unerwünschten Spiegelfrequenzen auf analytische Weise, sodass nur das gewünschte Seitenband übrig bleibt [13].

Theoretisch, bei perfekter Amplituden- und Phasenbalance, ist die Seitenbandunterdrückung sogar unendlich groß; vom G303e werden 60 dB erreicht. Die entsprechenden Rechenvorgänge lassen sich am besten in der komplex exponentiellen Schreibweise der Signale nachvollziehen, s.a. Bild 10.

Erschlossen wurde diese Möglichkeit bereits vor 250 Jahren durch den Mathematiker Leonard Euler (1707–1783), der die Beziehung zwischen den trigonometrischen Funktionen, die üblicherweise zur Beschreibung periodischer Signale benutzt werden, und einer Exponentialfunktion (mit komplexen Exponent) herstellte.

Euler war ein großer Experimentator, so fand er die nach ihm benannte Identität, die heute zentrale Bedeutung für die digitale Signalverarbeitung hat:

$$e^{jx} = \cos(x) + j \cdot \sin(x) \quad (3)$$

Für den Winkel von 180° verkürzt sich diese sogar auf

$$e^{j\pi} + 1 = 0 \quad (4)$$

was vielen gar als schönste aller Formeln gilt.

Hier schließt sich der Kreis; man sieht, die Beschäftigung mit Quadratursignalen hat viele lohnende Aspekte und eine 250-jährige Tradition.

Was als rein theoretisches Konzept begann, von vielen Fachleuten gar als abwegige mathematische Spielerei abgetan, entpuppte sich so als überaus nützlich für die Beschreibung und Berechnung ganz konkreter physikalischer Vorgänge in der Natur. Die Erkenntnis ging hier der Beobachtung voraus. Schön, dass der moderne Funkamateure daran heute praktisch und theoretisch teilhaben kann.

Empfängertest an einer Windom-Antenne

Am Teststandort kam eine Windom-Antenne ohne weitere Selektionsmaßnahmen zum Einsatz – für jeden Empfänger eine echte Herausforderung. Das besonders problematische 40-m-Band präsentiert sich damit am Tag aufgeräumt und sauber. In der Dämmerungsphase aber zeigt sich der Empfänger leicht überfordert: Über das gesamte Band bleibt im Hintergrund ein gleichmäßiges Intermodulationspfeifen, der Empfang selbst klingt verwaschen, unscharf. Das zugeschaltete Dämpfungsglied hilft durch seine Entlastung etwas, aber nur begrenzt. Der Professional Demodulator kitzelt wenige, in diesem Fall hilfreiche Dezibel heraus. Allerdings gibt es bei meinem 2-GHz-PC trotz vorsichtiger Einstellung bisweilen Aussetzer in der Wiedergabe. Offenbar kommt die FPU des Prozessors nicht ganz mit. Im Vergleich zu einem kommerziellen Empfänger der 50000-€-Klasse mit Hochstrommischer und mechanischen Filtern in der 2. ZF hält der G303 freilich nicht ganz mit, wenn er auch schon nahe dran ist: Auf 729 kHz MW liegt bei mir in nicht einmal 2 km Entfernung ein Sender des BR mit 200 W Leistung (S9+40 dB). Gerade 18 kHz tiefer kommt mit 5 kW Leistung der SWF-Sender Heilbronn, dafür aus 230 km Entfernung (S7). Ein Radio der 50-€-Klasse schweigt auf 711 kHz, der 250 € teurere Weltempfänger lässt dank seiner Ferritantenne immerhin erahnen, dass da etwas sein könnte. Der kommerzielle Empfänger liefert geschätzte 15 dB Störabstand und damit schon erträglichen Empfang. Beim G303 liegt der Störabstand je nach Programm in der Nachbarschaft bei nur noch 9...12 dB. Das ist recht gut unter diesen Umständen, aber man muss sehr genau hinhören, um dem Programm folgen zu können und darf sich von den durchschlagenden Rhythmen nicht ablenken lassen. Die Empfangseigenschaften des G303 sind also alles in allem kein Wunder, aber dennoch sehr solide. Das Preis-Leistungs-Verhältnis ist meiner Meinung nach sehr günstig.

Ulrich Flechtner

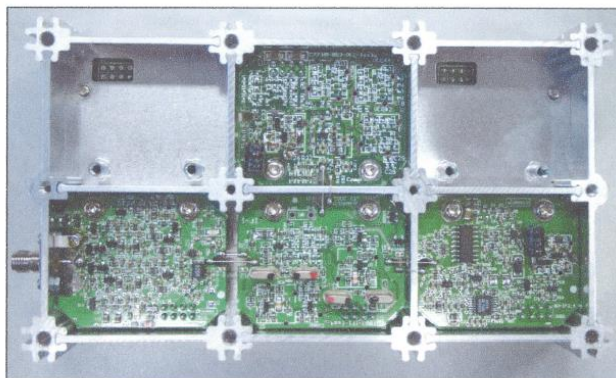
Im oft hektischen bis chaotischen Lärmteppich der Lang-, Mittel- und Kurzwellen sollte ein guter Empfänger möglichst ruhig bleiben und das Durcheinander nicht noch durch selbst erzeugte Intermodulationsprodukte, Pfeifstellen usw. vergrößern. Ob er das schafft, ist einfach zu überprüfen. Nachdem der Antenneneingang mit einer passenden Impedanz „verschlossen“ wurde, lässt man das gesamte Empfangsspektrum mittels Scanfunktion absuchen. Was macht der G303e? Er bleibt gelassen und entspannt – nur ein einziges unerwünschtes Signal bei 10 025 kHz mit einem Pegel von 0,6 μ V. Für einen ungestörten Empfang ist das weitaus wichtiger als eine nominell hohe Empfindlichkeit. Über einen weiteren praktischen Test zur Großsignalfestigkeit, den freundlicherweise Herr U. Flechtner durchführte, gibt obiger Kasten Auskunft. Winternächte sind die ideale Zeit, um sich im Mittelwellenbereich ein wenig umzuhö-

ren. In diesem Frequenzbereich kann sich der G303e bei der NDB-Senderjagd bewähren. NDBs sind ungerichtete Funkbaken, die im Bereich von 200 bis 500 kHz der Luftfahrzeug-Navigation dienen.

Die gute Empfindlichkeit bei unaufgeregtem Empfang und die exakt wählbare Filterbandbreite erlauben es, die Funkfeuer aus dem Ton- und Geräuschteppich präzise zu extrahieren und mittels ihrer Morsekennung zu identifizieren und das in einer Zahl, die kaum mit einem anderen Gerät erreichbar ist. Das funktioniert allerdings nur, wenn man die Selektivität der Filter durch Maximierung der Filterlänge verbessern kann. Bild 8 auf S. 343 verdeutlicht, dass der G303e auch zum Empfang aktueller digitaler Betriebsarten, wie RDFT [12] (Bildübertragung) genutzt wird, gut geeignet ist.

Bild 13:
Ansicht des G-303e
von unten;
die HF-Baugruppen
befinden sich
voneinander
abgeschirmt in
verschiedenen
Kammern des
Druckguss-
gehäuses.

Foto: DK3RED



Für die neue Entwicklung im Rundfunk, sprich das digitale Modulationsverfahren DRM, ist man ebenfalls bestens gerüstet. Mit geringem Phasenrauschen konnte hier bereits die PCI-Ausführung überzeugen. Bei fehlendem analogen ZF-Ausgang (s. erste Folge) der USB-Version ist man aber auf das kostenpflichtige Software-Plug-in des DRM-Konsortiums [10] angewiesen. Alternative freie Decoder sind nicht einsetzbar. Apropos freie Software: Im Gegensatz zu anderen Winradio-Baureihen gibt es für die G3-Generation (noch) keine Unterstützung aus dem Linux-Lager [11]. Wunschlos glücklich? Fehlt denn überhaupt nichts? Doch – ich würde gerne die Demodulationsfrequenz des Software-Radios und die oberen und unteren Grenzfrequenzen der Filter verschieben können – als Passband-Tuning – und wie wäre es mit einer klitzekleinen Buchse für die 12-kHz-ZF zusätzlich zu der proprietären *USB-Zwischenfrequenz-Serielle-Schnittstelle-Superbuchse*? Ferner hätte ich mir gewünscht, den Speicherkanälen auch längere als elfstellige Namen vergeben zu können.

■ Fazit

Die Markteinführung der dritten Generation von PC-Empfängern mit dem G303i vor

zwei Jahren war erfolgreich. Die Ausführung als softwaredefiniertes Radio brachte ein bisher nicht erreichtes Maß an Flexibilität und Einsatzmöglichkeiten, kombiniert mit einer bekannt benutzerfreundlichen Steuersoftware. Wer keine auf PCI-Steckkarten basierende Lösung einsetzen konnte oder wollte, kann jetzt mit der externen USB-Version den Einstieg in diese zukunftsstrahlende Empfängertechnologie nachholen.

Man erhält dabei einen Kurzwellen-Empfänger mit sehr guter Empfindlichkeit und Großsignalfestigkeit. Mit dem lässt sich hervorragend einfach mal nur „Radio hören“ und auf Senderjagd gehen.

In Kombination mit dem Professional Decoder ergibt sich ein leistungsfähiges System, das für das Funkhobby und für semi-

professionelle Anwender neue Möglichkeiten eröffnet. Ein zusätzlicher Vorteil der USB-Version ist die Unabhängigkeit von der Qualität der vorhandenen Soundkarte, da die Digitalisierung bereits im Radio erfolgt. Auf den Einsatz unabhängiger Software muss man dann aber verzichten können.

Verglichen mit Empfängern ähnlicher Güte ist die von SSB-Electronic (www.ssb-ama-teur.de) selbst als „low cost“ gegebene Preiseinstufung nachzuvollziehen (UVP ab 895 €). Um allerdings alle Möglichkeiten uneingeschränkt nutzen zu können, ist ein leistungsfähiges Computersystem der Gigahertz-Klasse Voraussetzung. Steht das zur Verfügung, ist man startbereit für den Sprung in die neue Generation des Radioempfangs.

Literatur

- [1]...[8] siehe vorige Ausgabe
- [9] Buhe, G., DL9GF: Grundlagen der Quadratur-signalverarbeitung. www.darc.de/distrikte/zlvus/Vortrag/Vortrag_2_Web/Darmstadt2003_03.pdf
- [10] DRM-Konsortium: www.drmx.org
- [11] WinRADIO Communications: LinRADIO – PC Radio for Linux: www.linradio.com
- [12] Zurmely, R., PY4ZBZ: DigiTRX. <http://planeta.terra.com.br/lazer/py4zbz/hdsstv/teste1.html#digtrx>
- [13] Lyons, R.: Quadrature Signals: Complex, But Not Complicated. www.dspguru.com/info/tutor/quadsig2.htm

U S K A



Union Schweizerische Kurzwellen-Amateure

HB 9.....

Amateurfunk ,
was ist das eigentlich?

Ich glaube jeder Funkamateure würde etwas anders antworten, denn der Amateurfunk ist sehr vielseitig, hochinteressant und faszinierend
Das Zusammenspiel aus Technik, Kommunikation, Experimentieren in verschiedenen Bereichen hat auch im Zeitalter des Internets kaum ihren Reiz verloren. Viele haben über den Amateurfunk den Einstieg in die Berufswelt einen technischen Beruf gefunden oder ein naturwissenschaftliches Studium begonnen. Also ein **Sprungbrett** in die berufliche Zukunft.....

Was aber viele nicht wissen, leisten die lizenzierten Funkamateure für die Allgemeinheit enorm viel Soziales. Sie haben ein internes **Notfunk-Netz** aufgebaut, welches bei Naturkatastrophen wie Erdbeben, Hochwasser oder grosse Lawinenniedergänge und auch Ereignisse anderer Ursache, wie Terroranschläge eingesetzt werden. Die **Einsatzfähigkeit** wird durch ständige Einsatzübungen garantiert.

In dieser Zeit ist die **freiwillige Arbeit** und das technische „know how“ der Funkamateure sehr gefragt. Mit ihren meist unabhängigen und mobilen Funkgeräten können sie in kürzester Zeit eine **Notfall-Verbindung** über weite Strecken aufbauen und diese auch während längerer Zeit aufrechterhalten. Sie ermöglichen so den Behörden und Hilfsorganisationen, Informationen aus den abgeschnittenen Gebieten zu erhalten und die Hilfeleistung zu koordinieren.

Amateurfunk ist ein geeignetes Mittel, das Interesse an der Technik weckt und begeistert. Er hilft die technischen Zusammenhänge zu erkennen und den Einstieg in die Grundlagen der Elektronik zu finden. Viele haben davon profitiert und sind über diesen Weg später zu einer **Ingenieur-Ausbildung** gekommen.

Einige Aufgaben aus Lizenzprüfungen liegen bei und zeigen etwa den Schwierigkeitsgrad, der für einen **MME** keine Probleme bereiten sollte!

Wäre es nicht ein sinnvolles Hobby für einen MME?

Weitere Informationen findet ihr unter <http://www.uska.ch>

Interessante
Amateurseiten: <http://www.hb9thj.ch/link.htm> <http://www.elektronik-labor.de>
<http://www.b-kaika.de> <http://www.winrad.org>
<http://www.dj4uf.de/Lehrgang> <http://www.darc.de/distrikte/o/54/link>
<http://www.radio-portal.org> <http://www.agaf.de/ATV-RX.html>

Wellenausbreitung

Eigenschaften

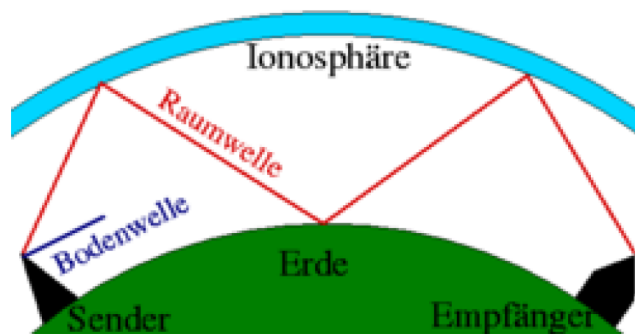
Funkwellen verhalten sich wie Licht, breiten sich geradlinig aus und im Prinzip durch den Horizont begrenzt. Sie können jedoch wie Licht reflektiert oder gebrochen werden. Dies erfolgt in der **D**-, **E**- und **F**-Schicht der Ionosphäre in 50 bis 400 km Höhe über der Erdoberfläche. Diese Schichten entstehen durch **solare Strahlung**. Diese **absorbieren** Funkwellen abhängig von Frequenz, Sonnenintensität, Jahres- und Tageszeit und beeinflussen damit die Ausbreitung.

Ausbreitungsbedingungen

Die Wellenausbreitung ist von der Tageszeit, der Frequenz, den Sonnenflecken, dem Standort der anderen Effekten abhängig. Bei der Ausbreitung der Kurzwellen 1-30 MHz unterscheidet man die Bodenwelle und die Raumwelle. Die Bodenwelle breitet sich entlang der Erdoberfläche aus. Ihre Reichweite nimmt mit zunehmender Frequenz deutlich ab.

Im Langwellenbereich werden zum Beispiel, Reichweiten von **1000-1500 km** erreicht. Im 80m Bereich ist die Reichweite wegen der ansteigenden Dämpfung nur noch bei **100 km** und im 10m-Band kommt man auf eine Reichweite von ca. **15 km**.

Die Überbrückung grösserer Entfernungen ist auf der Erde, also nur mit Raumwellen möglich, die an verschiedenen ionisierten Schichten in etwa **100 bis 400 km** Höhe reflektiert werden. Mit einem Sprung (Hop) sind Entfernungen bis zu **4000 km** möglich. Für noch weitere Distanzen sind mehrere Hops nötig. Der Bereich, in dem die Bodenwelle nicht mehr und die Raumwelle noch nicht empfangen werden kann, bezeichnet man als „**Tote Zone**“.



Quelle : wikipedia.org

Innerhalb der Ionosphäre existieren drei lokale Ionisationsmaxima, weswegen sie in drei Regionen unterteilt wird:

D - Schicht

E - Schicht

F - Schicht

Aufbau der Ionosphärenschichten

D-Schicht (Höhe 70-90 km)

Diese ist tagsüber bei starker Sonneneinstrahlung vorhanden und reflektiert hauptsächlich Lang- und Längswellen, kürzere Wellen werden gedämpft bis zur Absorption (Mögel-Dellinger-Effekt).

E-Schicht oder Kennelly-Heaviside-Schicht (Höhe 110-130 km)

Diese verschwindet in den Abendstunden und reflektiert hauptsächlich Mittel- und lange Kurzwellen bis etwa 5 MHz. Sie ist für die Reflexion der Wellen des 80m- und des 40m-Bandes verantwortlich und erlaubt Hops bis zu 2000 km.

Es-Sporadic-Schicht (Höhe ca. 110 km)

Eine Abweichung vom üblichen Zustand der E-Schicht ist die s.g. sporadische Es-Schicht. Bei dieser Erscheinung der Ionosphäre nimmt die Elektronendichte in einem schmalen Höhenbereich der E-Schicht bis zum 25 fachen Wert gegenüber der Normalzustand zu. Die Reichweite ist von einigen km bis zu mehreren 100 km. Die Es-Schicht tritt vor allem bei Tage und im Sommer auf. Dort können ionosphärische **Reflexionen** bis zum UKW-Bereich entstehen. Hier ist keine Prognose möglich, diese Wolken entstehen zufällig, sporadisch. Es ergeben sich aber dafür gute Überreichweiten-Verbindungen.

F-Schicht (Höhe 200-400 km)

Die F-Schicht ist ständig vorhanden, spaltet sich tagsüber in die F1- und F2-Schichten auf. Reflexionen an der F2-Schicht erlauben Hops von 3000 bis 4000 km. (Stärkste, ionisierte Schicht !!!)

F1-Schicht (Höhe ca. 200 km)

F1-Schicht ist tagsüber vorhanden, geht nachts mit F2-Schicht zusammen.

F2-Schicht (Höhe ca. 200-400 km)

Tag und Nacht vorhanden.

Merke!

Die oberen Schichten (D, E, F) der Erdatmosphäre werden durch die UV - Strahlen der Sonne ionisiert. Sie sind dadurch elektrisch leitend und reflektieren die Funkwellen. Das Reflexionsvermögen hängt nicht nur von der Tages -und Jahreszeit, sondern auch von der Sonnenflecktätigkeit und anderen Faktoren ab.

Ausbreitungsbedingungen (z.B.: KW-Bereich)

80m-Band

3,5 - 3,8 MHz am Tage Inlandverkehr bis ca. 400 km , nachts Europaband

40m-Band

7,0 - 7,2 MHz am Tage Europaverkehr, nachts ist, vor allem im Winter
Überseeverkehr möglich

15m-Band

21,0 - 21,45 MHz am Tage DX-Möglichkeiten, nachts ist das Band tot

10m-Band

28,0 - 29,7 MHz am Tage DX-Möglichkeiten. Nachts ist das Band tot. Durch sporadische Reflexionen (E-Schicht) können Distanzen von ca. 1000 km überbrückt werden.

Merke

Die Sonnenflecken­­tätigkeit tritt etwa alle 11 Jahre auf. In dieser Zeit wird die F-Schicht so stark ionisiert, dass im 15m- und 10m-Band Verbindungen mit kleinsten Sendeleistungen möglich sind. (Maximale Sonnentätigkeit !)

Während des Sonnenflecken-Minimums durchdringen Frequenzen oberhalb 20MHz die F-Schicht, so dass die Bänder meist tot sind.

Zusammenfassung

1. Bodenwelle und Reflexion

Die direkte Welle kann sich als stabile Bodenwelle jenseits des Horizonts ausbreiten. Bei Langwellenfrequenzen unter 300 kHz dominiert die Bodenwellenausbreitung bis 1000 - 1500 km. Für Mittel- und Kurzwelle reicht die Bodenwelle bis zu 400 km und die erste Reflexion trifft normalerweise in etwa 750 - 2000 km Abstand vom Sender auf den Boden. In der toten Zone zwischen Bodenwelle und erster Reflexion ist kein Empfang möglich. Die ionisierten Schichten nehmen unterschiedlich zu und ab. Im Sonnenlicht bildet sich die mittlere E-Schicht und reflektiert Mittel- und Kurzwelle, während die höhere F-Schicht höheren Frequenzen eine extreme Reichweite verleiht. Nach Sonnenuntergang löst sich die E-Schicht auf, nachts sinkt die F-Schicht ab und reflektiert tiefere Frequenzen. Die untere D-Schicht absorbiert tiefe Frequenzen und begrenzt Lang- und Mittelwellen auf die Bodenwelle.

2. Jahreszeit und Sonne

Die Dicke der ionisierten Schichten ändert sich mit der Tageslänge. Hochfrequente KW-Sender werden deshalb im Winter weniger von der oberen F-Schicht reflektiert und Mittelwellensender werden weniger durch die Dämpfung in der D-Schicht beeinflusst. Die Sonne folgt einem 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus, der beim Maximum zu sehr dichten ionisierten Schichten und in der Zwischenzeit zu entsprechenden Minima führt.

3. Fading und Interferenz

Eine reflektierte Welle kann wieder reflektiert werden. Nach einigen Sprüngen beginnen die Empfangszonen zu überlappen. Da die Wellen verschiedene Entfernungen zurückgelegt haben, kann Interferenz entstehen, wobei das Signal am Empfänger langsam abgeschwächt und verstärkt wird.

UKW - Wellenausbreitung

UKW-Wellen (VHF, UHF, SHF) breiten sich geradlinig aus. Sie werden jedoch durch Beugung an Kanten leicht zur Erdoberfläche hin abgelenkt. Die dabei zu entstehende Dämpfung nimmt allerdings stark mit zunehmender Frequenz zu. Die erreichbare Entfernung entspricht etwa der quasi-optischen Sicht. Überreichweiten von 1000 km und mehr sind immer auf **besondere Ereignisse** zurückzuführen.

1. Aurora

Beim Aurora-Effekt werden Ultrakurzwellen an stark ionisierten Luftschichten reflektiert. Der Effekt ist auch als Polarlicht bekannt und tritt wegen des Erdmagnetfeldes vor allem in nördlichen Breiten auf. Die Signale erscheinen stark verbrummt, was bei CW (Morse-Telegraphie) nicht so störend ist. Der Zustand kann über mehrere Stunden oder nur einige Minuten dauern.

2. Tropo-Scatter

Von Tropo-Scatter spricht man, wenn Ultrakurzwellen an zufälligen Inhomogenitäten (Streuungen) in der Troposphäre gebrochen oder reflektiert werden. Sie treten bei bestimmten Wetterlagen auf und sind örtlich und zeitlich begrenzt.

3. E-Sporadic (Es-Schichten)

Bei starker Sonneneinstrahlung bilden sich in niedrigen geografischen Breiten in rund **120 km Höhe** in ganz unregelmässigen Abständen, ionisierte Gaswolken aus, an denen die höheren Kurzwellenbänder und (mit abnehmender Wirkung) auch die unteren Ultrakurzwellenbänder reflektiert werden. Bei Reflexionen an Es-Schichten können Entfernungen von 1000 bis 4000 km erreicht werden.

4. Meteor-Scatter

Meteor-Scatter entsteht durch Reflexionen an ionisierten Meteoritenspuren, die diese beim Verglühen in den oberen Luftschichten verursachen. Verbindungen dieser Art dauern zwischen wenigen Sekunden und selten einige Minuten. Zum gleichen Thema liegt eine sehr interessante Veröffentlichung des Max-Planck-Instituts bei. In diesem Artikel werden die Forschungsergebnisse über Ionosphäre sehr sachlich und verständlich beschrieben.

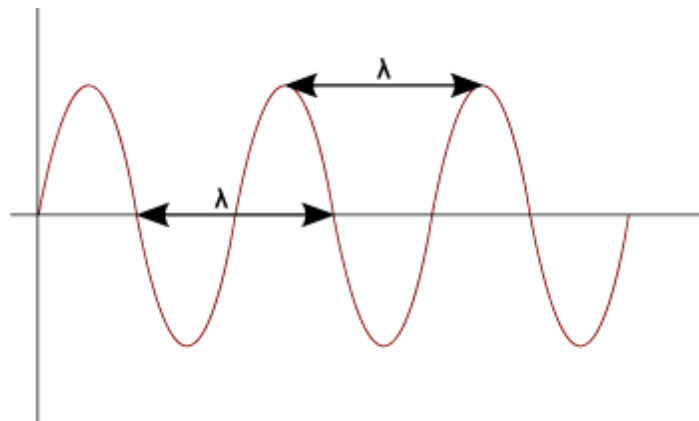
Quelle : <http://www.mpae.gwdg.de>

Welleneigenschaften

Licht besteht aus elektrischen- und magnetischen Feldern, die sich wellenförmig ausbreiten, also eine elektromagnetische Welle. Dargestellt wird sie normalerweise als Sinuswelle, welche durch **Wellenlänge**, **Frequenz**, **Amplitude** und **Phase** charakterisiert wird.

Wellenlänge:

Als Wellenlänge (λ) versteht man den Abstand zweier Punkte mit gleicher Phase. Punkte, die im zeitlichen Ablauf die gleiche **Auslenkung** (Amplitude) und die gleiche **Bewegungsrichtung** haben.



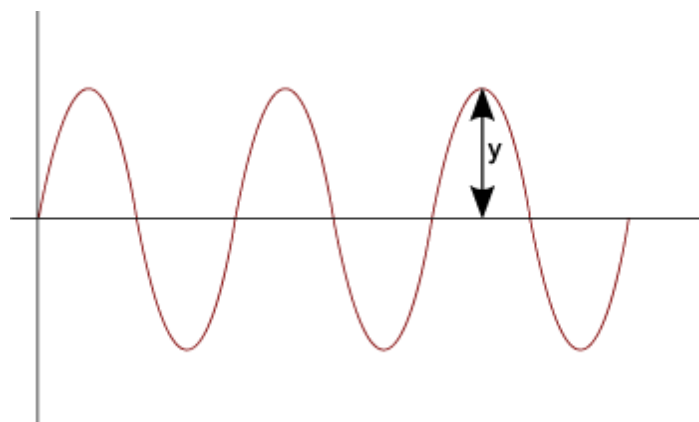
Frequenz:

Die Frequenz f gibt die Anzahl der vollen Schwingungen (Perioden T) pro Zeiteinheit s an und wird in Hertz ($\text{Hz}=1/\text{s}$) gemessen.

Lichtgeschwindigkeit $c = \text{Wellenlänge } \lambda \times \text{Frequenz } f$

Amplitude:

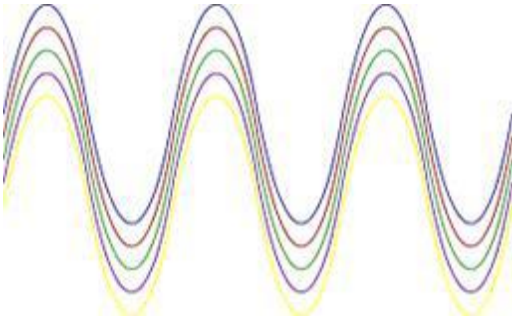
Die Amplitude beschreibt die maximale Auslenkung einer Schwingung, also dort wo der Wellenberg am höchsten ist.



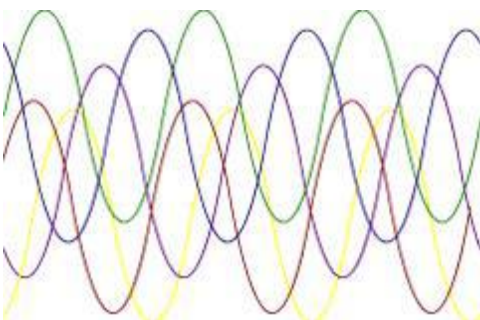
$y = \text{Amplitude}$

Phase:

Die Phase π gibt an, wann und wo die Wellenberge, bzw. die Wellentäler sind, also den Schwingungszustand einer Welle.



gleichphasige Sinuswellen



Sinuswellen unterschiedlicher Phasen

Wellenlänge + Farbe

Licht ist der Teil der elektromagnetischen Strahlung, der von unserem Auge erkannt werden kann. Dies sind die elektromagnetischen Wellen im Bereich von etwa 380-780 nm (Nanometer) Wellenlänge.

Das sichtbare Spektrum ist Teil des elektromagnetischen Spektrums.

Die unterschiedliche Empfindlichkeit des menschlichen Auges für verschiedene Wellenlängen ist die Grundlage der Photometrie.

Das in der Umwelt vorkommende Licht ist eine Mischung unterschiedlicher Wellenlängen. Durch ein Prisma kann man dieses polychromatische Licht in monochromatisches Licht (Licht einer Wellenlänge) zerlegen. Jeder dieser monochromatischen Lichtkomponenten entspricht einem spezifischen menschlichen Farbeindruck, die so genannten Spektral- oder Regenbogenfarben.

In der Reihenfolge zunehmender Wellenlänge findet man:

Spektral – Farben

Farbton.....	Wellenlänge
Violett	400 – 420 nm
Gelb	575 – 585 nm
Blau	420 – 490 nm
Orange	585 – 650 nm
Grün	490 – 575 nm
Rot	650 – 750 nm

Merke.....!

Die Farbe des Lichts ist abhängig von der Wellenlänge.

Monochromatisches Licht besteht nur aus einer Wellenlänge, **weisses Licht** hingegen entsteht durch die Überlagerung vieler Wellen mit unterschiedlichen Wellenlängen.

..... **Sichtbares Licht** befindet sich in einem Wellenlängen -und Frequenzbereich der vom Auge in Sehempfindungen umgesetzt werden kann (400 - 760nm).

..... **UV - Licht** ist kurzwelliger (250 - 400nm) und sehr energiereich.

..... **Infrarot -Licht** hingegen ist langwellig (über 760nm) und damit auch energieärmer.

Das weisse Sonnenlicht ist eine elektromagnetische Strahlung.

Der Mensch nimmt durch die auf der Netzhaut des Auges befindlichen **Stäbchen** die Helligkeit und durch die **Zäpfchen** die Farben wahr.

Da ca. 10 Mal so viele **Stäbchen** als **Zäpfchen** vorhanden sind, ist die **Helligkeitsempfindung** des Auges grösser als die **Farbempfindung**.

Stäbchen: **100Mio**

Zäpfchen: **7Mio**

Darüber hinaus hat das Auge bei den verschiedenen Farben eine unterschiedliche Empfindlichkeit. So wird **Grün** besser als **Rot** und **Blau** wahrgenommen, was durch die Augenempfindlichkeitskurve zum Ausdruck kommt.

Durch die Trägheitswirkung des Auges ist es überhaupt möglich, Fernsehen zu verwirklichen. Denn nur Helligkeitseindrücke, die länger als ca. **50ms** einwirken, nimmt das Auge vollständig wahr.

Bei der **Mischung von Farben** unterscheidet man zwischen der additiven und subtraktiven Farbmischung. Nur die additive Farbmischung, sie ergibt beim Zusammentreffen aller Primärfarben Weiss, wird beim **Farbfernsehen** angewendet.

Bei der **Wahrnehmung** unterscheidet das Auge zwischen der Helligkeit, dem Farbton und der Farbsättigung. Die Helligkeit oder die Leuchtdichte einer **Farbe** gibt an, wie gross die Lichtempfindlichkeit im Auge ist.

Der **Farbton** wird ausschliesslich von der Wellenlänge der Lichtschwingungen bestimmt.

Die Farbsättigung ist ein Mass für die Buntheit einer Farbe bzw. gibt an wie gross der Weissanteil in einer Farbe ist.

Interferenz

Um eine stabile Überlagerung von Wellen zu erreichen, müssen die Wellen **kohärent** sein, (**die gleiche Frequenz haben**) und es muss eine zeitlich konstante Phasenbeziehung zwischen den überlagerten Wellen bestehen.

Bei den entstehenden Überlagerungen addieren sich die stabilen (kohärenten) Wellen und es bilden sich neue Wellen. Dabei ist zu beachten, dass sich die Wellen je nach Verschiebung der Schwingung verstärken oder auslöschen.

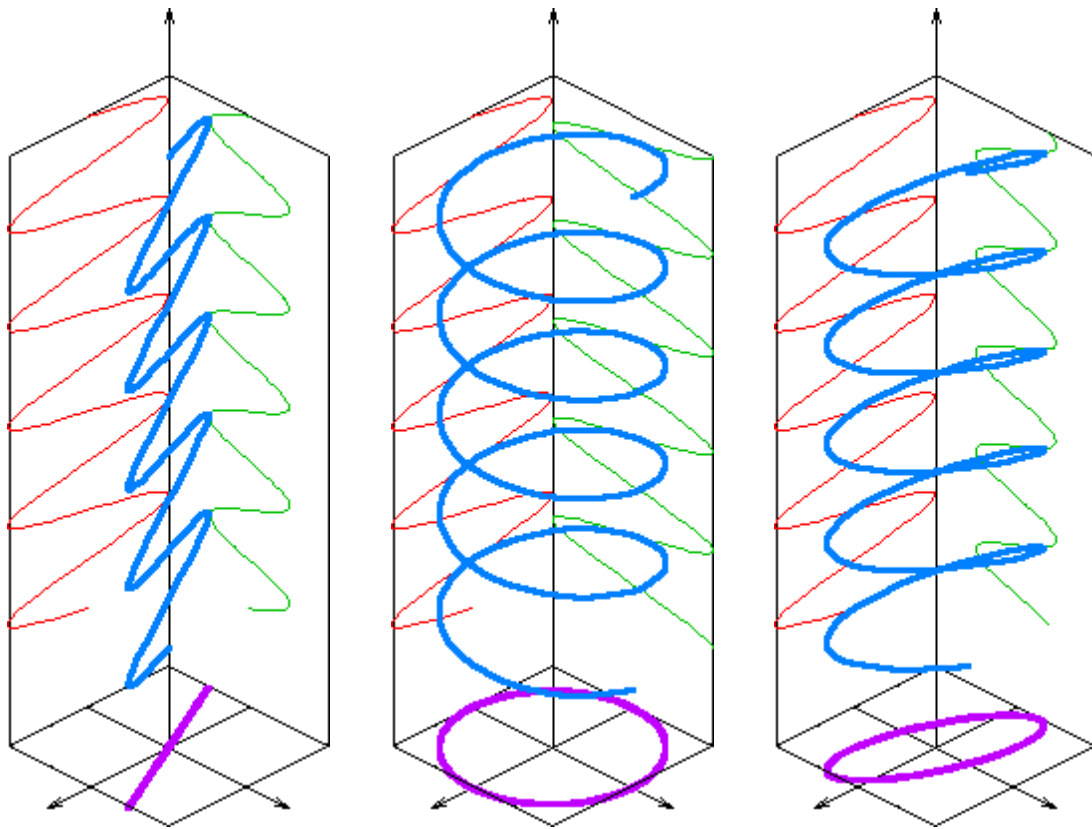
Polarisation

Das Licht stellt eine elektromagnetische Welle dar, die transversal zur Ausbreitungsrichtung schwingt. Senkrecht zur Ausbreitungsrichtung sind Schwingungen nach allen Raumrichtungen möglich.

..... Unpolarisiertes Licht = Überlagerung von Wellen, die sich nach allen Richtungen fortpflanzen.

..... Polarisiertes Licht = hingegen aus Wellen, die alle auf der gleichen Ebene schwingen.

Dabei lassen sich drei Formen von polarisiertem Licht unterscheiden:



Linear polarisiert

Zirkular polarisiert

Elliptisch polarisiert

Linear polarisiert bedeutet; Schwingungen erfolgen nur in einer bestimmten Richtung.

Zirkular polarisiert bedeutet; die Schwingungsebene des elektrischen Feldes dreht sich bei konstanter Feldstärke.

Elliptisch polarisiert bedeutet; hier ändert sich die Feldstärke der elektromagnetischen Welle elliptisch.

Quellen:

<https://de.Wikipedia.org>

<http://www.itam.lu>

<http://www.univie.ac.at>

<http://www.puchner.org>

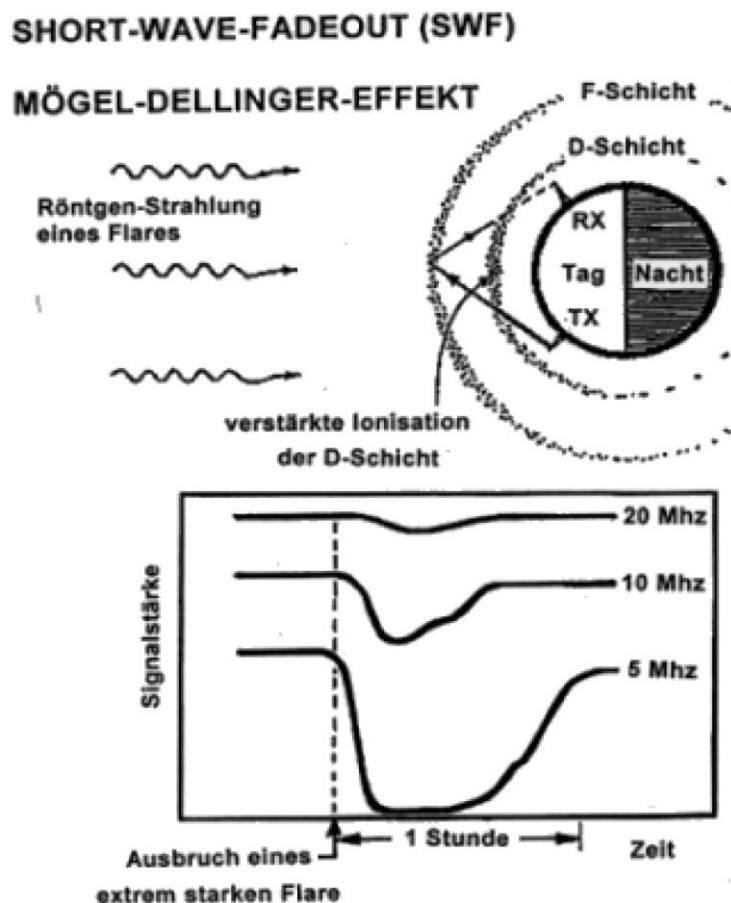
Nachrichtentechnik , Schröder BI
KAM/NAM- Unterlagen
Physik , Bader , Schroedel Verlag

Was versteht man unter

„Mögel - Dellinger - Effekt“ ?

In Jahren mit erhöhter Sonnenaktivität kann es bei starken Ausbrüchen auf der Sonnenoberfläche, s.g. **Sonneneruptionen** zu einer erhöhten Strahlungsintensität im Röntgenbereich kommen. Trifft diese elektromagnetische Energie auf die Erdatmosphäre, so kann die Röntgenstrahlung bis zur D-Schicht der Ionosphäre, in Höhen von ca. **70km** über der Erdoberfläche vordringen und diese stark ionisieren, was als **Mögel-Dellinger-Effekt** in der Fachliteratur bezeichnet wird.

Entdeckt wurde dieses Phänomen um das **1930** von dem Deutschen **H. Mögel**. **1935** hat es der Amerikaner **J. H. Dellinger** dem US-Standardisierungsamt vorgestellt.



Dieser Effekt tritt lediglich nur auf der Tagseite der Erde auf und dämpft Frequenzen etwa bis zu **300MHz**. Durch die erhöhte Plasmadichte nimmt die Fähigkeit der D-Schicht zu, Kurzwellen zu absorbieren, bis hin zu deren vollständiger Auslöschung. Dadurch kann es zu einem teilweisen oder vollständigen Ausfall aller Kurzwellenverbindungen über die Raumwelle kommen. Zeitlich kann das Phänomen einige Minuten oder bis zu mehreren Stunden dauern.

Quellen : K. Rothammels Antennenbuch

<http://www.dkOwcy.de/8.htm>

<http://www.amateurfunk-wiki.de>

Ionoscatte..... schon gehört???

Ionoscatte ist eine Ausbreitungsart für Funkverbindungen auf Ultrakurzwellen.

Dabei werden die Funksignale an **Turbulenzen** in der D-Schicht der Ionosphäre gestreut. Auf Grund der Höhe der D-Schicht ergeben sich Verbindungen über Distanzen von 1000 bis 2000km, was deutlich über der normalen Reichweite von UKW-Signalen liegt. Im Gegensatz zu **Überreichweiten** bei Sporadic-E oder Meteorscatte-Verbindungen ist Ionoscatte jeden Tag möglich, am besten tagsüber auf dem 6-Meter-Band. Üblicherweise weisen die Signale ein rasches Fading auf.

<http://de.wikipedia.org>

Rothammels Antennenbuch 12.Auflage

Polarlicht

Wer öfters in die skandinavischen Länder reist, kennt das Phänomen: **Polarlicht**. Was versteht man darunter? Das Polarlicht, eine kosmische Naturerscheinung aus dem Wechselspiel **Sonne** - **Erde**, ist seit der Antike wohlbekannt. Polarlichter werden durch Korpuskularstrahlung hervorgerufen, die von Sonne ausgehen, im erdmagnetischen Feld zu den Polen hin abgelenkt werden und die Luftmoleküle zum Leuchten anregen. Sie werden gewöhnlich zwischen **65 und 400 km** Höhe, bei erdmagnetischen Stürmen gelegentlich bis **1200 km**, beobachtet.

Welche Einflüsse sind zu erwarten bei der Wellenausbreitung?

Die gewaltigen Stromflüsse entlang der Feldlinien des Erdmagnetfelds induzieren in jedem elektrisch leitfähigen Körper weitere Stromflüsse. In der Alaska - Pipeline wurden durch Polarlichteinwirkung einige tausend Ampere gemessen. 1989 brach in Nordkanada das komplette Stromnetz deswegen zusammen.

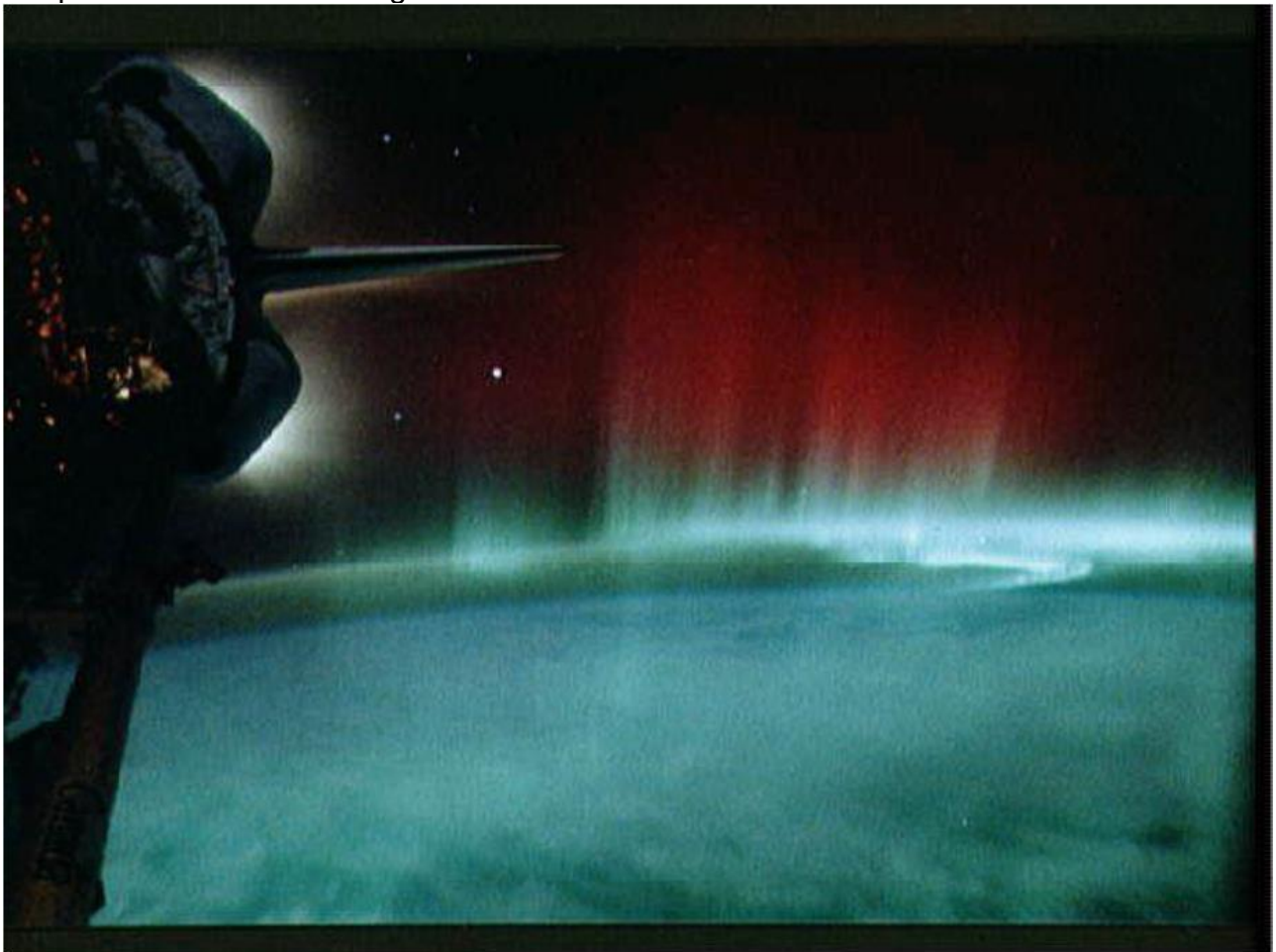


Bild (NASA)

Da die ionisierte Luftschicht in der das Polarlicht stattfindet ebenfalls elektrisch leitfähig ist, wirkt sie auf Radiowellen wie ein Spiegel. Es kommt zu Überreichweiten und Störungen. Die Funkamateure nutzen die Überreichweiten und können vor allem im UKW-Bereich ihre Reichweite durchaus verzehnfachen.

Gerade in unseren mittleren Breiten sind meist nur zufällig Polarlichter beobachtet worden. Man kennt also nur ungefähr, wie die Häufigkeitsverteilung aussieht. Mit abnehmender geografischer Breite sinkt auch die Wahrscheinlichkeit, ein Polarlicht sehen zu können. Ausserdem spielt die Sonnenaktivität eine entscheidende Rolle.

Quellen: <http://www.meteores.de>
<http://www.svenwienstein.de/HTML/polarlicht.html>
<http://www.techportal.de>

Kürzlich gelesen

Das Buch „**Praxisbuch Antennenbau**“, der Autor ein erfahrener Funkprofi hat ein umfassendes und fachfundiertes Werk geschaffen. Beim Lesen fällt mir besonders die verständliche Sprache auf. Hier werden die Themen detailliert behandelt und zeichnerisch sauber dargestellt. In erster Linie wird der Funkamateurler angesprochen aber auch für Leute, die mit HF-Technik zu tun haben, ist das Buch sehr wertvoll.

Auch heute gilt:

Die Antenne ist der beste HF-Verstärker!

Im Kapitel „Baluns“ findet der Leser alle möglichen Arten von Baluns mit detaillierten Erklärungen unkompliziert und verständlich.

Und nun, was ist das? Nie gehört, dann lies, auf Seite 134, dort erfährst Du mehr darüber.

Das Buch zeigt auch, wie man einen Balun praktisch ausmessen kann. Ein weiteres Kapitel behandelt Dipole und dipolartige Antennen, ausserdem werden praktisch alle Arten von Antennentypen ausführlich behandelt. Was man aber vergeblich sucht, sind komplizierte, mathematische Abhandlungen.

Fazit :

Das Buch ist von einem Praktiker für einen Praktiker geschrieben. Es behandelt sämtliche Sparten der Antennentechnik ohne Mathematik jedoch für einen Praktiker eine Fundgrube.

Buchnummer : [ISBN 978-3-910159-35-8](#)

Schon mal gehört.....?

Anisotropic

Anisotrope Materialien haben richtungsabhängige Eigenschaften für sie durchdringende Wellen. Ihre elektrischen, magnetischen oder optischen Eigenschaften ändern sich mit der Richtung und der Wellen. Dabei kann es sich um magnetische Wellen handeln, die sich in einer bestimmten Polarisationssebene ausbreiten. Bei Lichtwellen entsteht die anisotrope Ausbreitung durch unterschiedliche Brechung oder durch Polarisation.

Brechungsindex (IOR)

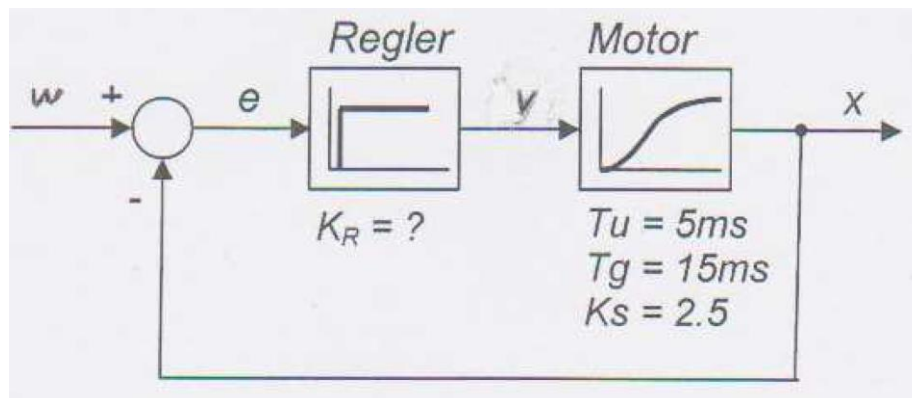
Der Brechungsindex ist ein Kennwert von Glasfasern und Polymerfasern. Es handelt sich um einen dimensionslosen Materialkennwert, um den die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht in einem optisch dichten Medium, beispielsweise im Faserkern, kleiner ist als Mantelmaterial oder im freien Raum. Die Brechzahl ist das Verhältnis zwischen der Lichtgeschwindigkeit und der Ausbreitungsgeschwindigkeit vom Licht im dichteren Medium. Die Differenz der Brechungsindizes von Kern- und Mantelmaterial bestimmt die numerische Apertur.

Vakuum hat den **Brechungsindex 1**, Glas liegt zwischen 1,4 und 1,6. Bei Licht-Wellenleitern liegen die Brechzahlwerte für den Kern, den Fasermantel und die Beschichtung bei **1,48, 1,46** und **1,52**. Bei einem Mittelwert von 1,5 ergibt sich daraus, dass sich Licht in einem Lichtwellenleiter um etwa 50% langsamer ausbreitet als im Vakuum, also mit ca. 200.000 km/s.

Für den Lernenden

Aufgaben:

1. Welche Ladung muss ein Kondensator aufweisen, damit er bei 230V die Ladungsmenge von 1.1mAS aufnehmen kann?
2. Wie gross ist die Ersatzkapazität von drei Kondensatoren mit $C_1 = 2\mu\text{F}$, $C_2 = 3\mu\text{F}$ und $C_3 = 6\mu\text{F}$ wenn sie
 - a) parallel geschaltet werden?
 - b) in Serie geschaltet werden?
3. Für die Gebührenweiche einer Telekommunikationsanlage wird eine Spule benötigt, die bei der Frequenz des Gebührenimpulses (16kHz) einen Blindwiderstand von 7.5k Ω haben muss. Welche Induktion muss die Spule besitzen?
4. Bei welcher Frequenz erreicht eine Spule mit $L = 1\text{H}$ den induktiven Blindwiderstand von 628 Ω ?
5. Ein Klappenantrieb wird mit einem P-Regler geregelt. Dabei besteht die Forderung, dass die Regelgrösse nach einem Sprung asymptotisch an die Führungsgrösse herankommt, d.h. nicht überspringt.



- a) Berechnen Sie nach den Einstellregeln von Chien die Regelverstärkung
- b) Berechnen Sie die Regelgrösse x im Beharrungszustand, wenn $w=8$ beträgt.
Tipp: Wenden Sie dazu die Frequenzgangformel für den geschlossenen Kreis an und setzen Sie $w=0$
- c) Berechnen Sie die Stellgrösse, wenn am Eingang die Führungsgrösse $w=10$ beträgt

Beilage: Einstellregeln nach Chien

	K_R	T_n	T_v
P-Regler	$K_R = (0,3 / K_S) \cdot (T_g / T_u)$	\therefore	\therefore
PI-Regler	$K_R = (0,35 / K_S) \cdot (T_g / T_u)$	$T_n = 1,2 \cdot T_u$	\therefore
PID-Regler	$K_R = (0,6 / K_S) \cdot (T_g / T_u)$	$T_n = T_g$	$T_v = 0,5 \cdot T_u$

Lösungen:

$$1. \quad Q = C \times U \quad C = \frac{Q}{U} = \frac{1.1mAS}{230V} = 4.78\mu F$$

$$2. \quad a) \quad C_{Total} = C_1 + C_2 + C_3 = 2\mu F + 3\mu F + 6\mu F = 11\mu F$$

$$b) \quad C_{Total} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}} = \frac{1}{\frac{1}{2\mu F} + \frac{1}{3\mu F} + \frac{1}{6\mu F}} = 1\mu F$$

$$3. \quad X_L = 2 \times \pi \times f \times L \quad L = \frac{X_L}{2 \times \pi f} = \frac{7.5k\Omega}{2 \times \pi \times 16kHz} = 74.6mH$$

$$4. \quad X_L = 2 \times \pi \times f \times L \quad f = \frac{X_L}{2 \times \pi \times L} = \frac{680\Omega}{2 \times \pi \times 1H} = 100Hz$$

$$5. \quad a) \quad K_R = 0.3 \frac{Tg}{K_S \times T_U} = 0.3 \frac{15ms}{2.5 \times 5ms} = 0.36$$

$$b) \quad x = \frac{x}{w} w \times \frac{F_R \times F_M}{1 + F_R \times F_M} = \frac{K_R \times K_S}{1 + K_R \times K_S} = \frac{0.36 \times 2.5}{1 + 0.36 \times 2.5} = 0.4737$$

$$x = w \times 0.4737 = 8 \times 0.4737 = 3.9$$

$$c) \quad x = w \times 0.4737 = 10 \times 0.4737 = 4.737$$

$$e = w - x = 10 - 4.737 = 5.363$$

$$y = 0.36 \times 5.263 = 1.89$$