

# **ELF-Empfang**

**Aufzeichnung, Analyse  
und Klassifizierung  
von Signalen magnetischer  
ELF-Wellen aus den  
oberen Erdschichten**



# Inhalt

<b>VORWORT</b> .....	<b>5</b>
<b>1. VORGESCHICHTE</b> .....	<b>7</b>
<b>2. FORSCHUNGSARBEIT IM ÜBERBLICK</b> .....	<b>10</b>
<b>2.1. Lokalisierung weiterer Quellen</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2 Fazit</b> .....	<b>11</b>
<b>2.3 Erklärungsmodell</b> .....	<b>11</b>
<b>2.4 Ausschließungen</b> .....	<b>12</b>
<b>2.5 Peilungen</b> .....	<b>13</b>
<b>3. SIGNAL-VERARBEITUNG UND ANALYSE</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1 Besonderheiten der Analyse</b> .....	<b>14</b>
<b>3.2 Bildausschnitte</b> .....	<b>15</b>
<b>4. BESCHREIBUNG DER SIGNALE</b> .....	<b>16</b>
<b>4.0 Namensgebung</b> .....	<b>16</b>
<b>4.1 Kuh-Signal</b> .....	<b>16</b>
<b>4.2 Gänse-Signal</b> .....	<b>17</b>
4.2.1 Struktur.....	18
<b>4.3 Heartbeatsignal</b> .....	<b>23</b>
4.3.1 Besonderheiten in Verbindung mit dem Heartbeatsignal.....	24
4.3.2 Messungen der Signalparameter .....	26
4.3.3 Mögliche Informationscodierung?.....	27
4.3.4 Regionales Auftreten der Heartbeatsignale.....	28
4.3.5 Beschreibung der Signale in den Bildern 4.16a und -b.....	32
4.3.6 Vergleich der Intensitäten .....	33
<b>4.4 Pfeifer-Signal</b> .....	<b>35</b>
4.4.1 Sendezeiten.....	35
4.4.2 Höreindruck.....	35
4.4.3 Code oder nicht?.....	37
4.4.4 Erzeugung.....	39
<b>4.5 Nadeldrucker-Signal</b> .....	<b>41</b>
<b>4.6 Fernschreiber-Signal</b> .....	<b>46</b>
<b>4.7 Voice-Signal</b> .....	<b>51</b>
<b>4.8 Lokomotive</b> .....	<b>56</b>

---

<b>4.9 Weitere Signale</b> .....	<b>59</b>
4.9.1 Alternativer Nadeldrucker.....	60
4.9.2 Beep-Signal.....	60
4.9.3 Verschiedenes.....	61
4.9.4 Verwandte vom Fernschreiber.....	61
4.9.5 Schlangenbeschwörer.....	63
4.9.6 Ein zweites Gänseignal.....	63
4.9.7 Tierlaute.....	64
4.9.8 Heulgeräusche.....	65
4.9.9 Intermittierende Linien.....	65
4.9.10 Kauz-Signal.....	66
4.9.11 „Einsame“ Signale.....	67
4.9.12 Musik.....	67
4.9.13 Nebelhorn.....	68
4.9.14 Panflöte.....	68
4.9.15 Unregelmäßige Frequenzverläufe.....	69
4.9.16 Langsame Frequenzsprünge.....	70
4.9.17 Plötzlich einsetzende Linien.....	70
<b>5.1 Rundfunkempfang versus Direktempfang</b> .....	<b>73</b>
<b>5.2 Prinzip des Direktempfangs</b> .....	<b>76</b>
5.2.1: Erfassung und Auswertung.....	78
5.2.2: Spektrum versus Time.....	79
<b>6. ELF-EMPFÄNGER</b> .....	<b>81</b>
<b>6.1 Einfacher Empfänger</b> .....	<b>81</b>
<b>6.2: Empfänger für gehobene Ansprüche</b> .....	<b>83</b>
Besonderheiten:.....	84
Abgleich.....	85
Gehäuse.....	86
Linearisierer / Vorverstärker.....	88
<b>7. PEILUNGEN</b> .....	<b>91</b>
<b>8. GEOGRAPHIE</b> .....	<b>107</b>
Hürtgenwald.....	107
Alsdorf.....	108
<b>9. TIPPS ZUR HERSTELLUNG VON ELF-SPULEN</b> .....	<b>111</b>
<b>9.1: Messung von Eigenresonanzen</b> .....	<b>112</b>
<b>9.2: Wickelmaschine</b> .....	<b>114</b>

# Vorwort

## Was steht in diesem Buch?

Der Empfang von ELF-Wellen, also von elektromagnetischen Wellen extrem niedriger Frequenz von hundert bis herab zu nahezu Null Hertz, ist in den letzten Jahren zu einem beliebten Hobby einiger Elektronik- und Funkamateure geworden. Da in diesem Bereich keine Musik, und normalerweise auch keine Nachrichten und keine sonstigen Informationen übertragen werden, geht es den ELF-Enthusiasten in erster Linie um das Erhaschen von Signalen aus dem Weltall, die durch Vorgänge in der Ionosphäre und den Einfluss der Sonne verursacht werden. Tipps und Anleitungen zum Selbstbau der dazu zu verwendenden Empfänger findet man nach ein wenig Recherche zwar Internet, doch die meisten dieser Schaltungen sind für den praktischen Gebrauch aus bestimmten technischen (und in diesem Buch erläuterten) Gründen einfach zu unempfindlich.

Den Autoren dieses Buches ist auf Grund ihrer langjährigen Erfahrungen als Elektronik-Fachjournalisten die Entwicklung eines hochempfindlichen ELF-Empfängers gelungen, der allen Anforderungen genügt und in Verbindung mit einem Laptop auch mobil einsetzbar ist.

Nach fast siebenjähriger, auf praktischem Einsatz basierender Weiterentwicklung des Gerätes haben die Autoren eine Fülle von Empfangsdaten zusammen getragen, die auf ELF-Signalquellen irdischen Ursprungs schließen lassen und die zum Teil als eine Art Datenübertragung interpretiert werden können. Trotz mehrerer Abhandlungen auf der ELF-Internetplattform „Radiowaves below 22 kHz“ ([www.vlf.it](http://www.vlf.it)) sowie zwei Beiträgen in ELEKTOR und CQDL ist es den Autoren nicht gelungen, die Verursacher dieser Signale ausfindig zu machen.

Das Buch gibt einen kurzen Überblick über die Entstehung und Weiterentwicklung des ELF-Empfangsprojektes der Autoren, beschreibt ausführlich die empfangenen Signale und stellt die entwickelte Empfänger-Schaltung vor.

Das Buch wird abgerundet durch zusätzliche Kapitel über die theoretischen Grundlagen des Empfangs elektromagnetischer Wellen, den Selbstbau von Empfangsspulen, ELF-Peiltechniken und über die geografische Lage der Haupt-Empfangsorte.

ELF-Empfang ist daher ein Buch für alle, die sich für Theorie und Praxis des Empfangs elektromagnetischer Wellen im Bereich unter 100 Hz interessieren.



# 1. Vorgeschichte

Die hier beschriebene, von den Autoren durchgeführte Forschungsarbeit beschäftigt sich mit dem Empfang magnetischer Wellen im ELF-Bereich, der Auswertung der empfangenen Daten sowie der Entwicklung und Verbesserung eines dazu geeigneten Empfängers. Die Arbeit dient weiterhin der Klärung der Frage, auf welche Ursachen die empfangenen ELF-Wellen zurückzuführen und welchem Ausbreitungsmechanismus sie unterworfen sind.



Der Autor Kurt Diedrich begann bereits im Jahre 2001 mit dem Bau eines ersten ELF-Empfängers für den Frequenzbereich von 0 bis ca. 20 Hz. Die im Vergleich zum heute verwendeten Gerät relativ einfache Einrichtung diente dazu, herauszufinden, ob das zu der damaligen Zeit bekannt gewordene Brumntonphänomen möglicherweise auf elektromagnetische Wellen im oben genannten Frequenzbereich zurückzuführen ist.

**Bild 1.1:** Das Nachrichtenmagazin FOCUS veröffentlichte im Februar 2001 einen Beitrag über eine auch vom Autor Kurt Diedrich kontaktierte Familie, die unter dem Brumntonphänomen litt. Als Illustration wurden die in Kapitel

beschriebenen, im Hause dieser Familie empfangenen Signale am oberen Seitenrand abgebildet.

Menschen, die unter dem Brumntonphänomen leiden, sind von einer Art Tinnitus im Tieftönenbereich befallen, der bei den Betroffenen nahezu überall und völlig unerwartet auftreten kann, so dass sich die Suche nach einer eventuellen Ursache als sehr schwierig erwies. Bis heute konnten daher weder die Quellen noch die Ausbreitungsmechanismen des Brummtöns gefunden werden. Es ist noch nicht einmal bekannt, ob es sich hierbei um Schall oder um elektromagnetische Wellen handelt oder ob nicht eine bisher unbekannte Art der Stimulation das Gehirn zum „Vorgaukeln“ eines Brummtöns veranlasst.

Nachdem der oben genannte Empfänger nicht zur Klärung der Ursachen des Brummtons beitragen konnte, war der Entwickler, da das Gerät nun schon einmal existierte, neugierig, zu erfahren, ob sich damit irgend etwas anderes empfangen lässt. Er zeichnete die Ausgangssignale des mit einem PC gekoppelten Empfängers täglich über viele Stunden auf Festplatte auf und stellte beim Betrachten der Signale fest, dass von Zeit zu Zeit regelmäßig wiederkehrende Wellenzüge zu erkennen waren.

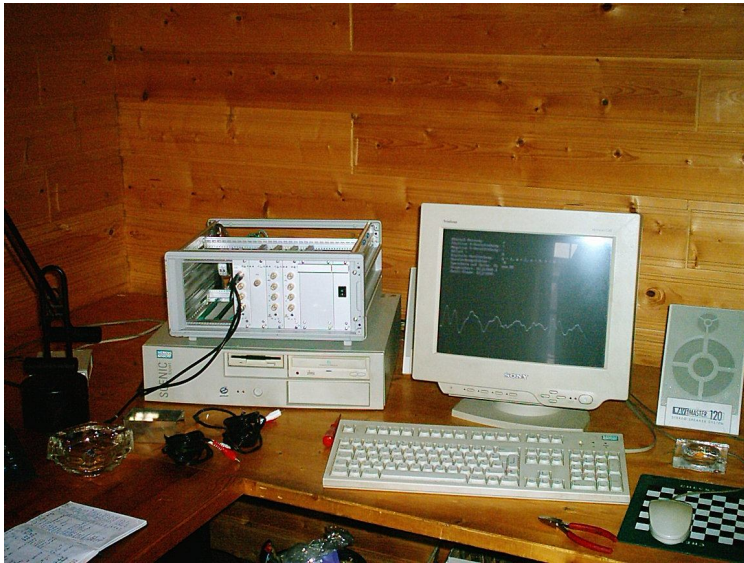
Erst als zur Auswertung der empfangenen Signale im Jahre 2002 erstmalig eine Software zur Spektrumanalyse eingesetzt wurde, waren verschiedene charakteristische, grafische Muster zu erkennen, die sich zum Teil über längere Zeiträume von mehreren Stunden wiederholten. Durch ein Abhören der im Computer um ein Vielfaches beschleunigten Signale wurde dieser Wiedererkennungseffekt auch akustisch bestätigt.

Die Klassifizierung der empfangenen Signale in verschiedene, typische Muster wurde jedoch erst möglich, als der verwendete Empfänger im Rahmen der seit 2004 stattfindenden Zusammenarbeit mit Franz Peter Zantis erheblich verbessert wurde. Eine genaue Beschreibung der für den Empfang maßgeblichen, theoretischen Grundlagen finden Sie in Kapitel 5 innerhalb dieser Dokumentation.

Ein weiterer Grund für die Entdeckung der hier vorgestellten Signale ist, wie so oft in der Forschung, dem Zufall zu verdanken. Im Jahre 2002 zog Kurt Diedrich aus privaten Gründen in ein kleines Dorf in der Verbandsgemeinde Hürtgenwald. Diese Region liegt etwa 20 Kilometer südlich der Mitte einer hypothetischen Verbindungslinie zwischen Köln und Aachen und gehört zu den nördlichen Ausläufern der Eifel.

Wie sich nachträglich herausstellte, befand sich nur ein paar Meter vom neuen Domizil eine sehr starke ELF-Quelle, aus der viele der hier gezeigten Signale stammen. Dies wurde jedoch erst nach langen Messreihen und Versuchen klar. Ursprünglich waren wir der Meinung, dass die Signale, wie andere Funksignale auch, durch die Luft aus weiter Entfernung zur Antenne gelangten. Da wir inzwischen wissen, dass ELF-Signale auch aus dem Boden stammen können und dass die betreffenden Quellen größere Abstände aufweisen können, war es schon ein riesengroßes Glück, solch eine Quelle direkt vor der Haustür zu haben. Wäre dies nicht der Fall gewesen, so hätte Kurt Diedrich seine Arbeiten wahrscheinlich schon bald nach dem Umzug eingestellt und die hier präsentierten Entdeckungen wären nie gemacht worden.





**Bild 1.2:** ELF-Empfangsstation im Jahre 2003

## 2. Forschungsarbeit im Überblick

Die in Kapitel 4 gezeigten Signale stammen aus einer Serie von mehreren Tausend Aufnahmen, die zwischen 2001 und heute (Januar 2009) an verschiedenen Orten in der Umgebung von Aachen (Deutschland) und an anderen Orten Deutschlands gemacht wurden. Im Laufe der Zeit gewannen wir anhand der Auswertungen dieser Signale folgende Erkenntnisse:

Die Signale stammen, wie sich nach langen Experimenten herausstellte, vermutlich aus auf engem Raum begrenzten Quellen, die sich in unregelmäßigen Abständen von mindestens mehreren -zig Metern in der Erde an der Nähe der Erdoberfläche zu befinden scheinen.

Solch eine präzise lokalisierbare Quelle wurde jedoch bisher nur einmal entdeckt: unter einer Straße innerhalb der bereits erwähnten Gemeinde Hürtgenwald. An diesem Ort wurden zwischen 2002 und 2006 die meisten Aufnahmen gemacht, da es sich, wie bereits erwähnt, um den damaligen Wohnort des Autors Kurt Diedrich handelte.

Die zunächst gehegte Vermutung, es könne sich um Ströme handeln, die durch Wasser-, Gas-, Strom- oder Telefonleitungen fließen, stellte sich als falsch heraus: Messungen entlang dieser Leitungen im Wohnhaus und an anderen Punkten des betreffenden Dorfes erbrachten keine Ergebnisse: Die Quelle erwies sich als nahezu punktförmig und befand sich unter einer kleinen Straße innerhalb des Dorfes (siehe Kapitel „Peilungen“).

Bei anschließenden Messungen an anderen, mehrere Kilometer entfernten Orten konnte Folgendes festgestellt werden:

Es wurden Signale registriert, die zum Teil mit den oben genannten Signalen identisch waren, und Signale, die eine gewisse strukturelle Ähnlichkeit aufwiesen. Bei den identischen Signalen gab es ein Signal („Gänse-signal“), das an mehreren Messorten zeitsynchron auftrat und seinen Ursprung in der Eifel-Region zu haben schien, da seine Intensität dort am größten war.

Alle weiteren identischen Signale erscheinen an verschiedenen Orten zu unterschiedlichen Zeiten und in verschiedenen Sequenzen (Gruppierungen bzw. Rhythmen).

### 2.1. Lokalisierung weiterer Quellen

Eine genaue Lokalisierung der Quellen (außer Hürtgenwald) war bisher noch nicht möglich. Die Lokalisierung der Quelle in Hürtgenwald ergab sich aus der Tatsache, dass sie sich durch Zufall genau vor dem Wohnhaus von Kurt Diedrich befand. Eine Peilung entfernter Quellen ist nicht möglich, wenn sie sich (und dies scheint der Fall zu sein), in Bodenhöhe befinden. Da die magnetischen Feldlinien offensichtlich senkrecht auf die Erde auftreffen (siehe Kapitel „Peilung“), gibt es keinen Zusammenhang zwischen der Raumposition der Spule (Antenne) und der Richtung der Quelle.

Aus diesem Grunde war es bisher nicht möglich, die genaue Position der außerhalb von Hürtgenwald empfangenen Signale anzugeben. Hier wird nur eine flächendeckende Rastermessung (Mapping) mit Auswertung der Intensität weitere Aufschlüsse bringen.

Es wird jedoch anhand bisheriger Messungen vermutet, dass die Quellen in unregelmäßigen Abständen in Entfernungen von mindestens einigen -zig Metern Entfernung angeordnet sein müssen und sich, so die bisherigen Beobachtungen, wahrscheinlich in Wohngebieten befinden.

Begründung:

Die Wohnsitze beider Autoren weisen eine Entfernung von ca. 800 Metern auf. Am (neuen) Wohnsitz von Kurt Diedrich in Alsdorf-Mariadorf bei Aachen sind völlig andere Signale zu empfangen als am Wohnsitz von Herrn Zantis. Messungen an weiteren, nur etwa ein- bis zweihundert Meter entfernten Punkten (im selben Wohngebiet) ergaben wiederum völlig andere Signale. Bei den bisherigen sechs Messungen außerhalb bewohnter Gebiete (Wald, Felder, Heidelandschaft, Braunkohleabbaugebiet) wurden keine Signale registriert.

## 2.2 Fazit

In Wohngebieten gibt es in scheinbar regelmäßigen Abständen von mindestens fünfzig Metern Quellen, aus denen magnetische Wellen im ELF-Bereich mit relativ hoher Intensität abgestrahlt werden. Die Wellen bilden unterschiedliche Signale mit zum Teil komplexen Zeit- und Frequenzmustern, die sich in verschiedene "Familien" unterteilen lassen.

Die meisten Quellen besitzen ihre ganz typischen Muster. Die Muster, die auch an verschiedenen Orten die gleiche Struktur besitzen, treten dort jedoch zu verschiedenen Zeitpunkten auf.

Ein einziges Muster wurde von 2002 bis 2007 an allen Orten im Bereich Aachen zeitsynchron erfasst. Es erstreckte sich vom Punkt stärkster Intensität (Nordeifel) bis zum 40 km entfernten Heinsberg, wo es noch sehr schwach (bei Parallelmessungen) nachgewiesen werden konnte. Dieses Muster ist seit 2007 plötzlich nicht mehr aufgetreten, erscheint jedoch seit Herbst 2008 scheinbar gelegentlich wieder für ein bis zwei Tage.

Inzwischen wurden an zahlreichen, weit voneinander entfernten Orten in ganz Deutschland Messungen durchgeführt. Auch hier hatte jeder Ort seine typischen Signale. Das Heartbeat-Signal (siehe unten) wurde jedoch in ganz Deutschland (und in Südfrankreich) zeit-asynchron registriert. Auch dieses Signal erschien bisher nur in Wohngebieten.

## 2.3 Erklärungsmodell

Da die Signale an jedem Ort auch parallel mit Elektroden empfangen werden konnten, die in Form von ca. 30 cm langen Metallstäben in der (meist sandigen) Erde steckten, scheint es sich so zu verhalten, dass sich die Signale in Form großflächiger, schwacher Ströme durch die Erdoberfläche ausbreiten. Die in der Erdoberfläche

erzeugten Ströme sind jedoch nicht stark genug, um Magnetfelder zu erzeugen, die für einen Empfang ausreichen.

Es wäre daher möglich, dass Metallrohre wie zum Beispiel kilometerlange Wasserleitungen für diese Ströme eine Art "Antenne" bilden, so, wie eine altmodische Langdraht-Rundfunkantenne in der Luft.

Es wäre weiterhin möglich, dass solche Wasserleitungen an bestimmten Stellen so geerdet sind, dass sie über dicke Kabel mit einem Potenzial verbunden sind, das niedriger ist als das die Leitung umgebende Erdreich. An solchen Stellen könnten sich die von der Leitung aufgefangenen Erdströme akkumulieren bzw. addieren und ein ausreichend starkes Magnetfeld erzeugen. Dies würde zumindest erklären, warum die Signale nur in bewohnten Gebieten und dort nur an bestimmten Punkten erscheinen.

Diese Theorie wäre mit Elektrodenmessungen im freien Gelände zu untermauern. Wenn sie richtig ist, müssten mit Elektroden eventuell auch außerhalb von bebautem Gebiet Signale zu empfangen sein.

## 2.4 Ausschließungen

Haushaltsgeräte und -Maschinen können als Urheber der Signale ausgeschlossen werden:

- Die Summe der Signale aller Hausgeräte innerhalb einer Wohnsiedlung würde ein unidentifizierbares Gemisch von Signalen erzeugen.
- Die Vielfalt der Signale ist zu groß, als dass sie mit den wenigen Hausgeräten wie Heizung, Waschmaschine oder Kühlschrank erklärt werden könnten.
- Es ist nicht ersichtlich, warum die Signale aller Hausgeräte in solch einer hohen Intensität von einem Punkt einer Wohnsiedlung abstrahlen würden. Eventuelle Rück- oder Erdströme würden sich bereits in der Umgebung eines Wohnhauses bemerkbar machen. Dies ist jedoch nicht der Fall. Einzige Ausnahme: Beim Betrieb einer Waschmaschine (moderner Bauart) sind bereits innerhalb des Wohngebäudes typische ELF-Signale zu empfangen (Siehe Kapitel 4).

Rückströme von industriellen Anlagen (Pumpen, Eisenbahn, Generatoren usw.), die aus größerer Entfernung stammen (auf jeden Fall außerhalb eines Wohngebietes) würden auch auf größere Entfernungen immer zu denselben empfangenen Signalen führen. Dies ist nachweislich nicht der Fall (siehe oben: unterschiedliche Ergebnisse bereits auf 50 bis 100 m Entfernung).



## 3. Signal-Verarbeitung und Analyse

Die Signale werden nach ihrer Tiefpassfilterung (25 Hz) auf einen sinusförmigen Träger mit einer Frequenz von 200 Hz moduliert (AM). Dieser Träger wird mit einer handelsüblichen Soundkarte durch eine in Visual Basic geschriebene Software mit einer Abtastrate von 11,025 kHz im 16-Bit-Format auf einem PC (unter Windows XP) aufgezeichnet und während der Aufzeichnung in Intervallen (Paketen) von 8193 Samples demoduliert. Die Demodulation erfolgt durch Ermittlung der maximalen Amplitudenwerte des Trägersignals, so dass sich eine scheinbare Abtastrate von 200 Hz ergibt. Die demodulierten Pakete einer Länge von ca.12 Minuten Echtzeit werden automatisch aneinandergelinkt und als WAV-Datei gespeichert.

Die Wav-Dateien werden mit dem Analyseprogramm Cool-Edit einer FFT vs. Time Analyse unterzogen. Beim Laden der Datei in die Analysesoftware wird dem Programm vorgetäuscht, dass die Abtastrate statt 200 Hz den 160-fachen Wert aufweist (32 kHz). Auf diese Weise werden das Spektrum und die Tonhöhe der zuvor unhörbaren ELF-Signale in einen gut hörbaren und, was die FFT betrifft, gut sichtbaren Bereich verschoben. Der Faktor 160 ergab sich zufällig aus zahlreichen Vorversuchen. Es hat sich gezeigt, dass das Abhören der Signale bei diesem Faktor am angenehmsten klingt und die wichtigsten Anteile in der Spektrum-Analyse gleichmäßig über den zur Verfügung stehenden Bereich verteilt sind.

Eine neu hinzugekommene Variante der Aufzeichnung ermöglicht jetzt auch den mobilen Einsatz des Empfängers ohne PC: Der aus dem Empfänger kommende Träger wird auf einen MP3-Player mit Line-Eingang (Creative Lab Zen) aufgezeichnet. Die aufgenommene Datei wird später im Labor auf einen PC kopiert und mit einer VB-Software demoduliert.

### 3.1 Besonderheiten der Analyse

Die Analyse aller bisher aufgezeichneten Signale erfolgte mit dem Programm Cool Edit aus dem Jahre 1995. Trotz ihres Alters zeichnet sich die Software durch eine hervorragende Qualität bei der FFT versus Time Analyse aus: Die Ergebnisse überzeugen in der Schärfe der Darstellung sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich. Die sichtbaren Spektrallinien stimmen direkt mit dem Gehörten überein. Der Spektrum-Size-Wert variiert in den gezeigten Beispielen zwischen 10 und 11 Bit (Hanning-Fenster). Je nach Aufnahme und Zeitausschnitt erweisen sich manchmal Werte von 11 Bit, und manchmal Werte von 10 Bit als vorteilhaft. Die Frequenz ist linear, und der Pegel logarithmisch dargestellt.

Der auf der Y-Achse dargestellte Frequenzbereich erstreckt sich in den Originaldateien von 0 bis 100 Hz, obwohl der uns interessierende Bereich bei etwa 25 Hz endet. Auf diese Weise lassen sich die, in einigen Screenshots zu erkennenden, Linien von 50 Hz (Netz) recht gut als Referenz verwenden. Durch das im Empfänger verwendete, steile Filter ist die 50-Hz-Linie bereits um 36 dB schwächer als Signale, die eventuell bei 25 Hz erscheinen. Ohne diese Maßnahme würde der empfindliche Empfänger vom 50-Hz-Netzbrumm übersteuert werden. Bei den meisten der hier gezeigten Screenshots wurde der Frequenzbereich jedoch ab

etwa 25 Hz beschnitten, da in den oberen Bereichen des Analysefensters nicht zuletzt auch auf Grund der durchgeführten Filterung keine Signale gefunden wurden.

Bei einer auf vielen Screenshots immer wieder erscheinenden, starken Linie handelt es sich um die 16 2/3 Hz der bei der deutschen Bahn verwendeten Stromversorgung, die fast überall bis zu Entfernungen von ca. 6 km zur Bahnlinie nachgewiesen werden konnte. Auch diese Linie lässt sich sehr gut als Referenz heranziehen und ist ein Indikator für das Funktionieren des Empfängers, wenn an einem bestimmten Ort ansonsten keine Signale zu verzeichnen sind.

## **3.2 Bildausschnitte**

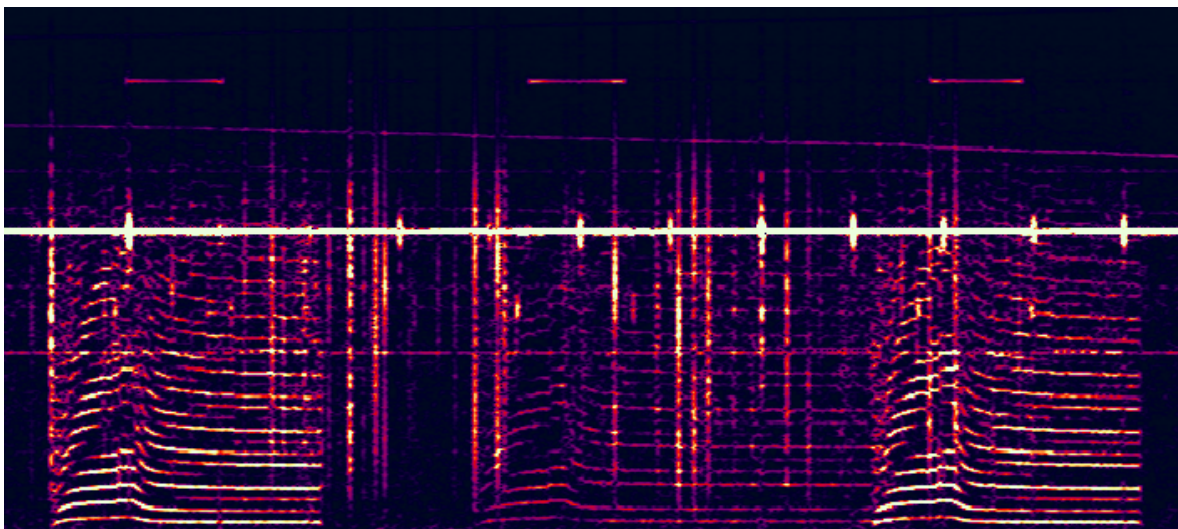
Bei den im Folgenden gezeigten Grafiken handelt es sich um Ausschnitte der Cool-Edit-Oberfläche, die keine grafische Pegel-Skalierung enthalten. Die relevanten Frequenzwerte sind daher, wenn erforderlich, im Bildbegleittext angegeben. In vielen Screenshots ist jedoch im Bereich der X-Achse eine Skalierung vorzufinden. Bei den gezeigten Zahlenwerten handelt es sich um Samples. Bei einer Sample-Rate von 200 Hz kann die Zeitdifferenz zwischen zwei Punkten auf der X-Achse wie folgt berechnet werden:

Sample-Zahl / 200 = Zeit in Sekunden

## 4. Beschreibung der Signale

### 4.0 Namensgebung

Natürlich hätten wir die verschiedenen, hier vorgestellten Signale auch nummerieren können. Dies hätte jedoch den Nachteil, dass sich der Leser unter einer bestimmten Nummer nur schwer ein dazugehöriges Wellenmuster merken bzw. vorstellen kann. Viel einfacher (und von Experten der Mnemo-Technik empfohlen) ist dagegen die Methode, bei der Namensgebung auch die Eigenschaften von Objekten (oder Signalen bzw. Klängen) mit einzubeziehen. Da die unten gezeigten Signale sich zum Teil wie Tierlaute, Maschinen, Stimmen oder technische Geräte anhören, wenn man sie beschleunigt abspielt, erschien es uns nahe liegend, die Signale auch nach ihrem Klang zu benennen. Dies mag sich angesichts solcher Namen wie „Kuh“ oder „Gänse“ für manchen möglicherweise etwas zu lustig und unwissenschaftlich anhören, hilft aber ungemein, wenn man über ein bestimmtes Signal redet.



**Bild 4.0:** Starkes und schwaches Kuh-Signal. Dauer in Echtzeit: Mehrere Minuten

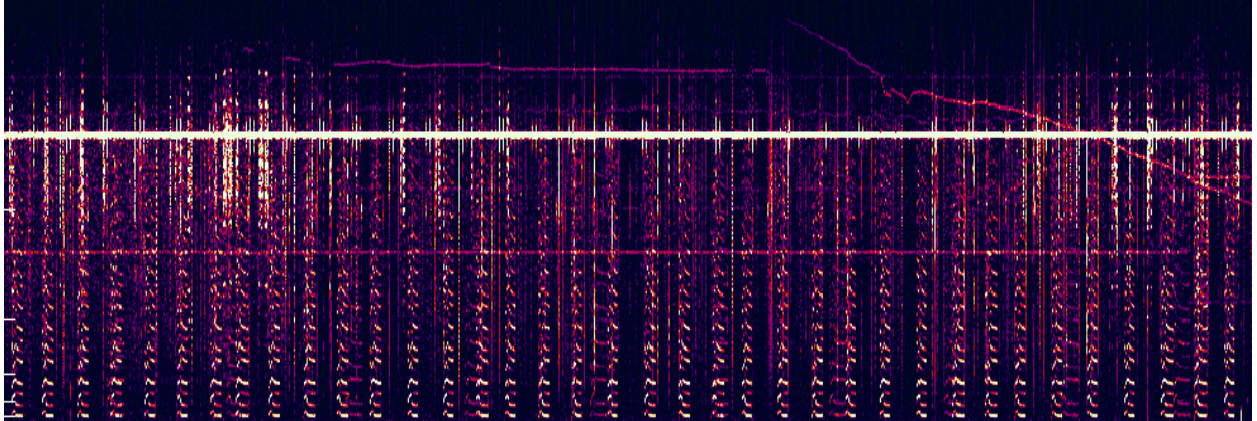
### 4.1 Kuh-Signal

Da das oben gezeigte Signal beim beschleunigten Abspielen an die Laute einer Kuh erinnert, wurde es von uns als „Kuh-Signal“ bezeichnet. Seine Herkunft ist, wie bei allen anderen Signalen (außer der Waschmaschine sowie den 50- und 16 2/3 Hz Linien) völlig unbekannt. Es wurde seit Mitte des Jahres 2002 bis Mitte 2006 von Kurt Diedrich an dessen damaligem Wohnort in Hürtgenwald Tag und Nacht ohne Unterbrechung in unregelmäßigen (Echtzeit-) Abständen von ca. 15 bis 20 Minuten registriert. Seit wann dieses Signal ausgestrahlt wird, ist nicht bekannt.

Die Spektrallinien deuten auf ein ursprünglich sägezahnförmiges Zeitsignal hin. Auffallend ist die Tatsache, dass die Frequenz zu Beginn kurzzeitig nach oben steigt, um dann in einem lang gezogenen, horizontalen Verlauf zu enden. Weiterhin auffallend ist, dass ein zweites, weitaus schwächeres Signal dieses Typs existiert,



das zeitlich jedoch nicht mit dem ersteren gekoppelt ist und gelegentlich mit diesem interferiert. Die Frequenz des zweiten Signals ist geringfügig höher. Das 160-fach beschleunigte Abspielen des in Bild 4.0 gezoomten Signalabschnittes dauert beim Abhören nur wenige Sekunden. Das zweite, schwächere „Kuh-Signal“ (Bildmitte) ist dabei deutlich hörbar.

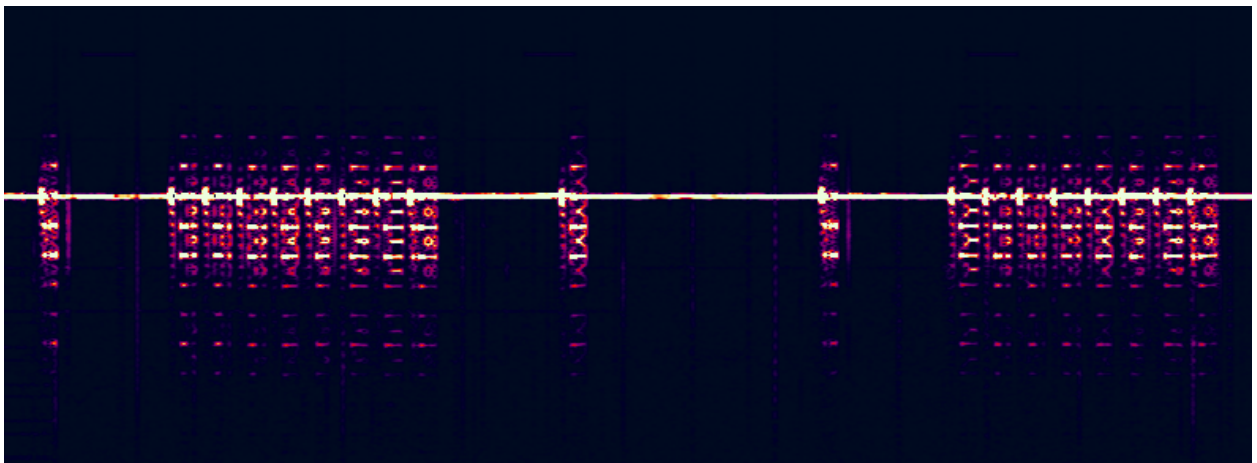


**Bild 4.1:** Kuhsignale während einer Nacht

Bild 4. 1 zeigt einen Ausschnitt von ca. 8 Stunden (Nachtaufnahme). Das regelmäßige und häufige Auftauchen der (im Bild in X-Richtung gestauchten) Kuh-Signale ist deutlich zu erkennen. An manchen Tagen waren die Zeitabstände zwischen den Signalen ohne erkennbaren Grund über doppelt so groß.

Anmerkung: Das Kuh-Signal zeigt eine verblüffende Übereinstimmung mit einem im Internet gefundenen, seismischen Signal, das den Tremor eines Vulkans auf den Philippinen darstellt. Ob diese Übereinstimmung rein zufällig ist oder auf einen geologischen Ursprung des Kuh-Signals hindeutet (Piezo-Effekte), ist nicht bekannt.

## 4.2 Gänse-Signal



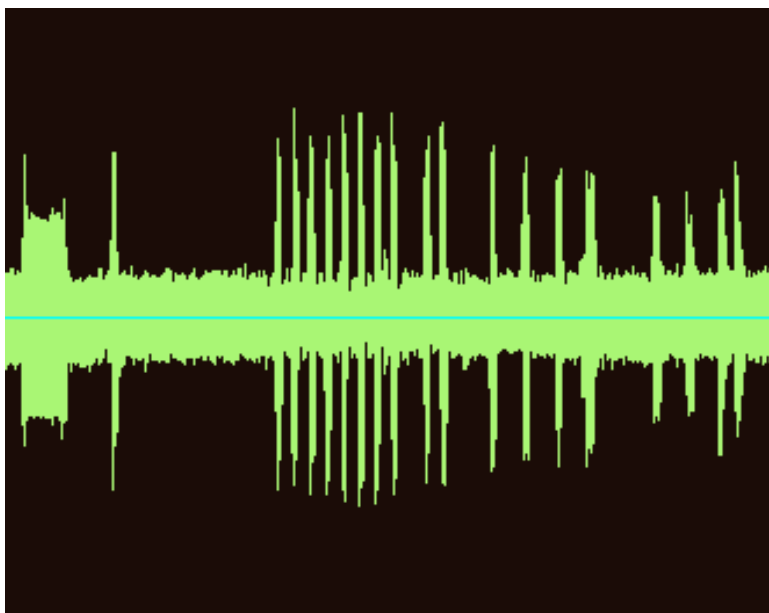
**Bild 4.2:** Gänsesignal

Das Gänseignal erhielt seinen Namen auf Grund der Tatsache, dass es bei 160-facher Abspielgeschwindigkeit wie das Schnattern von Gänsen klingt. Es handelt sich hier um eines der interessantesten Signale und soll an dieser Stelle daher etwas ausführlicher beschrieben werden.

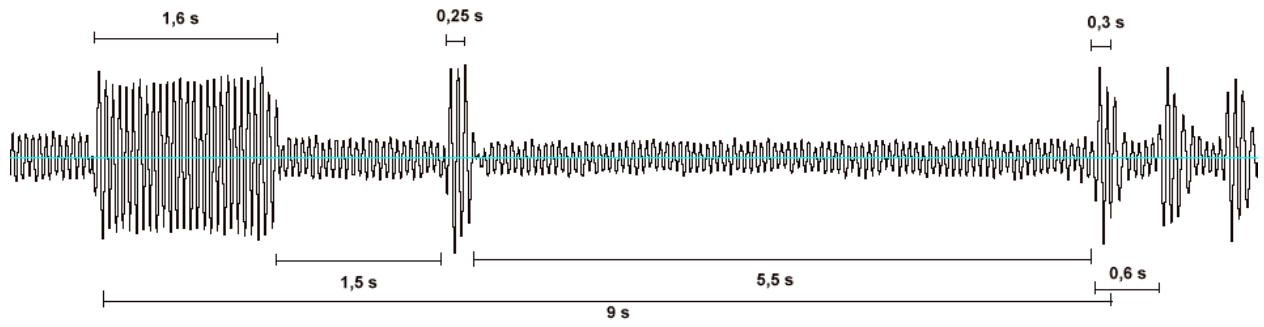
Das Signal konnte von 2001 bis zum Sommer 2007 in einem sich über 40 km erstreckenden Bereich zwischen der Region Hürtgenwald und den Städten Aachen und Heinsberg zeitsynchron gemessen werden. Am Messort Hürtgenwald (Bild oben) war es jedoch am stärksten – und zwar so stark, dass es auch mit einem normalen NF-Verstärker (Stereoanlage) hörbar gemacht werden konnte, wenn man ein kurzes Stück Draht als Antenne in den Eingang steckte. In diesem Falle war ein deutliches Brummen von 16 Hertz zu vernehmen, das ähnlich dem Schnurren einer Katze klang (Gänse laute in „Zeitlupe“).

#### 4.2.1 Struktur

In Bild 4.2 sind unterschiedliche, zeitliche Gruppierungen von Mustern zu erkennen; im Beispiel eine Einzerguppe, eine Achtergruppe, zwei Einzerguppen und wieder eine Achtergruppe. Neben diesen Gruppierungen kamen auch alle Varianten zwischen Eins und 8 vor. Die Zahl 8 stellte jedoch die Obergrenze dar. Bild 4.3 zeigt eine einzige dieser Gruppen als Zeitsignal, das eine auffällige Struktur aufweist, die sich bei allen Signalen dieses Typs in dieser bzw. ähnlicher Form wiederholt.



**Bild 4.3:** Zeitsignal einer einzigen Gänse signal-Gruppe

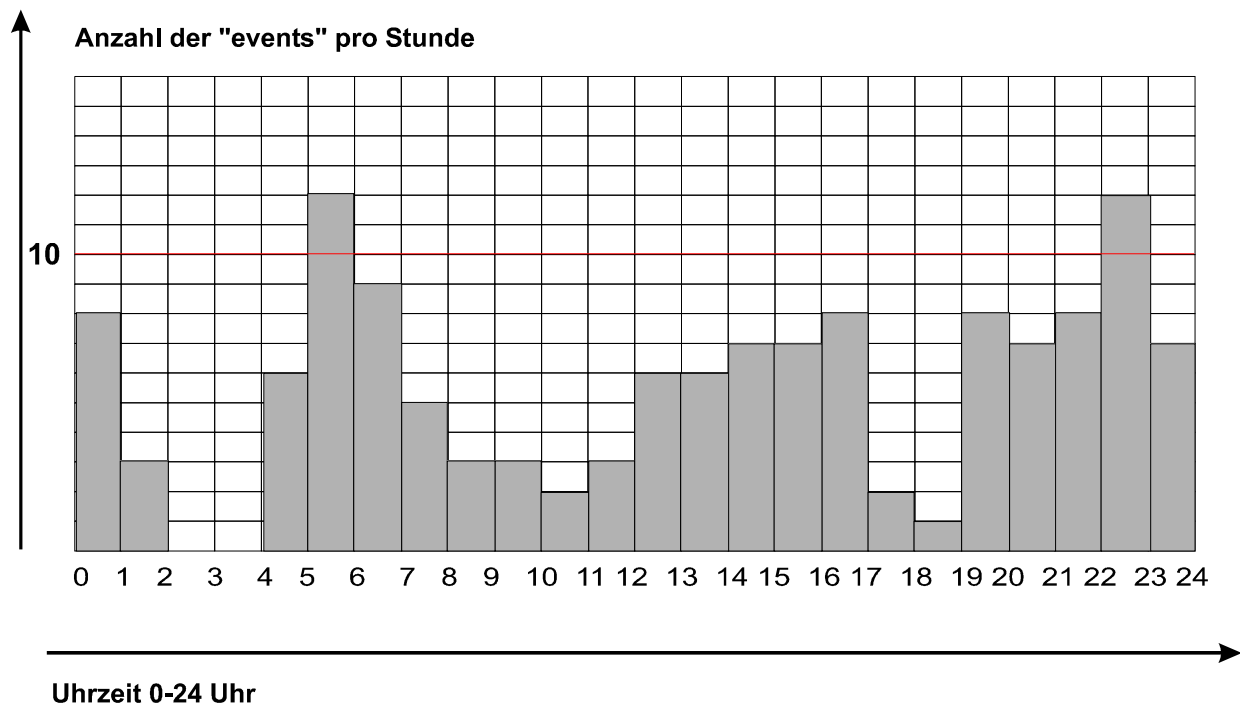


**Bild 4.4:** Zeitabschnitte innerhalb einer Gänsesignal-Gruppe

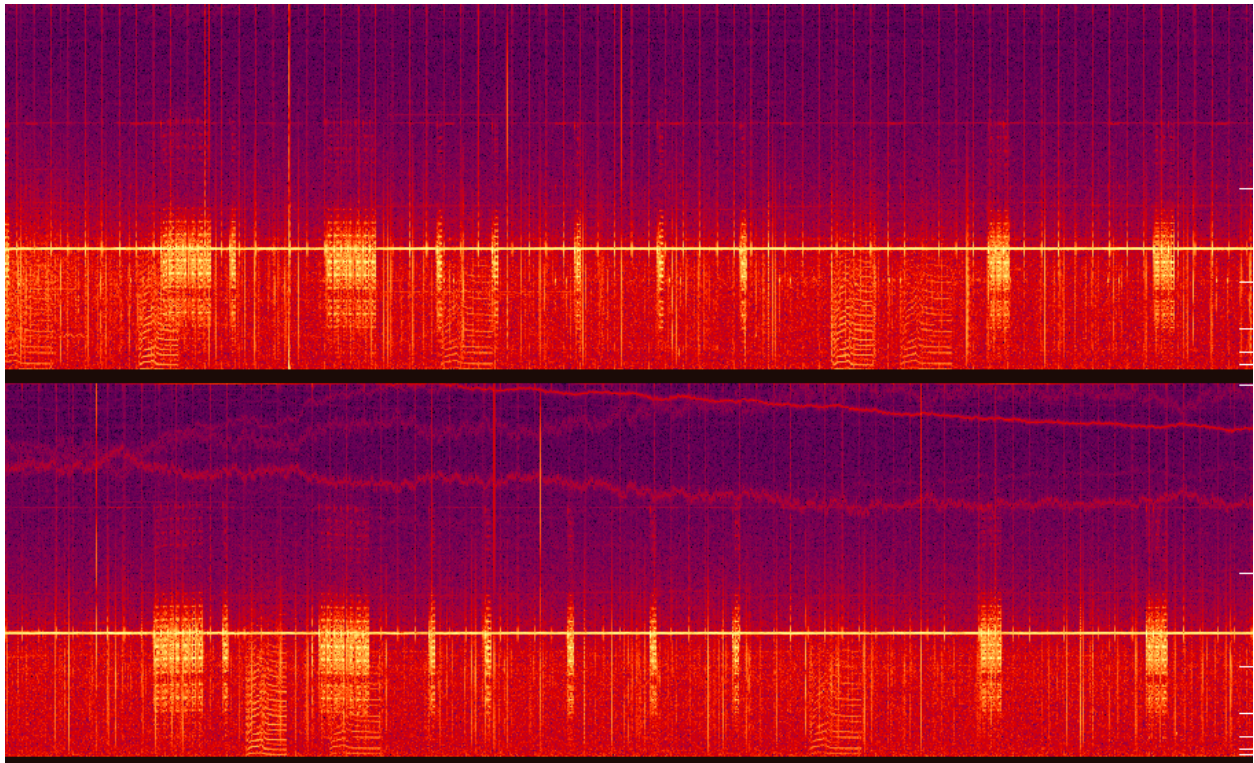
Eine Untersuchung des Zeitsignals ergab die bei jeder Gruppe stets gleich großen, in Bild 4.4 gezeigten Zeitintervalle. Die einzelnen Elemente der Gruppe bestehen aus sinusförmigen Wellenzügen mit einer Frequenz von ca. 16 Hz. Die nahe liegende Vermutung, dass die Signale etwas mit der Stromversorgung der Bahn zu tun haben, die auf der gleichen Frequenz arbeitet, erwies sich als falsch: Auch weitab von der Bahnlinie, wo das 16 Hz-Bahnsignal nicht mehr empfangen wurde, war das Gänsesignal präsent. Umgekehrt galt, dass an Orten weiter als 50 km vom vermeintlichen Zentrum des Signals auch direkt an der Bahnlinie kein Gänsesignal mehr zu empfangen war.

Da die einzelnen Gänsesignal-Gruppen sehr häufig in unregelmäßigen Abständen und Kombinationen zu empfangen waren (Bild 4.5), wurden zunächst die Empfangsdaten unterschiedlicher Tage miteinander verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass das unregelmäßige Muster des Auftretens eine große Regelmäßigkeit besaß, wenn man die empfangenen Signale im 24-Stunden-Raster miteinander verglich: Die scheinbar unregelmäßig auftretenden Gänsesignale wiederholten sich genau im Abstand von 24 Stunden. Bild 4.6 zeigt zwei Aufnahmen, die an zwei aufeinander folgenden Tagen jeweils von 23 Uhr bis Mitternacht durchgeführt wurden. Die Signale treten genau zum gleichen Zeitpunkt auf. Das gilt nicht nur für den gezeigten Zeitabschnitt, sondern für jede Stunde eines Tages. Es wurde außerdem festgestellt, dass die Signale den Zeitsprung bei der Umstellung der Uhr im März und im Oktober ebenfalls nachvollziehen.

### Häufigkeitsverteilung Goose-Signal über 24 Stunden



**Bild 4.5:** Häufigkeit des Auftretens



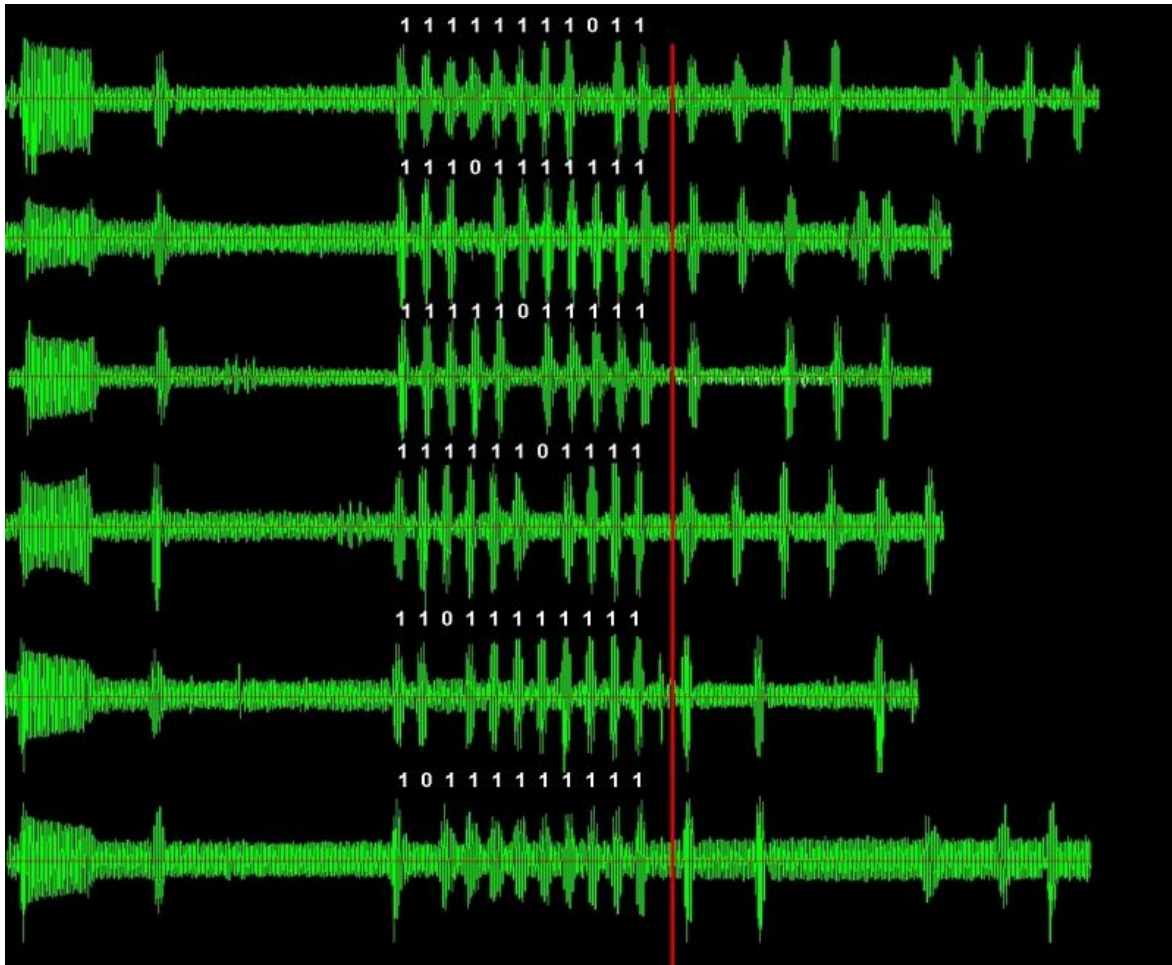
**Bild 4.6:** Regelmäßige, tägliche Wiederkehr

Doch warum erscheinen die Signale in solch unregelmäßigen Gruppierungen und Zeitintervallen? Und warum wiederholt sich dieses unregelmäßige Muster täglich? Eine nähere Betrachtung eines Gänsesignal-Elementes lässt vermuten, dass es sich eventuell um ein Steuersignal für Geräte handeln könnte, die jeden Tag zur gleichen („krummen“) Zeit einen bestimmten Befehl erhalten. Bild 4.7 zeigt, dass nach einer Art „Header“, mit dem sich das Signal ankündigt, eine Sequenz aus 11 Pulsen (16-Hz-Sinuswellen) erscheint, bei der jedesmal ein bestimmter Puls fehlt. Bei diesem fehlenden Puls könnte es sich um eine von 10 Adressen handeln, für die die anschließend folgenden Pulse bestimmt sind. Es ist uns übrigens nicht gelungen, in den sich anschließenden Impulsen (rechts der senkrechten Linie) ein bestimmtes Muster zu entdecken.

Anhand weiterer, stichprobenartiger Auswertungen konnte jedoch ermittelt werden, dass auch diese Informationen jeden Tag dieselben waren – bis auf wenige Ausnahmen.

Das Signal ist seit ungefähr August 2007 (in diesem Zeitraum wurden leider keine regelmäßigen Aufnahmen durchgeführt) nicht mehr zu empfangen. Im Oktober 2008 konnte es jedoch mit einer völlig identischen Sequenz am Empfangsort Mariadorf für zwei Tage nachgewiesen werden. Ob es sich dabei um das Signal aus Hürtgenwald handelt, ist nicht sicher, doch die mit dem Hürtgenwald-Signal völlig identische Zeitstruktur lässt diese Vermutung zu.

Durch eine Messung am Biggensee in der Nähe von Olpe (50 km östlich von Köln) konnte im Oktober 2008 ein vergleichbares, schwaches Signal gleicher Art registriert werden, das im Gegensatz zum Signal aus der Eifel statt aus acht aus maximal neun Elementen besteht (siehe Kapitel „Seltene Signale“).



**Bild 4.7:** Adressierungsmuster

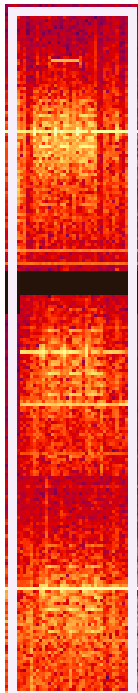


Bild 4.8 zeigt Ausschnitte von drei Gänsesignal-Aufnahmen, die, von oben nach unten, zur gleichen Zeit in Hürtgenwald, im 20 km entfernten Alsdorf und im 40 km entfernten Heinsberg (gleiche Richtung) gemacht wurden. Es ist deutlich zu erkennen dass das Signal an allen Orten zu empfangen waren, wobei die Intensität mit der Entfernung deutlich abnahm.

Es stellt sich die Frage, warum dieses Signal so stark ist. Ein „Abfallprodukt“ einer industriellen Steuerungsanlage (möglicherweise an den Stauseen in Hürtgenwald) dürfte per Gesetz höchstwahrscheinlich nicht solch hohe Stör-Emissionen erzeugen.

Um ein standardisiertes Steuerungsverfahren scheint es sich ebenfalls nicht zu handeln, da es bisher an allen anderen Orten (außer in der Nähe des Biggesees) nicht nachgewiesen werden konnte.

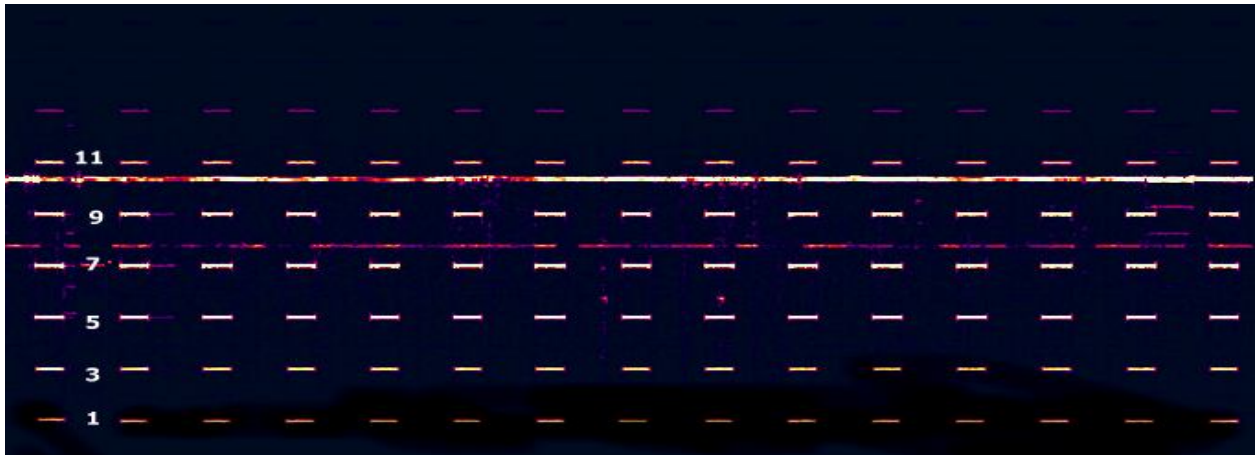
**Bild 4.8:** Drei mal „Gänse-signal“ an verschiedenen Mess-Stationen

### 4.3 Heartbeatsignal

Da dieses Signal wie ein Herzschlag-Überwachungsmonitor im Krankenhaus klingt, erhielt es den oben stehenden Namen. Man kann es getrost als das langweiligste der bisher registrierten Signale bezeichnen, da es völlig homogen aufgebaut ist, sich nicht besonders spannend anhört und keinerlei Informationen zu enthalten scheint: Es verändert sich nie. Das Spektrum macht deutlich, dass es sich hier um Rechteckschwingungen einer Frequenz von knapp über einem Hertz handelt, die für einen Zeitraum von mehreren Minuten übertragen werden. Danach folgt eine Pause, die ungefähr so lang ist wie die Zeit, in der die Signale zu empfangen waren. Danach geht es wieder von vorne los – und dies täglich über viele Stunden, wobei auch hier wieder die „Sendungen“ zu völlig unregelmäßigen Uhrzeiten und mit unregelmäßiger Dauer erfolgen, was eine Auswertung zahlreicher Aufzeichnungen ergab.

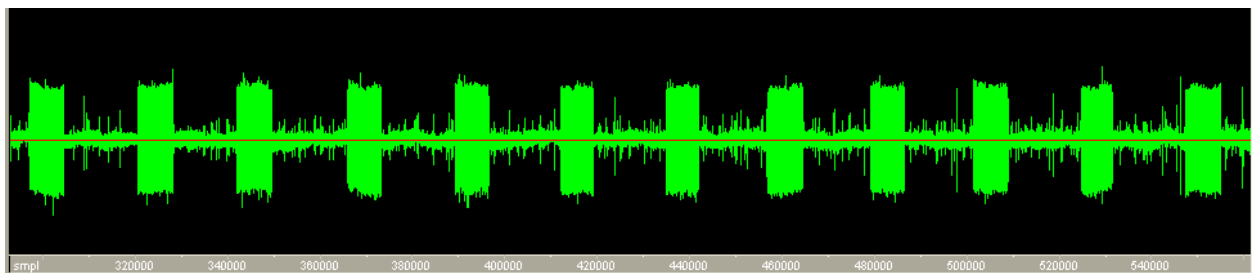
Merkwürdig ist, dass das Heartbeatsignal erst im Jahre 2004 zum ersten Mal erschien. Damals nur in den frühen Morgenstunden zwischen 6 und 7 Uhr. Im Laufe der folgenden Monate war es dann auch immer öfter tagsüber bis in den späten Abend zu hören. Inzwischen ist es so präsent, dass es bereits als Störfaktor für andere, interessantere aber schwächere Signale angesehen werden kann. Doch nicht nur in der Zeit, auch im Raum scheint sich dieses Signal breit gemacht zu haben: Es konnte von uns bisher an allen Orten in Deutschland, an denen wir Aufnahmen machten, registriert worden - sogar in Südfrankreich (siehe unten).

Wichtig erscheint dabei die Tatsache, dass es sich hier nicht um ein zentrales Signal, sondern um verschiedene lokale Signale handelt. An den Wohnplätzen von Herrn Diedrich und Herrn Zantis wurden (im Abstand von 800 Metern) zeitgleiche Messungen durchgeführt. Beide Messungen ließen ein Heartbeatsignal erkennen, doch bestand zwischen beiden Signalen keine zeitliche Synchronität: Sie traten zu verschiedenen Zeiten mit unterschiedlicher Dauer auf. Doch damit nicht genug: Eine kürzlich erfolgte Messung ergab, dass bereits in einer Entfernung von knapp hundert Metern bereits völlig unabhängig voneinander auftretende Heartbeat-Signale erscheinen können. Oft sind auch auf einer einzigen Messung verschiedene Heartbeat-Signale unterschiedlicher Intensität zu erkennen, die ohne erkennbare Korrelation unabhängig voneinander auftreten. Interessant ist die Tatsache, dass all diese Signale in ganz Deutschland (und Frankreich) stets mit gleicher Grundfrequenz und gleichen Oberwellen erscheinen.



**Bild 4.9:** Heartbeatsignal-Spektrum. Ein "Piepton" dauert in Echtzeit etwa 1,5 Minuten.

Die Zahlen in Bild 4.9 stehen für die typischen, ungeradzahigen Frequenzen der Oberwellen eines Rechtecksignals. Auf Grund der Eigenschaften der Empfangsspule werden die Frequenzen unterhalb von ca. 5 Hz nicht mehr proportional wiedergegeben. Der Fehler wurde in einer aktuellen Schaltungsvariante bis zu einer Frequenz von ca. 1 Hz weitgehend kompensiert. Im oberen Bereich (über der 16-Hz-Bahn-Linie) beginnt bereits die Wirkung des steilen Tiefpass-Filters im Empfänger einzusetzen.



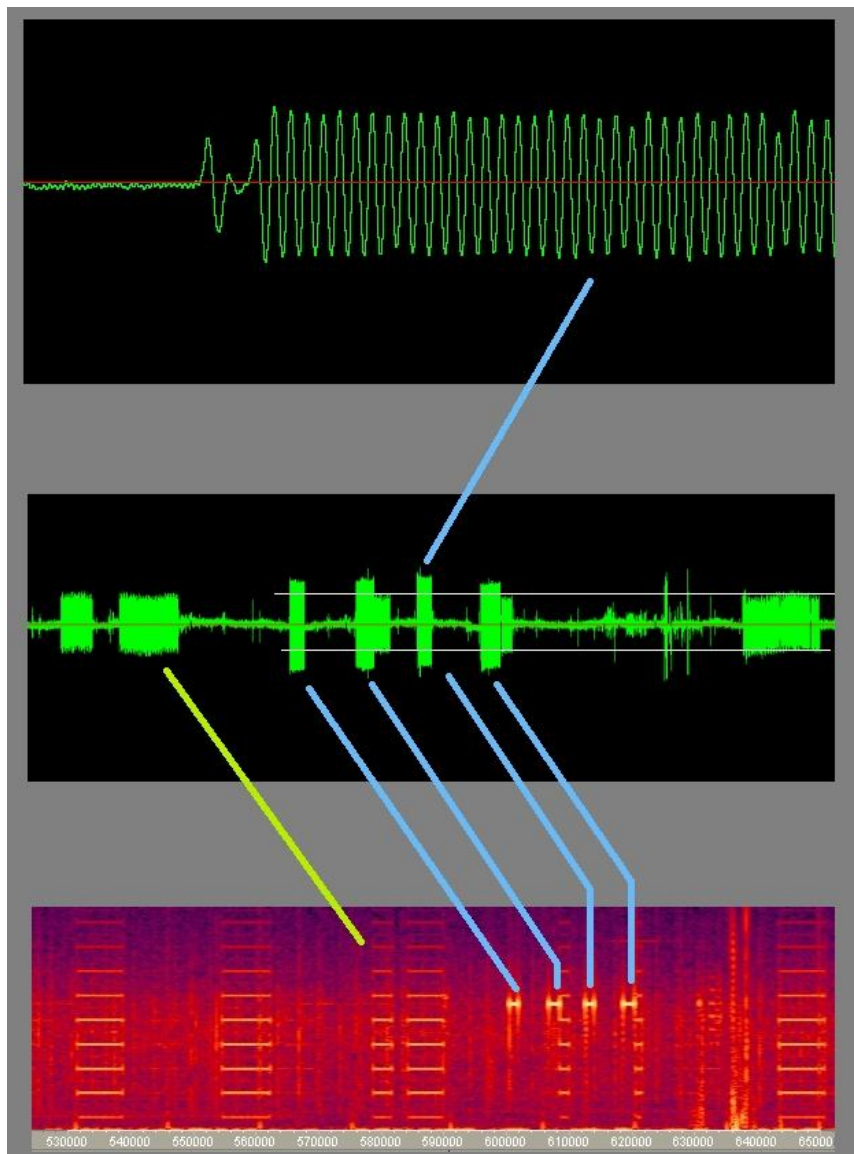
**Bild 4.10:** Heartbeat-Zeitsignal

### 4.3.1 Besonderheiten in Verbindung mit dem Heartbeatsignal

In Verbindung mit dem Heartbeat-Signal erscheinen kurzzeitig und unregelmäßig Sinussignale, deren Intensität geringfügig höher ist als diejenige des Heartbeat-Signals, und deren Frequenz genau  $16 \frac{2}{3}$  Hz beträgt. Ursprüngliche Vermutungen, dass es sich dabei um einen temporären Anstieg der Intensität des Versorgungsstromes der Bahnlinie handelt, wurden durch weitere Messungen widerlegt: Die starken Signale treten in Verbindung mit dem Heartbeat-Signal auch in Gegenden auf, in welchen ein Bahnsignal auf Grund größerer Entfernungen zu den Gleisen nicht nachweisbar war. Das folgende Bild (4.11) zeigt in seiner Mitte das Zeitsignal eines starken "Heartbeats", in welchem vier kurze  $16 \frac{2}{3}$ -Hz-Signale eingelagert sind.

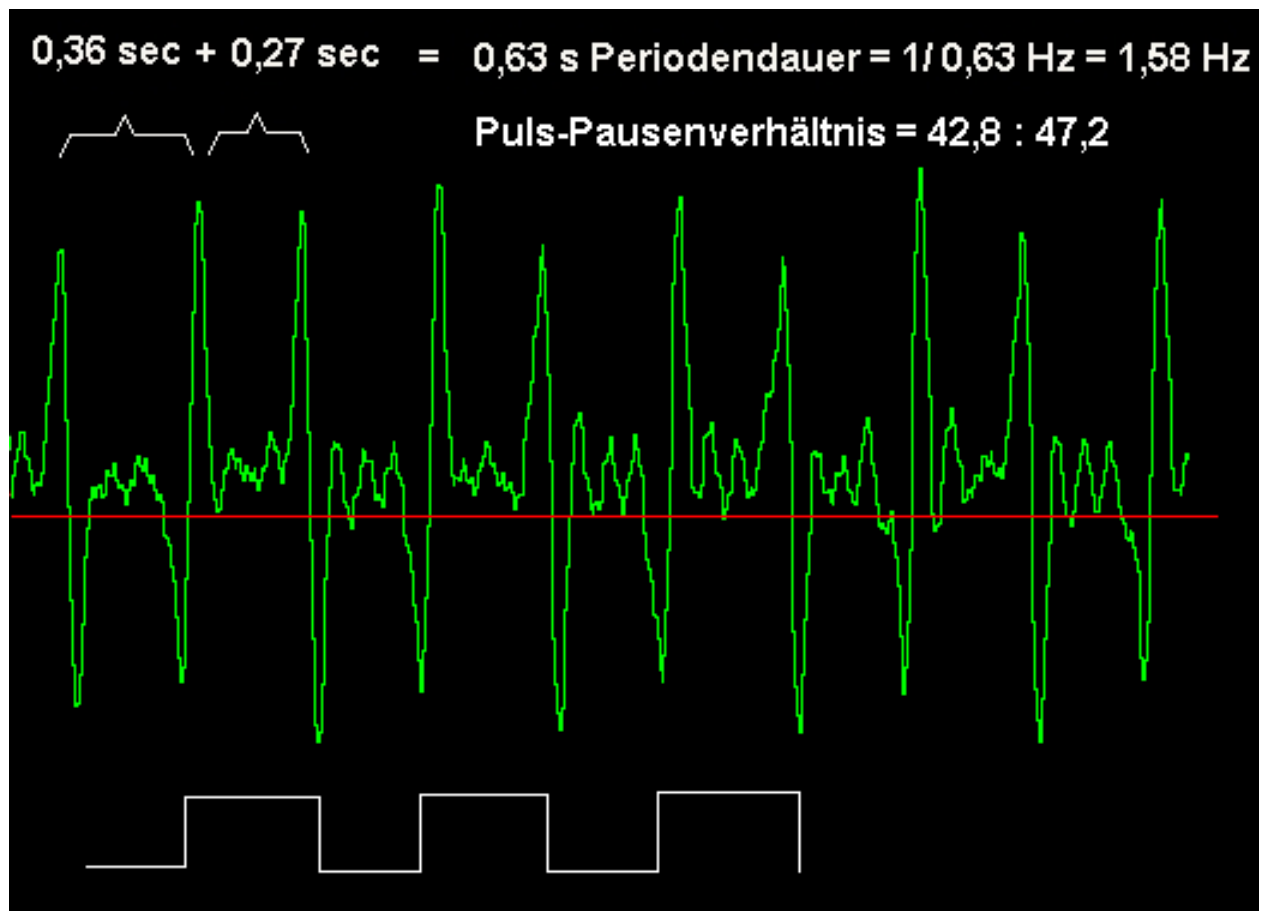


Es ist deutlich zu erkennen, dass die Intensität dieser Signale höher als diejenige der restlichen Signale ist, ein Sachverhalt, der auch durch zahlreiche Messungen an anderen Orten bestätigt wurde. Das darüber liegende Zeitsignal zeigt im Zoom den sinusförmigen Verlauf des 16-2/3-Hz-Signals. Ganz unten erkennt man anhand der höheren Helligkeit auch im Spektrum sehr deutlich die hohe Signalstärke. In einigen Fällen war das 16-Hz-Signal mit einer starken Amplitudenmodulation von einigen Hertz versehen.



**Bild 4.11:** Starker 16-Hz-Ton vor, nach und während des Heartbeat-Signals

### 4.3.2 Messungen der Signalparameter

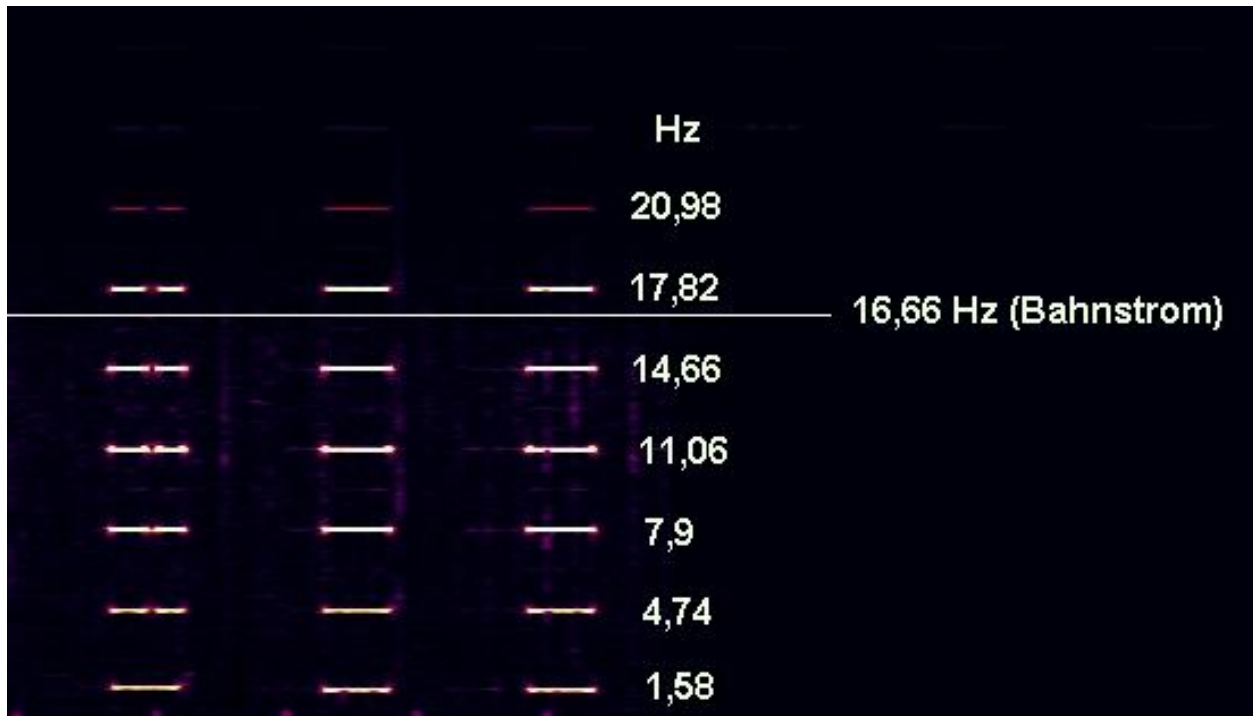


4.12: Puls-Pausenverhältnis

Das Bild oben (4.12) zeigt einen Teil des Heartbeat-Signals im zeitlichen Zoom. Deutlich ist ein Wechsel von positiven und negativen Impulsen zu erkennen. Solche Impulse ergeben sich zum Beispiel, wenn ein Rechtecksignal (Strom ein – Strom aus usw.) durch eine Spule wie die verwendete Antennenspule differenziert wird, wobei die positiven und negativen Flanken des Rechtecksignals in positive und negative Impulse umgewandelt werden. Das Differenzieren bewirkt, und dies gilt für alle Signale, lediglich eine Phasenverschiebung der Oberwellen; am Spektrum und damit am Klang eines Signals ändert dieser Differenzierungsvorgang jedoch nichts.

Zeitmessungen ergaben, dass das Signal (bisher überall und immer) in seiner Grundfrequenz einen Wert von 1,58 Hz aufweist, wobei das Puls-Pausenverhältnis eine leichte Asymmetrie besitzt (ca. 43 zu 47 Prozent).

Das Bild unten (4.13) zeigt noch einmal einen Ausschnitt aus dem Spektrum des Heartbeat-Signals, wobei die Frequenzen des Grundtons und der einzelnen Oberwellen eingezeichnet wurden. Die ungeraden Oberwellen sind typisch für ein Rechtecksignal



**Bild 4.13:** Spektrallinien und ihre Frequenzen

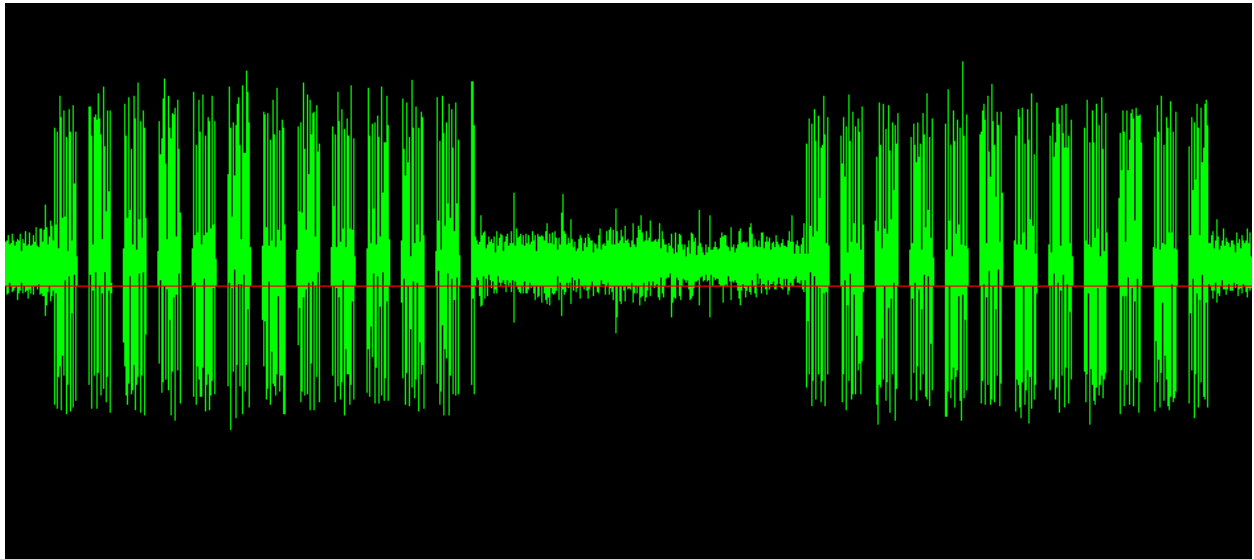
Ob das Signal jedoch wirklich als Rechtecksignal oder als Folge von Pulsen ausgesendet wird, kann mit Sicherheit nicht gesagt werden: In beiden Fällen sind Klang und Spektrum gleich. Ein Rechteck-Signal wäre jedoch nahe liegender, das es ganz leicht zu erzeugen ist, wenn ein durch die Erde fließender Strom periodisch ein- und ausgeschaltet würde. Sicher wäre eine technische Einrichtung denkbar, bei der sich, aus welchem Grund auch immer, solche Vorgänge abspielen.

### 4.3.3 Mögliche Informationscodierung?

Dass dieses Signal technischer Natur ist und keinerlei Informationen überträgt, lässt ein Blick auf das Spektrum bereits vermuten: Es ist immer gleich aufgebaut. Auch eine Untersuchung auf eine mögliche Phasenmodulation brachte keinen Erfolg: die Periodendauer sowie das Puls-Pausenverhältnis sind stets konstant.

Beim Vergleich der Anzahl der Impulse mehrerer „Beep“-Phasen fiel jedoch auf, dass diese zwischen 114 und 122 variierte. Das kann natürlich auch Zufall sein, doch wenn nicht, dann wäre diese Art der Informationsübertragung sehr ineffizient: Da eine Beep-Phase fast eine Minute dauert, wird auch pro Minute nur eine einzige Zahl (ein einziges Zeichen) übertragen.

Im Bild unten (4.14) wurden zwei aufeinanderfolgende Beep-Sequenzen (dies entspricht zwei „Leitern“ im Spektrum) nach jeweils zehn Impulspaaren durch eingefügte Pausen untergliedert. Auf diese Weise lässt sich die Anzahl der Pulse leichter zählen. Bei der linken Folge ergeben sich 12 „Zehnerbündel“ und noch ein kleiner Rest von zwei Einzelimpulsen – das ergibt zusammen 122 Pulse. Im rechten „Paket“ lassen sich 11 Zehnerbündel abzählen. Es bleiben noch 9 Einzelimpulse (auf Grund der Größe des Bildes nicht mehr zu erkennen), so dass hier lediglich 119 Pulse vorliegen.



**Bild 4.14:** Aufspaltung in „Zehnerpakete“

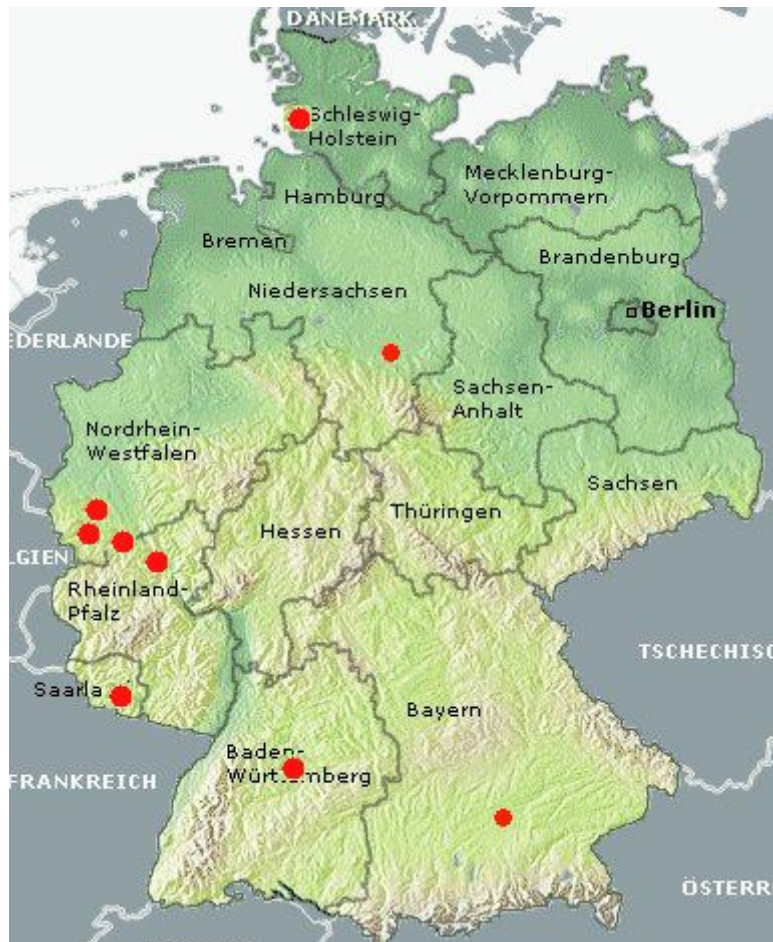
#### 4.3.4 Regionales Auftreten der Heartbeatsignale

Angesichts der interessanten Messergebnisse im Raum Aachen war es für uns natürlich interessant, zu erfahren, ob gleiche oder ähnliche Signale auch an anderen, weiter entfernten Orten zu messen sind. In der Nähe von Stuttgart wurden im Jahre 2001 zwar bereits schon Messungen durchgeführt, aber da sich die Empfangstechnik inzwischen stark verbessert hat, sind die alten Daten mittlerweile nicht mehr sehr aussagekräftig.

Da gezielte, speziell zu Messzwecken dienende Reisen aus zeitlichen Gründen nicht möglich und außerdem kaum finanzierbar sind, wurden Urlaubs- und Geschäftsreisen genutzt, um ganz nebenbei zu erkunden, ob an den betreffenden Orten Signale im ELF-Bereich registriert werden können. Die Ergebnisse waren, um es vorwegzunehmen, äußerst überraschend und werden gesondert dokumentiert. Im Folgenden eine Liste von Orten, an denen das Heartbeatsignal zu empfangen war. Dass die Signale in den meisten Fällen nur sehr schwach auftraten, besagt nichts, denn wahrscheinlich befanden sich die Aufnahme-Orte (zum Beispiel Hotelzimmer) einfach nur ein paar zig-Meter zu weit von der betreffenden Quelle entfernt.

Dudweiler (Saarland):	2005 sehr deutlich
Dremmen (Rheinland):	2005 sehr deutlich
Heimertzheim (bei Bonn):	2005 extrem stark
Bübingen (Saarland):	2006 deutlich
Büsum (Schleswig Holstein):	2006 sehr schwach
Allershausen (Bayern):	2006 sehr deutlich
Gerlingen (bei Stuttgart):	2007 schwach
St. Marie (Südfrankreich):	2007 sehr schwach
Bierbergen (Nähe Hildesheim):	2007 schwach
Gressenich (Großraum Aachen):	2008 deutlich

Eschweiler Stadt (bei Aachen): 2008 deutlich

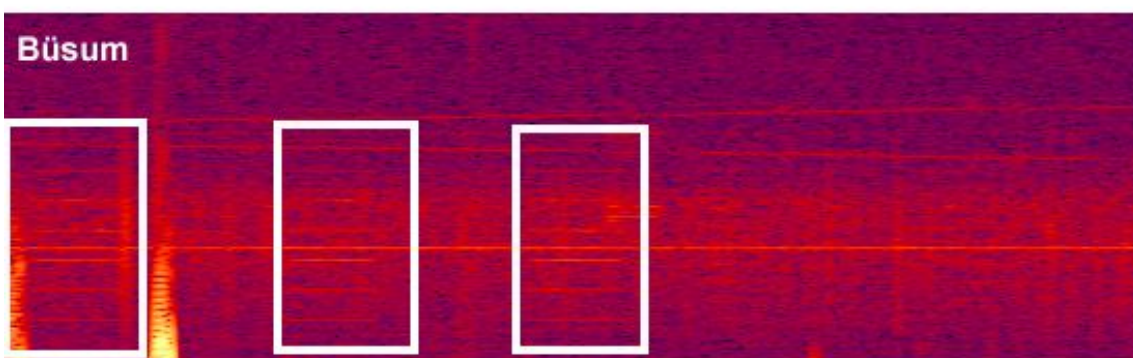
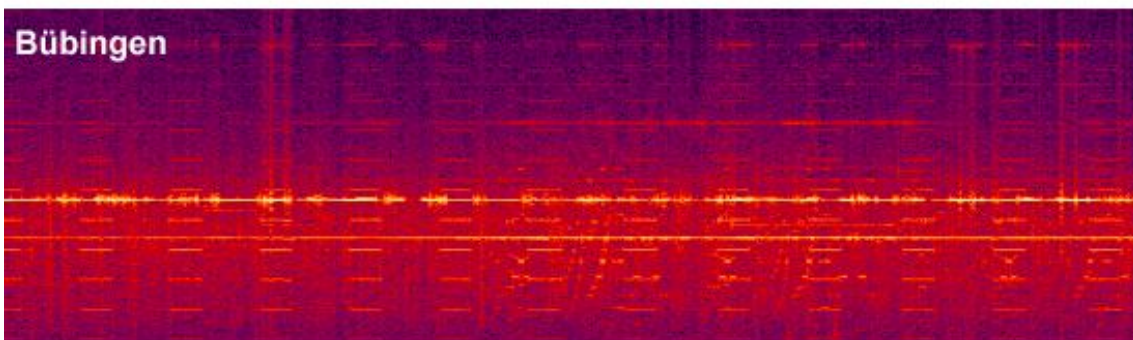
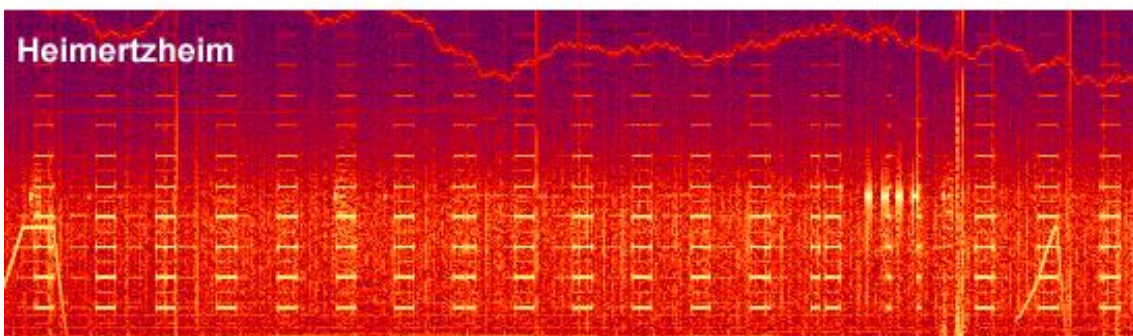
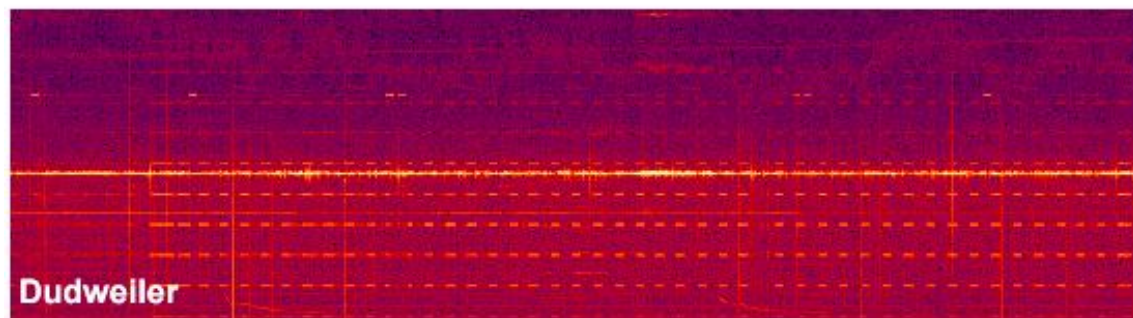
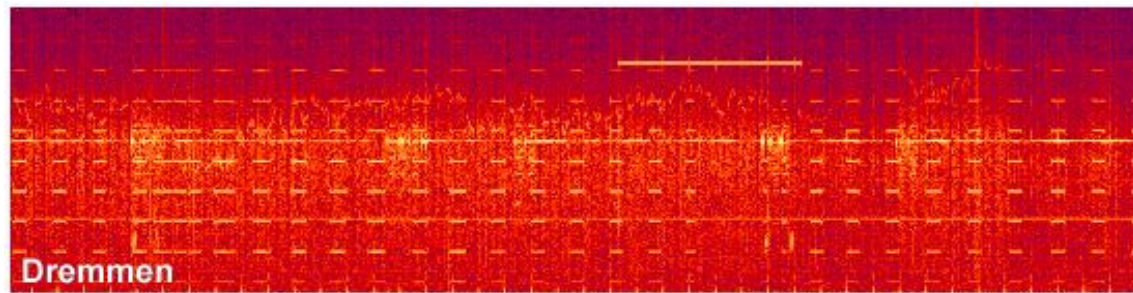


**Bild 4.15:** Deutschlandweiter Empfang des Heartbeat-Signals

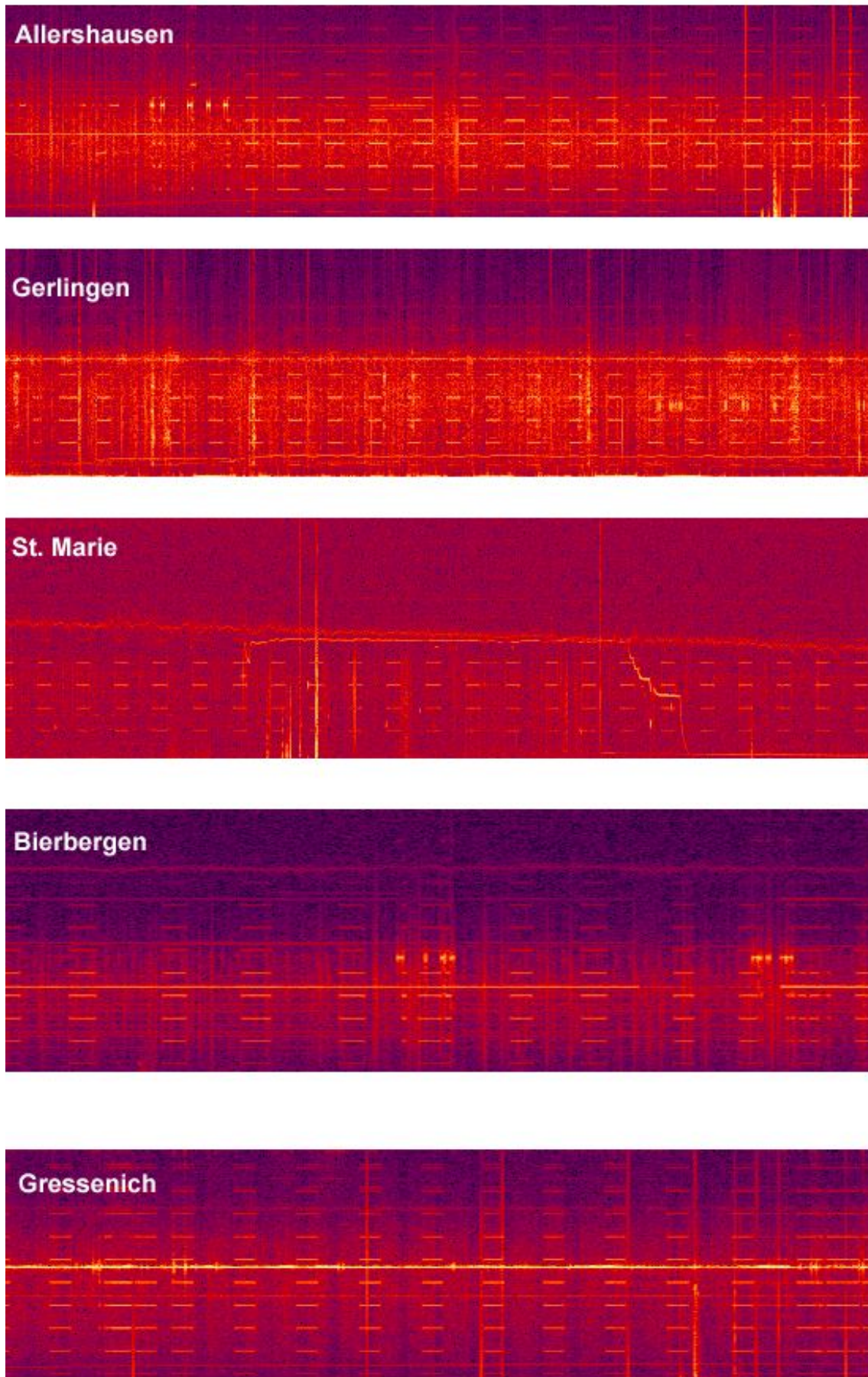
In der oben abgebildeten Deutschlandkarte sind die in der Liste aufgeführten Orte grob schematisch markiert. Hinzu kommt noch der in der Karte nicht sichtbare Ort St. Marie in Südfrankreich.

Sowohl in Büsum als auch in St. Marie (beide Orte liegen direkt am Meer) fehlte das 16-Hz-Signal der Eisenbahn völlig. Trotzdem waren auch hier in beiden Fällen die bereits erwähnten, starken 16-Hz-Signale, die in Verbindung mit dem Heartbeat-Signal auftraten, deutlich zu erkennen; ein Hinweis dafür, dass diese Signale nicht mit der Bahntechnik in Verbindung stehen.

Die unten stehenden Abbildungen zeigen die Spektren der Heartbeat-Signale, die an den oben genannten Orten aufgenommen wurden. Auf Grund verschiedener Zeit-Ausschnitte sind die gezeigten Signale nur scheinbar unterschiedlich lang.



**Bild 4.16a:** Heartbeat-Signale an verschiedenen Orten



**Bild 4.16 b:** Heartbeat-Signale an verschiedenen Orten

### 4.3.5 Beschreibung der Signale in den Bildern 4.16a und -b

#### **Dremmen**

Dremmen ist der Ort, an dem die ersten Empfangsversuche durchgeführt wurden. Auf Grund der verbesserten Leistungsfähigkeit des Empfängers konnte nun auch dort im Jahre 2005 das Heartbeatsignal registriert werden. Deutlich sind die Bereiche hoher Amplitude bei  $16 \frac{2}{3}$  Hz zu erkennen. Der Ursprung der auffallend kräftigen Linie oberhalb 20 Hz ist unbekannt. Die Aufnahme wurde an einem Samstagnachmittag durchgeführt.

#### **Dudweiler**

Die Signale wurden am Rand der etwa 35000 Einwohner zählenden Stadt in der Nähe von Saarbrücken gemessen. Direkt am Messort beginnt ein großes Waldgebiet, in welchem auch die große, etwa 1 km entfernte Universität des Saarlandes gelegen ist. Die Signale erschienen, wie auch in der Aachener Region sehr häufig, in den frühen Morgenstunden eines Sonntags.

#### **Heimerzheim**

Ein kleiner Ort in der Nähe von Bonn im ländlichen Tal der Swist, der im Westen allerdings von der stark befahrenen Autobahn Köln-Koblenz begrenzt ist. Die Messung wurde in einem Haus am östlichen Rande des Ortes durchgeführt. Die Grenze zu den weitläufigen, landwirtschaftlichen Feldern, die den Ort umgeben, ist nur etwa 100 m entfernt. In der Umgebung, eine typische Wohngegend, befinden sich ausschließlich kleine Einfamilienhäuser.

Die hier gemessenen Heartbeat-Signale gehörten zu den stärksten, die jemals außerhalb von Hürtgenwald registriert wurden. Die Signalquelle muss sich demnach wahrscheinlich nur in geringer Entfernung des Messortes befunden haben. Obwohl die 16-Hz-Linie der Bahn kaum zu erkennen ist, fallen auch hier deutlich die mit dem Heartbeat-Signal scheinbar in Verbindung stehenden 16-Hz-Wellenpakete auf.

#### **Bübingen**

Ein kleiner Ort im Tal der Saar wenige Kilometer südöstlich von Saarbrücken gelegen. Das Haus, in dem die Messungen durchgeführt wurden, befand sich an einem Hang des Saartals etwa 100 m über Flussniveau. Die Umgebung ist eine reine Wohngegend, an die sich hangaufwärts in etwa 100 Metern Entfernung ein Waldgebiet anschließt. Die Signale sind hier sehr schwach zu erkennen, woraus auf eine größere Entfernung der Signalquelle geschlossen werden kann.

#### **Büsum**

Beliebtes Senioren-Seebad an der Nordseeküste (Schleswig Holstein) nördlich der Elbmündung. Die Aufnahmen wurden etwa 500 m vom Strand (Wattenmeer) entfernt in einem freistehenden Gebäude inmitten eines dünn besiedelten Wohngebietes durchgeführt. Das Signal (umrandet) hebt sich kaum aus dem Grundrauschen hervor, so dass sich auch hier die Signalquelle vermutlich weiter als 100 m entfernt befinden haben muss.



**Allershausen**

Kleiner Ort in ländlicher Umgebung nördlich von München. Der Messort war ein Hotel, das an der einzigen Straße des Ortes gelegen war. Auch hier wieder die typischen, starken Signale bei 16 Hz.

**Gerlingen**

Kleinstadt in der Nähe von Stuttgart. Die Aufnahmen wurden in einem Hotel im Stadtzentrum durchgeführt. Neben dem gezeigten Signal enthalten die Aufzeichnungen aus Gerlingen noch wesentlich interessantere Signale, bei denen es sich um einen pulsformig modulierten Träger (Bursts) handelt. Diese Signale werden an anderer Stelle dieser Dokumentation beschrieben.

**St. Marie, Mittelmeerküste**

Bisher einzige Aufnahme, die außerhalb von Deutschland an der französischen Mittelmeerküste in der Nähe von Perpignan durchgeführt wurde. Das gezeigte Signal trat trotz einer fast einwöchigen Messung nur selten auf. Alle an diesem Ort (Ferien-Wohngebiet mit kleinen Einfamilienhäusern, keine Industrie) registrierten Signale waren genau so schwach wie das im Bild gezeigte Signal.

**Bierbergen**

Kleines Dorf in der Nähe von Hildesheim. Dünn besiedelte, landwirtschaftlich genutzte Umgebung; keine Industrie. Die Aufnahmen wurden auf einem Bauernhof durchgeführt. Bemerkenswert: Trotz der fehlenden 16-Hz-Bahnfrequenz ist das starke 16-Hz-Signal, das mit dem Heartbeat-Signal zusammen auftritt, deutlich zu erkennen.

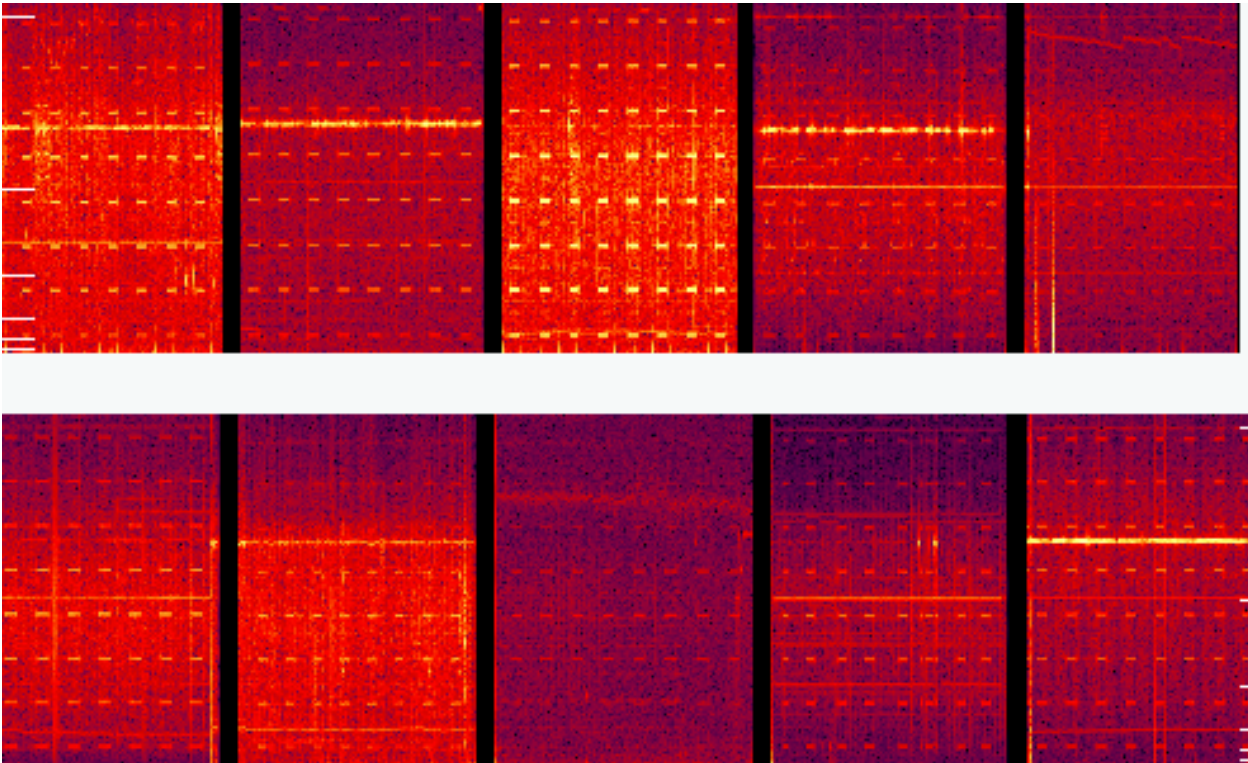
**Gressenich**

Dieses Signal gehört strenggenommen nicht in die Kategorie „Signale in anderen Regionen“, da sich der Ort nur wenige Kilometer von der Grenze der Verbandsgemeinde Hürtgenwald entfernt befindet. Die Messung soll untermauern, dass das betreffende Signal fast überall vorkommt.

Neben diesen Messungen existieren jedoch auch Messungen von anderen Orten in Deutschland, an denen zwar interessante Signale auftraten, nicht jedoch das oben gezeigte Heartbeat-Signal; so zum Beispiel in Zierenberg bei Kassel und am Biggensee im Sauerland.

### 4.3.6 Vergleich der Intensitäten

Im folgenden Bild (4.17) wurde die Intensität der Heartbeatsignale an den oben gezeigten Orten miteinander verglichen. Je heller die Linien, desto stärker das Signal am Empfänger. Die Reihenfolge im Bild entspricht der Reihenfolge der oben betrachteten Orte. Es ist unschwer zu erkennen, dass die Signale in Heimerzheim am stärksten sind. Dies macht jedoch keine Aussage über die wirkliche Stärke der Signale: Da der Ort der Signalquellen nicht bekannt ist und die Empfangsstärke natürlich stark von der Entfernung zu dieser Quelle abhängt, lassen sich genaue Aussagen erst bei vergleichenden Messungen direkt an den Quellen machen.



**Bild 4.17:** Relativer Intensitätsvergleich der Heartbeat-Signale

## 4.4 Pfeifer-Signal

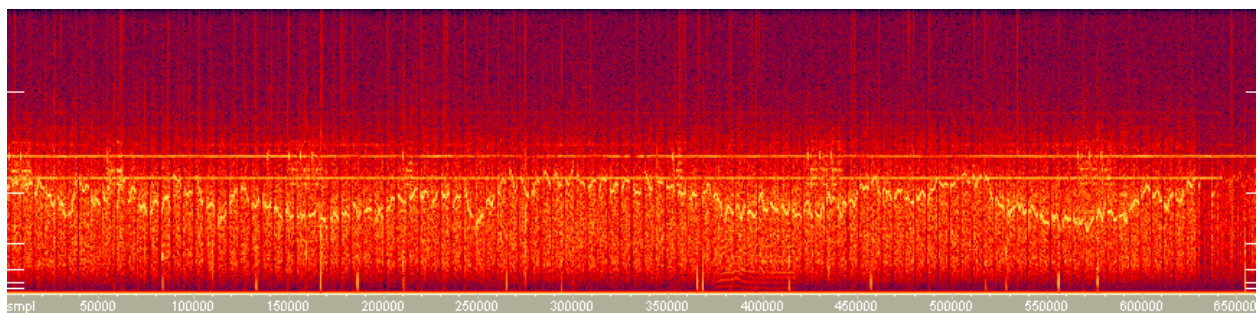
Zweifellos das interessanteste der bisher empfangenen Signale, da sich die einzelnen Sendungen stets voneinander unterschieden und kein einziges Mal übereinstimmten. Das Signal wurde im Jahre 2004 erstmals in Hürtgenwald empfangen. Im Verlaufe des Jahres 2005 verschwand es dann wieder, tauchte aber später wesentlich schwächer und in etwas variiertes Form gelegentlich auch bei Messungen an anderen Orten (z.B. Mariadorf) auf.

### 4.4.1 Sendezeiten

Das Pfeifer-Signal erschien nur tagsüber. Ob es täglich auftrat, ist unbekannt, da keine permanenten täglichen Messungen durchgeführt wurden. Da ich an Werktagen wegen meines Berufes außer Hause bin, hatte ich einfach nicht den Mut, meinen PC den ganzen Tag über unbeaufsichtigt laufen zu lassen. Heute ärgere ich mich darüber. Jedenfalls tauchte das Signal im Jahre 2004 jedes Mal zuverlässig auf, wenn ich die Gelegenheit hatte, tagsüber auf Empfang zu gehen – an Wochenenden, Feiertagen und im Urlaub. Entweder erschien das Signal am Morgen oder am Nachmittag. Man konnte jedoch niemals vorhersagen, zu welcher Tages- und Uhrzeit es auftrat. Auch die Dauer der Sendungen war unterschiedlich. Sie war niemals gleich, sondern variierte zwischen etwa 2 und 4 Stunden.

### 4.4.2 Höreindruck

Mit 160-facher Geschwindigkeit abgespielt hört sich das Signal, wie der Name schon ahnen lässt, wie eine gepfeifene Melodie an, wobei die Pfeiftöne von einem schwachen Rauschen überlagert sind. Die Melodie klingt jedoch nicht sehr melodisch: Jeder einzelne Pfiff ist, wie die gezoomten Grafiken noch zeigen werden, durch eine Linie von (bei schnellem Abspielen) etwa 0,2 Sekunden Dauer gekennzeichnet. Es folgt eine noch wesentlich kürzere Pause bis zum nächsten Pfeifton.



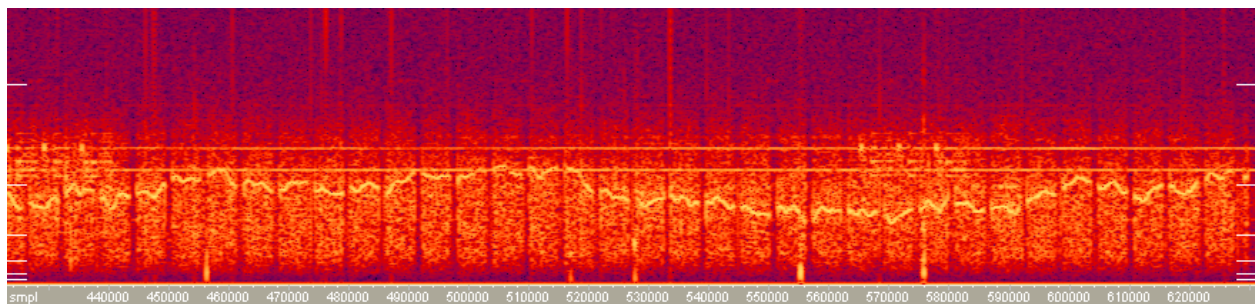
**Bild 4.18**

Auffallend ist, dass sich die Töne während der kurzen Dauer des "Pfeiffs" zum Teil in ihrer Frequenz leicht verändern: Sie steigen, fallen oder machen einen "Schlenker" und kehren zur ursprünglichen Tonhöhe zurück. Es fällt weiter auf, dass der darauf folgende Ton genau mit der Frequenz einsetzt, mit welcher der Vorhergehende endet. Handelt es sich dabei um ansteigende oder abfallende Pfeifsignale, so ergibt sich

zwangsweise eine ansteigende oder abfallende Frequenz-Linie, wie im Bild oben gut zu erkennen ist.

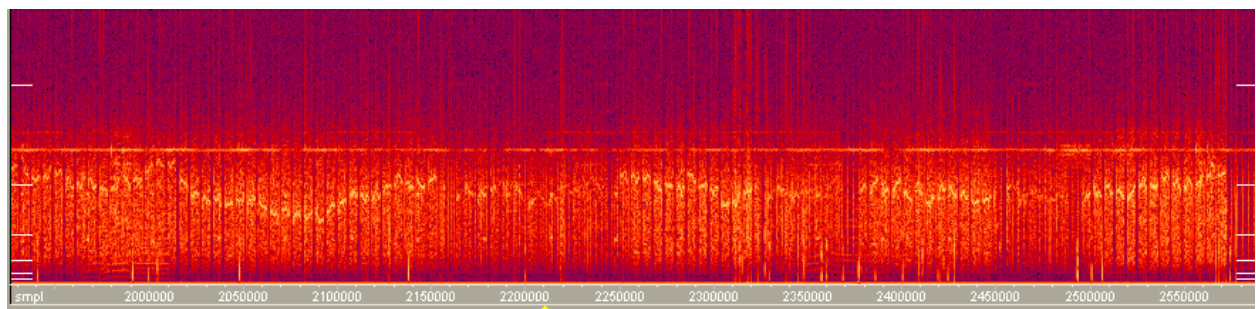
Zuerst vermutete ich, dass die absolute Frequenz der Pfeife eine Art Codierung darstellt. Doch dann ergäbe sich ein sprunghafter und nicht ein kontinuierlicher Frequenzverlauf der Gesamtkurve. Das Ansteigen und Abfallen der Kurve ergibt sich vielmehr, so meine Ansicht, zwangsweise und ist bedingt durch die verwendeten "Pfeifbuchstaben". Was darunter zu verstehen ist, wird noch ausführlich erläutert.

Betrachten wir im folgenden Screenshot (4.19) die oben gezeigten Pfeifgeräusche im Zoom: Jetzt erkennt man ganz deutlich die einzelnen, in ihrer Frequenz modulierten Pfeiftöne mit dem überlagerten Rauschen und den kurzen Pausen dazwischen.



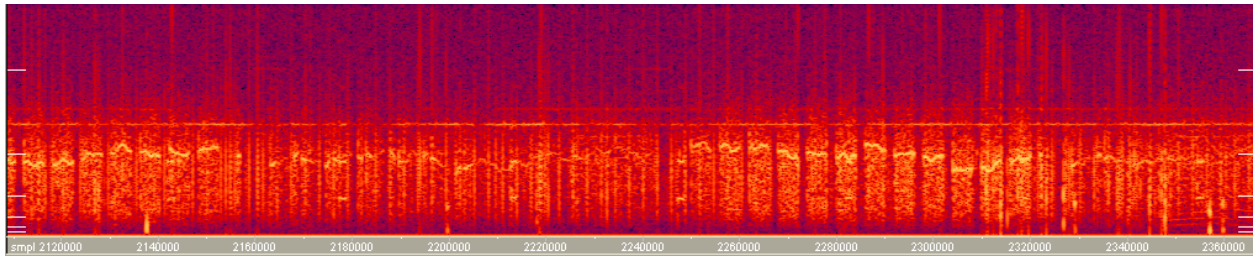
**Bild 4.19**

Interessant ist dabei auch die über einen längeren Zeitraum sichtbare, zeitliche Struktur: Während die "Sendung" mit einer langen Sequenz aus cirka 70 Pfeifen beginnt, folgt eine Pause, die etwa 12 Pfeife lang ist. Anschließend folgen drei Pfeifsequenzen, die jeweils nur 11 bis 13 Pfeife umfassen und zwischen denen eine Pause von etwa 6 Pfeifen herrscht (Bild unten). Die meisten der empfangenen Pfeifersequenzen gehorchten diesem Muster.

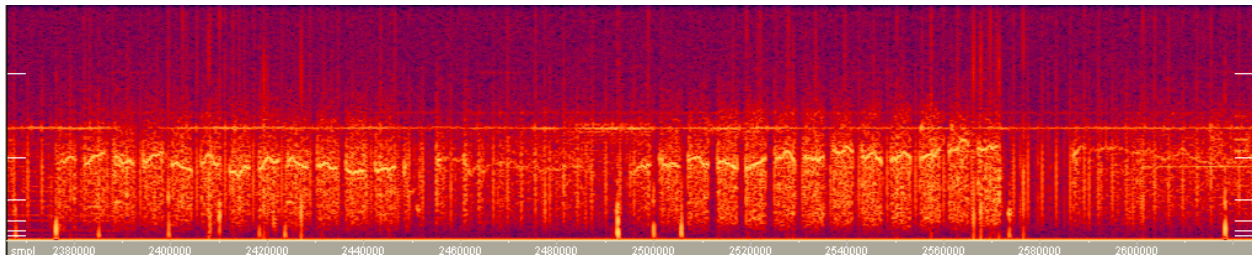


**Bild 4.20**

Wenn man genau hinschaut (Bilder unten; beim Hören wird es noch deutlicher), erkennt man in den Pausen weitere Pfeifer-Signale, die jedoch sehr schwach sind und sich wie die "Antwort" einer vermeintlichen "Gegenstation" anhören. Ob dies jedoch wirklich der Fall ist, sei dahingestellt, da man auch als Wissenschaftler nicht davor gefeit ist, Wunsch und Realität zu verwechseln.



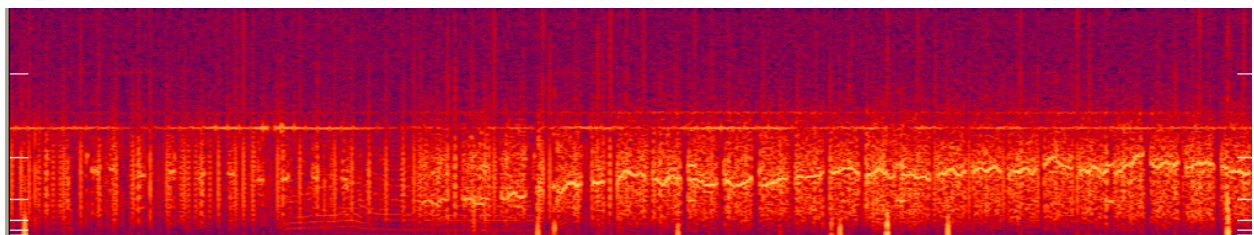
**Bild 4.21**



**Bild 4.22:** Antwort zwischen den Pausen (siehe auch vorhergehendes Bild)?

Von besonderem Interesse ist auch der Beginn einer Pfeifsignal-Übertragung: Das Bild unten zeigt die ersten Pfeife einer längeren Sequenz. Ganz links im Bild erkennt man eine Reihe kleiner Punkte. Hierbei handelt es sich um mehrere kurze Pfeiftöne, die sich durch ein fehlendes Rauschen auszeichnen und, wenn man sie hört, in ihrem Takt etwas holprig klingen.

Jede Pfeifersequenz ist durch solch eine "Ouvertüre" gekennzeichnet, aber auch hier stimmten die bisher aufgezeichneten Tonfolgen kein einziges Mal überein. Wenn es sich, und dies ist bisher nur eine Vermutung, hier wirklich um eine Informationsübertragung handelt, dann könnte es sich bei dieser Anfangsfolge vielleicht um den Schlüssel des Codes handeln, der der nachfolgenden Übermittlung zugrunde liegt.



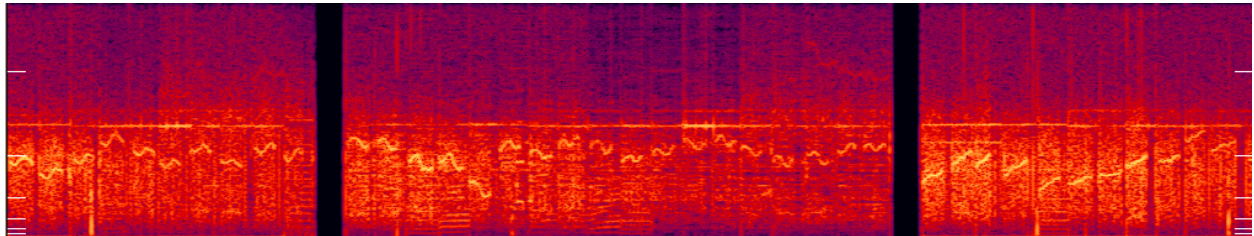
**Bild 4.23:** Startsequenz (links im Bild)

#### 4.4.3 Code oder nicht?

Um diese Frage zu beantworten, habe ich mir die Mühe gemacht, aus allen Signalen des Jahres 2004 mittels des Wave-Editors von Cool-Edit alle erscheinenden Pfeif-Zeichen nach typischen Mustern zu durchforschen, diese herauszuschneiden und anschließend zu sortieren. Die in den folgenden Mustern gezeigten 11 verschiedenen Zeichen traten in ihrer Verteilung ziemlich gleichmäßig auf. Weitere Zeichen waren nicht eindeutig identifizierbar und erinnerten an "krakelige" Varianten

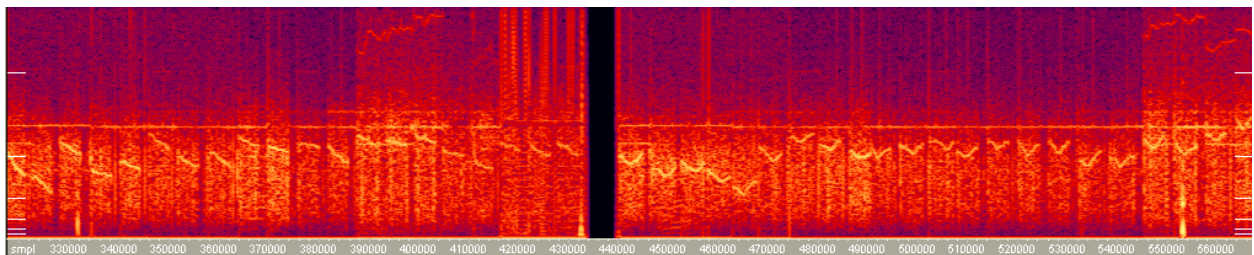
der unten gezeigten Symbole. Die Zahl 11 könnte eventuell einen Sinn ergeben: Die Ziffern Null bis Neun und dann noch eine Art Leerzeichen oder Trennstrich.

Das Bild unten zeigt zwei verschiedene Arten von Sinuszeichen bzw. Wellenlinien: Einmal mit negativem und einmal mit positivem Verlauf. Sehr deutlich zu erkennen ist auch das dritte Zeichen im Bild: ein von links unten nach rechts oben verlaufender Schrägstrich.



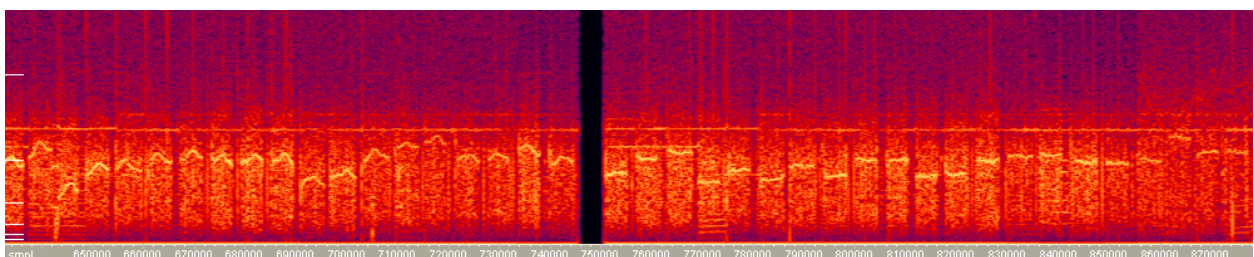
**Bild 4.24:** Negativer und positiver Sinus, ansteigender Schrägstrich

Im folgenden Bild ist links das "Gegenteil" des letzten oben gezeigten Zeichens zu erkennen: Ein negativer Schrägstrich.



**Bild 4.25:** Absteigender Schrägstrich, „V“-Zeichen

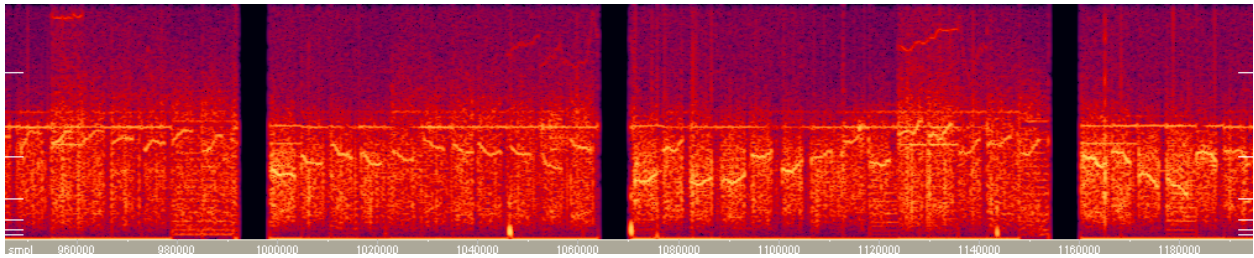
Es folgt (ebenfalls im Bild oben) ein Zeichen, das an ein „V“ erinnert. Im Bild unten finden wir das "Antizeichen", ein auf dem Kopf stehendes V. In der rechten Hälfte des Bildes folgt deutlich erkennbar das nächste Zeichen: die horizontale Linie:



**Bild 4.26:** Auf dem Kopf stehendes „V“, horizontale Linie

Die folgenden Zeichen sind etwas weniger eindeutig. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich eventuell auch um "misslungene" V- Zeichen bzw. deren missglückte Spiegelungen handelt. Wenn nicht, so könnte man die Zeichen links (Bild unten) als ansteigende Linie interpretieren, die sich ab ihrer Mitte in eine waagerechte Linie verwandelt. Es folgen: Absteigende Linie, die in eine

Waagerechte übergeht; waagerechte Linie, die in eine ansteigende Linie übergeht und waagerechte Linie, die in eine abfallende Linie übergeht.



**Bild 4.27:** Vier Kombinationen aus schräg und waagrecht

Zumindest die sieben ersten Zeichen sind deutlich voneinander unterscheidbar und sehen auch, wie man erkennt, zu den verschiedensten Sendezeiten nahezu gleich aus. Dass sie sich in verschiedenen Frequenz-Niveaus befinden, hängt damit zusammen, dass sie aus verschiedenen Positionen der in ihrer Frequenz stets auf- und abwärts verlaufenden Pfeifkurve herausgeschnitten wurden.

Mit dem Gehör sind die unterschiedlichen Zeichen so gut wie nicht zu unterscheiden. Da sie in Wirklichkeit jedoch mit einer Frequenz von ein paar Hertz übertragen werden, somit unhörbar sind und in Echtzeit ca. 30 Sekunden dauern, dürfte einer entsprechenden Entschlüsselungselektronik am Ort des Empfangs die Unterscheidung nicht schwer fallen, wenn, und das ist die wichtigste Frage, es sich überhaupt um eine Datenübertragung handelt.

#### 4.4.4 Erzeugung

Warum beginnt ein folgender Pfeifton bei der Frequenz, bei welcher der vorhergehende Ton endet? Ist dies Absicht, oder bloß ein unerwünschter Nebeneffekt? Nehmen wir an, es handele sich um eine Datenübertragung, und als Oszillator würde eine der in großer Vielfalt zur Verfügung stehenden, elektronischen Schaltungen verwendet. Für solche Schaltungen ist es kein Problem, wenn es sein muss in weniger als einer millionstel Sekunde in ihrer Frequenz auf jeden beliebigen Wert zu "springen". Der beim Pfeifer verwendete Oszillator (falls es sich um einen Oszillator handelt) zeichnet sich jedoch durch eine gewisse Trägheit aus; eine Trägheit, die sehr an Mechanik erinnert.

Was wäre, wenn es sich beim Oszillator des Pfeifers um ein riesiges, Motor betriebenes Schwungrad handelte, das sich mehrmals pro Sekunde um seine Achse dreht und mit großen Magneten bestückt ist, die wie ein Stromgenerator in dicht benachbarten Spulen einen starken, elektrischen Wechselstrom einer Frequenz von mehreren Hertz erzeugen? Durch Abbremsen, Beschleunigen oder einfach nur Loslassen des Schwungrades würden genau die in ihrer Frequenz modulierten Signale erzeugt, die in den oben gezeigten Spektren zu sehen sind. Wenn der Strom des Generators dazu auch noch entsprechend stark ist, spart man sich sogar eine teure und komplizierte Röhren- oder Transistor-Endstufe zur Verstärkung. Es wäre ein sehr einfacher Sender, um Botschaften im ELF-Bereich durch das Erdreich zu senden.

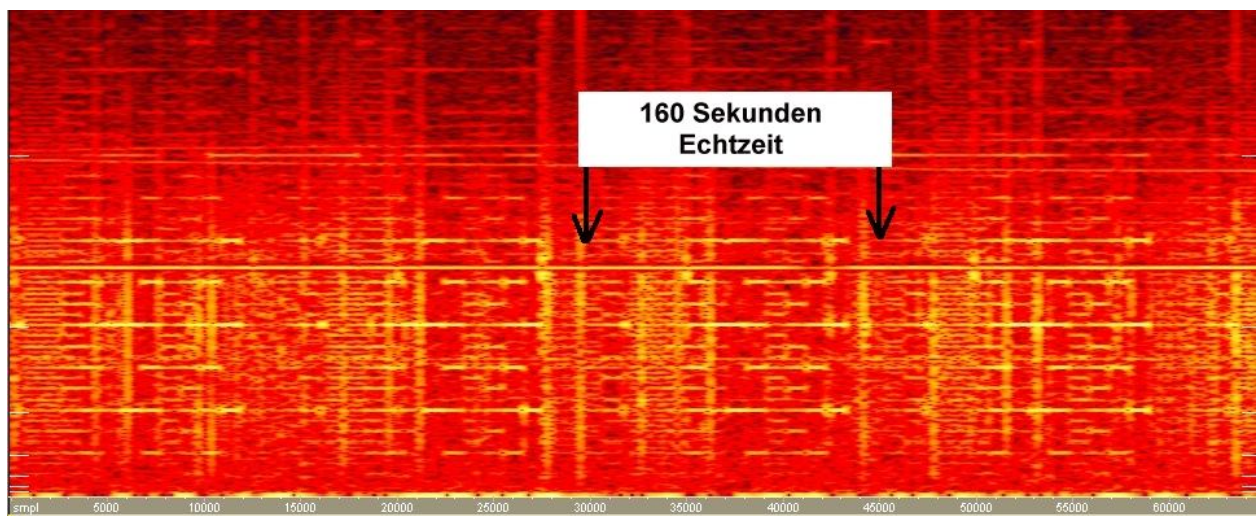
Während der Pausen zwischen den Tönen wird die mit der Spule verbundene Antenne bzw. Leitung einfach kurzzeitig unterbrochen. Was jedoch für die Entstehung des Rauschens verantwortlich ist, von welchem die Pfeiftöne begleitet werden, kann mit diesem Modell nicht erklärt werden.

Da es sich hier jedoch um ein reines Gedankenexperiment handelt, das jeder praktischen Grundlage entbehrt, bin ich natürlich nicht ganz sicher, ob die oben beschriebene Apparatur auch wirklich funktionieren würde.



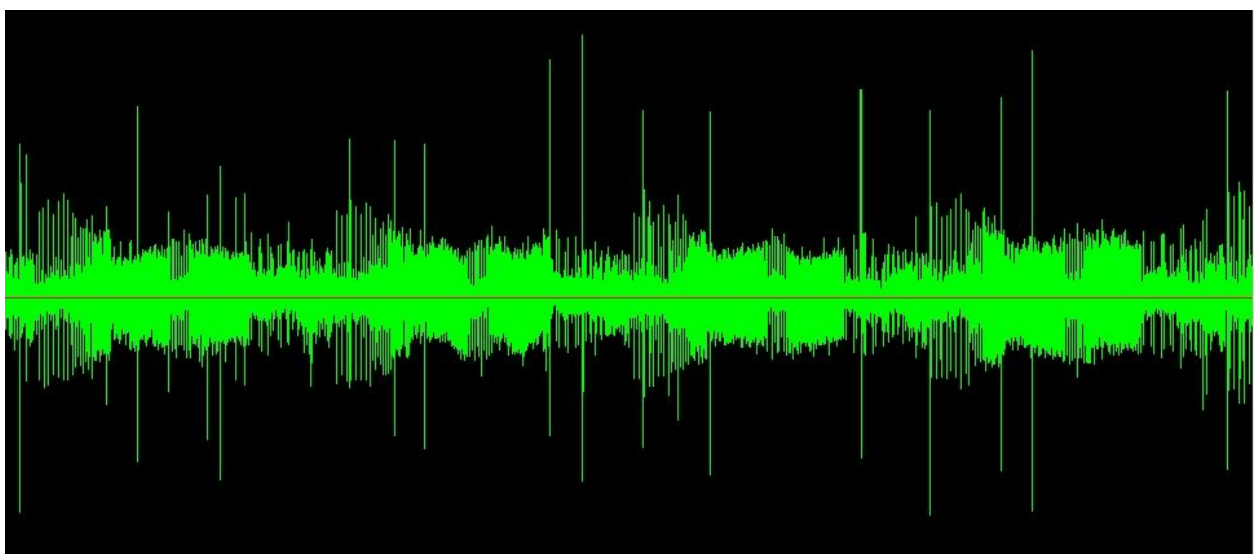
## 4.5 Nadeldrucker-Signal

Dieses Signal tauchte Ende Dezember 2004 zum ersten Mal am Messort Hürtgenwald auf und war im Jahre 2005 im Mai mehrere Tage lang nahezu ununterbrochen zu empfangen. Die bisher beschriebenen Signale wurden dabei zusätzlich in überlagerter Form registriert. Im Bild unten ist eine sich wiederholende Struktur zu erkennen, deren Grund-Element in Echtzeit eine Dauer von 160 Sekunden - und beim beschleunigten Abhören daher eine Dauer von einer Sekunde aufweist. Im Bild unten sind vier Grund-Elemente zu erkennen. Beim beschleunigten Abhören erinnert der Klang eines Grund-Elementes sehr stark an das nervtötende Geräusch eines altmodischen Nadeldruckers, wenn dieser eine Zeile ausdruckt.



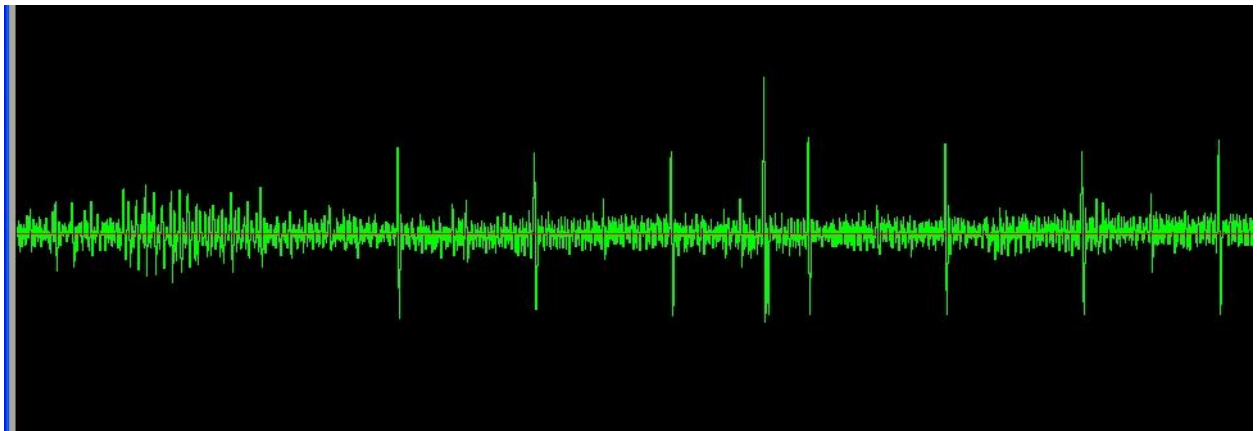
**Bild 4.28:** Spektrum des „Nadeldruckers“

Das stark verdichtete Zeitsignal (Bild unten) der vier oben gezeigten Grund-Elemente sagt noch wenig über den Aufbau des Signals aus. Erst eine stark gezoomte Darstellung von sieben einzelnen Bildern zeigt, dass es sich bei diesem Signal um eine sehr lange Folge von Pulsen unterschiedlichen Abstandes handelt.

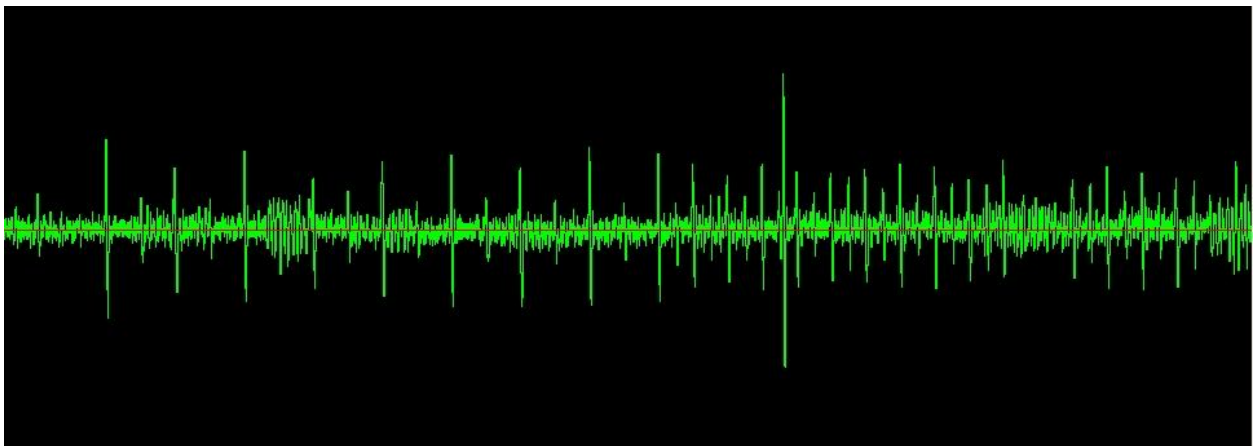


**Bild 4.29:** Sich wiederholendes Nadeldrucker-Zeitsignal

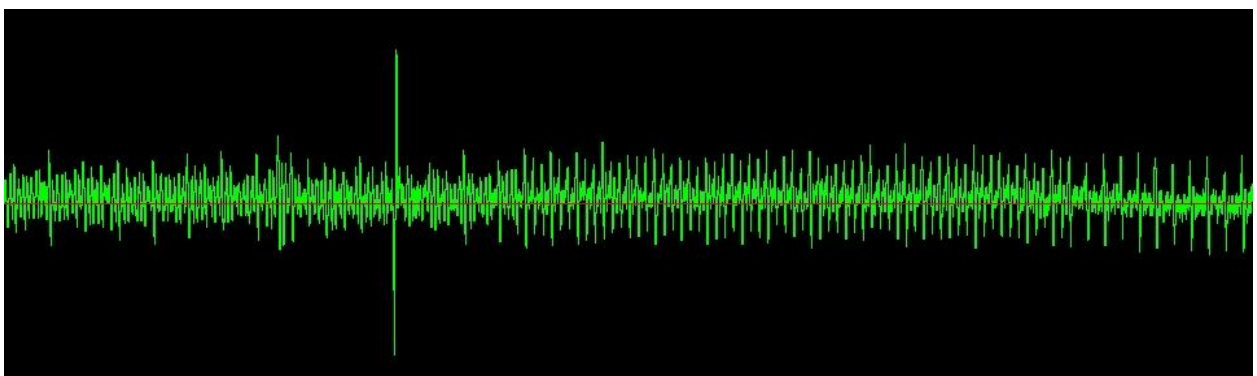
Bild unten: Erstes Bild des eines gezoomten Grund-Elementes. Das Signal beginnt mit einer Pulsfolge, die einen (Echtzeit-) Abstand von ca. 2,6 Sekunden besitzt.



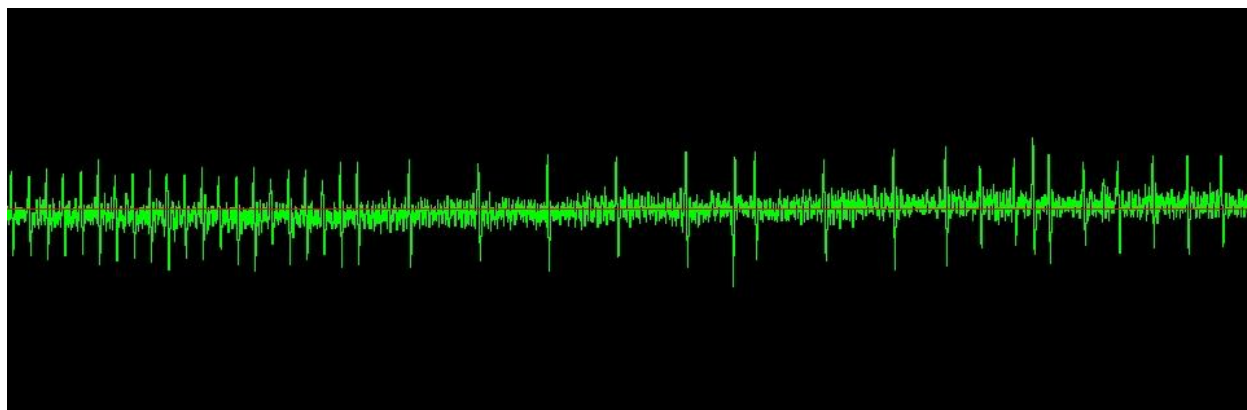
**Bild 4.30:** Diese Abstände werden, wie das folgende Bild zeigt, immer kürzer...



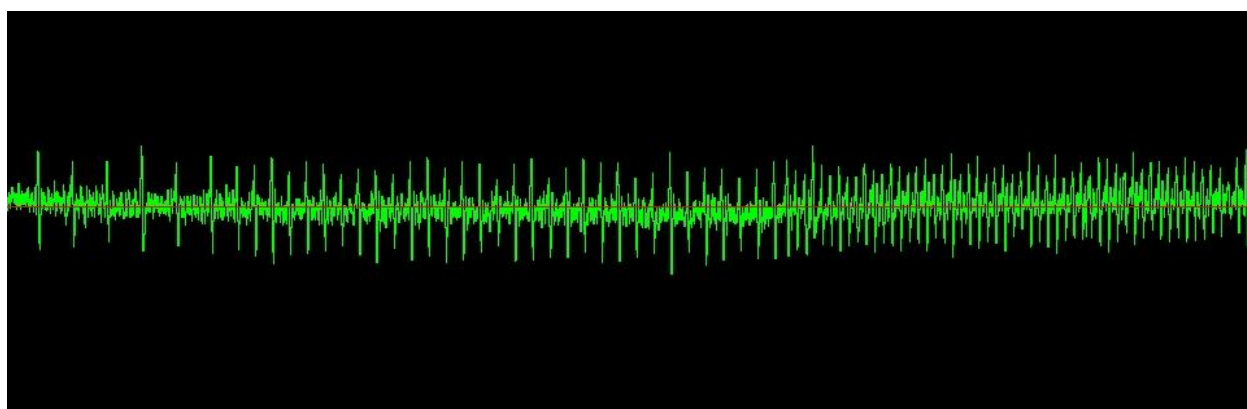
**Bild 4.31:**... und kürzer, bis sie schließlich ...



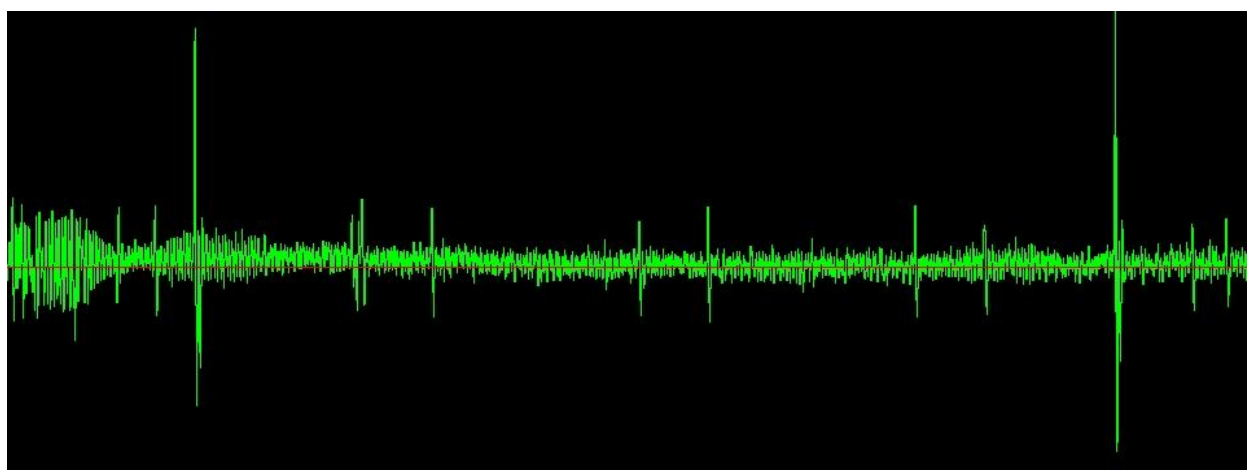
**Bild 4.32:** ...einen Abstand von nur noch etwa 0,16 Sekunden erreichen. Anschließend scheint sich das Ganze in umgekehrter Reihenfolge zu wiederholen: Die Pulse werden wieder länger und dann offensichtlich wieder kürzer (Bilder 4.33 und Folgende).



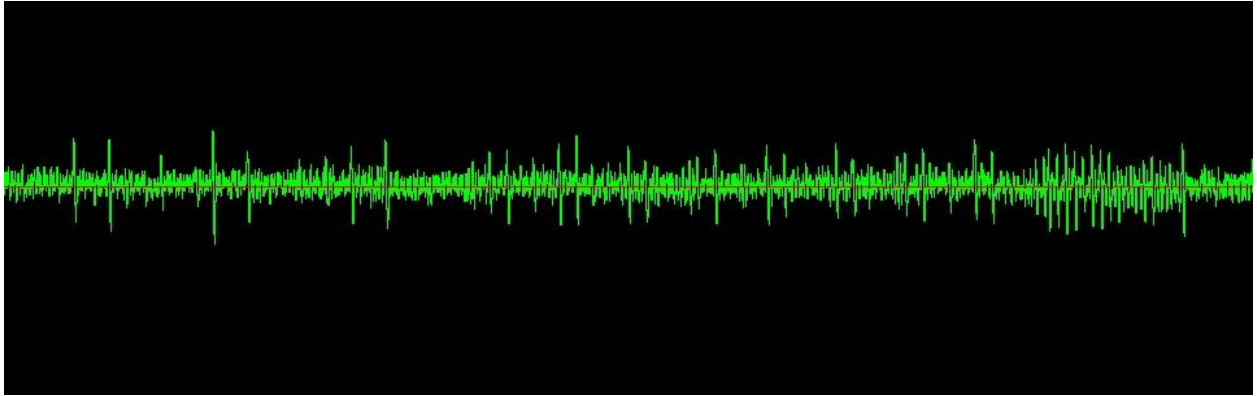
**Bild 4.33**



**Bild 4.34**



**Bild 4.35**



**Bild 4.36**

Die letzten beiden Bilder oben sind nicht eindeutig interpretierbar und zeigen möglicherweise nur noch das Hintergrundrauschen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Grund-Elementen.

Das Signal wurde nur zu den oben angegebenen Zeitpunkten und nur in Hürtgenwald empfangen. Warum es später nicht mehr erschien und auch an keinem weiteren Messort registriert wurde (Ausnahme siehe „Seltene Signale“), bleibt ebenso unerklärlich, wie die Signale selbst. Die Struktur des Signals zeigt deutlich seinen künstlichen Ursprung. Ob es sich um eine Datenübertragung handelt, kann nicht mit Sicherheit gesagt werden. Dazu wäre ein genauer Vergleich der in den einzelnen Grund-Elementen enthaltenen Impulse erforderlich – eine Arbeit, die aus Zeitgründen bisher noch nicht durchgeführt werden konnte. Alle Grund-Elemente hören sich zwar gleich an, doch auch wenn man sich das Signal eines Nadeldruckers anhört, so fällt auf, dass sich solch ein Drucker, obwohl er stets verschiedene Zeichen druckt, ebenfalls gleich anhört, da unser Gehör nicht in der Lage ist, die feinen Unterschiede zwischen den Codes der einzelnen Zeichen herauszuhören.

## 4.6 Fernschreiber-Signal

Auf Kurzwelle sendende Funkfernschreiber gibt es schon sehr lange. Als noch kein Internet und keine Satellitenübertragungen existierten, stellten sie sozusagen die Stütze des internationalen Nachrichtenverkehrs dar. Mit ihnen übertrugen Nachrichtenagenturen die neuesten Schlagzeilen sekundenschnell rund um die Welt. Auch Militärs machten ausgiebig vom Funkfernschreibverfahren Gebrauch.

Das Funktionsprinzip ist recht einfach: Ein hochfrequenter Träger von einigen Megahertz (bei Kurzwelle) wird in seiner Frequenz mehrmals pro Sekunde zwischen zwei festen Werten umgeschaltet, wobei die Differenz der beiden Frequenzen maximal einige Kilohertz betrug. Beim Anhören solch einer Übermittlung ergab sich ein merkwürdiger, aber deutlich wieder erkennbarer und schwer zu beschreibender, typischer Klangeindruck.

Weiter entwickelte Verfahren verwendeten gleich mehrere Träger, so dass sich die Übertragungsrate weiter erhöhte. Auch solche mehrkanaligen Übertragungsverfahren besitzen einen typischen „Sound“, der sich ungefähr wie ein großer chinesischer Gong anhört, der jedoch nicht abklingt, sondern permanent ertönt. Mit etwas Glück findet man auch heute noch auf einem Radio mit Kurzwelle solche oder ähnliche Klänge.

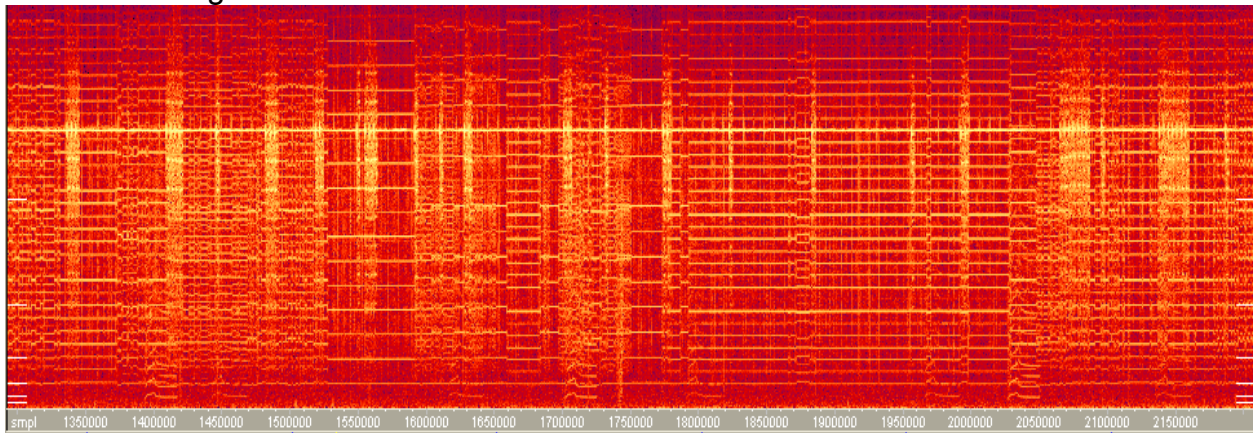
Die Sprünge zwischen den Frequenzen bilden ein Muster von Impulsen, die eine ähnliche Struktur wie der Stromverlauf der Bytes in einem Computer besitzen. In der Tat handelt es sich auch hier um Bitmuster, denen ganz bestimmte Zeichen und Zahlen zugeordnet sind, die bereits vor der Verbreitung des Computers durch eine entsprechende Elektronik in einem Fernschreibempfänger dekodiert und in Text umgesetzt werden konnte.

Umso merkwürdiger erscheint es, dass auch im ELF-Bereich auf Frequenzen unterhalb von ca. 16 Hz Signale zu empfangen sind, die genau dem Muster der oben beschriebenen Funkfernschreib-Übertragungen entsprechen: Zwei oder mehrere Frequenzen, die im Verlaufe der Zeit zwischen zwei festen Werten hin und her springen. Im Gegensatz zur Kurzwelle dauert hier ein einziger Impuls in Echtzeit viele Sekunden, und die Übertragung eines einzigen Wortes nähme, wenn es sich wirklich um eine Nachrichtenübertragung handelte, Minuten in Anspruch.

Angesichts der im Folgenden gezeigten Spektrum-Analysen solcher ELF-Signale fällt es jedoch schwer, etwas anderes als eine extrem langsame Nachrichtenübertragung als Erklärung zu finden. Die folgenden Signale zeigen sowohl den einfachen Typ (Sprung zwischen zwei festen Frequenzen) als auch den komplexeren Mehrkanaltyp.

Das erste Bild zeigt eine Aufnahme aus Hürtgenwald, auf der neben dem „Fernschreib-Signal“ auch ganz deutlich noch das bereits besprochene Gänse-Signal und das Kuh-Signal zu erkennen sind. Mehrere parallele Frequenzlinien ändern im Verlaufe der Zeit ständig ihre Struktur, wobei die zeitlichen Abschnitte, in denen eine schnelle Modulation erfolgt, im Spektrum aus technischen Gründen nur als verschwommene Linien zu erkennen sind. Erst beim Abhören erkennt man, sofern man über entsprechende Hör-Erfahrungen verfügt, deutlich eine Frequenzmodulation

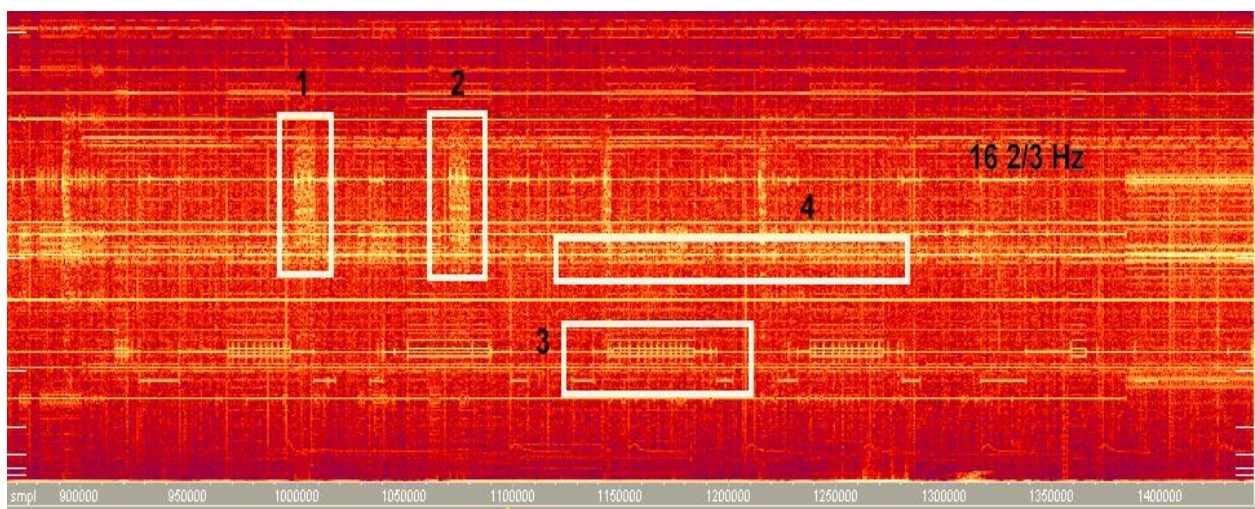
des Trägers bzw. der Träger. Der Vergleich mit den im Bild enthaltenen Gänsesignalen zeigt, dass sich das Fernschreib-Signal über einen längeren Zeitraum erstreckt. Das Bild selbst stellt wiederum nur einen kleinen Ausschnitt aus einer wesentlich längeren Datei dar.



**Bild 4.37:** Fernschreiber

Das zweite Spektrogramm stammt aus einer Aufnahme, die am Messort Mariadorf durchgeführt wurde. Auch hier wurden damals zur gleichen Zeit (und dies in 20 km Entfernung von Hürtgenwald) Gänsesignale registriert (1 und 2). Das Fernschreibsignal (3) ist nur schwer zu erkennen, da es offensichtlich von einer weiter entfernten Quelle stammt. Es zeichnet sich durch die permanente Wiederholung des folgenden, zeitsymmetrischen Musters aus: Tiefer Ton – hoher Ton, frequenz- oder amplitudenmodulierter Ton, hoher Ton, tiefer Ton.

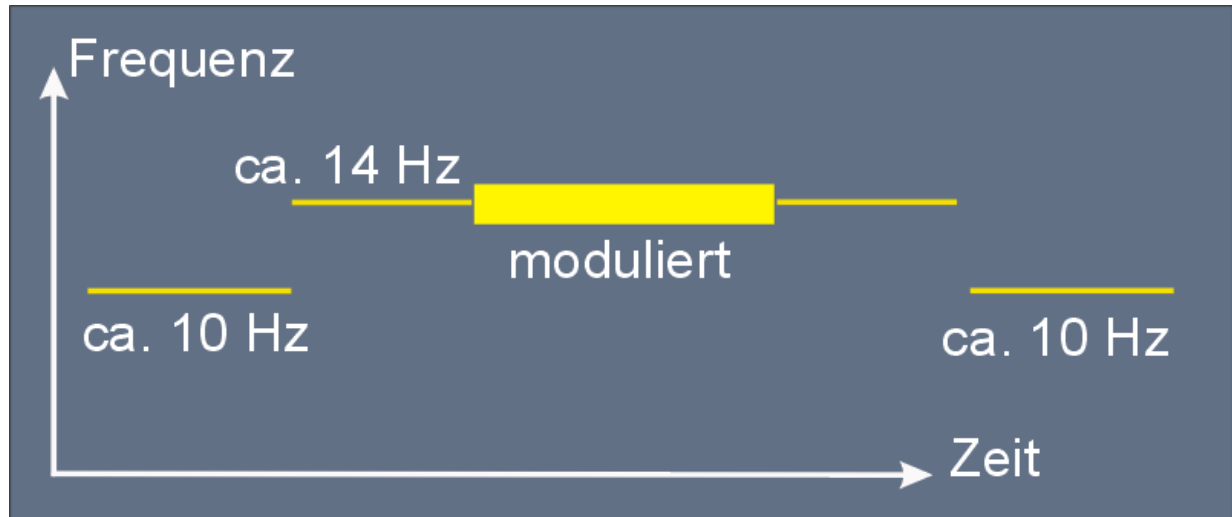
Das mit „4“ nummerierte Feld zeigt einen Bereich, in welchem positive und negative Sprünge von etwa einem Hertz um einen Mittelwert von  $12,5 \text{ Hz}$  stattfinden. Auch dies ist im gezeigten Bild auf Grund der geringen Intensität des Signals nur schwer zu erkennen.



**Bild 4.38:** Fernschreiber-Signal in den Rahmen Nr. 3 und Nr. 4

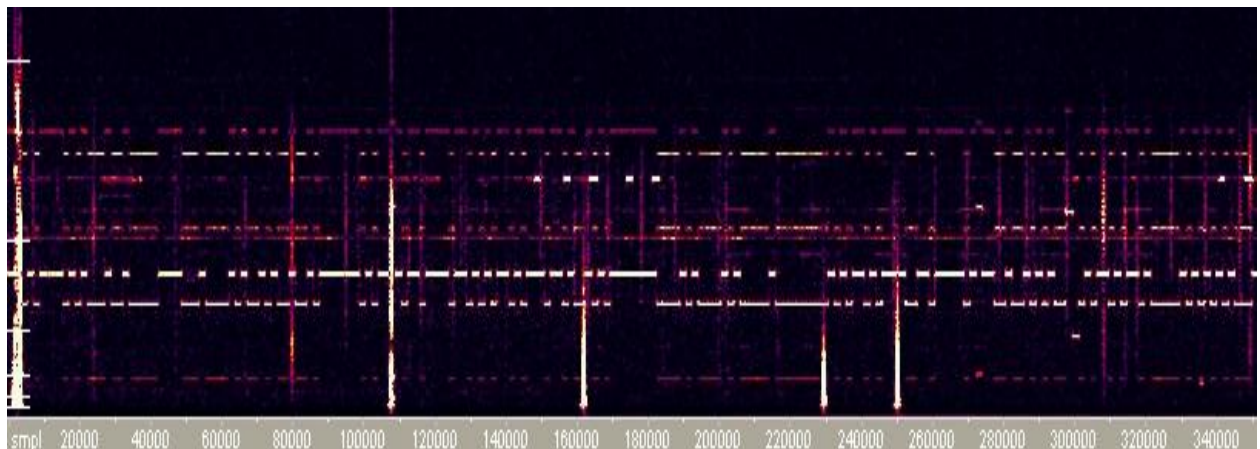
Das folgende Bild zeigt zur Verdeutlichung eine zeichnerisch Rekonstruktion des Musters aus der Umrahmung 3. Die Tonfolge hört sich (lautmalerisch) ungefähr wie folgt an:

Tüüüüt – Tiiiiit – brrrrrrrrrr – Tiiiiit – tüüüüt



**Bild 4.39:** Rekonstruiertes Spektrum des Fernschreibers aus Bild 4.38

Eine weitaus einfachere Struktur besitzt das folgende Signal, das im September 2008 im Saarland in einem kleinen Dorf mit dem Namen Biesingen auf dem Parkplatz eines Hotels aufgenommen wurde. Das Signal wurde während des gesamten Wochenendaufenthaltes registriert. Allerdings war es an einer Stelle des Parkplatzes besonders stark (Bild unten). Im Hotelzimmer, etwa 20 m Luftlinie vom Parkplatz entfernt, war es etwas schwächer und, was sehr merkwürdig schien, an einer anderen Stelle des Parkplatzes war es völlig verschwunden. Leider blieb nicht genügend Zeit, um herauszufinden, ob das Signal an diesem bestimmten Ort generell nicht erscheint, oder ob es zum Zeitpunkt der Messung zufällig gerade nicht auftrat.

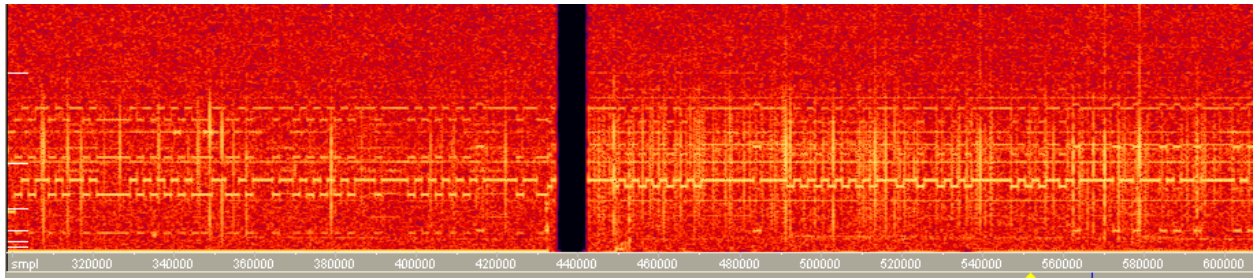


**Bild 4.40:** Signale aus Biesingen, Saarland

Deutlich ist das Springen zwischen zwei dicht beieinanderliegenden Frequenzen zu erkennen. Das Bild erweckt den Anschein, als ob noch weitere Frequenzen



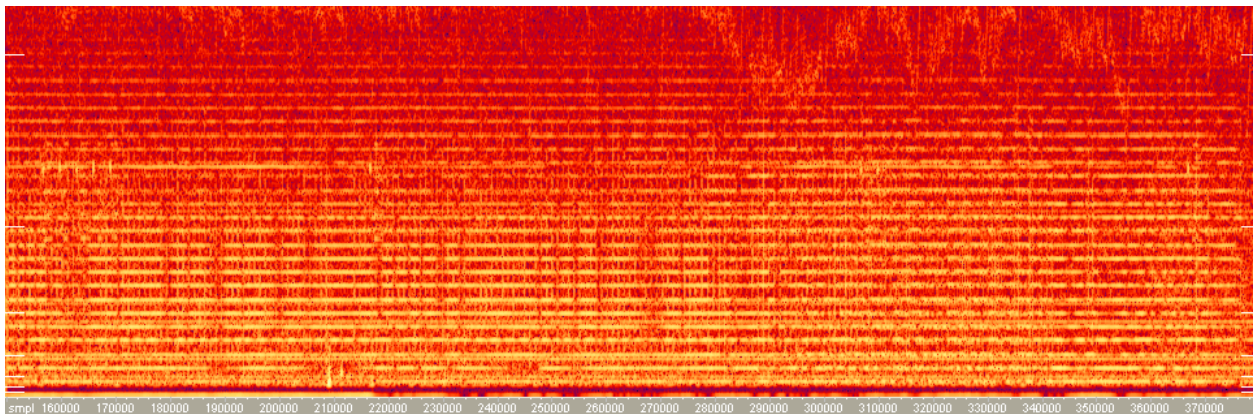
existierten, zwischen denen ein Träger hin und her wechselte. Leider war die Feldstärke am Empfangsort zu schwach und das Signal war sehr stark vom Grundrauschen des Empfängers überlagert. Es fiel auf, dass das Signal bei einer nächtlichen Messung seine Frequenz und seinen Hub leicht veränderte und den Anschein erweckte, als würde es zwischen drei Werten hin und her springen, wie das folgende Bild zeigt (links nochmals das Signal am Tag (Parkplatz), rechts das nächtliche Signal (Hotelzimmer))



**Bild 4.41:** Tag- und Nachtaufnahme am gleichen Ort Biesingen

Dieses Übertragungsverfahren wird übrigens FKS genannt, eine Abkürzung für *Frequency Key Shifting*, was frei übersetzt etwa soviel wie “Tonhöhenveränderung” heißt. Beim Abspielen des Signals hört man, da es nicht sehr schnell ist, die Frequenzsprünge recht deutlich heraus. Wenn man sich auf nur einen Ton konzentriert, klingen sie wie auf Kurzwelle empfangene Morsezeichen.

Das folgende Signal wurde im Oktober 2008 am Biggensee in der Nähe von Olpe (NRW) am Rande des Sauerlandes aufgenommen. Deutlich sind eine Vielzahl paralleler Frequenzlinien von fast Null bis über 25 Hz zu erkennen, die in ihrer Intensität variieren. Das Signal klingt beim Abspielen unverwechselbar nach dem oben erwähnten Kurzwellen-Funk-Datenübertragungsverfahren, das heißt: wie ein nicht endender Gong.



**Bild 4.42:** Aufnahme vom Biggensee. Ein komplexes Mehrfach-Übertragungsverfahren?

## 4.7 Voice-Signal

Das Voice-Signal gehört mit zu den Seltsamsten der empfangenen Signale und hört sich, wie der Name bereits sagt, wie eine Stimme an; eine Art künstliche Roboterstimme, wie man sie aus alten Science-Fiction-Filmen kennt.

Das Signal ist nur in meinem Haus in Mariadorf zu empfangen. Ich habe erst sehr lange nach meinem Einzug im Mai 2006 festgestellt, dass ich es empfangen. Es ist nämlich sehr kurz und erscheint oft nur einmal am Tag, und zwar abends zwischen ca. 21 und 23 Uhr. Wenn man mehrere Stunden aufnimmt und das Spektrum über der Zeit auf einen Blick und nicht im Zoom betrachtet, erkennt man es nämlich auf Grund seiner kurzen Dauer nicht. So wurde ich erst ein paar Monate später darauf aufmerksam, als ich, nach dem Umzugsstress, genügend Zeit hatte, mir meine Empfangsergebnisse wieder genauer anzuschauen.

Das Signal besteht aus parallelen Spektrallinien im Abstand von etwa 1,6 Hz, die sich von der Grundwelle (1,6 Hz) bis etwa 16 Hz erstrecken. Anhand eines Vergleichs mit der stets zusätzlich empfangenen Bahnfrequenz von  $16 \frac{2}{3}$  Hertz kann man die oben genannten Frequenzen des Voice-Signals ohne großes Messen und Rechnen auf einen Blick abschätzen.

Das Besondere an diesem Signal ist die Tatsache, dass die genannten Spektrallinien über die Zeit in ihrer Intensität zwischen Null und Maximum variieren. Dadurch ergeben sich schnell wechselnde, obertonreiche Klangmuster, wie sie auch für menschliche Stimmen typisch sind.

Es ist ein bekanntes Phänomen der Psychologie, dass Menschen dazu neigen, Sinnvolles in zufällige Muster hinein zu interpretieren, ganz gleich, ob es sich dabei um optische oder akustische Sinnesreize handelt. Man denke nur an das Phänomen, dass Versuchspersonen bei wiederholtem Abspielen von Geräuschen von einem Band plötzlich glauben, sinnvolle Worte, Sätze oder gar Musik wahrzunehmen, oder dass man in den Mustern von Wolken, Steinen oder Flecken plötzlich Gesichter zu erkennen glaubt. Ich muss zugeben, dass auch ich diesem Phänomen wie jeder andere Mensch unterliege und beim Anhören der Voice-Signale gesprochene Worte, wenn auch ohne Sinn, zu erkennen glaube. Im Gegensatz zu den Versuchen in den Labors der Psychologen handelt es sich beim Voice-Signal jedoch um nachprüfbar und sichtbare Merkmale, die mit denen einer Stimme vergleichbar sind: regelmäßige Abstände der Spektrallinien und Wechsel der Intensität der einzelnen Linien im Verlaufe der Zeit.

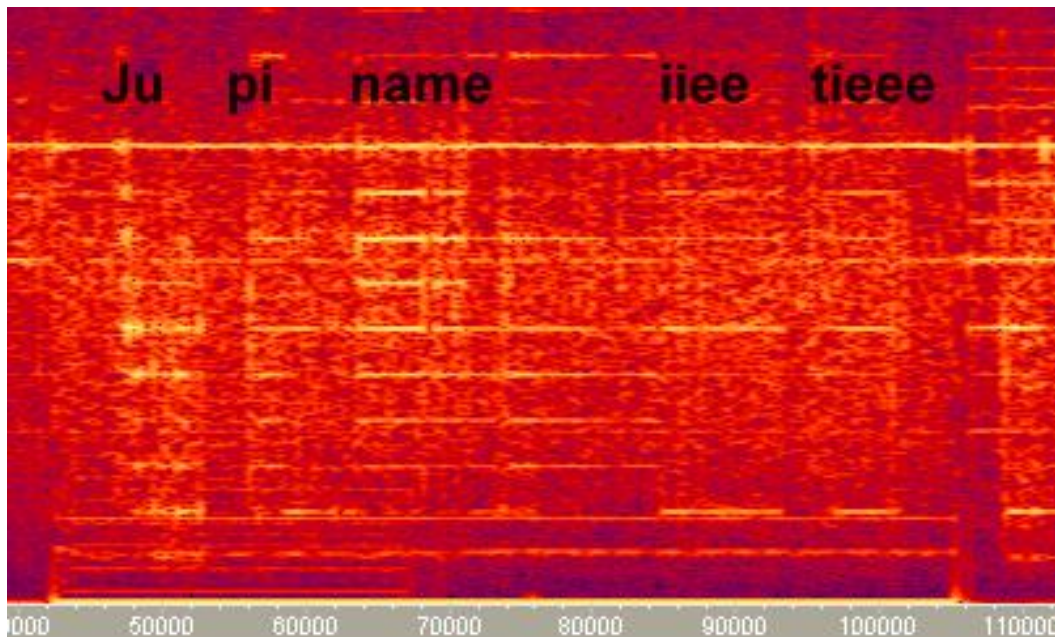
Es darf als ausgeschlossen gelten, dass hier wirklich gesprochene Worte in 160-facher Zeitlupe als magnetische Wellen ausgesendet werden, aber immerhin hört es sich so an. Merkwürdig ist dabei auch die Relation zwischen Tonfrequenz und Geschwindigkeit der "gesprochenen" Vokale:

Mit dem bereits vor langer Zeit gewählten Beschleunigungsfaktor 160 liegt die Tonhöhe der vermeintlichen Vokale genau im Bereich einer menschlichen Stimme. Das ist Zufall, aber es könnte sich dann doch so verhalten, dass die "Wörter" bei dieser Einstellung so langsam oder so schnell erklingen, dass man sie nicht erkennt. Dies ist aber nicht der Fall: Auch die "Sprechgeschwindigkeit" klingt bei optimal eingestellter Tonhöhe völlig "normal".

Zumeist handelt es sich bei den Voice-Signalen um eine Aneinanderreihung von Vokalen, die keinen Sinn ergeben. Gelegentlich glaubt man auch, Konsonanten zu hören. Hierbei kann es sich jedoch auch um Einbildung handeln: Das Gehirn "sucht" in diesen Fällen nach den fehlenden Gliedern. Leider lässt die Auflösung der Analyse keine eindeutigen Erkenntnisse über das Vorhandensein von Konsonanten zu: Sie sind einfach zu schlecht zu erkennen.

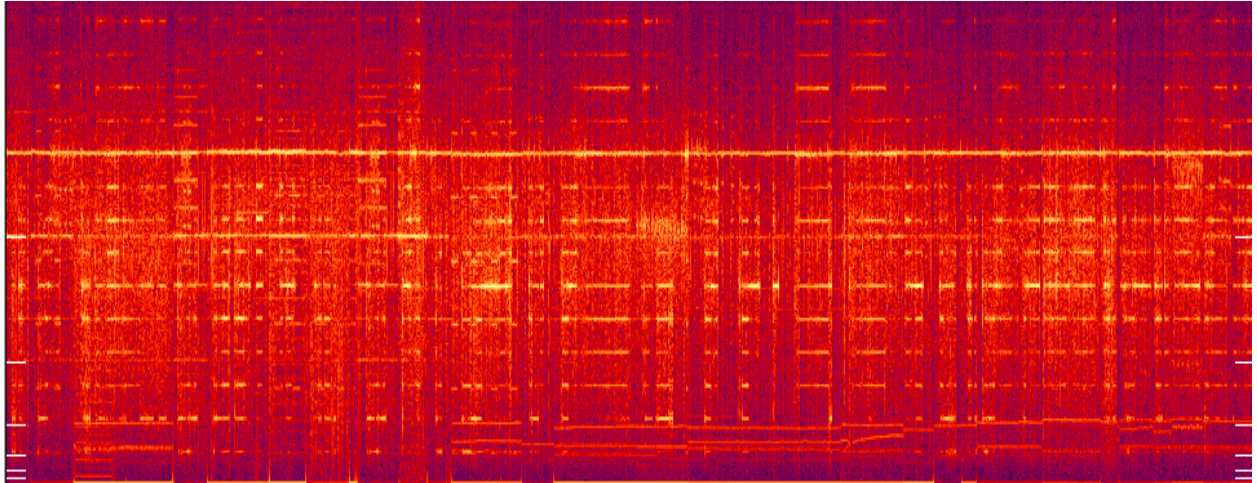
Auf den meisten Aufnahmen glaubt man, das (nicht existierende) Wort "Tooaaaaat" zu hören; manchmal ganz kurz und manchmal langgezogen. Gelegentlich folgt (in Echtzeit) ein paar Stunden später dann noch ein kurzes Signal, das wie die Silbe „pie“ klingt.

Bei anderen, selteneren Aufnahmen wiederum hat man den Eindruck, deutlich Worte wie "Panik", "Iglu", "Torgarten" (was auch immer das sein mag) oder "Sieben" zu erkennen. Das bisher "schönste" Signal hört sich an wie der englisch ausgesprochene Ausdruck "UP name ET" (also lautmalerisch: *Ju pi name* ["name" deutsch ausgesprochen] *ieee tiee*). Im Bild unten ist das Spektrum dieser merkwürdigen Sequenz zu erkennen:

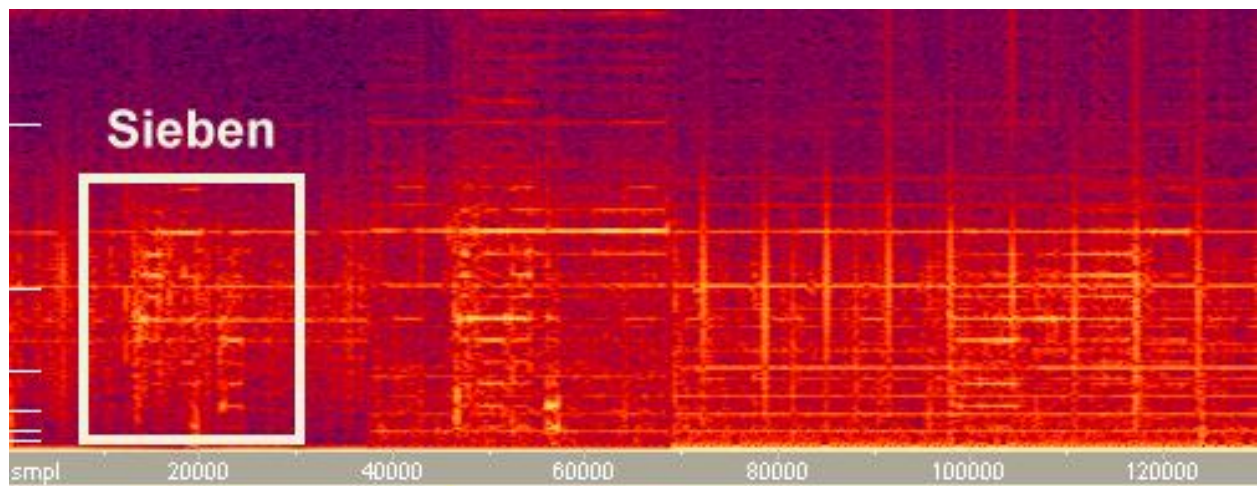


**Bild 4.43:** Wortfolge oder Zufall?

Das folgende Bild zeigt den Zusammenschchnitt mehrerer, unterschiedlich klingender Voice-Signale aus verschiedenen Aufnahmen. Es handelt sich hierbei nur um zusammenhängende Vokale und (scheinbare) Konsonanten, die keinen sprachlichen Sinn ergeben:



**Bild 4.44:** Sammlung von Voice-Signalen aus mehreren Aufnahmen

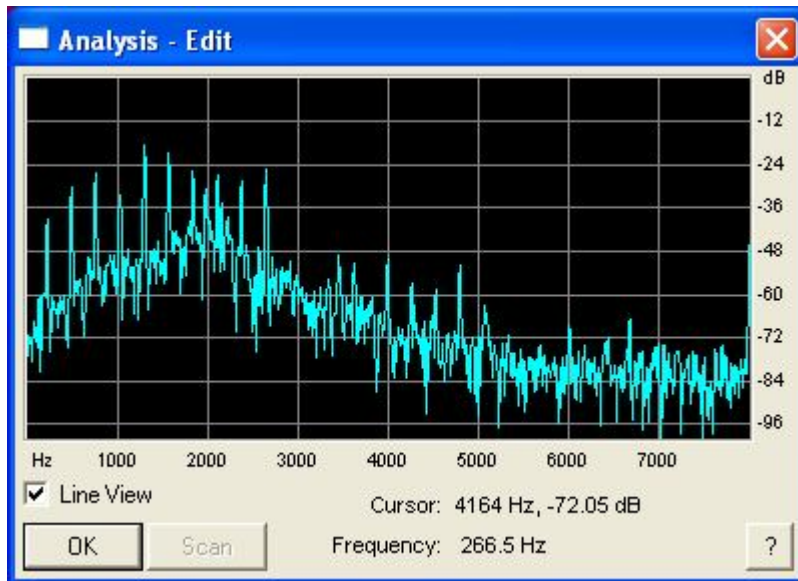


**Bild 4.45:** „Sieben“ als gesprochenes Wort

Im Bild oben hört sich der eingerahmte Ausschnitt sehr deutlich wie das gesprochene Wort „sieben“ an. Die Zeitachse zeigt eine Dauer von etwa 12000 Samples an. Die Umrechnung in Echtzeit berücksichtigt dabei, dass die Aufnahme mit einer Taktfrequenz von 200 Hz erfolgte. Die Aufnahmezeit in Sekunden ergibt sich daher durch eine Division der Samplezahl durch 200.

$$12000 / 200 = 60$$

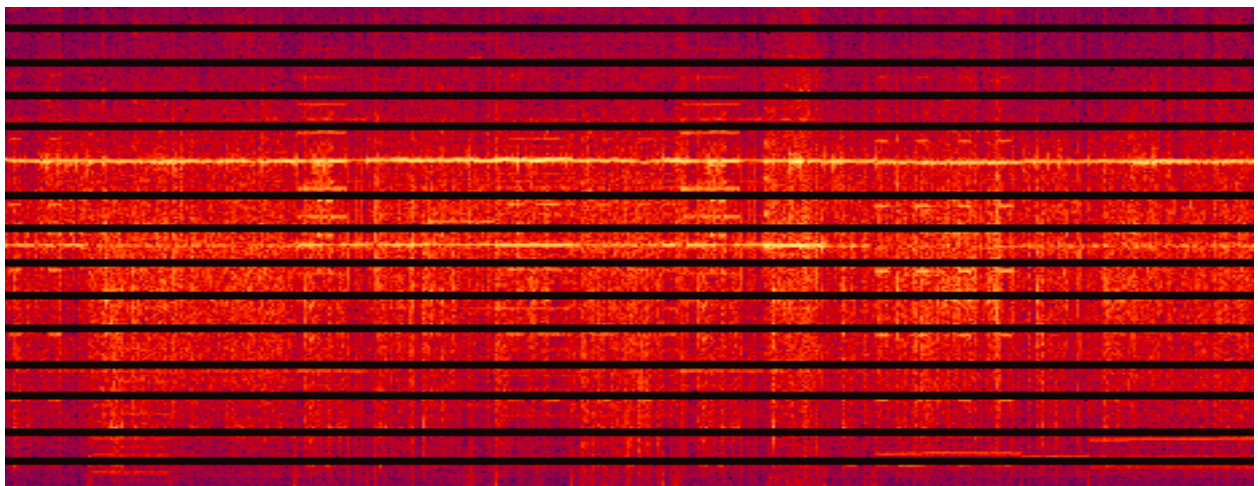
In Echtzeit dauerte das Signal („sieben“) also ungefähr eine Minute.



**Bild 4.46**

Das FFT-Spektrum (zu einem festen Zeitpunkt) zeigt im linken (unteren) Frequenzbereich deutlich die gleichmäßigen Abstände der Spektrallinien des Voice-Signals. Durch die Frequenzvervielfachung um den Faktor 160 müssen die gezeigten Zahlen durch diesen Wert dividiert werden, um die echten Frequenzen zu ermitteln.

Im Bild unten sind die vom Voice-Signal besetzten Frequenzen als schwarze Linien eingezeichnet.



**Bild 4.47**

Die eingezeichneten, schwarzen Linien repräsentieren die möglichen Positionen für die Harmonischen des Voice-Signals: Ganzzahlige Vielfache von 1,6 Hz.

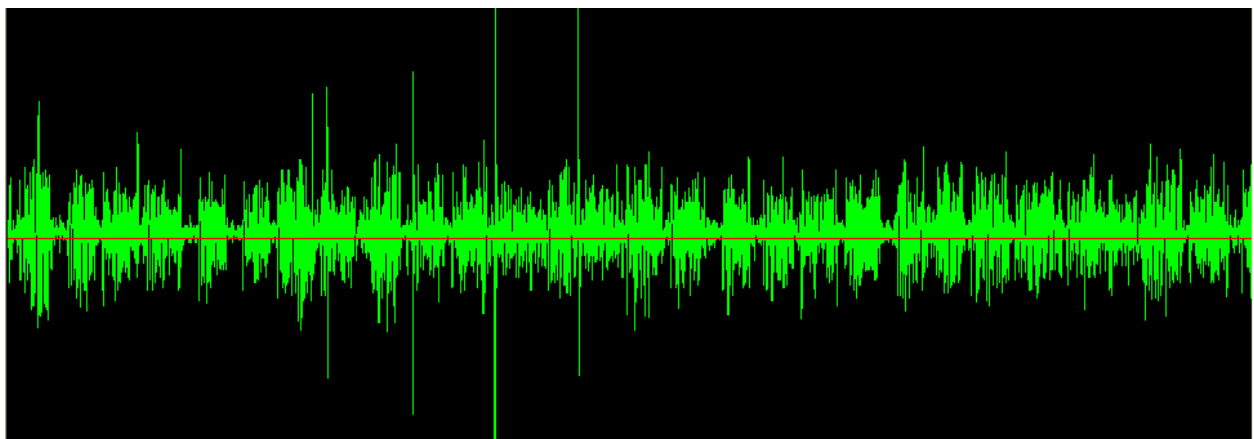
### Fazit

Dass es sich hier wirklich um Sprache handelt, kann, wie schon erwähnt, mit hoher Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden. Die abwechselnde, unterschiedliche

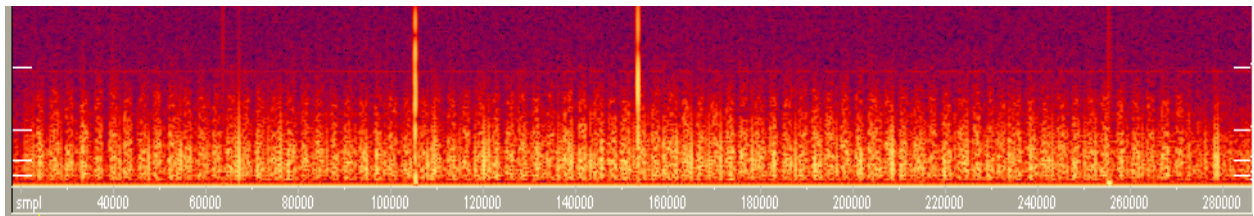
Belegung verschiedener Frequenzbänder zwischen ca. 1,6 und 16 Hz deutet jedoch auf irgendeine Art der Informationsübertragung hin. Doch warum erscheint dann dieses Signal nur ein bis zwei Mal am Tag für nur ganz kurze Zeit (in Echtzeit nur ein paar Minuten), und warum nur an einem Ort? Wenn es sich jedoch um keine Signalübertragung handelt: Welche Maschine, welche Einrichtung in meiner Nachbarschaft, eine reine Wohngegend, erzeugt solche Signale, die von keiner anderen Maschine oder Einrichtung an anderen Orten erzeugt werden?

## 4.8 Lokomotive

Das Lokomotiv-Signal, das wie eine alte Dampflokomotive klingt, wurde bereits im Jahre 2001 bei Aufzeichnungen im Hause eine Brummtton-Betroffenen in Tailfingen in der Nähe von Stuttgart registriert. Im Bild unten ist in einem kleinen Ausschnitt das Zeitsignal dargestellt. Die Signale traten an einem Sonntagmorgen am 4. Februar 2001 von etwa 9 bis 12 Uhr am Vormittag auf. Den im Bild zu sehenden Screenshot hatte ich dem Nachrichtenmagazin FOCUS für einen Bericht über das Brummphänomen zur Verfügung gestellt, der einige Wochen später veröffentlicht wurde (siehe Kapitel „Vorgeschichte“).



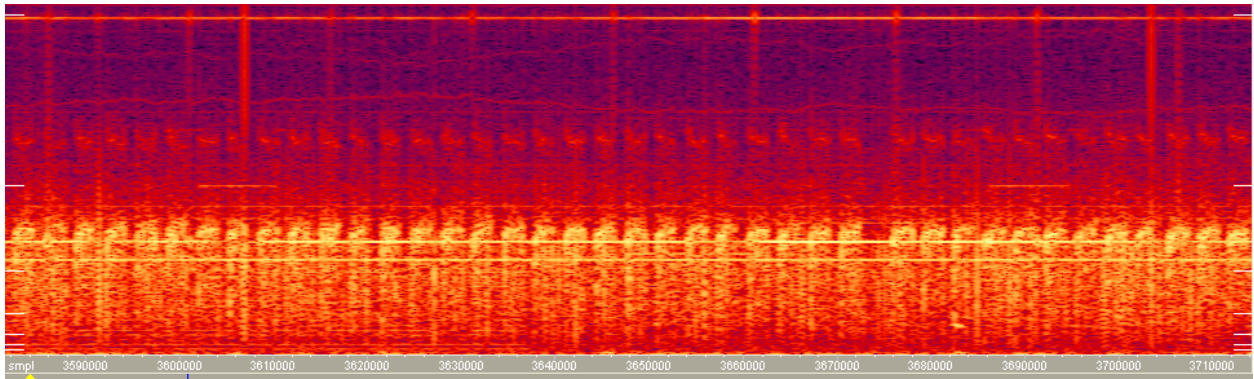
**Bild 4.48:** Tailfingen, Zeitsignal



**Bild 4.49:** Tailfingen, Spektrum

Im Bild oben ist das entsprechende Spektrum für einen etwas größeren Zeitraum dargestellt. Das in Tailfingen empfangene Signal konnte kurze Zeit später auch an meinem damals neuen Wohnort in Hürtgenwald registriert werden (Bild unten). Im untenstehenden Bild ist deutlich ein Rauschspektrum mit einem tonalen Anteil im oberen Bereich zu erkennen, der an das bereits beschriebene Pfeifer-Signal erinnert.

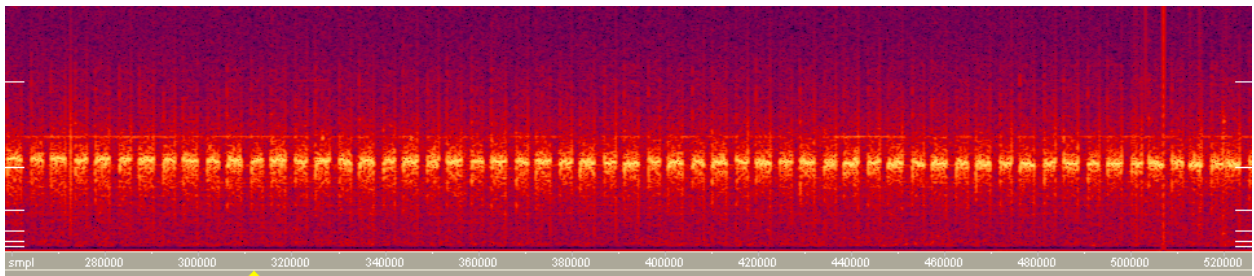




**Bild 4.50:** Lokomotiv-Signal in Hürtgenwald

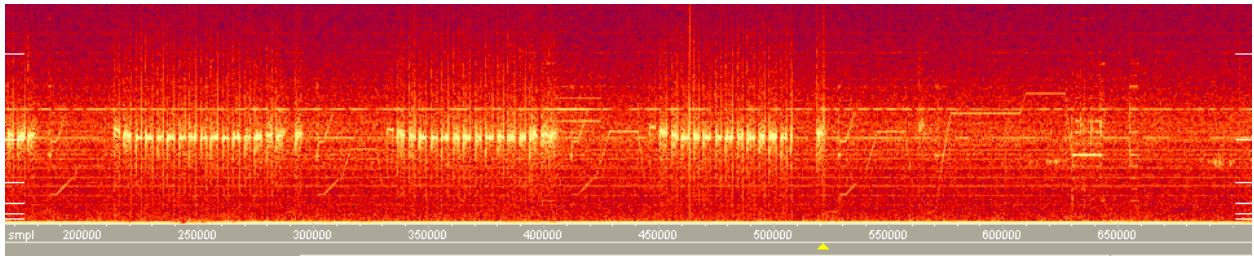
Das Lokomotiv-Signal erschien in Hürtgenwald fast täglich und, wie das Pfeifer-Signal, nur tagsüber.

Durch Zufall machte ich im Jahre 2006, nachdem ich mir eine moderne Waschmaschine gekauft hatte, die Entdeckung, dass ein Signal, das wie das Lokomotivsignal aufgebaut war, immer dann auftrat, wenn diese Waschmaschine lief. Während des Waschvorgangs rotiert die Trommel dieser Maschine für etwa 15 Sekunden langsam abwechselnd im und gegen den Uhrzeigersinn. Während dieser Rotationsphasen, so konnte ich feststellen, wurde von meinem ELF-Empfänger genau ein "Balken" der im Bild unten gezeigten Sequenz aufgezeichnet.



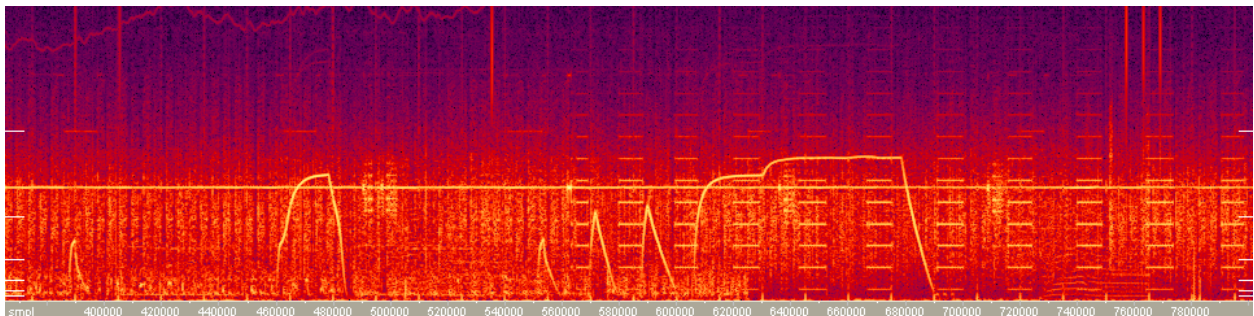
**Bild 4.51:** Waschmaschinensignal in Mariadorf

Eine Verwechslung ist ausgeschlossen, da meine Maschine kurz vor dem Schleudergang längere Pausen bei der langsamen Rotation einlegt, um für kurze Zeit eine Art Vor-Schleudern durchzuführen. Diese Phasen sind im Bild unten genau zu erkennen. Auch das Schleudern selbst, und das ist interessant, ist im Bild unten zu sehen. Die schwachen Linien mit dem Anstieg, dem Plateau und der wieder abfallenden Flanke entsprechen übrigens der Drehzahl der Waschtrommel beim Schleudern (ca. 20 Hz x 60 sec = 1200 Touren / min). Die rotierenden Metallteile der Waschmaschine erzeugen ein magnetisches Wechselfeld, das, vom Keller ausgehend, durch die Decken zweier Etagen auf die Empfangsspule im Obergeschoss wirkt.



**Bild 4.52:** Waschmaschinensignal in Mariadorf, Schlussphase mit Schleudergang

Im aus Hürtgenwald stammenden Bild unten sind diese Linien sogar noch deutlicher zu erkennen. Es handelte sich dabei um eine Waschmaschine älterer Bauart, die jedoch kein Lokomotivsignal erzeugte. Das im Bild oben sichtbare, pulsierende Rauschen scheint offensichtlich durch starke Ströme im Waschmaschinenmotor erzeugt zu werden, der, und dies ist nur eine Vermutung, nach einem neuartigen, direkten Antriebsprinzip so wie ein Schrittmotor arbeitet und daher keine Riemen und Zahnräder benötigt. Das durch die neue Waschmaschine in Mariadorf erzeugte Signal wurde offensichtlich direkt aus der Quelle (Waschmaschine) empfangen und nicht aus der (weiter entfernten) Quelle, aus dem die restlichen Signale stammen. Ob es sich bei allen Lokomotiv-Signalen jedoch immer um eine Waschmaschine handelte, ist nicht geklärt. Viele der in Hürtgenwald registrierten Lok-Signale dauerten länger als eine durchschnittliche Waschmaschinenlaufzeit. Außerdem existieren Lok-Signale mit unterschiedlicher Dauer und Wiederholungsfrequenz der „Rauschpakete“, was entweder auf sehr unterschiedliche Waschmaschinen-Typen oder auf andere Quellen schließen lassen könnte.



**Bild 4.53** Magnetfeld rotierender Waschmaschinentrommel beim Schleudervorgang

## 4.9 Weitere Signale

Dieser Abschnitt stellt Signale vor, die selten oder sogar nur einmal registriert wurden. Dafür gibt es zwei Ursachen:

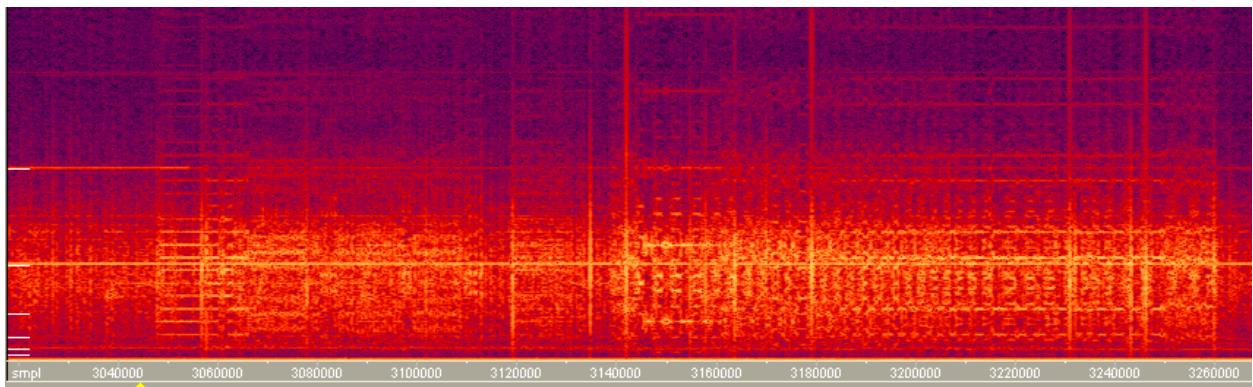
Es sind wirklich selten erscheinende Signale, da sie bei einer regelmäßigen Messung an einem Ort nur selten oder einmal registriert wurden.

Es handelt sich um Signale, die bei nur einmal durchgeführten Messungen an verschiedenen Orten in Deutschland aufgenommen wurden. Bei diesen Signalen könnte es sich daher auch um orts-typische, regelmäßige Erscheinungen handeln.

Besonders interessant ist die Tatsache, dass fast an jedem neuen Messort neue Signale gefunden werden, die an anderen Orten bisher noch nicht registriert wurden, wobei viele dieser Signale einander ähnlich sind und sich daher in bestimmte „Familien“ einordnen lassen.

Angesichts der Vielfalt der Signale stellt sich umso mehr die Frage nach den Quellen: Gibt es wirklich so viele unterschiedliche technische Einrichtungen, die solch eine große Bandbreite verschiedener Signale erzeugen? Warum hat jeder Ort seine eigenen, typischen Signale? Handelt es sich am Ende doch nicht um anthropogene, also von Menschen gemachte Emissionen, sondern um natürliche, vielleicht geologische Phänomene? Dies steht wiederum im Widerspruch zur künstlich anmutenden Signalstruktur wie zum Beispiel „Pfeifer“, „Gänsesignal“, „Nadeldrucker“ und „Fernschreiber“.

Die Bildqualität der folgenden Screenshots von Messungen an verschiedenen Orten ist leider nur unzureichend geeignet, einen Eindruck der oben erwähnten Vielfalt zu vermitteln. Erst das Abhören der Signale und das Betrachten verschiedener Zoom-Ausschnitte in den ursprünglichen Wave-Dateien der Aufnahmen würde von der Komplexität der einzelnen Signale überzeugen, denn das menschliche Ohr ist immer noch jedem Computer-Analyseprogramm überlegen. Das heißt: Auch an den Stellen, an denen lediglich unscharfe Konturen zu erkennen sind, können beim Abhören einiger der Ursprungs-Dateien (Wave) komplexe Tonfolgen vernommen werden.

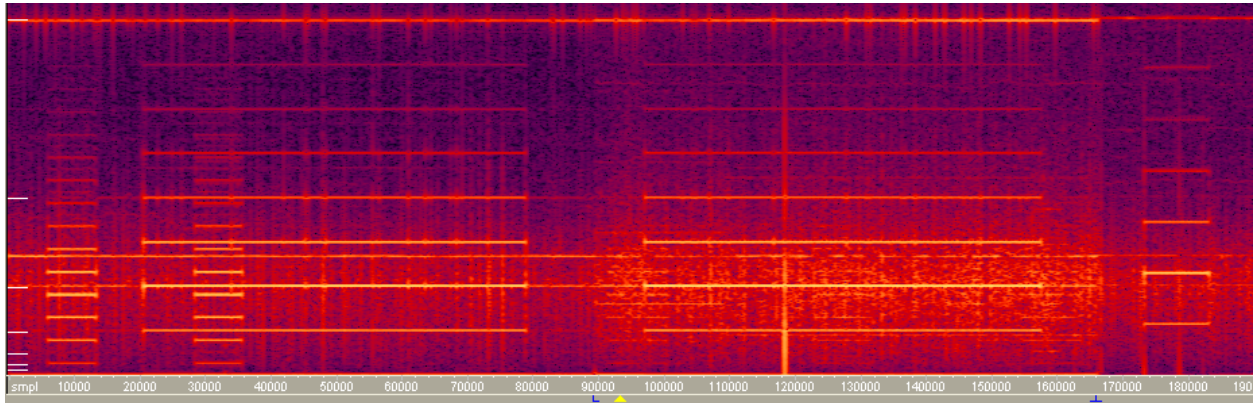


**Bild 4.54:** Alternativer Nadeldrucker Allershausen

### 4.9.1 Alternativer Nadeldrucker

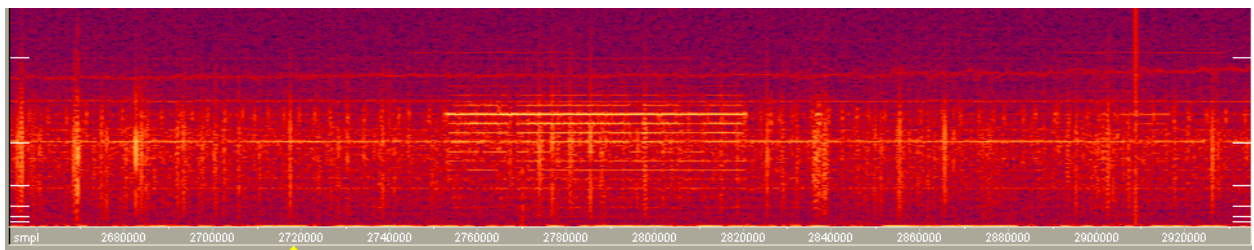
So erbrachte eine Messung im kleinen Ort Allershausen nördlich von München, dass es auch außerhalb von Hürtgenwald Signale gibt, die sich ähnlich wie der bereits im vorhergehenden Abschnitt beschriebene Nadeldrucker anhören (Bild oben).

### 4.9.2 Beep-Signal



**Bild 4.55:** Beep-Sound, Hürtgenwald und Mariadorf

Einem seltenen, aber an vielen Orten auftretenden Signal habe ich den Namen „Beep“ gegeben, weil es sich so anhört wie der schrille Alarm-Ton eines elektronischen Weckers. Es erscheint sehr selten und dann auch nur einmal. Das Bild oben zeigt drei zusammenmontierte Signale zu unterschiedlichen Zeiten und an verschiedenen Orten. Anhand des zufällig mit aufgenommenen Heartbeatsignals und der  $16 \frac{2}{3}$  Hz Linie der Bahn lassen sich die im Spektrum enthaltenen Teiltöne sowie die Zeiten gut abschätzen. Das kürzere der drei Signale am rechten Bildrand ist in seiner Frequenz gegenüber den links dargestellten Signalen leicht verschoben. Welche Quelle sendet im Abstand von Tagen oder Wochen ein einziges Mal solch ein mehrere Minuten (Echtzeit) dauerndes Signal aus?



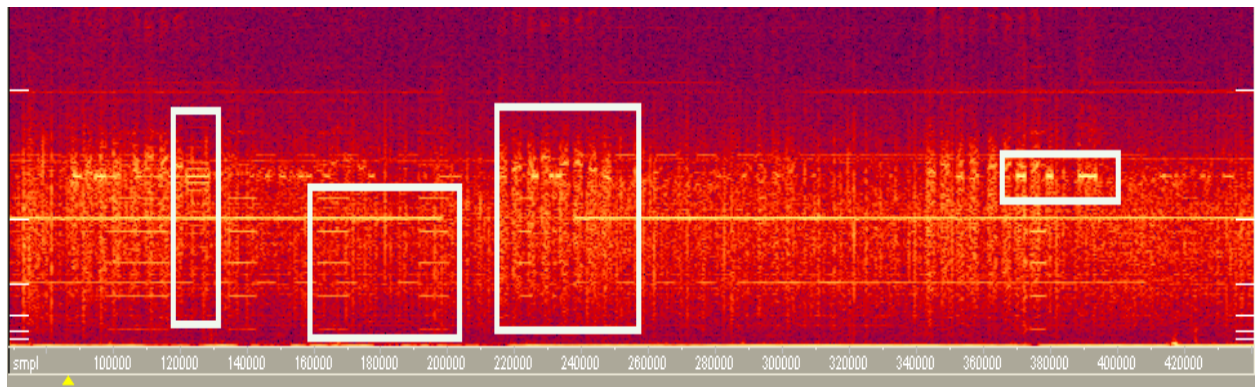
**Bild 4.56:** Beep Bierbergen

Auch in dem Dorf Bierbergen (siehe Heartbeat-Signal) bei Hildesheim wurde ein ähnliches Signal registriert, wobei die Oberwellen in diesem Falle eine Übereinstimmung mit denjenigen des Voice-Signals zeigen.

### 4.9.3 Verschiedenes

Das Bild unten zeigt, dass in Bierbergen (der Messort war das Gästezimmer eines großen Bauernhofs) weitere interessante Signale aufgezeichnet werden konnten: Auffallend sind die starke, unterbrochene 12,5-Hz-Linie und die kurzen, extrem starken 16 Hz-Signale, die in Verbindung mit dem Heartbeat-Signal auftreten (Rahmen ganz rechts). Im dritten Rahmen von links ist sogar eine Art „Pfeifer-Signal“ zu erkennen. Das im zweiten Rahmen von links sichtbare Heartbeat-Signal wurde im vorhergehenden Kapitel im Zusammenhang mit diesem Aufnahme-Ort bereits besprochen.

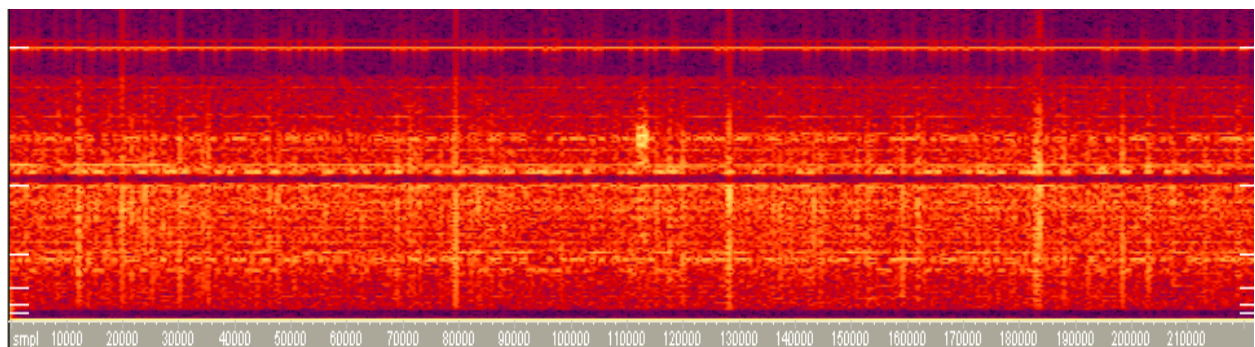
Das unscheinbare, aber typische Signal aus drei schwachen, dicht benachbarten Spektrallinien ist im Bild zwar nicht gut zu erkennen, taucht in dieser Form jedoch auch in Aufnahmen auf, die an anderen Orten durchgeführt wurden (erster Rahmen von links).



**Bild 4.57:** Verschiedenes in Bierbergen

### 4.9.4 Verwandte vom Fernschreiber

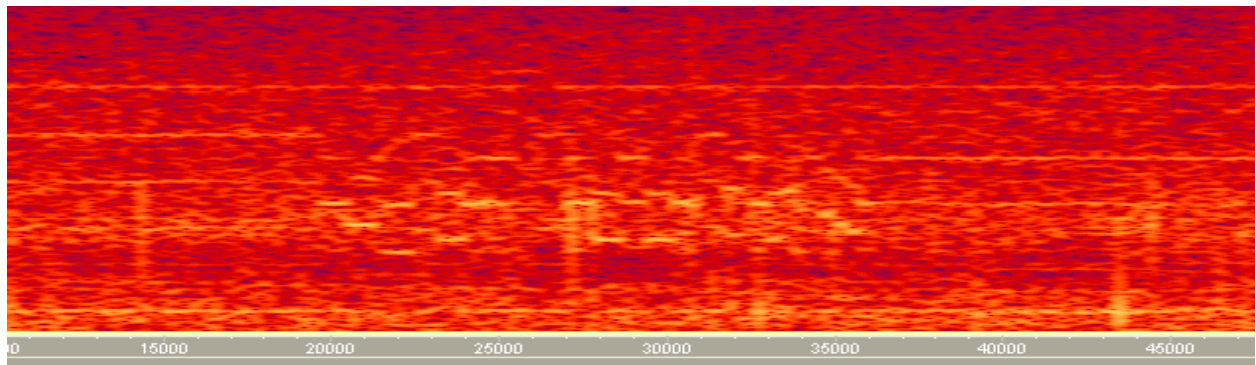
Dass es neben verschiedenen „Nadeldrucker-Signalen“ auch eine ganze Reihe ähnlich aufgebauter „Fernschreiber-Signale“ gibt, zeigt der unten abgebildete Screenshot aus Zierenberg bei Kassel (an der Autobahn von Kassel in Richtung Dortmund gelegen). Leider ist die Auflösung nicht besonders hoch, so dass auch in diesem Falle erst ein Abhören des Signals seinen typischen Charakter verdeutlichen würde: Das schnelle und unregelmäßige „Springen“ eines Tones zwischen zwei Frequenzen.



**Bild 4.58:** Fernschreiber Zierenberg

### 4.9.5 Schlangenbeschwörer

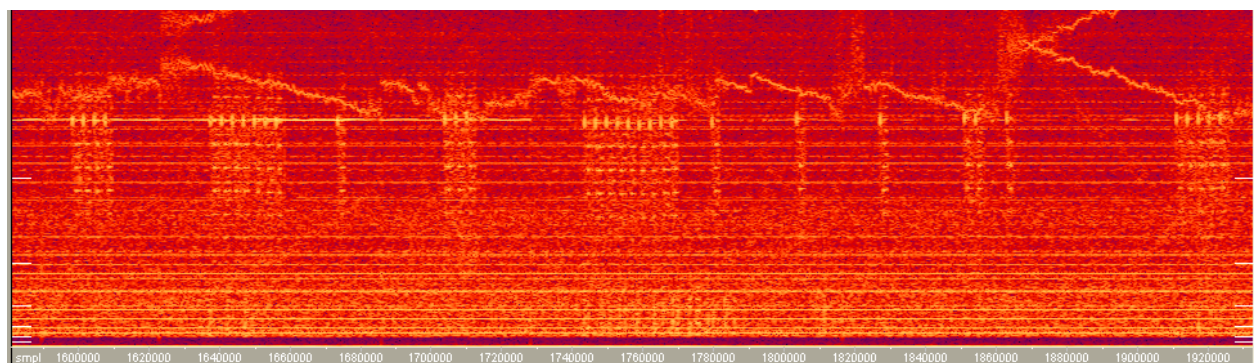
Es ist immer wieder erstaunlich, was man beim Abhören ganz alter Aufnahmen an Neuem entdeckt. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Erfahrung im Umgang mit der Spektralanalyse-Software im Laufe der Jahre zunimmt: Plötzlich werden Spektrallinien sichtbar, die zum Zeitpunkt der Aufnahme ganz einfach übersehen wurden. Als ich meinen Empfänger im Jahre 2001 in Tailfingen bei Stuttgart einsetzte, konzentrierte ich mich ausschließlich auf das bereits beschriebene Lokomotiv-Geräusch. Beim Durchforsten der alten Aufnahmen fiel mir erst vor kurzer Zeit das unten gezeigte Signal auf, das in Klang und Tonfolge sehr stark an die klischeehafte Flöte eines orientalischen Schlangenbeschwörers aus Kinofilmen erinnert. Der gezeigte Ausschnitt wiederholte sich mehrmals im Laufe der Messzeit.



**Bild 4.59:** Schlangenbeschwörer-Flöte, Tailfingen (2001)

### 4.9.6 Ein zweites Gänsesignal

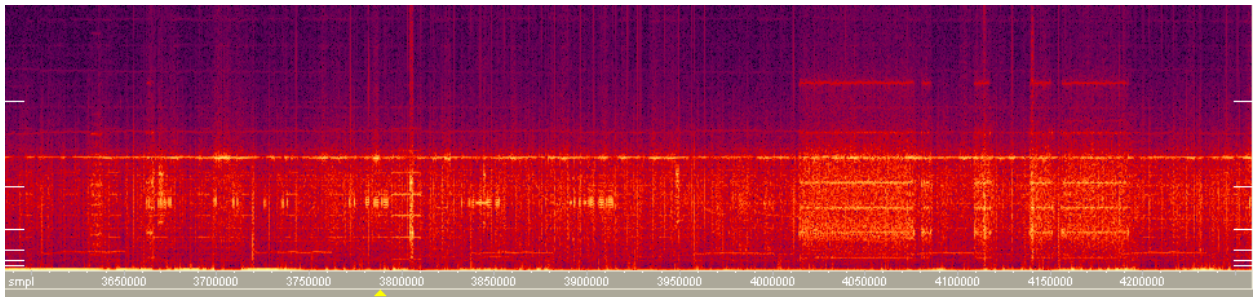
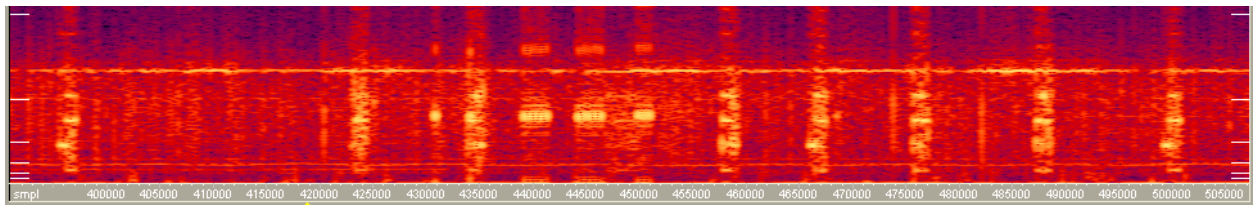
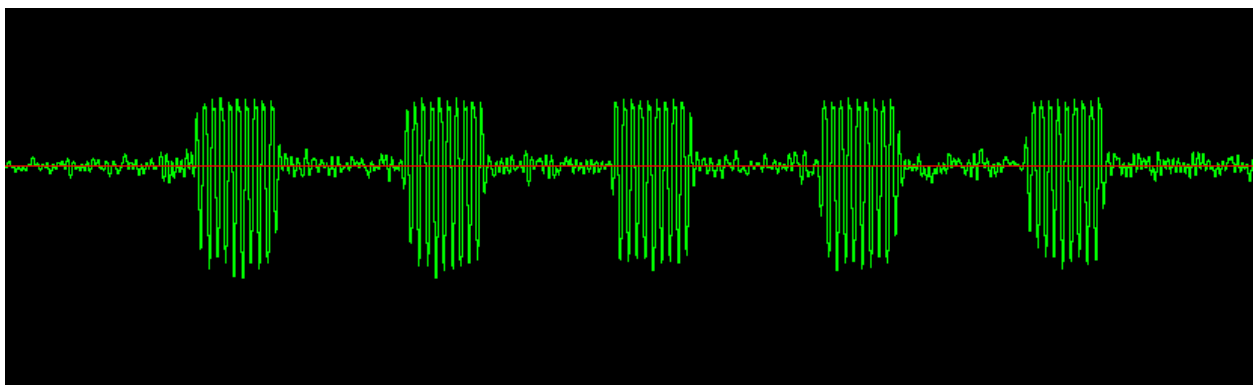
Im Kapitel, das sich mit den Eigenschaften des Gänsesignals beschäftigt, wurde bereits kurz erwähnt, dass eine kürzliche Messung am Biggensee auch dort eine Art „Gänsesignal“ erkennen ließ. Es ist zwar nicht mit demjenigen aus Hürtgenwald identisch, hört sich jedoch genau so an. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass bei diesem Signal mehr als acht Elementarsignale gesendet werden: In der Mitte des unten gezeigten Bildes sind neun solcher typischen Muster zu erkennen. Leider ist das Signal so schwach, dass das Zeitsignal im Hintergrundrauschen versinkt und daher nicht dargestellt werden kann. Auf Grund dieser Tatsache ist zu vermuten, dass die Quelle dieses Signals nicht unbedingt am Biggensee liegen muss, sondern auch weiter entfernt sein kann – natürlich nur unter der Voraussetzung, dass auch dieses Signal über solch weite Entfernungen zu messen ist wie das Gänsesignal aus Hürtgenwald.



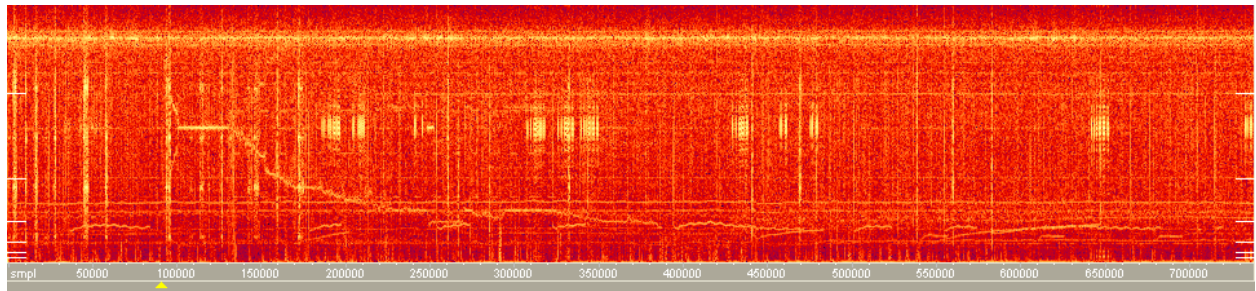
**Bild 4.60** Zweites Gänsesignal Biggese**4.9.7 Tierlaute**

Auch bei Gerlingen im Raum Stuttgart, eine Kleinstadt, scheint es sich um einen interessanten Ort für ELF-Signale zu handeln: Die meisten der in den Bildern unten gezeigten Signale besitzen einen eigenen, typischen Charakter und unterscheiden sich von allen bisherigen Signalen.

Die hellen Flecke im Spektrum (linke Hälfte) hören sich an wie die Laute exotischer Tiere in freier Natur. Ein Blick auf das Zeitsignal identifiziert sie als Bursts, das heißt, als identisch aufgebaute Wellenpakete, die sich in gleichen Abständen wiederholen. Auch die durch das Zirpen von Grillen erzeugten Töne sind ähnlich aufgebaut. Das Signal rechts im Bild unten gleicht zwar dem Beep-Signal, hört sich jedoch wesentlich rauer an, da es sich ebenfalls um unterbrochene Wellenzüge und nicht um ein durchgängiges Sinussignal handelt.

**Bild 4.61:** Tierlaute in Gerlingen**Bild 4.62:** Tierlaute in Gerlingen, X-Zoom**Bild 4.63:** Tierlaute Gerlingen, Zeitsignal mit deutlich erkennbaren Bursts





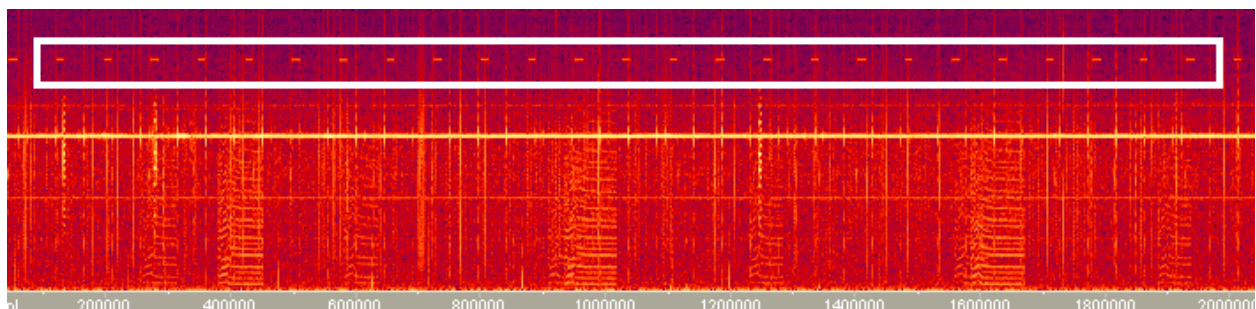
**Bild 4.64:** Heulgeräusche Gerlingen

#### 4.9.8 Heulgeräusche

Neben den erwähnten Tierlauten zeichnen sich die Aufnahmen aus Gerlingen auch durch unregelmäßig verlaufende Sinustöne im unteren Frequenzbereich aus, die sich bei der akustischen Wiedergabe teilweise recht „gespenstisch“ anhören. Im Bild oben ist deutlich eine langsam in ihrer Frequenz unregelmäßig abfallende Linie zu erkennen. Auch die unregelmäßig und bogenförmig verlaufenden Linien am unteren Bildrand im Frequenzbereich von (echter Wert) nur ein paar Hertz sind deutlich sichtbar.

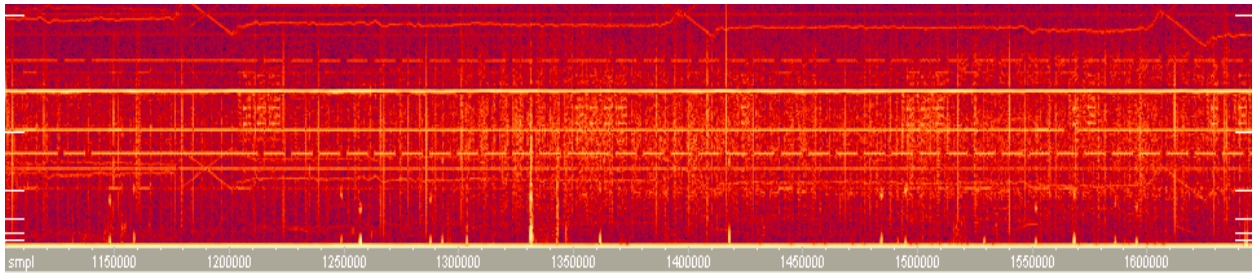
#### 4.9.9 Intermittierende Linien

Zu den häufig und an vielen Orten auftretenden Signalen gehören auch Spektrallinien mit regelmäßigen Unterbrechungen; im Folgenden „Intermittierende Linien“ genannt.



**Bild 4.65:** Intermittierende Line in Hürtgenwald.

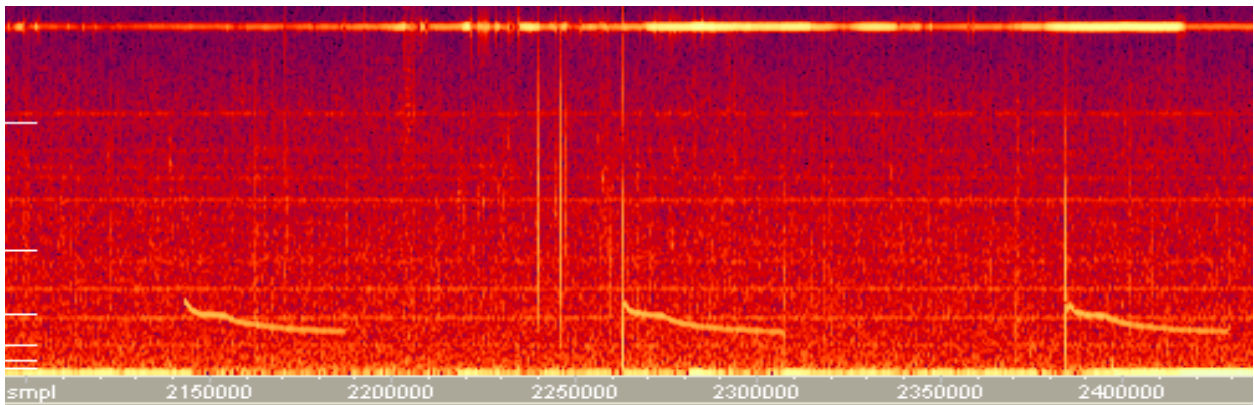
In Hürtgenwald war zum Beispiel über mehrere Jahre eine fast permanent erscheinende, intermittierende Linie von 25 Hz zu empfangen (Bild oben). Sie war in ihrer Intensität zwar nicht so stark wie die restlichen Signale, was sich jedoch zum Teil auch auf die in diesem Bereich einsetzende Wirkung des verwendeten Tiefpassfilters zurückführen lässt. Auch in der Nähe von Aachen in dem kleinen Dorf St. Jöris konnte solch eine Linie bei etwa 10 Hz registriert werden (Bild unten). Im Bild ist zusätzlich das typische Muster des Gänsesignals zu erkennen. Obwohl St. Jöris etwa 25 km Luftlinie von Hürtgenwald entfernt ist, war das Gänsesignal auch dort (zeitsynchron) zu empfangen; eine Tatsache, die die hohe Intensität dieses Signals dokumentiert.



**Bild 4.66:** Intermittierende Line St. Jöris

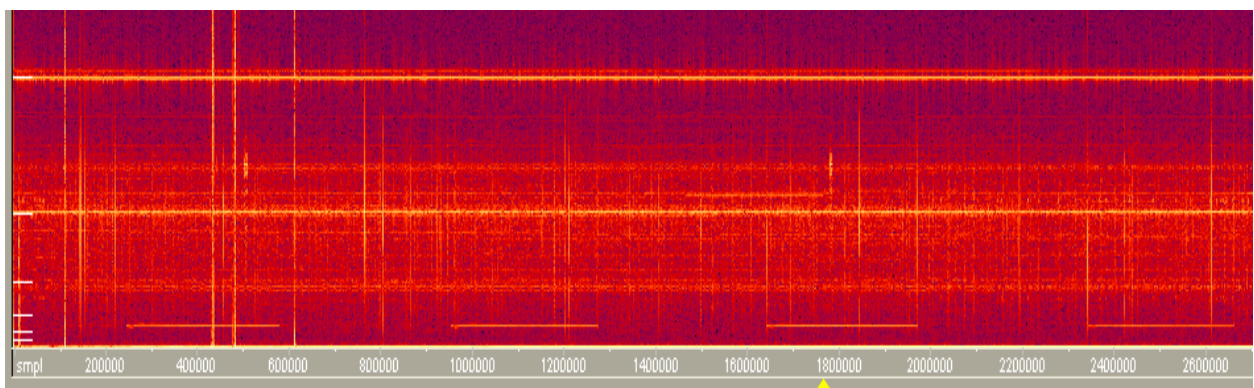
#### 4.9.10 Kauz-Signal

Ein sich permanent wiederholendes Signal, das wie der nächtliche Ruf eines Kauzes („Huuu“) klingt, wurde in Dudweiler bei Saarbrücken während einer Nachtaufnahme empfangen. Signale ähnlicher Art wurden auch an anderen Orten gefunden. Sie zeichnen sich durch eine permanente Wiederholung in regelmäßigen Abständen aus und sind dadurch gekennzeichnet, dass es sich nur um eine Spektrallinie ohne Oberwellen handelt, deren Frequenz kurz nach dem Einsatz häufig absinkt. Das Bild unten zeigt drei solcher Signale, wobei die zeitlichen Abstände aus Platzgründen verkürzt wurden.



**Bild 4.67:** Kauz-Signal in Dudweiler

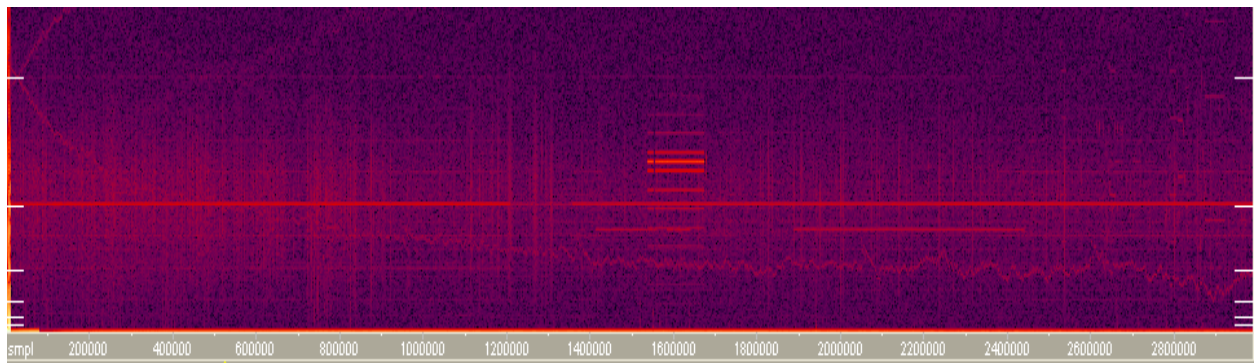
Im Bild unten ist solch ein Kauz-Signal zu erkennen, das im bereits erwähnten Zierenberg bei Kassel aufgenommen wurde. Da hier der Frequenzverlauf jedoch konstant bleibt, erinnert das Signal nicht allzu sehr an einen Nachtvogel.



**Bild 4.68:** Kautz-Signal in Zierenberg, auch als „intermittierende Linie“ klassifizierbar

#### 4.9.11 „Einsame“ Signale

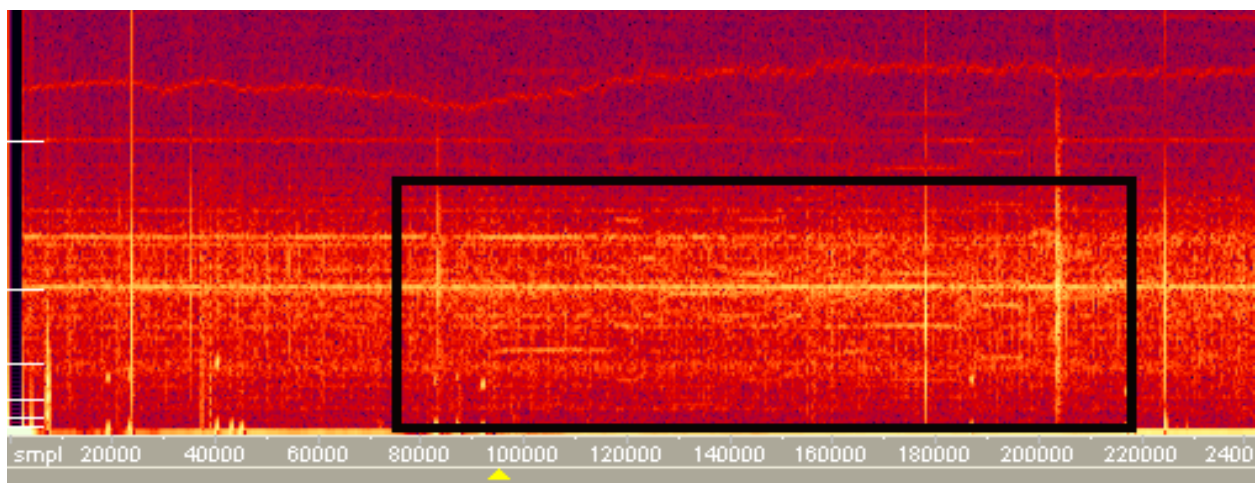
In Büsum an der Nordseeküste waren die empfangenen Signale (unter anderem das Heartbeat-Signal) sehr schwach. Umso verwunderlicher ist das Auftreten einer Art „Beep-Signal“, das sich in seiner Intensität deutlich vom Rest der Signale unterscheidet und vom Grundrauschen abhebt.



**Bild 4.69:** „Einsames“ Signal in Büsum

#### 4.9.12 Musik

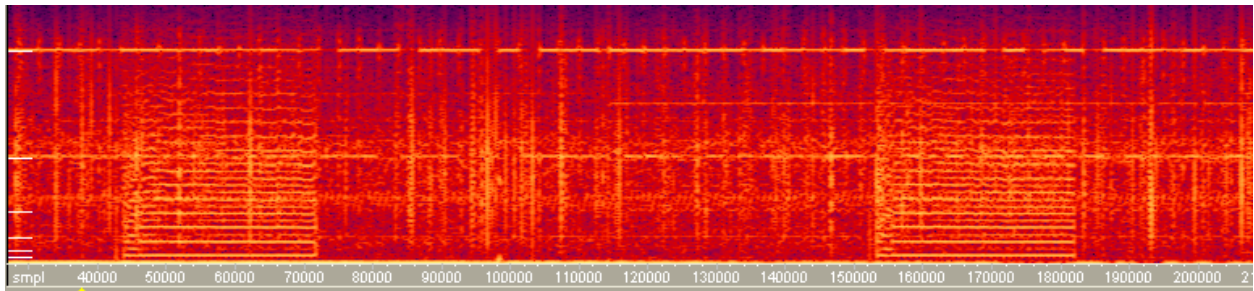
Kehren wir zurück nach Zierenberg. Die dort (in einem Hotelzimmer) empfangenen Signale waren ebenfalls nicht sehr stark, so dass sie in vielen Fällen vom Grundrauschen überdeckt wurden. Im Spektrum (Bild unten) ist daher die an eine Melodie erinnernde (eingerahmte) Tonfolge fast nicht zu erkennen. Hat man jedoch die Möglichkeit, den betreffenden Ausschnitt der Aufnahme abzuhören, so vernimmt man deutlich eine Melodie, die an richtige Musik erinnert, da die Länge der „Noten“ nicht, wie bei synthetischen Signalen, starr, sondern auf recht dynamische Weise verändert ist; eine Tatsache, die dem Ganzen damit offensichtlich so etwas wie Leben einhaucht.



**Bild 4.70:** Melodie Zierenberg

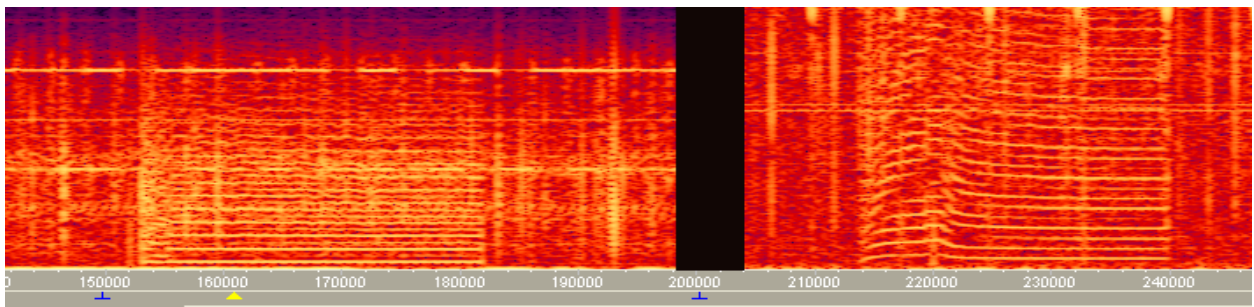
### 4.9.13 Nebelhorn

Seit Mai 2006, als ich nach Mariadorf umgezogen bin, empfangen ich in meinem Haus das „Nebelhorn“ Signal, das sich in mehr oder weniger regelmäßigen Abständen täglich wiederholt. Sein Spektrum ist auf den ersten Blick mit demjenigen des Kuh-Signals aus Hürtgenwald zu verwechseln, doch beim Abhören merkt man deutlich einen signifikanten Klangunterschied: Das Kuh-Signal klingt wirklich nach einem Tier, wogegen sich das Nebelhorn-Signal eher wie ein Alphorn oder, wie der Name schon sagt, das Nebelhorn eines großen Dampfers anhört.



**Bild 4.71:** Nebelhorn Mariadorf

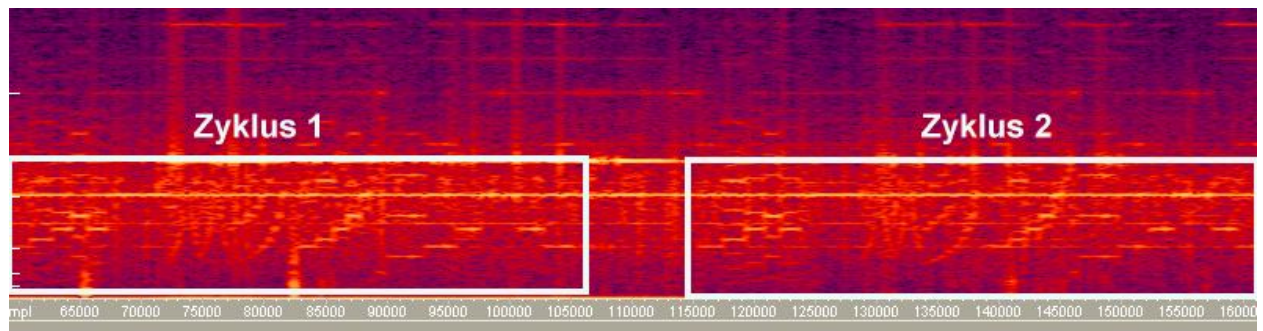
Das Bild unten zeigt die Unterschiede zwischen den Spektren beider Signale. Die Linien des Nebelhorns liegen wesentlich dichter zusammen; von den Krümmungen der Linien des Kuh-Signals ganz abgesehen.



**Bild 4.72:** Vergleich Nebelhorn-Kuh

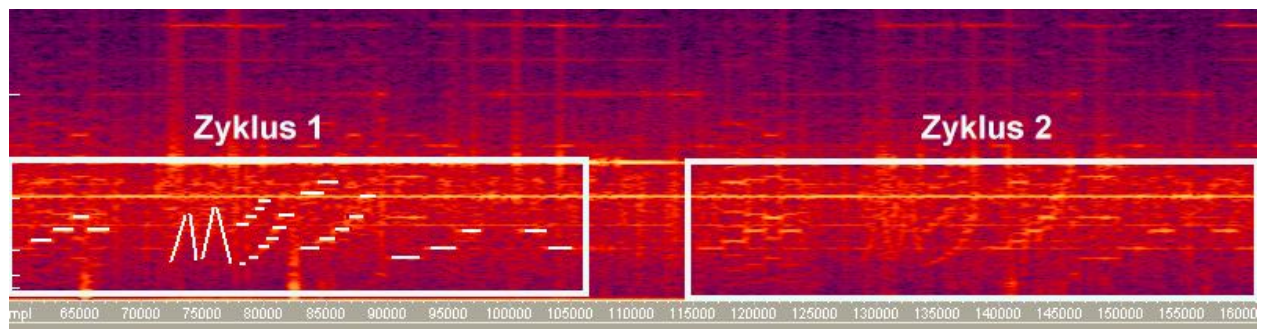
### 4.9.14 Panflöte

Sicher kennen Viele den Klangeindruck, der entsteht, wenn ein Panflötenspieler das Instrument beim Spielen einfach von links nach rechts und wieder zurück am Mund vorbeizieht: Der Zuhörer vernimmt eine in schneller Abfolge erklingende Tonleiter. Ähnlich hören sich die Signale an, die in der Gemeinde Bübingen (in der Nähe von Saarbrücken) in einem Privathaus in einer ruhigen Wohnsiedlung empfangen wurden. Während der Aufnahme erschienen mehrere solcher Zyklen hintereinander. Das Bild zeigt zwei dieser Zyklen, die sich genau gleichen.



**Bild 4.73:** Panflöte Bübingen

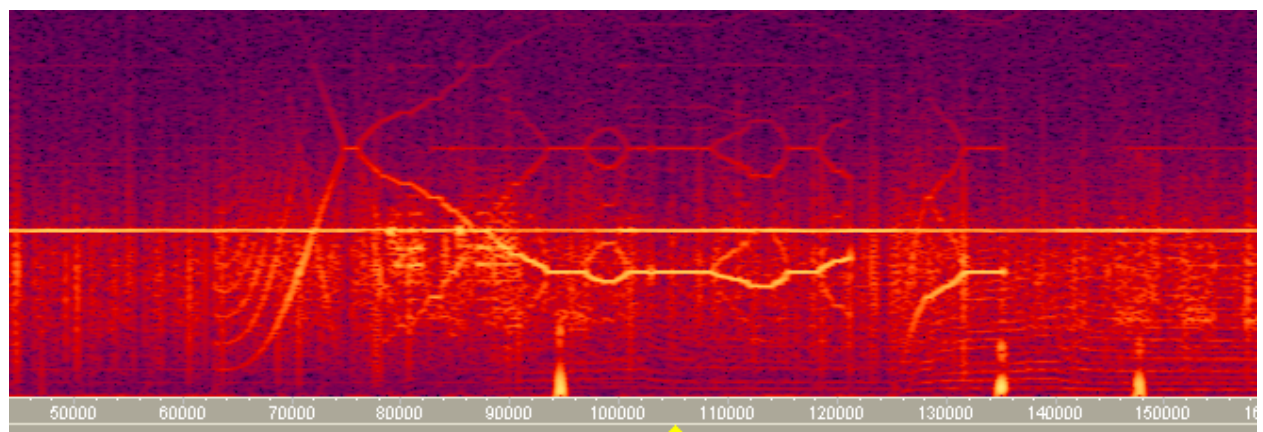
Leider war auch in diesem Falle der Empfang sehr schwach, so dass im folgenden Bild die Spektrallinien, auf die es ankommt, im Zyklus 1 nachgezeichnet wurden.



**Bild 4.74:** Panflöte Bübingen mit hervorgehobenen Spektrallinien

#### 4.9.15 Unregelmäßige Frequenzverläufe

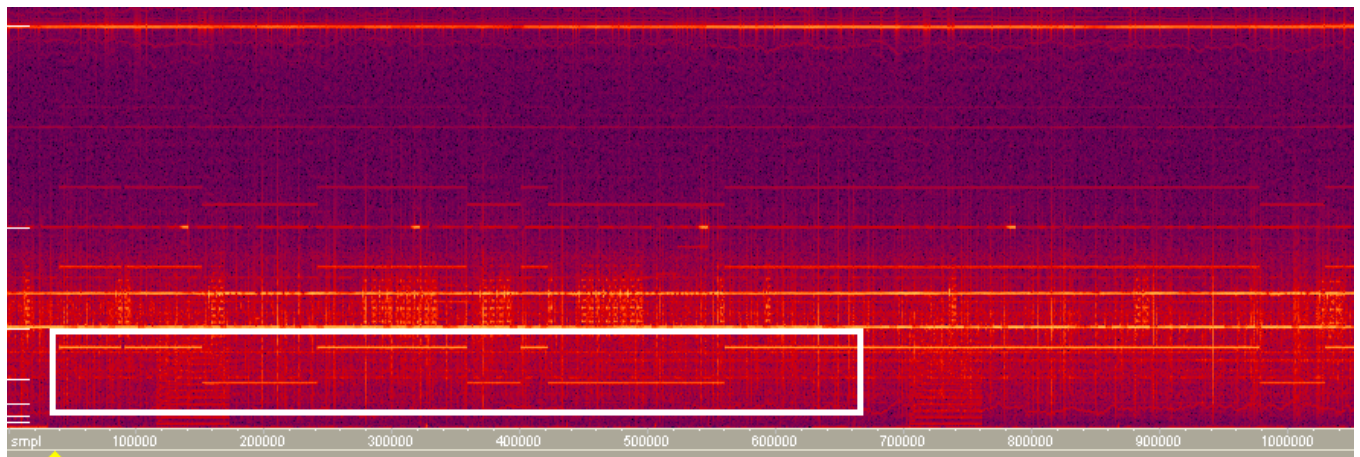
Nicht alle Signale zeichnen sich durch regelmäßige Muster aus. Oft hat es den Anschein, als würde irgendjemand am Frequenz-Einstellknopf eines niederfrequenten Sinusgenerators „herumspielen“ und die Ausgangssignale des Gerätes über einen Verstärker in die Erde leiten. Das unten gezeigte „Quietschsignal“ erschien an einem Sonntagnachmittag in Hürtgenwald und war extrem stark: Obwohl der Pegel nachträglich so weit abgeschwächt wurde, dass das gleichzeitig aufgenommene Kuh-Signal kaum noch zu erkennen ist, tritt die bizarre, helle Linie immer noch sehr deutlich hervor. Als Referenz kann auch hier die ebenfalls sehr starke Linie des  $16 \frac{2}{3}$  Hz Bahnsignals herangezogen werden. Dauer in Echtzeit: mehrere Minuten.



**Bild 4.75:** Quietschsignal in Hürtgenwald

### 4.9.16 Langsame Frequenzsprünge

Linien, die sehr schnell zwischen zwei Frequenzen wechseln, wurden im Zusammenhang mit den Fernschreiber-Signalen bereits vorgestellt. Solche Wechsel können sich jedoch auch, wie viele der aufgenommenen Signale zeigen, sehr langsam vollziehen; zum Beispiel im Rhythmus von zehn Minuten oder länger (Im Bild unten in der Umrahmung zu erkennen).

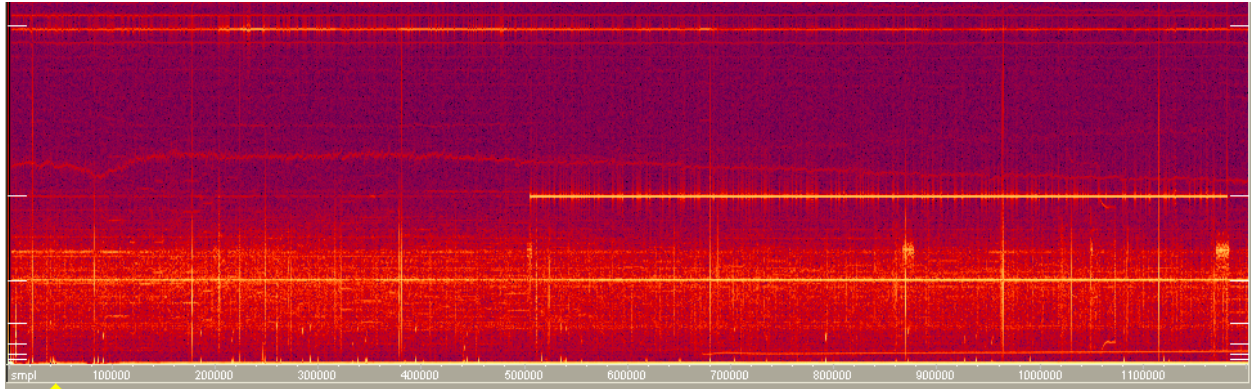
**Bild 4.76:** Langsame Frequenzsprünge

### 4.9.17 Plötzlich einsetzende Linien

Zum Schluss noch ein weniger spektakuläres aber nicht unwichtiges Beispiel: In vielen der gezeigten Screenshots sind mehr oder weniger starke Linien auf unterschiedlichsten Frequenzen zu erkennen. Außer dem  $16 \frac{2}{3}$  Hz Signal der Bahn und den 50 Hz des Haushaltswechselstroms sind die Quellen aller weiterer Linien völlig ungeklärt – von ihrem Zweck ganz zu schweigen. Da diese Linien jedoch nicht immer empfangen werden, müssen sie zwangsweise irgendwann einmal beginnen und irgendwann auch wieder enden. Während der im Bild unten gezeigten Aufnahme erwischte ich zufällig den Zeitpunkt, an welchem solch eine Linie erscheint. Wie man sehen kann, tritt sie ganz plötzlich mit voller Intensität und einer Frequenz von 25 Hz auf. Die durchgehende Linie besitzt eine Frequenz von 12,5 Hz. Bei den hellen Punkten im rechten Bereich des Bildes handelt es sich um zwei Gänsesignale.

Um die in der Physik bekannte Schumann-Resonanz kann es sich bei den 25- und 12,5-Hz-Linien nicht handeln, da diese bei einer Frequenz von etwa 7,8 Hz angesiedelt ist.

Die Schumann-Resonanz lässt sich, grob vereinfacht, wie folgt erklären: Durch Reflexion an der Ionosphäre breiten sich die unter anderem durch weltweite Gewitterblitze entstehenden Wellen um die ganze Erde aus, wobei durch Überlagerungseffekte genau die Frequenzanteile von 7,8 Hz (auf Grund der Größe des Erdumfangs) verstärkt werden.



**Bild 4.77:** Plötzlich einsetzende 25-Hz-Linie, Hürtgenwald





# 5. Technische Grundlagen des Empfangs elektromagnetischer Wellen

## 5.1 Rundfunkempfang versus Direktempfang

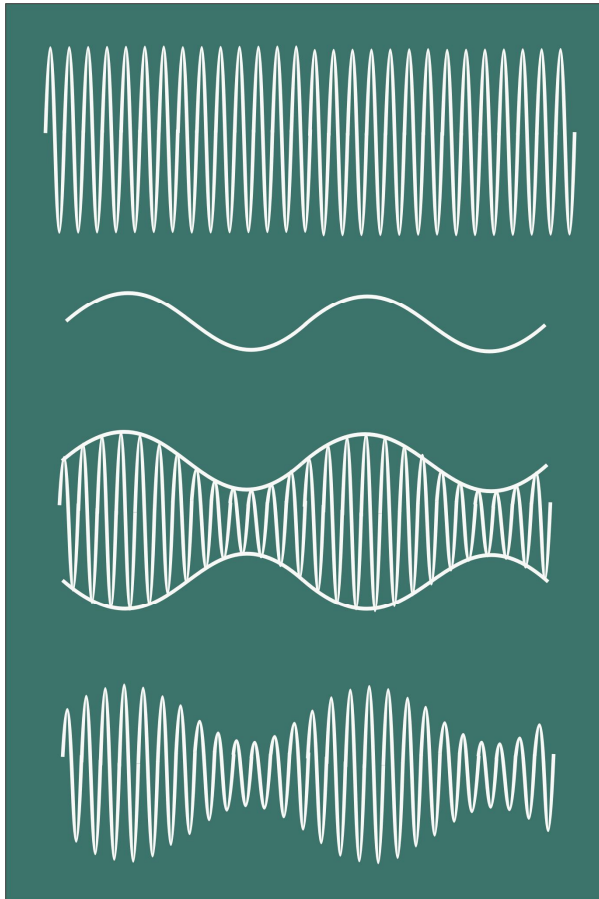
Der Empfang von Radio- und Fernsehstationen erfolgt, wie allgemein bekannt, durch die Aussendung elektromagnetischer Wellen, die im Rundfunk-Langwellenbereich pro Sekunde über hunderttausend Mal schwingen. In den Bereichen, in denen Handys miteinander kommunizieren, Satelliten ihre Fernsehprogramme zur Erde strahlen oder Radargeräte Flugzeuge aufspüren, schwingen die verwendeten, elektromagnetischen Wellen sogar über eine Milliarde mal pro Sekunde. Diese auch als Träger bezeichneten Wellen lassen sich auf Grund ihrer hohen Frequenz natürlich nicht direkt in hörbaren Schall umwandeln. Sie dienen, ähnlich dem Blatt Papier in einem Buch, nur als Grundlage für eine ihnen aufgeprägte Information. Diese Information in Form von Musik, Sprache, Bildern oder Daten wird übertragen, indem man den Träger im Rhythmus der zu übertragenden Signale verstärkt oder abschwächt oder in seiner Frequenz geringfügig verändert, was im Fachjargon mit "Modulation" bezeichnet wird (**Bild 5.1**).

Neben diesen künstlichen, hochfrequenten Trägern, von denen wir tausendfach umgeben sind, sind auch elektromagnetische Wellen denkbar, deren Frequenz so niedrig ist, dass sie direkt in hörbaren Schall transformiert werden kann. Es wäre sogar möglich, zum Beispiel die akustischen Schwingungen von Musik ohne Umweg über einen hochfrequenten Träger direkt in elektromagnetische Wellen umzuwandeln, auszusenden und wieder zu empfangen. Dieses Verfahren wird als Direktempfang bezeichnet und hätte den Nachteil, dass sich mehrere Sender dieser Art untrennbar miteinander vermischen (Überlagerung) und es für den Hörer am häuslichen Empfänger nicht mehr möglich wäre, den ganzen "Wellensalat" zu trennen.

Hochfrequente elektromagnetische Trägerwellen lassen sich dagegen durch die in Empfangsgeräten eingebauten, abstimmbaren Filter sauber und deutlich voneinander abgrenzen, was einen ungetrübten Empfang unterschiedlicher Radio- und Fernsehprogramme erst ermöglicht. Hinzu kommt, dass hochfrequente Träger wesentlich energiereicher sind und daher weiter strahlen, als elektromagnetische Wellen niedrigerer Frequenz. In jedem Funkempfänger wird durch ein als Demodulation bezeichnetes Verfahren die dem Träger aufgeprägte Information wieder dekodiert.

Aus den oben genannten Gründen wird in vielen Veröffentlichungen davon ausgegangen, dass im Bereich von Frequenzen, die dem Hörbereich des Menschen entsprechen (ca. 16 Hz bis ca. 16 kHz) keine Informationen über Funk übertragen werden. Doch nicht nur in diesem Bereich, sondern auch im Bereich zwischen 16 Hz und 0 Hz, existieren keine Sendeanlagen, die der Übertragung von Daten dienen.

Im militärischen Bereich gibt es jedoch Ausnahmen: Da nur elektromagnetische Wellen sehr niedriger Frequenz in der Lage sind, große Wassermassen zu durchdringen, wurden die an U-Boote gerichteten Befehle noch bis vor kurzem auf einer Frequenz zwischen 70 und 80 Hz von wenigen, großen Militär-Stationen rund um den Globus gesendet. Diese Signale ließen sich überall auf der Erde mit geeigneten Empfängern registrieren. Ausführliche Informationen zu diesem Thema werden auf zahlreichen Internetseiten angeboten.



**Bild 5.1:** von oben nach unten: hochfrequenter, unmodulierter Träger, zu übertragendes Signal, Vergleich, amplitudenmodulierter Träger

Weitere Ausnahmen bilden technische Wechselströme wie zum Beispiel unser Haushalts- und Industriestrom, der mit seinen 50 Hz als tiefer Brummtton gut zu empfangen ist, wenn man ihn direkt in Schall umwandelt (was nicht nur für jeden Elektronik-Amateur recht einfach ist). Da wir von Stromleitungen überall umgeben sind, ist dieser Brummtton auch überall dort zu empfangen, wo sich zivilisierte Menschen angesiedelt haben. Eine Ausnahme bei der Frequenz bildet das Stromnetz der USA, dem 60 Schwingungen zu Grunde liegen. Stromleitungen wirken wie Sendeantennen, die elektromagnetische Felder im Takt des durch sie hindurch fließenden Wechselstroms aussenden. "Wechselstrom" bedeutet nichts anderes, als dass der Strom in der Leitung permanent seine Richtung wechselt; also zum Beispiel 50 Mal pro Sekunde.

Eine weitere, starke Signalquelle bildet der Wechselstrom der Bahn, der genau 16 2/3 Mal pro Sekunde durch die Oberleitungen hin und her fließt. Wir konnten mit

unserem Empfänger nachweisen, dass er, je nach Bodenverhältnissen, noch bis zu 6 km von den Bahngleisen entfernt nachweisbar ist.

Auch viele elektrisch betriebenen Geräte erzeugen elektromagnetische Störungen, deren Frequenzen unter anderem auch in einem Frequenzbereich abgestrahlt werden, der vom Menschen wahrgenommen werden kann, wenn man, wohlgemerkt, die elektrischen Wellen direkt in Schallwellen umwandelt. Von solchen Störungen wurden wahrscheinlich Viele schon beim Radiohören oder Fernsehen belästigt, wenn ein Nachbar seine Bohrmaschine benutzte. Bereits der durch das Betätigen eines Lichtschalters erzeugte Funke kann sich als starkes Knackgeräusch in Empfängern störend bemerkbar machen.

### **Fassen wir zusammen**

- Die elektromagnetischen Wellen kommerzieller und militärischer Funkanlagen bewegen sich in Frequenzen, die im Bereich von Millionen oder gar Milliarden von Schwingungen pro Sekunde liegen. Eine direkte Umwandlung in Schall ist nicht möglich.
- Das Senden auf tiefen Frequenzen bis zu wenigen Schwingungen pro Sekunde wäre nicht sinnvoll, da der technische Aufwand zu hoch ist und bereits zur Übermittlung kurzer Nachrichten sehr viel Zeit benötigt würde.
- Beim Direktempfang im Frequenzbereich unter 100 Hz würde man (theoretisch) außer den 50 Hz unseres Wechselstroms, den 16 2/3 Hz der Bahn und einigen natürlichen, geophysikalischen Quellen (siehe unten) nichts empfangen - außer eventuell noch den zur U-Boot-Kommunikation dienenden Wellen zwischen 70 und 80 Hz und den Störungen von Haushaltsgeräten, Maschinen und Werkzeugen.

## 5.2 Prinzip des Direktempfangs

Der Direktempfang elektromagnetischer Wellen im hörbaren Frequenzbereich von etwa 16 Hz bis 16000 Hz (mit zunehmendem Alter sinkt die obere Grenze bzw. steigt die untere Grenze) ist auch für Laien auf dem Gebiet der Elektrotechnik auf einfache Weise möglich. Fast jeder besitzt heutzutage einen Audio-Verstärker, an den sich CD-Player, MP3-Player, Plattenspieler oder alte Kassettenrekorder anschließen lassen. Die an den dazu vorgesehenen Eingangsbuchsen (z.B. Typ Chinch) angeschlossenen, schwachen Wechselströme werden so weit verstärkt, dass sie im Lautsprecher (normalerweise als Musik) wiedergegeben werden. Steckt man jedoch statt des Steckers eines CD-Players ein mehrere Meter langes Stück Draht in solch eine Buchse, so hört man im Lautsprecher ein deutliches Brummen. Dies funktioniert jedoch nur, wenn man die richtige der beiden Eingangsbuchsen auswählt, die meistens mit roter Frabe gekennzeichnet ist und die den empfindlichen Teil des Verstärker-Eingangs darstellt.

Woher kommt dieses Brummen? Wie bereits erwähnt, senden alle Stromleitungen in Wohnungen ein elektrisches Wechselfeld mit einer Frequenz von 50 Hz aus, das durch die an den Stromkabeln angeschlossene 230-V-Haushaltswechselspannung erzeugt wird. Das Stück Draht wirkt wie eine Antenne, indem es das Feld auf Grund eines elementaren, physikalischen Gesetzes wieder in einen extrem schwachen Strom umwandelt, der vom Verstärker nur noch hörbar gemacht werden muss.

Statt elektrischer Felder lassen sich auch magnetische Felder empfangen. Dazu benötigt man statt eines Antennendrahtes eine kleine Spule, die man selbst aus dünnem, isolierten Kupferdraht auf einen kleinen Zylinder aus Pappe oder Kunststoff wickeln kann. Je mehr Windungen, desto besser; aber einige Hundert sollten es schon sein. Schließt man beide Enden solch einer Spule über ein zweipoliges Kabel an die beiden Eingänge (rot und schwarz) eines Verstärkers an, so hört man ebenfalls Brummgeräusche aus dem Stromnetz. Diesmal lassen sich jedoch nur solche Brummtöne empfangen, die von stromdurchflossenen Kabeln erzeugt werden, das heißt, von Kabeln, die mit einem eingeschalteten Verbraucher (zum Beispiel eine Lampe) in Verbindung stehen.

Nach diesem Prinzip funktionieren zum Beispiel die kleinen, im Elektro-Handel erhältlichen Leitungsfinder zum Aufspüren von Stromkabeln in einer Wand.

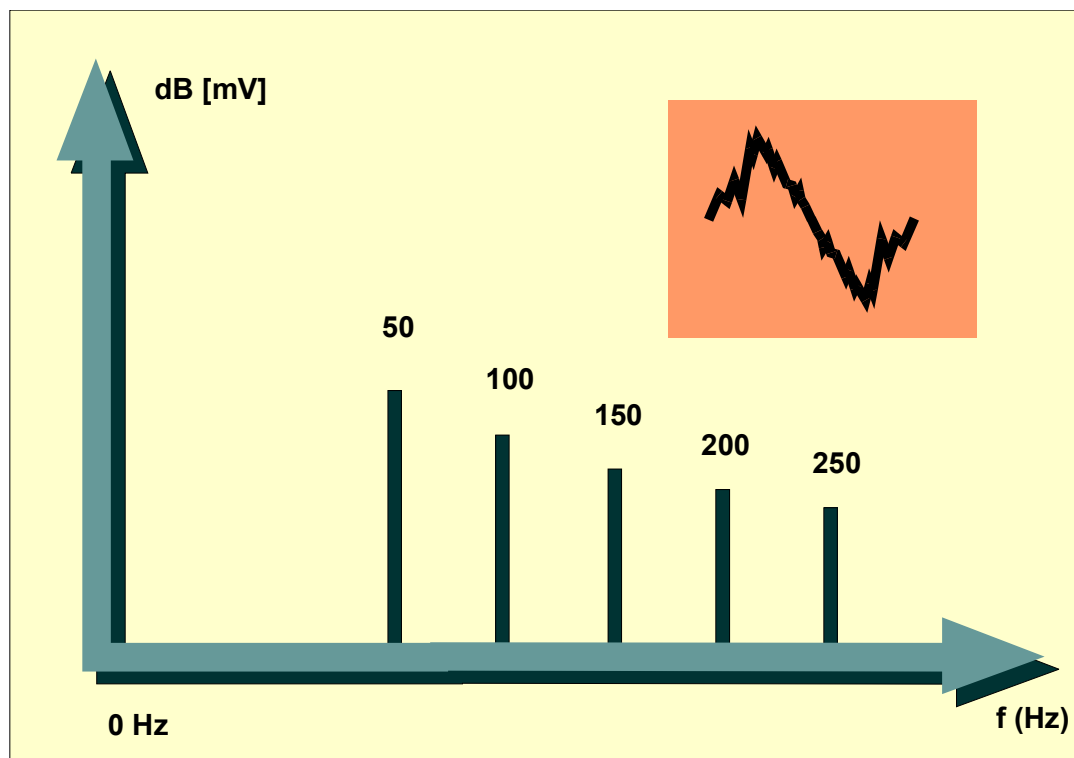
Viele "Schlauberger" sind in den letzten Jahren auf die Idee gekommen, solche einfachen Spulen direkt an den Soundkarten-Eingang eines PCs anzuschließen und das Ganze dann in vollmundigen Publikationen als ELF- oder VLF-Empfänger zu deklarieren. Natürlich lassen sich die mit der Spule empfangenen, magnetischen Wellen mit dem Computer aufzeichnen, abhören und sogar als Spektrum darstellen, aber außer einem kräftigen 50-Hz-Signal und vielleicht noch ein paar Störgeräuschen wird man in der Aufnahme nichts finden, da solch ein Empfänger viel zu schwach ist.

Doch was geschieht, wenn man die Verstärkung weiter erhöht? Das bereits sehr starke 50-Hz-Signal aus der direkten Umgebung wird soweit verstärkt, dass es den Verstärker übersteuert und alle anderen, schwächeren Signale dabei völlig unterdrückt. Abhilfe schafft hier nur ein sehr steilflankiges Filter, das die unerwünschten 50 Hz weitgehend aus dem Bereich der zu empfangenden Frequenzen eliminiert. Für solche Filter existieren jedoch nicht viele

Veröffentlichungen und ihre Berechnung ist nicht ganz einfach (siehe "Filtern ohne Stress", Elektor-Verlag, Franz Peter Zantis und Kurt Diedrich), so dass sie in den meisten ELF-Empfänger-Schaltungen nur recht stiefmütterlich behandelt werden. Ist man an Frequenzen über 50 Hz interessiert (z.B. bis 16 kHz), so wird in den Empfänger ein Hochpass mit einer Grenzfrequenz von knapp über 50 Hz eingesetzt. In diesem Falle wird der Empfänger zum VLF-Receiver (Very Low Frequency). Möchte man dagegen nur Frequenzen zwischen 0 bis knapp unter 50 Hz empfangen, so benötigt der Verstärker ein steiles Tiefpassfilter mit einer Grenzfrequenz unter 50 Hz.

Da die von den 230-V-Leitungen ausgesendeten Schwingungen von 50 Hz mit zahlreichen, bis in den Kilohertz reichenden Oberwellen ausgestattet sind, ist das oben erwähnte Hochpassfilter eines VLF-Empfängers nicht sehr hilfreich: Die zu hörenden Töne natürlichen Ursprungs (natürlich erzeugte Sferics und Whistler) werden von diesen Oberwellen oft bis zur Unhörbarkeit übertönt, so dass oft nur noch ein Ausflug in die freie Natur fernab von Stromleitungen der einzige Ausweg ist.

Aus diesem Grunde haben wir uns, als wir mit unseren Experimenten begannen, nach kurzer Zeit für den ELF-Empfang entschieden, also für den Empfang von Frequenzen unter 50 Hz. Der Grund ist ganz einfach: Da die Netzfrequenz von 50 Hz zwar Oberwellen, aber keine "Unterwellen" (Subharmonische) besitzt, sind unterhalb von 50 Hz auch keine durch die Netzfrequenz bedingten Störungen zu empfangen, so dass alle Töne, die nicht aus Stromleitungen stammen, deutlich und fast ohne Hintergrundgeräusche vernehmbar sind.



**Bild 5.2:** Spektrum des 50-Hz-Haushalts-Wechselstroms und Zeitsignal (rechts oben)

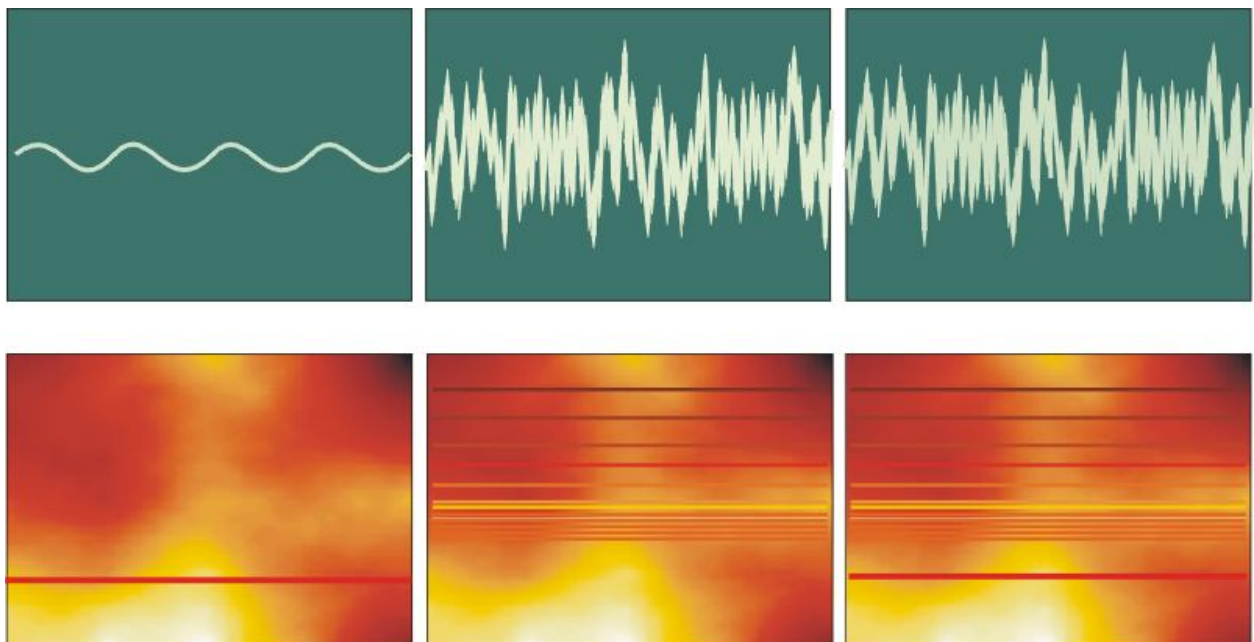
### 5.2.1: Erfassung und Auswertung

Vernehmbar? Frequenzen unter 50 Hz sind doch nur als tiefes Brummen zu hören, und unterhalb 16 Hz streikt unser Gehör doch ganz? Sehr richtig. Aus diesem Grunde ist es erforderlich, diese tiefen Töne erst einmal aufzunehmen und dann mit höherem Tempo wieder zu geben.

Zu Anfang hatte ich nur die auf dem PC-Monitor dargestellten Zeitsignale der oben beschriebenen Signale betrachtet. Natürlich ist es auf diese Weise so gut wie unmöglich, zeitlich länger auseinanderliegende Abschnitte zu erfassen, miteinander in Verbindung zu bringen und als Ganzes zu erkennen, auch wenn man, wie zunächst geschehen, die Kurven auf Papier ausdruckt und als "Meterware" an die Wand pinnt.

Da sich bei der Zeitsignal-Darstellung verschiedene Frequenzen, also auch Störungen, zu einer einzigen Linie überlagern, ist es beim gleichzeitigen Empfang von Störgeräuschen und interessanten Signalen für das Auge unmöglich, Stör- und Nutzsignal voneinander zu trennen. Mit unserem Gehör geschieht dies jedoch ganz von selbst: Stellen Sie sich vor, so hören einen gleichbleibenden Ton und gleichzeitig läuft ein Staubsauger. Trotz des Lärms erkennen Sie den Ton mit Ihrem Gehör und können ihn vielleicht sogar nachsingen oder auf einem Musikinstrument identifizieren. Der reine Ton wird auf einem Oszilloskop-Bildschirm jedoch völlig im Chaos versinken, nachdem Sie zusätzlich den Staubsauger eingeschaltet haben.

Das beschleunigte Abspielen der mit einem ELF-Empfänger registrierten Wellen sowie das anschließende Abhören bei beschleunigter Wiedergabe führt dazu, dass sich Signale, die sich über einen längeren Zeitraum erstrecken, plötzlich erkennen, erfassen und einordnen lassen. Bei ersten Versuchen hat es sich zufälligerweise gezeigt, dass ein Beschleunigungsfaktor von 160 recht gut geeignet ist, ELF-Signale wie "richtige" akustische Signale aus der vertrauten Umwelt klingen zu lassen. Auf Grund dieser Erkenntnis haben wir diesen Faktor bis heute beibehalten.



**Bild 5.3:** Von links nach rechts:  
Nutzsignal (Sinuston), Störsignal, Überlagerung beider Signale.  
Oben: Zeitsignale. Unten: Spektrum vs. Time (siehe nächster Abschnitt 5.2.2).

## 5.2.2: Spektrum versus Time

Auch das Auge ist durchaus in der Lage, Muster in Langzeitaufzeichnungen zu erkennen, wenn man sie ihm nicht als Zeitsignal, sondern als Spektrum über der Zeit präsentiert. Seit es extrem schnelle Rechner für den Privatanwender gibt, existieren zahlreiche kostengünstige Programme zur Erzeugung von Zeitspektren. Dabei werden Töne (und auch Obertöne) wie in einer Art Notenschrift als Linien auf einer Zeitachse abgetragen. Genau wie bei Noten entsprechen auch hier die Y-Koordinaten einer Linie der Frequenz. Farben oder Helligkeiten der Linien sagen etwas über ihre Intensität aus. Durch die saubere, optische Trennung einzelner Frequenz verschimmt bei der Spektrum-versus-Time-Darstellung nicht alles zu einem einzigen „Gezappel“, wie dies beim Zeitsignal der Fall ist: Mit einem Blick lassen sich alle Komponenten eines Frequenzgemischs identifizieren, so dass auch typische, sich wiederholende Muster schnell identifizierbar sind. Ohne diese Möglichkeit wären viele der im letzten Kapitel gezeigten Beispiele gar nicht aufgefallen (siehe Bild 5.3).

Mit etwas Übung lassen sich Spektrogramme genau so einfach lesen, wie Noten für einen Musiker, Landkarten für einen Geographen oder Schaltpläne für einen Elektroniker.

Die bereits erwähnte Beschleunigung der Signale um den Faktor 160 war auch zur Anpassung an das Analyseprogramm notwendig: Solche Programme sind für den Audibereich bis 20 kHz oder höher ausgelegt. Frequenzen unter 50 Hz würden so stark an den unteren Rand der Y-Skala gedrängt, dass ihre Linien gar nicht mehr zu unterscheiden wären. Durch eine Beschleunigung um den Faktor 160 wird auch die Y-Skala um den gleichen Faktor gestreckt: Ein Tonintervall von 2 Hz bis 20 Hz zum Beispiel wird nun zu einem Intervall von 320 Hz bis 3,2 kHz, und dieser Frequenzbereich wird sehr übersichtlich auf der Skala des verwendeten Programms, Cool Edit, abgebildet.

An der Aufnahme ändert sich dabei gar nichts. Pro Sekunde wurde das empfangene Signal 200 Mal abgetastet. Beim Laden fragt das Analyseprogramm nach der Original-Abtastfrequenz. Es mag uns verzeihen, wenn wir es permanent belügen: Statt des Wertes „200“ muss einfach die Zahl 32000 eingegeben werden. Das Programm „glaubt“ nun, dass es beim Abspielen in einer Sekunde 32000 gespeicherte Amplitudenwerte wiedergeben muss. In Wirklichkeit entspricht diese eine Sekunde jedoch 160 aufgenommenen Sekunden, denn in 160 Sekunden wurden bei einer Abtastrate von 200 genau 32000 Samples gespeichert. Die entsprechend angepasste Anzeige der Spektrallinien ergibt sich dann automatisch.

Prinzipiell geht es bei diesem „Trick“ darum, das Zeitempfinden des Menschen zu überlisten, um Zusammenhänge zu erkennen, die ohne diesen Trick nicht bemerkt würden. Unser Gefühl für zeitliche Muster ist so konzipiert, dass wir Intervalle bis zu mehreren Sekunden noch recht gut überschauen. Bei noch längeren Zeiten verlieren wir die Zusammenhänge aus den Augen oder besser: aus den Ohren. Auf solchen Gesetzmäßigkeiten basiert unter anderem auch unser Empfinden für Musik.

Stellen Sie sich dazu folgendes Gedankenexperiment vor: Jemand spielt eine kurze Melodie auf einem Instrument. Die meisten Menschen sind in der Lage, diese Melodie zu erkennen und durch Nachsingen zu wiederholen. Menschen mit weniger

ausgeprägtem Musikempfinden können sich stattdessen auch eine geklopfte Taktfolge vorstellen. Wenn der Versuchsleiter diese Melodie immer langsamer und langsamer spielt, verlieren wir zusehends den Überblick und sind ab einem bestimmten Punkt nicht mehr in der Lage, die Folge der Töne oder Takte zu erkennen. Ich denke dabei an extrem lange Pausen von mehreren Minuten zwischen den einzelnen Takten oder Tönen. Ganz genau so verhält es sich mit den beschriebenen ELF-Signalen: Nicht zuletzt der schnelle Zeitraffer bewirkt, dass sie überhaupt erkannt werden. Vielleicht auch ein Grund, warum sie bisher noch niemand entdeckt hat.



## 6. ELF-Empfänger

Wie bereits erwähnt, genügen bereits eine kleine Spule und ein Verstärker oder ein PC mit Soundkarte, um elektromagnetische oder besser „magnetische“ Wellen im Audio-Frequenzbereich hörbar zu machen.

Da ich wusste, dass man damit nicht weit kommt, bestand mein erster Empfänger bereits aus einer ringförmigen Spule mit einem Durchmesser von 40 Zentimetern und 1000 Windungen (Weitere Informationen siehe Kapitel: „Tipps zur Herstellung von ELF-Spulen“).

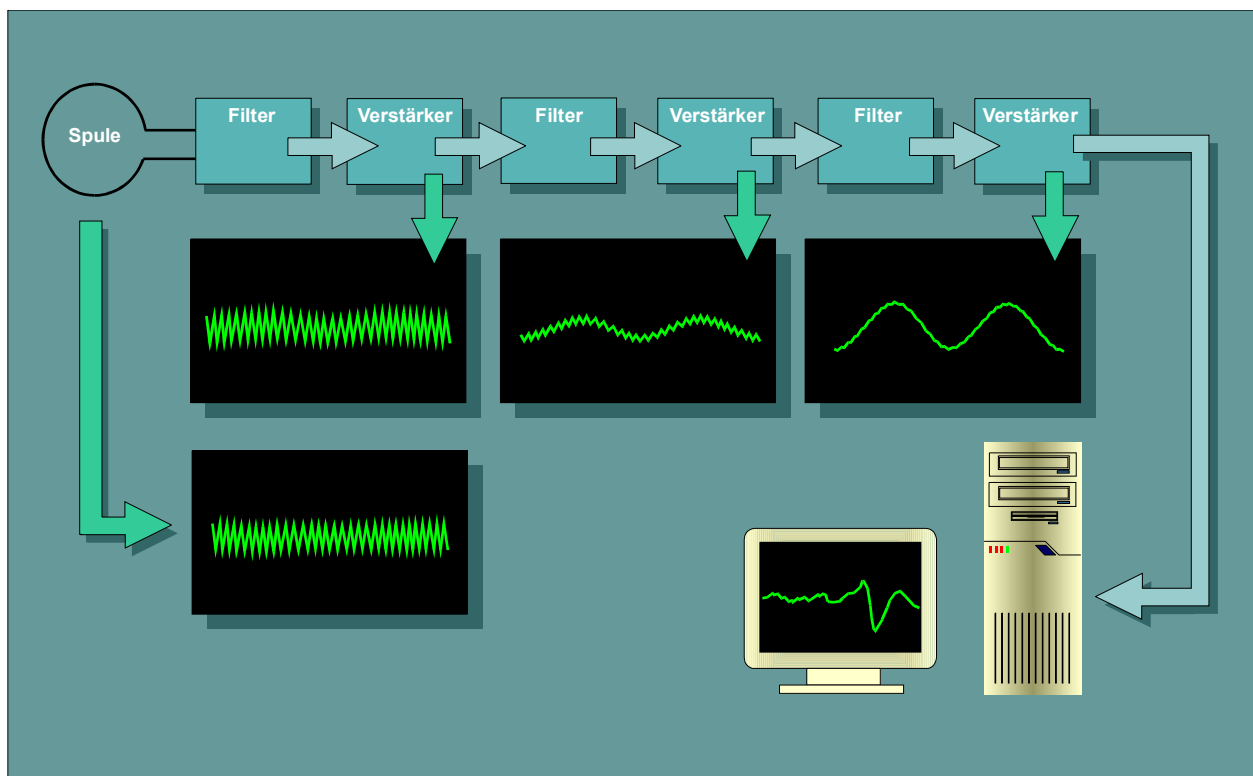


Bild 6.1: Empfänger-Prinzipschaltbild

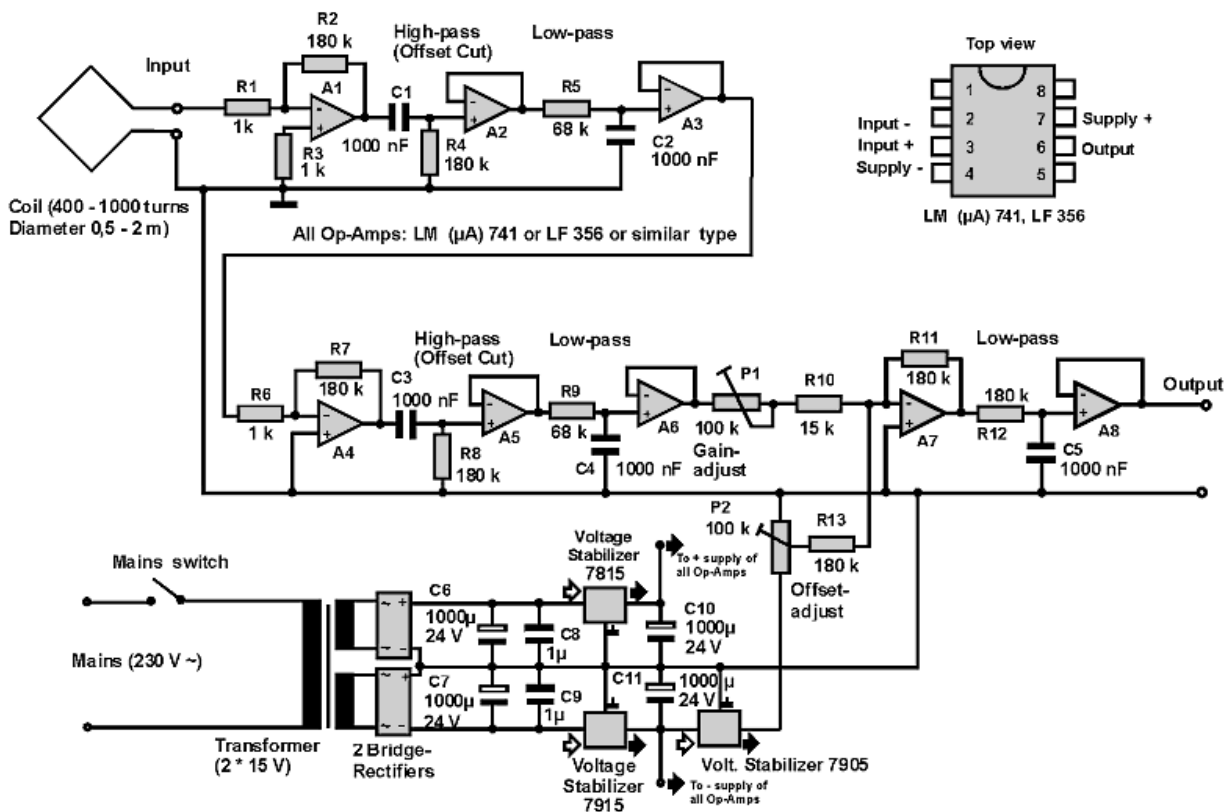
### 6.1 Einfacher Empfänger

Für den ersten Empfänger habe ich mir eine Kette aus mehreren einzelnen, hintereinander geschalteten Verstärkern einfallen lassen. Die Verstärkungen der Einzelverstärker multiplizierten sich dabei zu einem Gesamtverstärkungsfaktor von etwa 500 000.

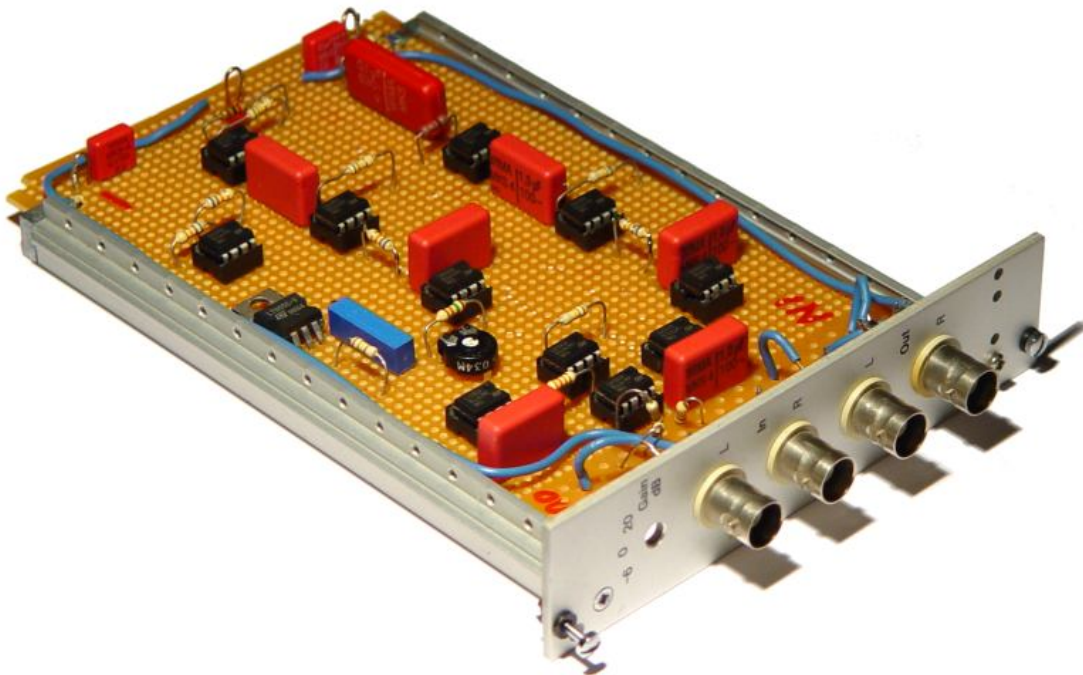
Da die Berechnung steiler Tiefpässe höherer Ordnung nicht gerade mein Fall ist, behelf ich mir mit einer einfacheren Methode: Jedes Verstärkerglied trennte ich durch ein einfaches, als Tiefpass fungierendes RC-Glied und pufferte es mit einem nachgeschalteten Impedanzwandler ab. Die Signalverfolgung mit einem Oszilloskop gab mir Recht. Nach jeder Stufe aus Filter und Verstärker wurde die Amplitude des störenden Netzbrumms merkbar schwächer, wobei die Amplituden der empfangenen

Schwingungen immer weiter dominierten. Am Ausgang waren schließlich nur noch Schwingungen weit unter 50 Hz vorhanden, die ich mit einem PC mit Soundkarte aufzeichnete und analysierte. Da die verwendete Soundkarte zum Glück rein zufälligerweise eine extrem niedrige, untere Grenzfrequenz von einem Hertz besaß, gab es, was den unteren Frequenzbereich betraf, keine Probleme. Allerdings setzte die dämpfende Wirkung meiner Filterkette auf Grund mangelnder Steilheit bereits bei ca. 8 Hz ein, ein Nachteil, der später durch die von Franz Peter Zantis entwickelte Schaltung überwunden wurde. Die zusätzlichen Hochpässe dürfen ebenfalls nicht fehlen, da ansonsten die Offset-Anteile der verwendeten Operationsverstärker von den folgenden Stufen mit verstärkt und spätestens den letzten Verstärker in die Begrenzung treiben würden. Es ist auch möglich, auf die Hochpässe zu verzichten, wenn man die im weiter entwickelten Verstärker verwendeten Präzisions-Op-Amps verwendet und den letzten oder vorletzten Verstärker als Addierer beschaltet, dem man aus einem Spindelpoti eine schwache Kompensationsspannung zuführt. Diese Methode ist allerdings nur für erfahrene Elektronik-Tüftler geeignet, da sie ein gewisses Fingerspitzengefühl erfordert.

Der Verstärker kann, da er relativ einfach ist und nicht abgeglichen werden muss, durchaus zum Nachbau empfohlen werden. Voraussetzung ist jedoch, dass man es mit dem Frequenzgang nicht allzu genau nimmt und keine exakten Messungen durchführen möchte. Allerdings sollte dann auch nur eine Soundkarte verwendet werden, deren untere Grenzfrequenz möglichst niedrig ist. Bei den meisten, in PCs vorhandenen Standard-Soundkarten ist jedoch Vorsicht geboten, da sie in der Regel Frequenzen unter 16 Hz zusehends abschwächen.



**Bild 6.2:** Schaltbild des „einfachen“ Empfängers



**Bild 6.3:** Einfacher Empfänger auf Lochrasterplatine

## 6.2: Empfänger für gehobene Ansprüche

Wie schon erwähnt, ist der oben beschriebene Empfänger mit einigen Nachteilen behaftet, der eine quantitative Analyse der empfangenen Signale nahezu unmöglich macht. Für wissenschaftliche Anwendungen ist der im Folgenden beschriebene Empfänger wesentlich besser geeignet, da er über einen fast linearen Frequenzgang verfügt und sich sein Tiefpassfilter durch eine hohe Steilheit auszeichnet. Darüber hinaus spielt der Frequenzgang der im PC verwendeten Soundkarte keine Rolle, da die empfangenen Signale einem Träger aufmoduliert werden.

Zum Demodulation des Trägers, und dies ist der einzige Nachteil dieser Schaltung, ist eine spezielle, von den Autoren geschriebene Software erforderlich, die zurzeit noch als compilierte Visual-Basic-Version vorliegt und nur unter Windows XP lauffähig ist. Eine verbesserte, unter Windows Vista laufende Version ist jedoch geplant.

Zuvor noch ein wichtiger Hinweis, dessen Beachtung unter Umständen eine Menge Enttäuschungen und Ärger sparen können: Aufbau, Abgleich und Test des Empfängers erfordern eine große Erfahrung im Selbstbau elektronischer

Schaltungen, so dass wir nur Lesern mit fundierten Elektronik-Kenntnissen und genügend Fingerspitzengefühl zum Nachbau dieser Schaltung raten.

### **Die Schaltung**

Ein Blick auf Bild 6.4 zeigt, dass nach einer verstärkenden Eingangsstufe (OP1.1) ein dreistufiges Sallen-Key-Tiefpassfilter **hoher Steilheit** und einer Grenzfrequenz von etwa **25 Hz** folgt. Mit einem sich anschließenden Addierer (OP2.1) wird das Signal auf ein Niveau von 7,5 Volt (halbe positive Versorgungsspannung) angehoben und einer Treiberstufe (OP2.3) zugeführt. Diese Treiberstufe dient zur Ansteuerung des Modulations-Eingangs des ICs CA3080. Hierbei handelt es sich um einen OTA, eine Art spannungsgesteuerter Verstärker bzw. Hüllkurvenmodulator. Das am OTA-Eingang vorhandene Trägersignal von 200 Hz wird im OTA durch die am Modulationseingang angelegte Spannung in seiner Amplitude moduliert und steht am Ausgang (Bu3) zur Verfügung. Das Trägersignal wird durch IC 8038, ein integrierter Sinus-Dreieck-Rechteck-Oszillator, erzeugt.

### **Besonderheiten:**

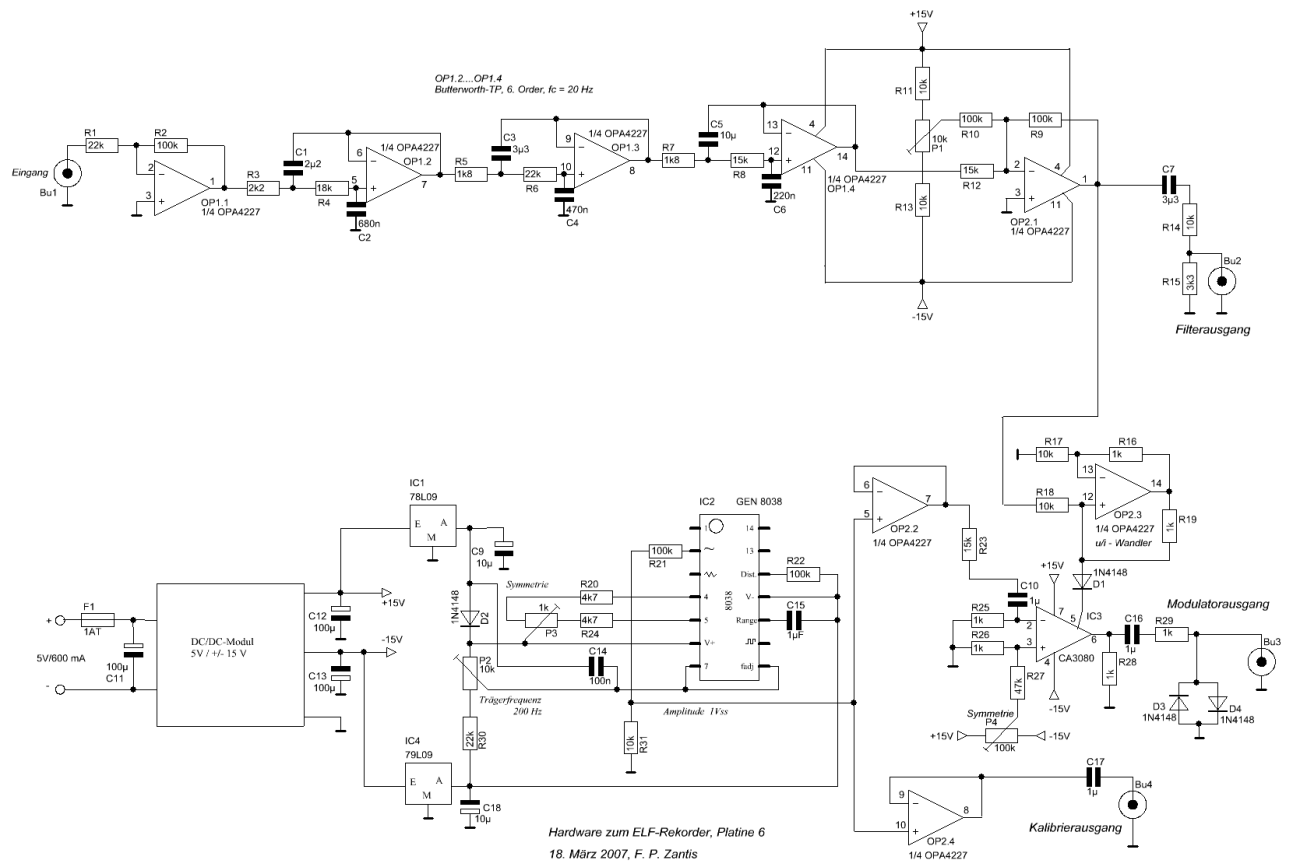
Die Verstärkung der Schaltung ist so dimensioniert, dass sie nur mit dem im nächsten Abschnitt beschriebenen Vorverstärker, der in das Spulengehäuse eingebaut ist, funktioniert. Dieser Vorverstärker dient gleichzeitig zur Kompensation der durch die Spule verursachten Frequenzgang-Verfälschungen. Diese Vorstufe kann zur Not auch entfallen, wenn R1 entsprechend verringert bzw. R2 entsprechend erhöht wird (oder beides).

Der Abgleich der Schaltung muss unbedingt mit einem Oszilloskop durchgeführt werden. Die im Abschnitt „Abgleich“ vorgegebenen Einstellungen müssen genau eingehalten werden, da die Funktion der Demodulations-Software an gewisse Voraussetzungen gebunden ist.

Beim Netzteil handelt es sich um einen integrierten Spannungswandler, der aus einer (Akku-) Spannung von 12 Volt zwei komplementäre Spannungen von jeweils 15 V erzeugt.

Die im Schaltbild angegebenen Werte für die Kondensatoren und Widerstände der Sallen-Key-Filter müssen genau eingehalten werden, um einen möglichst steilen Verlauf der Filter-Übertragungskurve zu erhalten.

Die in der Schaltung angegebenen ICs (DC/DC-Modul und Operationsverstärker) sind nicht gerade preiswert. Aus diesem Grunde ist beim Aufbau, Abgleich und Betrieb der Schaltung stets äußerste Vorsicht geboten. Der Einsatz der ICs in Fassungen lohnt sich auf jeden Fall, da sich der Wechsel der Chips bei der Fehlersuche in diesem Falle wesentlich einfacher gestaltet. Versorgt man die Schaltung mit 9 bis 10 in Serie geschalteten Nickel-Metallhydrid-Akkus von jeweils 1,2 V (Baby-Format), so lässt sie sich mehr als 20 Stunden betreiben, wenn die Akkus eine Kapazität von 5000 bis 8000 mAh aufweisen.



**Bild 6.4:** Schaltbild des Empfängers mit Trägermodulation und Sallen-Key-Filter

## Abgleich

### Sinusgenerator

Überprüfen Sie nach dem Einschalten der Versorgungsspannung zunächst den Sinusgenerator. Am Messpunkt 1 muss ein Sinussignal von ca. **XX V<sub>SS</sub>** messbar sein. Stellen Sie die Frequenz mit P3 auf einen Wert von genau 200 Hz ein. Die Frequenz kann mit Hilfe der X-Skala eines getriggerten Oszilloskops recht exakt ermittelt werden (z.B. zehn vollständige Wellenzüge auf 50 ms). Die X-Symmetrie des Sinussignals kann nach „Augenmaß“ mit P3 eingestellt werden.

### Ruhepotenzial

Stellen Sie nun P1 so ein, dass die von der Spule empfangenen Signale zu einem „Ruhepunkt“ von etwa 7,5 V symmetrisch erscheinen.

Am Ausgang muss nun das nullsymmetrische Trägersignal (xx V<sub>SS</sub>) messbar sein. Die Amplitude muss an den Mikrofoneingang der zur Verarbeitung der Signale verwendeten PCs angepasst sein. Zum Schutz vor Übersteuerung (und eventueller Zerstörung des Soundkarteneingangs) wurde der Ausgang mit zwei antiparallelen Siliziumdioden versehen, die die Spannung auf plus-minus 0,6 V begrenzen. Um eine Verzerrung (Abplattung) des Trägersignals zu vermeiden, darf der maximal ausgesteuerte Träger daher nicht größer als plus-minus 0,5 V sein. Dieser Wert muss durch eine Veränderung von R29 eventuell angepasst werden. Erfordert die von Ihnen eingesetzte PC-Soundkarte höhere Spannungen (z.B. LINE-Eingang), so

können die Dioden auch entfallen, oder, je nach Gegebenheit, durch jeweils zwei in Serie geschaltete Dioden ersetzt werden.

#### Modulator-Symmetrie

Das Abweichen der Spannung am Messpunkt 2 in positiver und negativer Richtung bewirkt eine entsprechende, proportionale Erhöhung oder Verringerung der Amplitude des Trägers. Diese kann, bei falschem Abgleich von P4, auch asymmetrisch verlaufen: Trotz eines um den Wert 7,5 V symmetrisch verlaufenden Signals an Messpunkt 2 fällt die Erhöhung der Trägeramplitude dann stärker aus als die Verringerung (oder umgekehrt).

Zur richtigen Einstellung von P4 sollte man daher im Idealfalle einen kleinen Stabmagneten in einer Entfernung von ca. 1 m (ausprobieren) mittels eines kleinen Motors in Rotation versetzen (ca. 4 bis 16 Umdrehungen pro Sekunde). Das sich periodisch ändernde Magnetfeld führt zu einer sinusförmigen Modulation des Trägers. Mit P4 wird diese so eingestellt, dass die nach unten zeigenden Bögen der Hüllkurve die gleiche Amplitude besitzen wie die nach oben zeigenden Bögen. Zur Not kann man den rotierenden Magneten auch durch einen von Hand bewegten Magneten ersetzen.

## Gehäuse

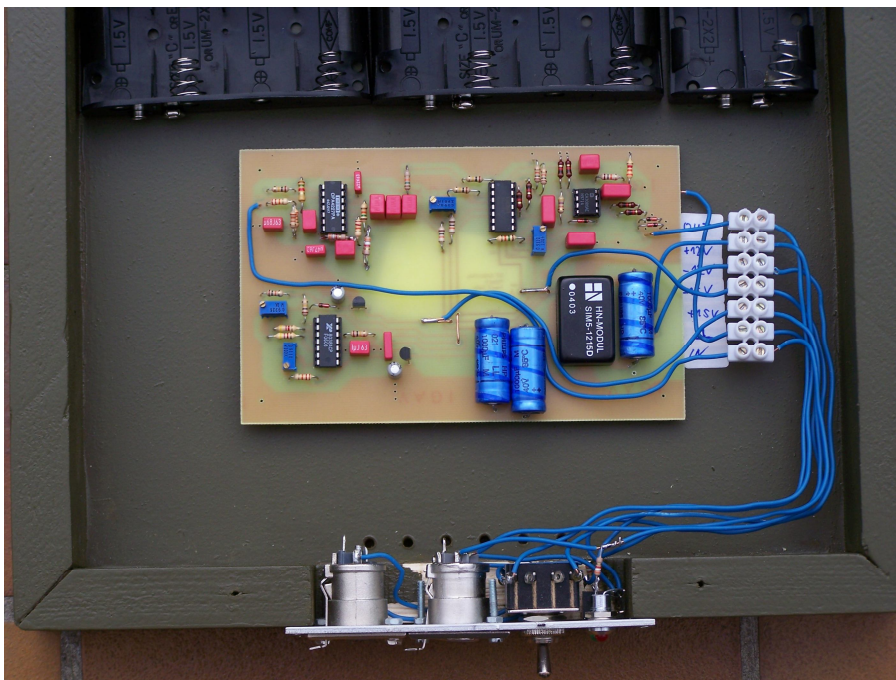
Damit die Schaltung auch einen mobilen Einsatz unbeschadet übersteht, empfiehlt sich der Einbau in ein robustes Gehäuse, das sich für geschickte Heimwerker zum Beispiel aus Holz selbst anfertigen lässt. Für den Prototypen wurde eine flache Gehäuseform gewählt, die sich leicht transportieren und für Platine und Akkus genügend Raum lässt. Neben einem Ein-Ausschalter sowie einer Antenneneingangsbuchse (Spule mit Vorverstärker) und einer Signal-Ausgangsbuchse verfügt die metallene Frontplatte noch über eine Kontroll-Leuchte (LED) und einen Anschluss für eine externe 12-V-Spannungsquelle, um die Akkus beim heimischen Betrieb zu schonen.

Als Buchsen wurden robuste XLR-Typen verwendet, deren zugehörige Stecker (an den Kabeln) sich für den rauen Einsatz im Gelände besonders gut eignen.

Das Gehäuse wurde aus einem viereckigen Buchenholz-Rahmen (32 x 27 cm) hergestellt, der eine Höhe von 6 cm besitzt. Die Wandstärke des Rahmens beträgt 18 mm. Die Bodenplatte (ca. 1 cm dicke Span- oder Multiplexplatte) ist fest mit dem Rahmen verschraubt bzw. verklebt. Die Schrauben an der Oberseite lassen sich zum Entfernen der Abdeckung (Deckplatte) jederzeit leicht öffnen. Als Frontplatte dient eine kleine Alu-Platte, die über eine entsprechende Aussparung an der Rahmenvorderseite geschraubt wurde. Sie enthält alle oben beschriebenen Anschlüsse. Ein Abrunden der Kanten und Ecken sowie eine kratzfeste Lackierung (zum Beispiel olivgrün) verleihen dem Gerät bei sorgfältigem Vorgehen ein nahezu professionelles Aussehen (Bild 6.6).

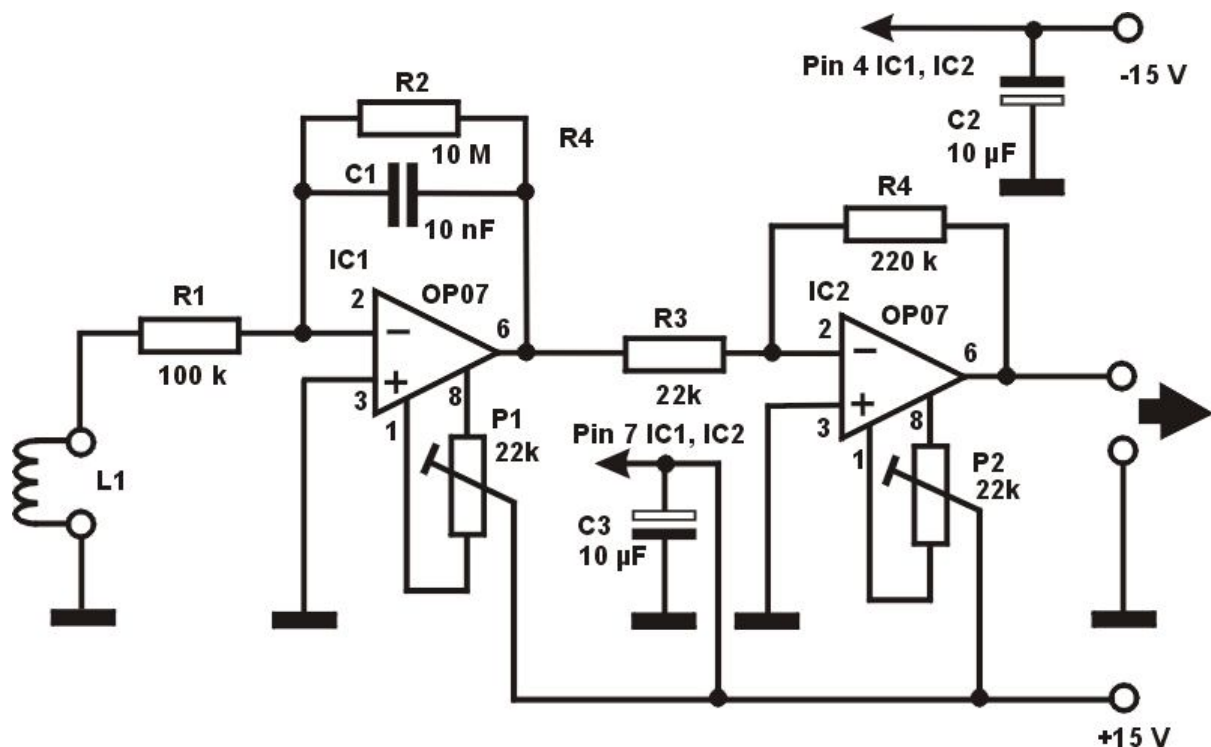


**Bild 6.5:** Mobiler Betrieb durch robustes Gehäuse



**Bild 6.6:** Innenleben ohne Akkuhalter-Verdrahtung

## Linearisierer / Vorverstärker



**Bild 6.7:** Linearisierungs- und Vorverstärkerstufe

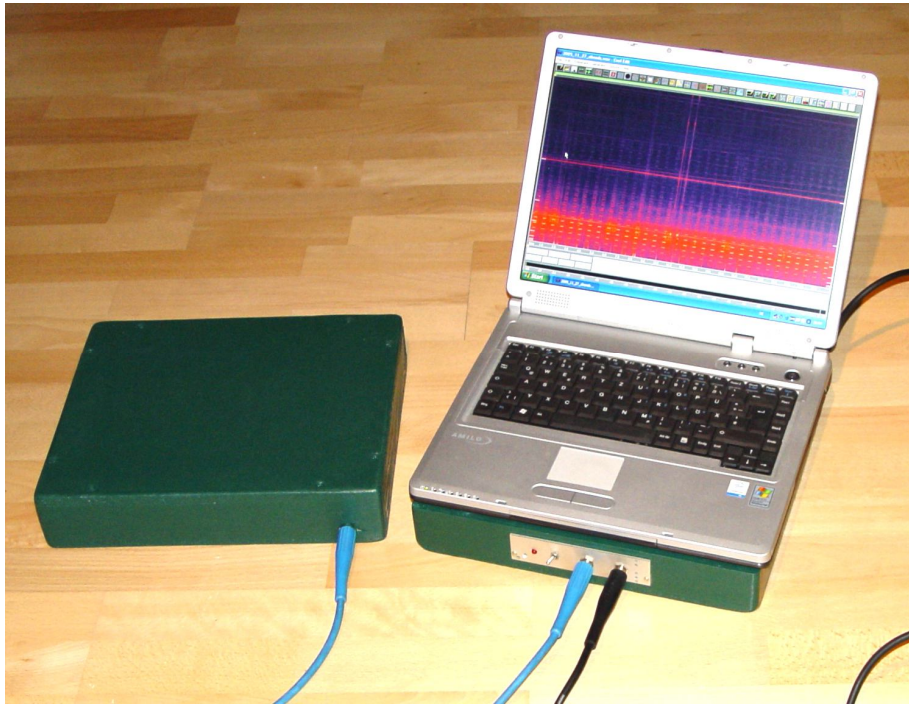
Die Linearisierer-Vorverstärkerstufe findet auf einer kleinen Lochrasterplatine Platz und lässt sich bequem in das Gehäuse der Spule einbauen. Durch die Vorverstärkung „vor Ort“, also direkt an der Spule, werden Störungen, die eventuell durch längere Kabel verursacht werden können, vermieden.

Die Schaltung besteht aus einem Integrator mit nachgeschaltetem, invertierendem Verstärker. Beide Stufen sind mit dem recht preiswerten Präzisions-Opamp OP07 aufgebaut. Die Verstärkung in der ersten Stufe ist frequenzabhängig und sorgt für eine leichte Anhebung der extrem tiefen Frequenzen, die durch die physikalischen Eigenschaften der Spule abgeschwächt werden. Der Verstärkungsfaktor der zweiten Stufe kann nach der Formel  $R4 / R3$  berechnet werden und besitzt bei der vorgegebenen Dimensionierung den Wert 10.

Extrem wichtig an dieser Schaltung ist der präzise Abgleich des Offsets, der mittels P1 und P2 durchgeführt wird: Bei angeschlossener Spule müssen die an den Ausgängen beider Operationsverstärker gemessenen, schwachen Wechselspannungen absolut nullsymmetrisch sein. Bereits geringfügige Abweichungen von der korrekten Einstellung können durch die Verstärkungen der nachfolgenden Schaltung zu Clippen der Ausgangsspannungen an den dortigen Opamps führen. Geringfügige Abweichungen oder langfristige, geringe Offsetdriften lassen sich in Grenzen jedoch durch das Trimpoti P1 in der in Bild 6.4 gezeigten Verstärkerschaltung kompensieren (7,5 V).



Zur Herstellung der Verbindung zwischen Verstärker und Vorverstärker wird ein vierpoliges, abgeschirmtes Kabel benötigt, das neben der Leitung für Vorverstärker-Ausgangsspannung und Masse jeweils noch über eine Leitung für die negative und positive Versorgungsspannung der beiden Opamps verfügt. Die negative Versorgungsspannung wird mit den Pins 4, und die positive Versorgungsspannung (beide Spannungen gegen Masse) wird mit den Pins 7 der Opamps verbunden. C2 und C3 dienen zur Unterdrückung von Störungen auf den Versorgungsleitungen.

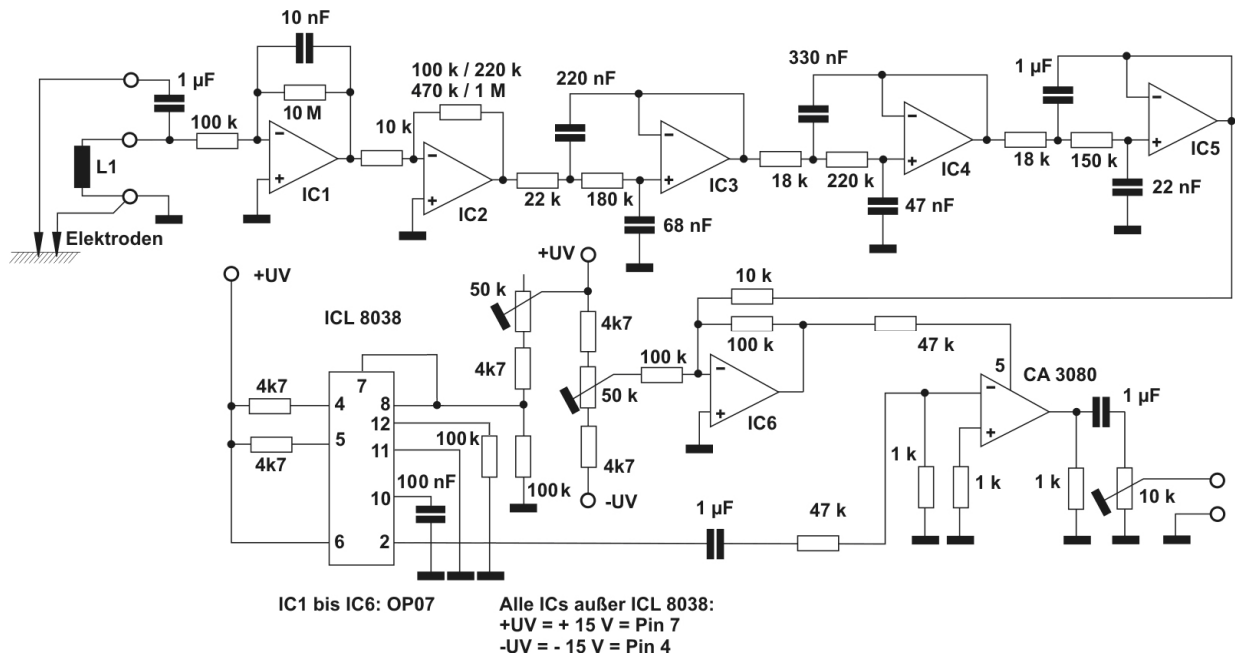


**Bild 6.8:** Vorläufer-Versuchsmodell mit Empfänger, Mini-Spule und Laptop



# Überarbeiteter Empfänger

## Laborbericht und Schaltungsbeschreibung ELF-Empfänger:



### Eingangsstufe

Die aus IC 1 bestehende Eingangsstufe, auch als „Linearisierer“ bezeichnet, kann auf Wunsch auch außerhalb des Empfängers im Spulengehäuse untergebracht werden.

Auf Grund der sich dadurch erhöhenden Baukosten (Mehrpoliges Abschirmkabel zur Spannungsversorgung, 4-polige XLR-Stecker und –Buchsen) und der mangelnden Flexibilität bei Versuchsschaltungen wurde im beschriebenen Mustergerät auf diese Trennung verzichtet.

Die mit IC1 aufgebaute Verstärkerstufe arbeitet durch den zum Gegenkopplungs-widerstand parallelen Kondensator von 10 nF als Integrator und sorgt damit neben einer Bedämpfung der Höhen (über ca. 20 Hz) gleichzeitig für eine Anhebung des Bereiches von 4 Hz bis weit unter 1 Hz: Auf Grund der Spuleneigenschaften wird dieser Frequenzbereich für tiefere Frequenzen zunehmend gedämpft. Beim Experimentieren mit Frequenzen weit unter 1 Hz empfiehlt sich die Vergrößerung dieses Kondensators auf 100 nF. Im Versuch wurden dabei noch per Magnet erzeugte Schwingungen von 0,1 Hz mit voller Amplitude angezeigt.

Mit 100 k Ohm zu 10 M Ohm ist die Verstärkung der Linearisierung etwa 100-fach. Diese hohe Verstärkung ist nur wegen des Integrationskondensators möglich. Lässt man diesen Kondensator weg, dann wird der Ausgang der ersten Stufe durch die hohe Intensität des Netzbrumms so übersteuert, dass dort nur noch ein 50-Hz-Rechtecksignal messbar ist.

Die Intensität der 50-Hz-Spannung hängt natürlich auch von der Umgebung ab. Es ist vorstellbar (wenn auch noch nicht überprüft), dass die beschriebene Übersteuerung in freier Natur nicht auftritt.

Ein zweiter Eingang ist mit dem Spuleneingang über einen seriellen Kondensator von 1  $\mu\text{F}$  verbunden. An diesem Eingang (und an Masse) können Elektroden in Form von Erdspeießen angeschlossen werden. Der Kondensator eliminiert eventuelle Gleichspannungsanteile, die durch Gleichströme im Erdreich oder durch chemische Reaktionen verursacht werden können.

Bei einem Wechsel von Spule zu Elektroden ist dennoch ein eventueller Offset-Neuabgleich erforderlich, da sich der (sehr geringe) Offset am Ausgang von IC1 bei Wegfall der ohm'schen Belastung durch die Spule geringfügig ändern kann.

Es wäre wünschenswert, diesen Mangel durch weitere Überlegungen, Untersuchungen und Experimente abzustellen.

Teil 2 der Eingangsstufe besteht aus einem weiteren Verstärker, der ebenfalls einen Verstärkungsfaktor von 100 besitzt. Die Gesamtverstärkung von Stufe 1 ist damit auf den Wert 10000 festgelegt.

Ein Test mit einem an der Spule im Abstand von ca. 1 m vorbeibewegten Magneten zeigt auf einem Oszilloskop, dass die Schaltung bereits reagiert:

Die 50-Hz-Amplitude der Wechselfspannung sowie die durch den Magneten verursachten Amplituden bewegen sich in einem Bereich von ca. 2V. Das bedeutet: Vor einer weiteren Verstärkung ist es notwendig, das Sinussignal des 50 Hz Netzbrumms herauszufiltern.

Das geschieht durch ein sich anschließendes, dreistufiges Sallen-Key-Filter.

### **Filter**

Das Filter besteht aus drei identisch aufgebauten Filter-Einheiten, die sich durch die Dimensionierung der Bauteile (Kondensatoren und Widerstände) unterscheiden. Zusammen ergibt sich ein Filter von **xxx** dB pro Oktave – steil genug, um die 50 Hz Störspannung ausreichend abzuschwächen.

Bei der ursprünglichen Berechnung des Filters hatten die Kondensatoren die 10-fachen Kapazitätswerte, wogegen die Werte der Widerstände nur ein Zehntel der hier verwendeten Werte aufwiesen. Da sich die Kondensatoren mit den höheren Werten jedoch durch einen sehr hohen Platzbedarf und einen wesentlich höheren Preis auszeichneten, wurde die hier gezeigte Lösung zunächst rechnerisch ermittelt und dann experimentell bestätigt. Der Verstärkungsfaktor des Filters im Durchlassbereich ist 1.

### **Endverstärker**

Nachdem das Signal durch das Filter von restlichem Netzbrumm weitgehend bereinigt wurde, kann eine erneute Verstärkung erfolgen. Im Schaltbild ist diese Verstärkung mit dem Faktor 10 angegeben. Insgesamt ergibt sich für die Schaltung damit ein Verstärkungsfaktor von 100.000.

Die Aufzeichnung (Zeitsignal) der empfangenen Signale zeigt, dass durch die vorgegebene Verstärkung der gesamte Dynamikbereich inklusive 50% headroom nur zu einem Viertel ausgenutzt wird, das heißt, dass also noch genügend „Luft“ nach oben vorhanden ist. Um in der spektrum-versus-time-Darstellung deutliche Kontraste erkennen zu können, ist in der Tat eine nachträgliche Verstärkung des Signals von 12 dB erforderlich.

Da das Signal jedoch mit 16 Bit abgetastet wird, kann eine nachträgliche, digitale Verstärkung auf Grund der hohen Auflösung ohne Probleme durchgeführt werden. Sie ist der analogen Verstärkung sogar vorzuziehen, da auf diese Weise auf der Seite des Empfängers ein genügend hoher Störabstand gewährleistet ist, Übersteuerungen im analogen Bereich so gut wie nicht vorkommen und der Anwender nachträglich am PC selber individuell entscheiden kann, welche Bereiche einer gezielten, variablen Nachverstärkung bedürfen.

### **Mischstufe**

Das als Addierer geschaltete IC 6 ist an seinem zweiten Eingang mit dem Schleifer eines Trimpotens verbunden. Da der Widerstand vom Schleifer zum invertierenden Eingang genau so groß ist wie der Gegenkopplungswiderstand, kann mit dem Poti eine Ausgangsspannung von plus-minus Versorgungsspannung (z.B. 12 bzw. 15 V) an IC6 bewirkt werden.

An einer Beispielschaltung wurde am Ausgang des Filters ein Gesamtoffset von 0,6 V gemessen. Dies ist bei einer Verstärkung von 10.000 in der Eingangsstufe ein sehr geringer Wert, der nicht zuletzt auf die verwendeten OpAmps des Typs OP07 zurückzuführen ist. In ihren Datenblättern werden diese Typen als extrem arm an Offsetspannung deklariert – bei einem Stückpreis von ca. 30 Cent (Reichelt, 2011) durchaus günstig.

Da im Endverstärker eine weitere Verstärkung um den Faktor 10 erfolgt, würde an IC6 dadurch eine Ausgangsspannung von -6 V erzeugt. Da die Ausgangsspannung dort jedoch (möglichst) nullsymmetrisch sein soll, muss am Offsetpoti an IC6 eine (Kompensations-) Spannung von 6 V abgegriffen werden.

Der Offset am Ausgang von IC2 lässt sich durch Selektion von IC1 und IC2 eventuell noch weiter verringern. Weitere Untersuchungen über die kompensierende Wirkung entsprechender Widerstände zwischen nicht invertierenden Eingängen und Masse (bei IC1 und IC2) stehen zum aktuellen Zeitpunkt (Mai 2011) noch aus.

### **Modulator**

Das Ausgangssignal an IC 6 moduliert einen (durch IC 8 erzeugten) sinusförmigen Träger von 200 Hz in seiner Amplitude. Dazu wird IC 7 verwendet, ein OTA mit der Bezeichnung CA 3080.

Das Ausgangssignal von IC6 gelangt über einen Widerstand (Spannungs-Strom-Wandler) direkt in den Stromgespeisten Steuereingang (Pin 5) des OTAs, eine Methode, die auch in vielen Datenblatt-Applikationsbeispielen gezeigt wird und gut funktioniert.

Eine Spannung am Ausgang von IC6 zwischen negativer und positiver Versorgungsspannung bewirkt eine lineare Veränderung der Amplitude des Sinus-Signals (am Ausgang des OTAs) zwischen 0 und Maximum.

Die Dynamik der Schaltung ist damit so hoch, dass das empfangene Signal im Extremfall bis an die durch die Versorgungsspannung vorgegebenen Clippgrenzen (positiv und negativ) reichen kann.

Das 200-Hz-Sinus-Signal wird vom Sinusgenerator ICL 8038 erzeugt (Applikationsschaltung) und dem OTA (invertierender Eingang) über einen seriellen Kondensator und einen Spannungsteiler (47 k zu 1 k) zugeführt. Die 1k-Widerstände an beiden Eingängen und am Ausgang sind Bestandteil der OTA-Standardapplikation und sorgen für die Erfüllung spezieller Bedingungen, die von diesem Stromverstärker gestellt werden.

Bei Lieferschwierigkeiten mit dem ICL 8038 kann auch der XR 2206 verwendet werden, der jedoch nicht pinkompatibel ist.

Das Ausgangssignal wird über einen seriellen 1  $\mu$ F Kondensator ausgekoppelt und kann über ein Trimpoti den Anforderungen des mit der Schaltung verbundenen PCs oder Laptops angepasst werden. Vorsicht: Die Eingangsspannungen an den Soundkarteneingängen der meisten Laptops dürfen nicht größer als 0,5 V sein, da ansonsten die interne Soundkarte auf dem Laptop-Motherboard zerstört werden kann.

Abgleich 200 Hz: Oszilloskop auf 5 ms / div einstellen. Pro Teilstrich muss genau eine Sinusperiode erscheinen.

### **Stromversorgung**

Alle OpAmps (OP07) können minimal mit plus-minus 3 V versorgt werden. In der Praxis stellen jedoch zwei mal 12 V einen guten Wert dar.

Fällt die Versorgung bei niedrigeren Spannungen pro Zweig unter 10 V, so muss der negative Versorgungsanschluss des 8038 (gilt auch für 2206) von Masse auf die negative Schaltungsversorgung gelegt werden, da die Reinheit des Sinussignals ansonsten nicht mehr gewährleistet ist. Die positive Versorgung dieses ICs kann über einen Stabilisator (z.B. LM 78L12) geregelt werden. Dabei muss auch der Masse-Anschluss des Stabilisators auf negatives Versorgungspotenzial gelegt werden.

Die Schaltung verbraucht bei einer Versorgung von plus-minus 15 V insgesamt ca. 30 mA.

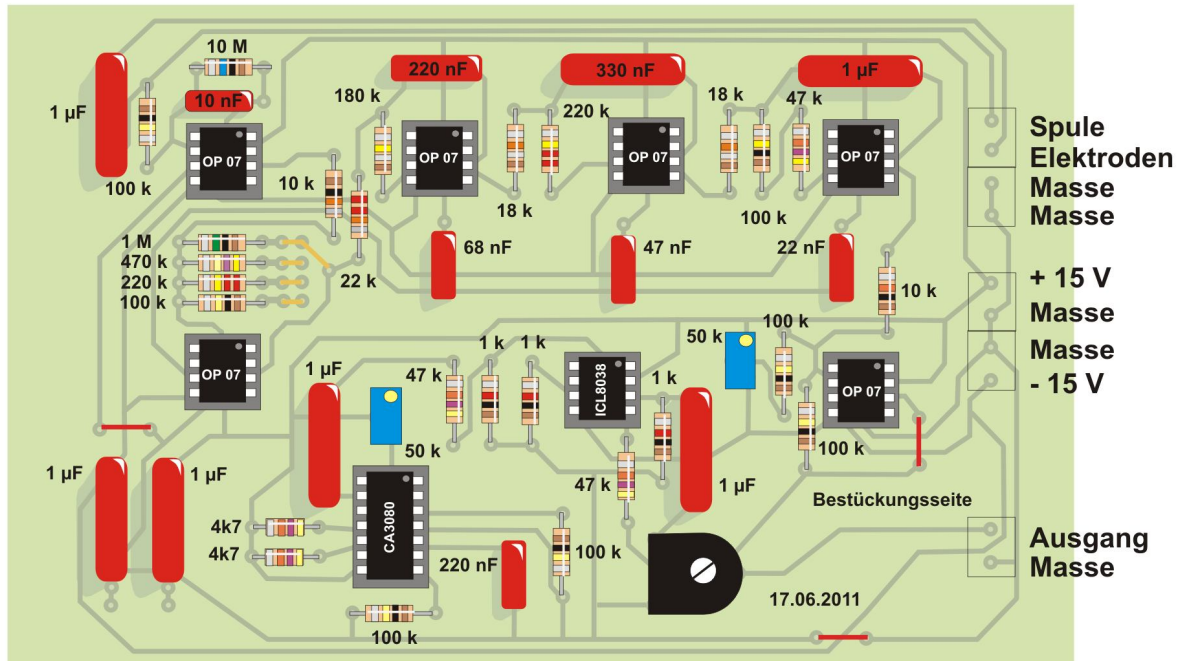
Im Versuch hat sich gezeigt, dass ein DC-DC-Wandler des Typs SIM 0512D (5 V auf 2x12 V) gute Dienste leistet. Primärseitig sind lediglich 4 Akkus des Typs „Baby“ von jeweils 1,2 V erforderlich.

Bei einer Kapazität von 4000 mAh und einem primärseitigen Strom von ca. 270 mA (66% Wirkungsgrad des Wandlers) dürften die Akkus für einen Betrieb von garantiert 10 Stunden (und mehr) ausreichen.

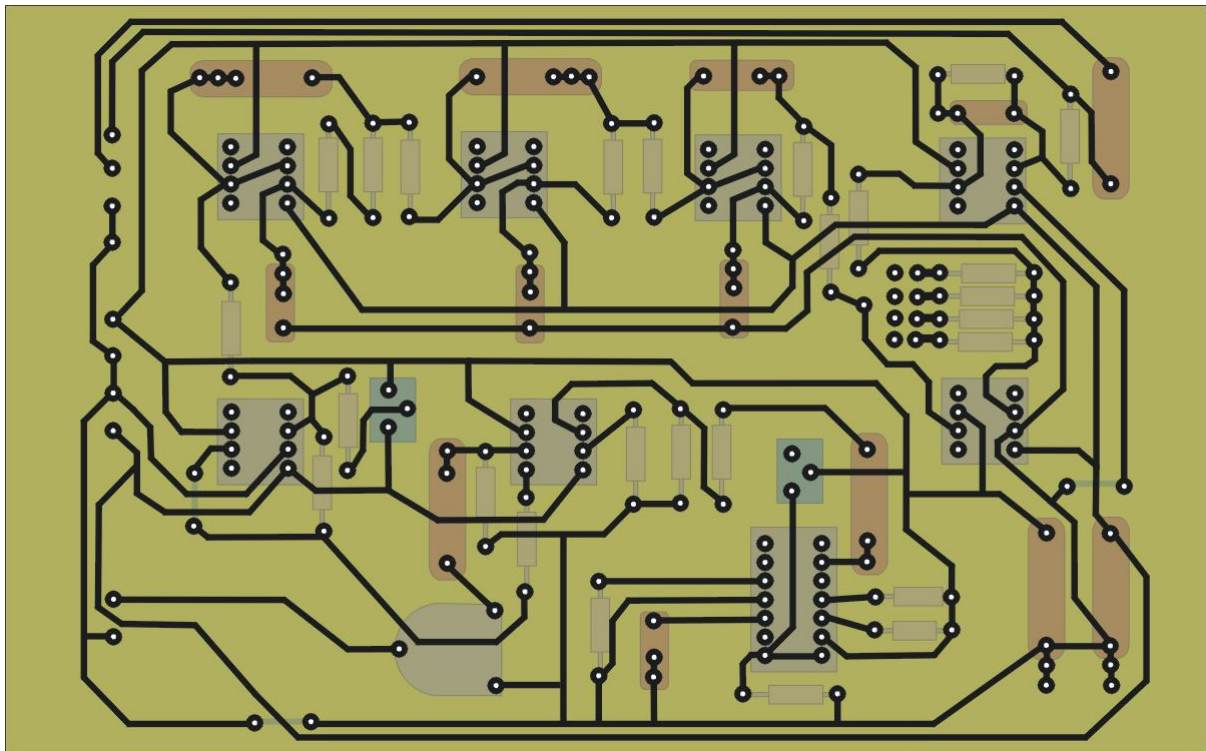
Bei einem Test war nach 7 Stunden auf der Sekundärseite immer noch die volle Betriebsspannung von +12 V messbar. Die Spannung auf der Primärseite ist im Laufe der Messung von 4,7 auf ca. 4,3 V abgefallen, wobei der Abfall zunächst steil und dann flach verlief.

**Materialkosten pro Empfänger (grob geschätzt):**

12 Folienkondensatoren:	€ 4,50
4 Elkos:	€ 4,00
6 OpAmps OP07:	€ 1,80
1 ICL 8038:	€ 4,0
1 CA 3080:	€ 3,95
Widerstände	€ 1,00
3 Trimpotis	€ 3,00
8 IC-Sockel	€ 1,60
DC-DC-Wandler:	€ 11,00
Platine:	€ 25,00
Stecker, Buchsen:	€ 10,00
Montagematerial, divers:	€ 10,00
Gehäuse:	€ 30,00
Spule:	€ 40,00
Spulengehäuse:	€ 30,00
Kabel:	€ 20,00
<b>Gesamt:</b>	<b>€ 200,00</b>
Arbeitszeit: 20 Std (mind.)	€ 300,00
<b>Gesamt:</b>	<b>€ 500,00</b>
Aufschlag Verdienstspanne:	€ 300,00
Gesamt:	€ 800,00
Incl. 19% USt.	Ca. <b><u>€ 950.-</u></b>

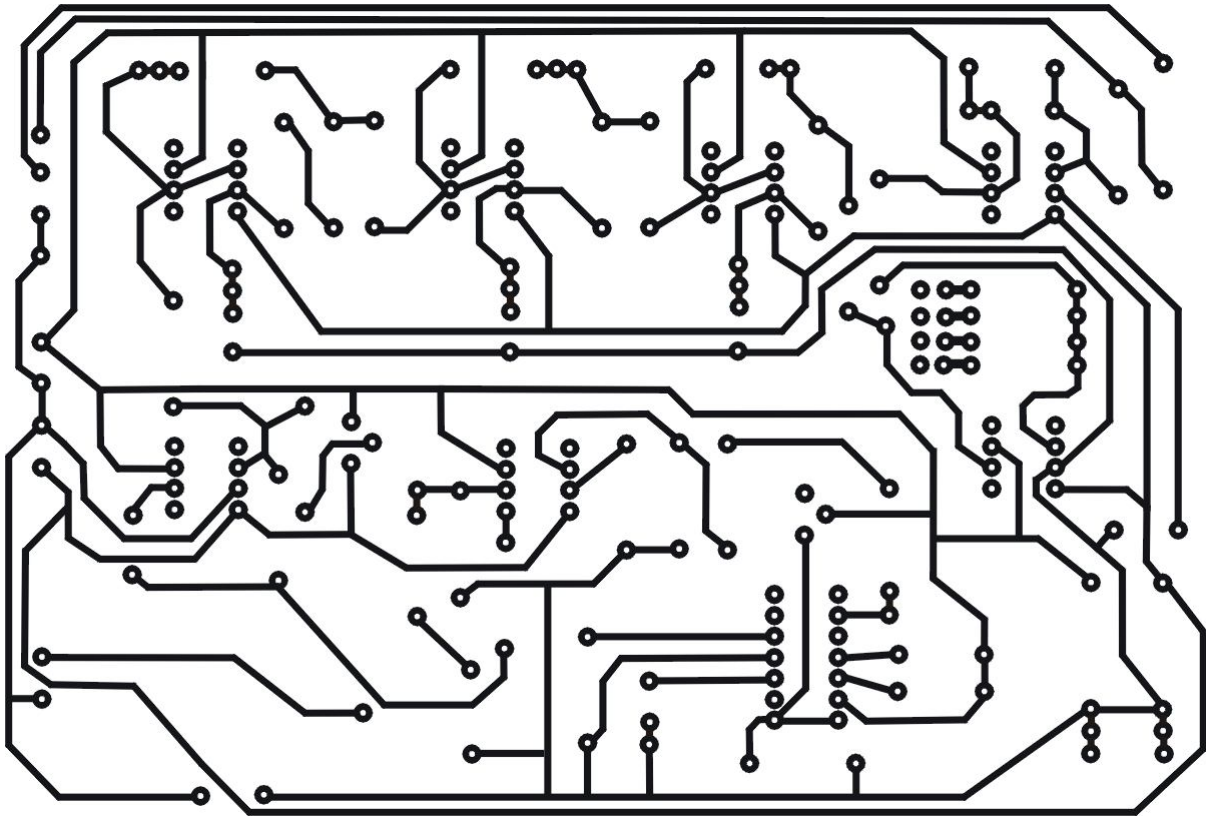


Bestückungsseite mit durchscheinenden Leiterbahnen



Leiterbahnseite mit durchscheinenden Bauteilen





Layout von Leiterbahnseite (Belichtungsseite) aus betrachtet

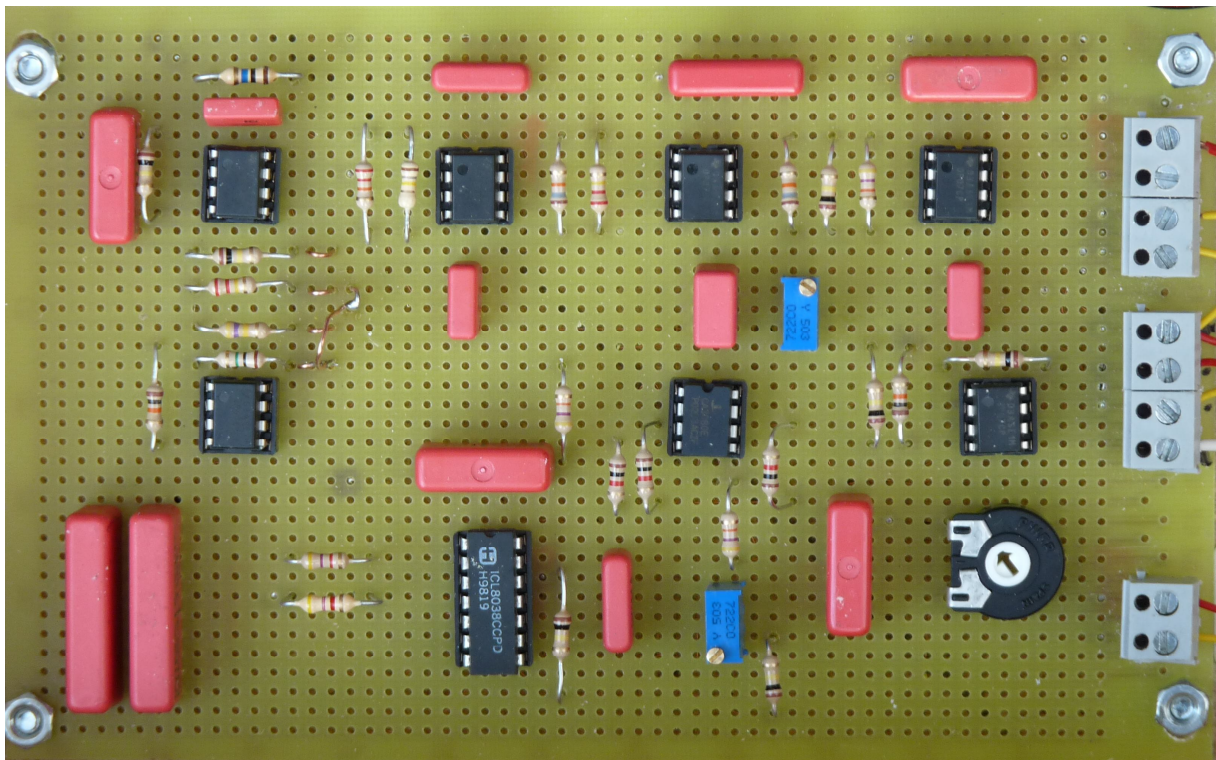
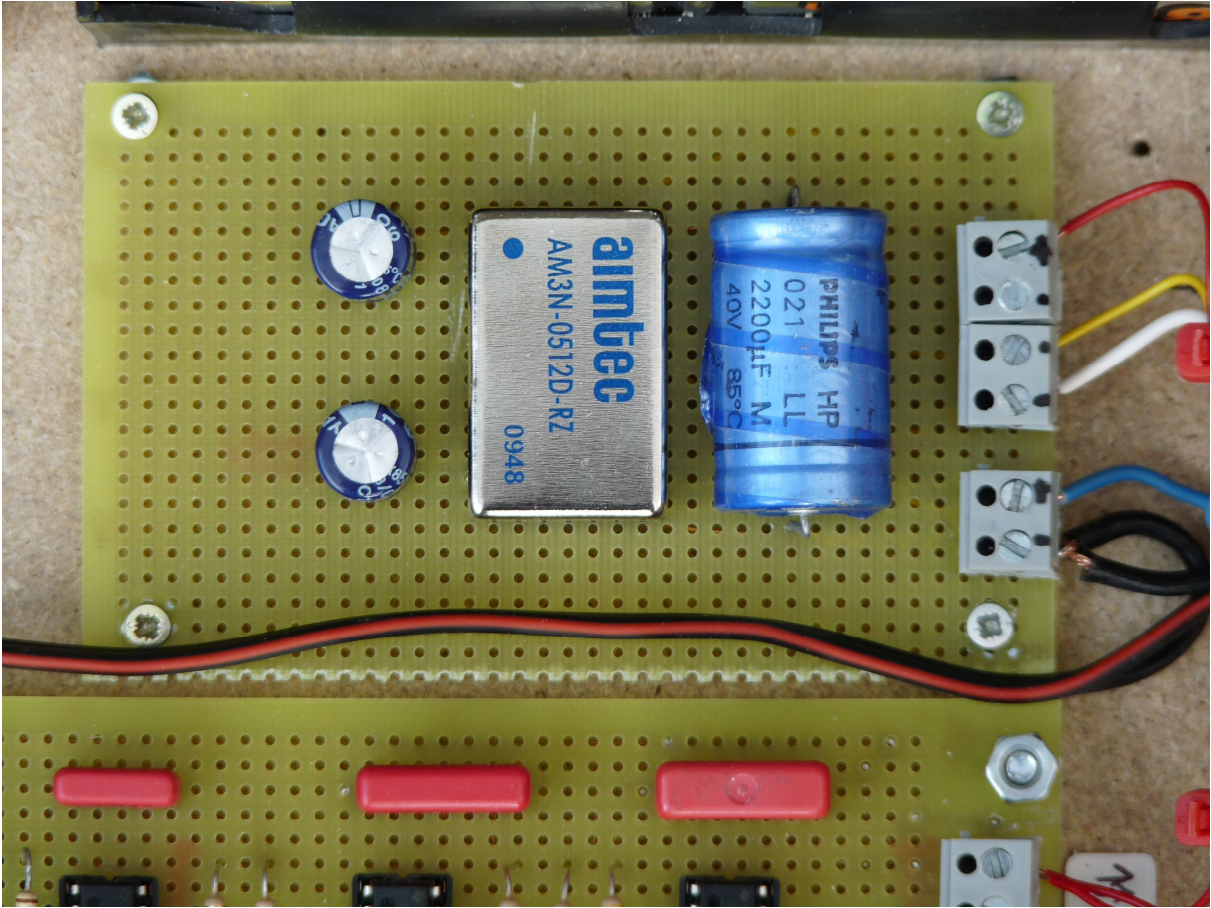
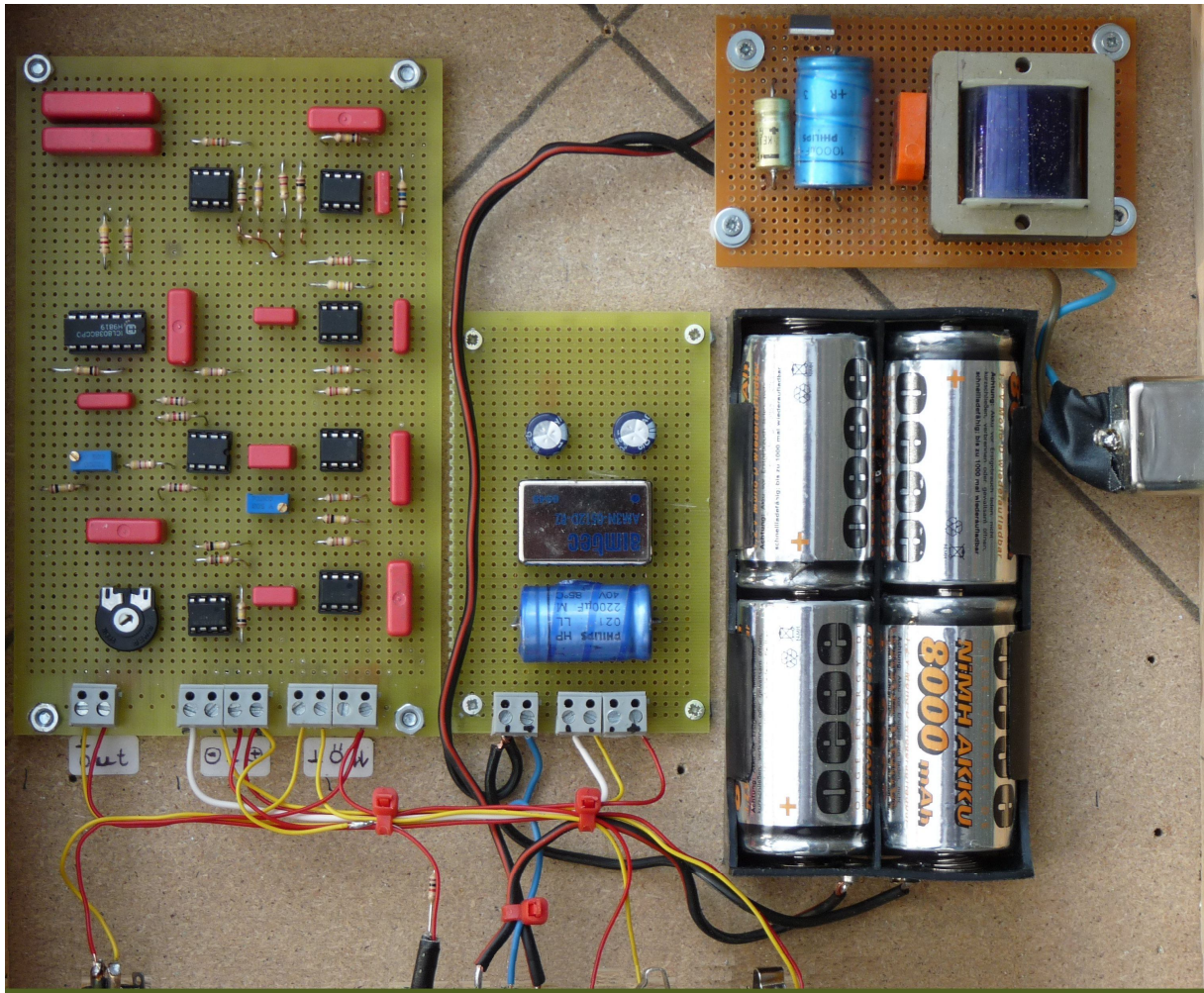


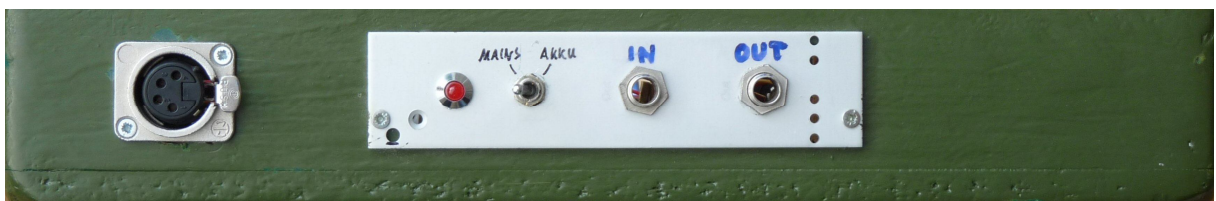
Foto der bestückten Lochrasterplatine



Spannungswandler-Einheit (DC-DC) von 5 auf 2 mal 12 V.



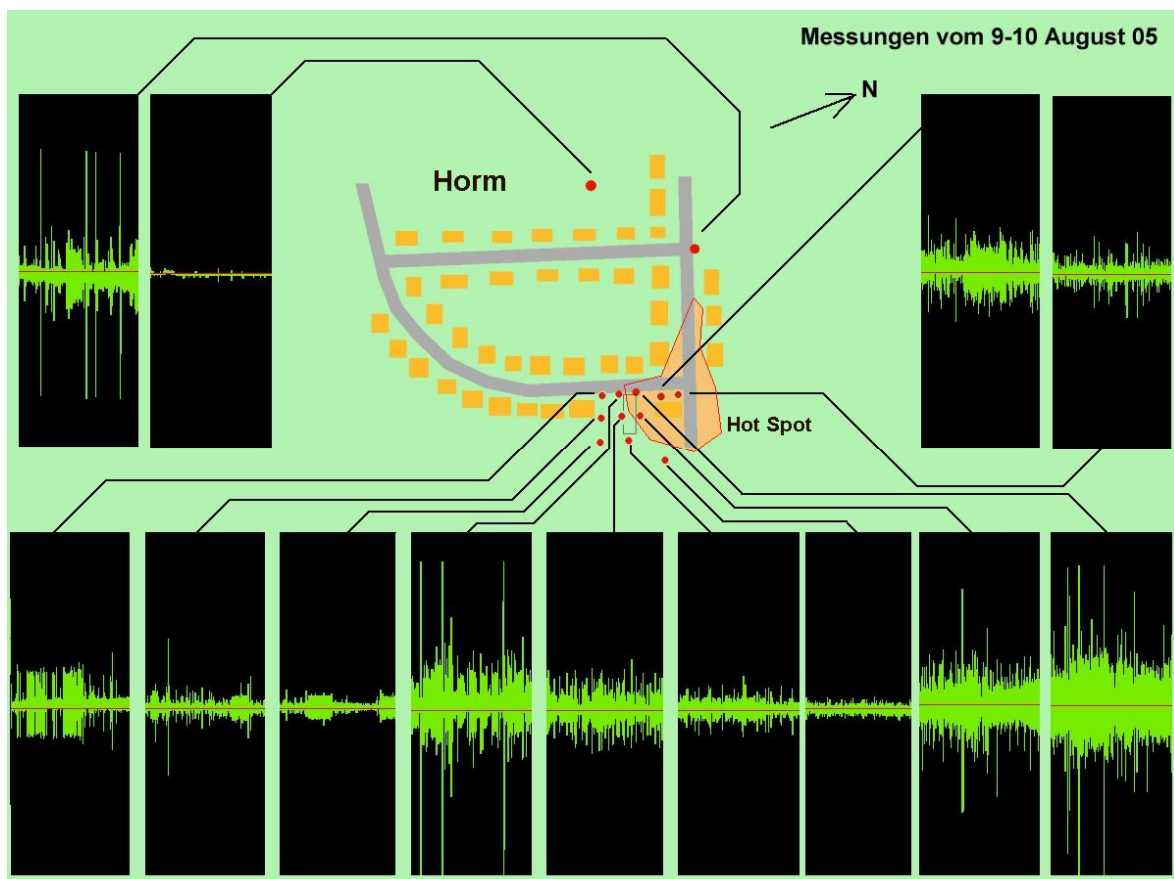
Einbau der gesamten Schaltung im Gehäuse. Rechts oben ist das Netzteil zu erkennen.



Frontseite (Experimentierversion mit provisorischem Gehäuse)

## 7. Peilungen

Als ich die ersten der oben beschriebenen Signale entdeckte, rätselte ich bereits, woher sie kamen: Lag die Quelle vielleicht direkt unter dem Haus oder im Garten, oder erreichten mich die Signale von weit her. Um diese Frage zu beantworten, machte ich zunächst verschiedene Messungen auf dem zum Haus gehörenden Grundstück und dann auf einem etwa 200 m Luftlinie entfernten Spielplatz, der an landwirtschaftliche Felder grenzt. Dabei stellte ich fest, dass die Signale im Haus und auf dem kompletten Grundstück gut zu empfangen waren. Auf dem Spielplatz herrschte jedoch nahezu „Funkstille“. Die damals von mir angefertigte Zeichnung (Bild unten) zeigt einen ungefähren Lageplan der Umgebung und die Zeitsignale der an den markierten Orten durchgeführten Messungen. Hierbei spielen vor allem die Amplituden der Zeitsignale eine Rolle, da sie eine Aussage über die Intensität der Signale an den betreffenden Stellen machen. Auf Grund unterschiedlicher Empfangszeiten und der damit im Zusammenhang stehenden, unterschiedlichen Signale ist jedoch kein direkter Vergleich der Signal-Intensitäten möglich.



**Bild 7.1:** Verschiedene Messungen in der näheren Umgebung der Basis-Station

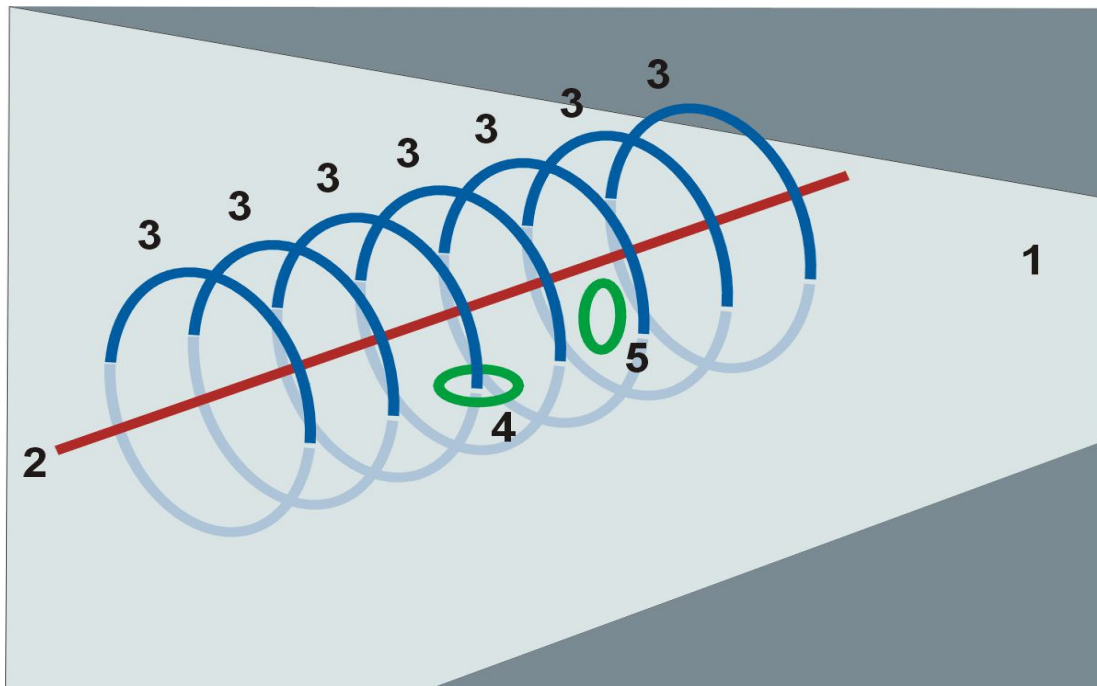
Eine wichtige Entdeckung, denn nun war mir klar, dass es sich um lokale Quellen handeln musste und dass ich keine für U-Boote bestimmten Signale irgendwelcher tausend Kilometer entfernter Militärstationen empfang. Natürlich ist es nicht möglich, die Spule auf jeden Quadratmeter der näheren Umgebung zu installieren und auf

Empfang zu gehen: Zum einen wollte ich meine Nachbarn nicht unnötigerweise mit Messungen auf deren Grundstück belästigen und mir eventuell sogar den Ruf eines Sonderlings einhandeln, und zweitens dauert solch eine Messung mindestens eine halbe Stunde, wenn sie brauchbare Ergebnisse liefern soll: 160 Sekunden Messzeit ergeben schließlich nur eine Sekunde beim Abhören! Man kann sich leicht vorstellen, wieviele hundert Stunden Freizeit für eine sorgfältige Messkartierung (Mapping) aufgewendet werden müssen.

Es musste auch einfacher gehen! Wozu gibt es schließlich Funkpeilverfahren! Bei der im Hochfrequenzbereich bekannten Funkpeilung wird eine Antenne so lange gedreht, bis der Empfang minimal wird oder ganz verschwindet. Es wäre auch das Gegenteil möglich: Man dreht die Antenne so lange, bis der Empfang maximal wird. Da die Unterscheidung „Sender wird empfangen“ und „kein Empfang“ leichter ist als „Sender stark“ und „Sender schwächer“, wählt man die erste Methode. Aus der Richtung, in welche die Antenne „zeigt“ (oder, je nach Aufbau, der um 90 Grad gedrehten Richtung) kann nun die Richtung des Senders ermittelt werden. Führt man zwei Peilungen an unterschiedlichen Orten aus und projiziert die Richtungen auf eine Landkarte, so findet man die Quelle auf dem Schnittpunkt beider Richtungslinien.

Was bei elektromagnetischen Wellen hoher Frequenz sehr einfach ist, bringt beim Peilen der hier beschriebenen Magnetwellen große Probleme mit sich, da hier die Einfallrichtung *magnetischer* Feldlinien ermittelt werden muss. Wie in **Bild 7.2.** schematisch gezeigt, verlaufen die magnetischen Feldlinien ringförmig um ihre Quelle; im Beispiel ein geradliniger Leiter.

Verläuft der Leiter genau auf der Ebene (wie im Bild dargestellt), so schneiden die Feldlinien die Ebene senkrecht. Der Empfang ist dann am stärksten, wenn die Spule flach auf der Erde liegt, da sie in dieser Position von den meisten Feldlinien durchdrungen wird. Dies scheint bei den hier beschriebenen Signalen tatsächlich so zu sein: Ganz gleich, wo gemessen wird: Der Empfang ist immer dann am stärksten, wenn sich die ringförmige Spule parallel zur Erdoberfläche befindet (Bild 7.2, 4). Durch die rotationssymmetrische Form der Spule ergibt eine Drehung um ihre vertikale Achse jedoch keinen Sinn, so dass eine Peilung in dieser Position nicht möglich ist.

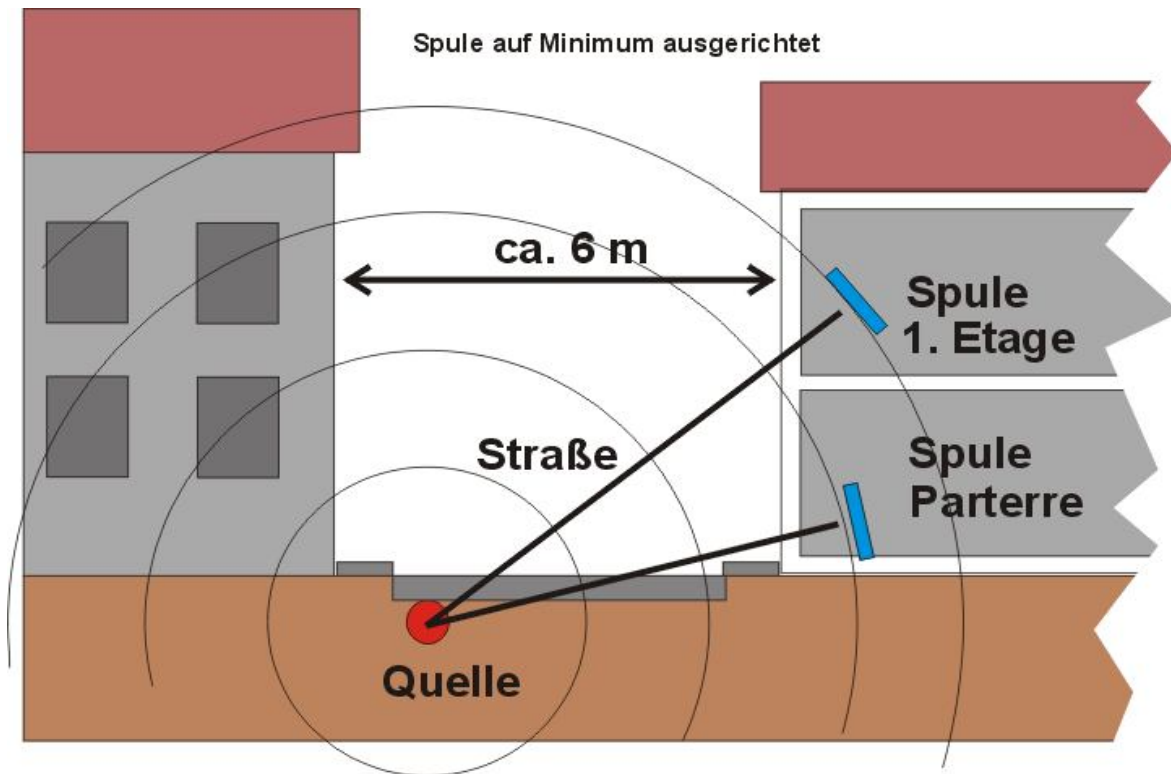


**Bild 7.2:** 1: Ebene, 2: Leiter, 3: Feldlinien, 4: Spule horizontal, 5: Spule vertikal

Stellt man die Spule senkrecht, geht der Empfang fast auf Null zurück, da jetzt nur noch ganz wenige, senkrechten Feldlinien die Spule nur noch an ihrer Kante treffen (Bild 7.2, Markierung 5).

Auch der Versuch, die Richtung der Quelle durch Drehung der in diese Position gebrachte Spule zu finden, bleibt daher ohne Erfolg, denn das Ergebnis wird immer das Gleiche sein: Fast kein Empfang, da die Feldlinien immer nur die Kante der Spule treffen. Die einzige Möglichkeit, mittels Peilung die Richtung der Quelle zu finden, besteht in der Zuhilfenahme der dritten Dimension:

Wenn die Feldlinien wirklich von einer Quelle im Bereich des Erdboden-Niveaus erzeugt werden und daher auch die Erdoberfläche in der Umgebung senkrecht schneiden (das ist die rein mathematisch begründete Folge), dann verlaufen die Feldlinien zu einer der Erdoberfläche parallelen Ebene schräg, wenn der Abstand dieser Ebene im Verhältnis zur Entfernung der Quelle nicht allzu gering ist. Diese Zusammenhänge werden in Bild 7.3 verdeutlicht. Wenn sich die Spule auf solch einer Ebene befindet, wird sie von den Feldlinien in einem Winkel geschnitten. Dreht man nun die Spule so, dass der Empfang minimal ist, so zeigt die Spulennormale (die Senkrechte auf der durch die Spule gebildeten Ebene) in Richtung Quelle – vorausgesetzt, sie wird in die richtige Richtung gekippt. Das bedeutet für eine Peilung, dass die Spule bei jedem Kippwinkel zusätzlich in alle Himmelsrichtungen gedreht werden muss, was eine sehr hohe Anzahl von Kombinationsmöglichkeiten ergibt. Nur bei der richtigen Himmelsrichtung und dem richtigen Kippwinkel ergibt sich ein nachweisbares Minimum, das Rückschlüsse auf die Richtung der Quelle zulässt. Damit die Anzahl der Messungen nicht ins Unendliche steigt, genügen zunächst Schritte von etwa 10 Winkelgraden um beide Achsen, die bei Annäherung an die gesuchte Position verfeinert werden können.



**Bild 7.3:** Durch Peilung aus zwei Etagen ermittelte Position der Quelle.

Da ich das Glück hatte, dass sich die Quelle nicht weit von meiner Wohnung entfernt befand, gelang mir eine erfolgreiche Peilung aus dem Erdgeschoss und der ersten Etage; direkt aus meinem Elektronik-Labor. Bequemer geht es nicht!

Die Peilung war eindeutig und ergab, dass die Signale direkt aus der vor dem Haus verlaufenden, schmalen Gasse kamen (siehe Bild oben). Es ließ sich sogar ermitteln, dass sie entlang einer Linie emittierten, die etwa einen Meter vom Bürgersteig entfernt verlief und sich zwischen 50 cm und 1 m unter dem Asphalt befinden musste. Die Länge dieser Linie war jedoch nur ungenau zu bestimmen.

Meine Enttäuschung war zunächst sehr groß: Was verläuft parallel zum Bürgersteig und ist etwa einen Meter tief unter dem Asphalt „begraben“? Natürlich eine Leitung, und zwar für Strom, Wasser, Gas, Telefon, Fernsehkabel und was es sonst noch so gibt. Warum um alles in der Welt sollten jedoch solch merkwürdige Signale mittels kommunaler Netze übertragen werden? Um herauszufinden, ob die empfangenen ELF-Signale wirklich über Gas-, Strom- oder Wasserleitungen übertragen werden, genügte ein einfacher Test: Solche Leitungen verlaufen normalerweise in, bzw. entlang allen Straßen. Aus diesem Grunde erfolgte eine anschließende Messung entlang mehrerer Straßen in der unmittelbaren Umgebung meiner Wohnung. Das Ergebnis war verblüffend, denn es sorgte dafür, dass sich meine ursprüngliche, auf Grund der Peilung gewonnene Vermutung in Luft auflöste und neue Fragen gestellt werden mussten:

Entgegen unserer Erwartungen war an allen Stellen entlang der Haupt- und einiger Nebenstraßen kein ELF-Signal zu empfangen. Lediglich vom kurzen, im Bild unten markierten Bereich war eine starke Emission der bereits besprochenen ELF-Signale

zu verzeichnen. Auch das stets vorhandene, starke Hintergrundrauschen war nur dort messbar.

In einer weiteren Luftaufnahme (übernächstes Bild) sind die Straßen und Punkte eingezeichnet, an welchen kein ELF-Empfang zu verzeichnen war. Wenn ELF-Signale durch kommunale Leitungen gesendet würden, wären sie an allen Stellen, an denen Leitungen verlaufen, zu empfangen.

Die gewonnenen Messergebnisse lassen vermuten, dass sich der im Bild gezeigte Ort, an denen ELF-Signale zu messen sind, nur zufällig in einem Bereich befindet, in welchem auch Leitungen des kommunalen Versorgungsnetzes verlaufen und dass die ELF-Signale mit diesen Leitungen nicht direkt in Verbindung gebracht werden können.

Andererseits hat sich bei späteren Messungen bisher ausnahmslos gezeigt, dass die Signale nur dort anzutreffen sind, wo sich Wohngebiete befinden; dass sie also irgendwie mit der Besiedelung zusammenhängen müssen. In dicht besiedelten Orten, so hat sich mittlerweile gezeigt, existieren zahlreiche „Emissionsbrennpunkte“, die nicht mehr als 50 bis 100 m voneinander entfernt sind und die ähnliche, aber nicht synchrone ELF-Signale aussenden.

Bisher ist uns aus zeitlichen Gründen jedoch leider noch keine detaillierte Peilung bzw. Kartierung weiterer Emissionsquellen gelungen.

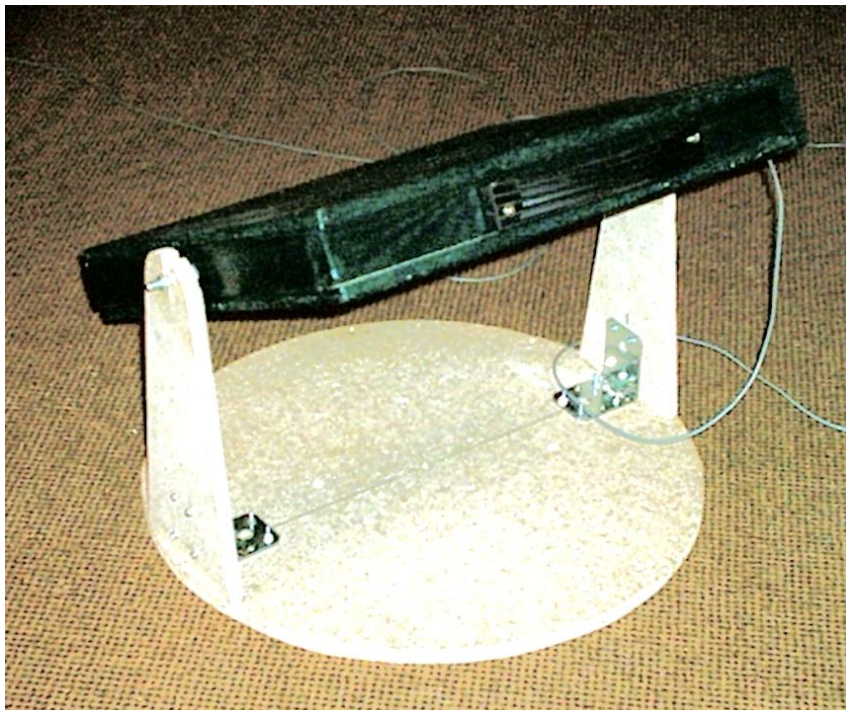


**Bild 7.4:** Die Signale werden entlang der eingezeichneten Linien ausgestrahlt





**Bild 7.5:** Trotz zahlreicher Gas- und Wasserleitungen: Kein Empfang von ELF-Signalen entlang den im Vergleich zum Bild oben zusätzlich eingezeichneten Linien. Das im Bild oben mit Linien markierte Emissionszentrum wurde in diesem Bild durch einen Kreis ersetzt.



**Bild 7.6:** Einfache aber wirksame, kipp- und drehbare Peilantenne. Die Spule befindet sich im Kasten.

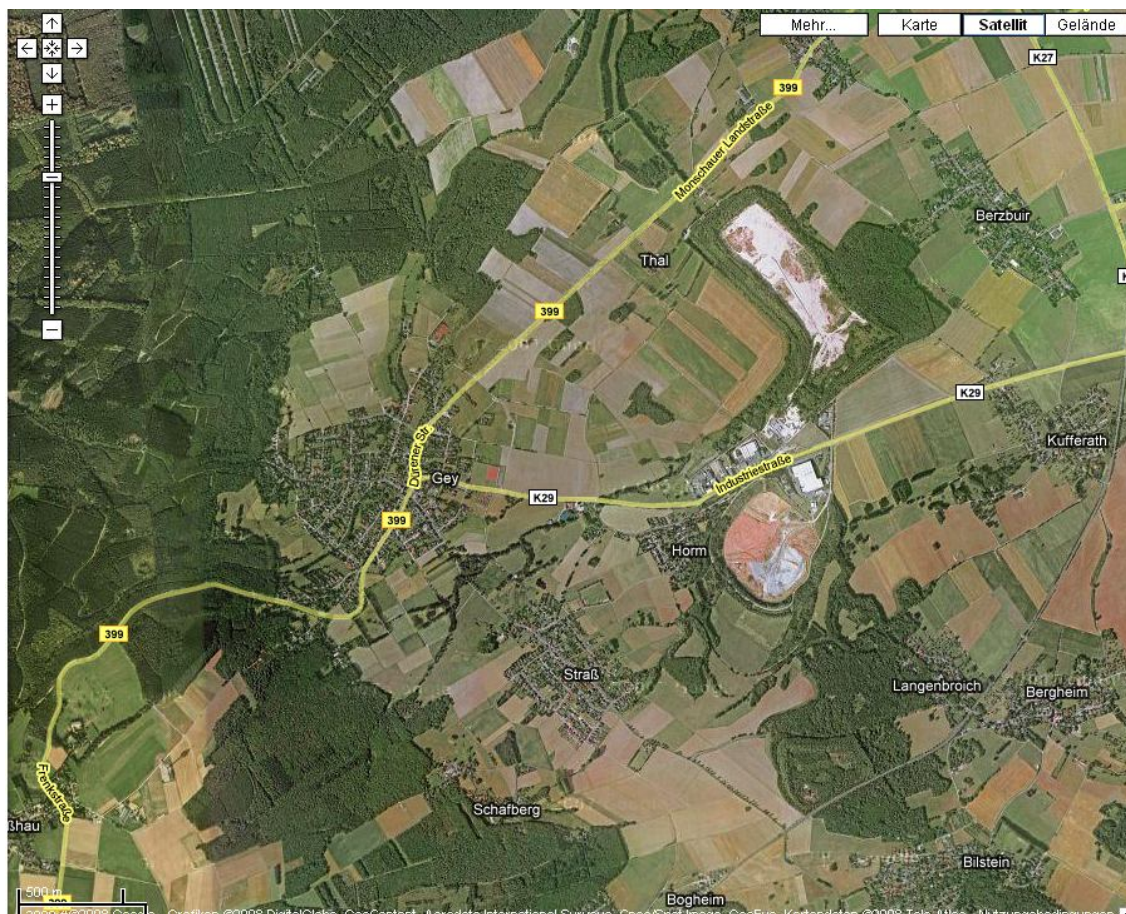


## 8. Geographie

### Hürtgenwald

Von April 2002 bis April 2006 wurden die meisten Messungen, wie bereits mehrfach erwähnt, in Hürtgenwald durchgeführt. Hürtgenwald ist eine Verbandsgemeinde im nordwestlichen Ausläufer der Eifel, die aus mehreren kleineren, gemeinsam verwalteten Gemeinden und Dörfern besteht. In der Nähe des Messortes, im rechten, unteren Bereich von Bild 8.1 deutlich zu sehen, befindet sich eine historische Erzgrube, die bis etwa zum Jahre 2004 als Mülldeponie genutzt wurde und zurzeit mit Erde abgedeckt wird, um das Gebiet zu rekultivieren. Das durch den Erzabbau ausgeräumte, sandige und wald-umsäumte Haldenmaterial ist im oberen, rechten Bildbereich an seiner länglichen Form zu erkennen.

Zwischen Halde und Mülldeponie befindet sich ein aus wenigen, kleinen Betrieben bestehendes Industriegebiet. Davon abgesehen ist die umliegende Region, wie aus der Satellitenaufnahme ersichtlich, landwirtschaftlich geprägt. Im Süden und Westen wird das Gebiet durch die bewaldeten, steil ansteigenden Ausläufer der Eifel begrenzt, wo auf kurze Distanz ein Höhenunterschied von ca. 200 Metern herrscht. Im Nordosten des gezeigten Kartenausschnittes befinden sich in zwei bis drei Kilometern Entfernung die südlich gelegenen Vororte der Stadt Düren: Rölsdorf und Lendersdorf.



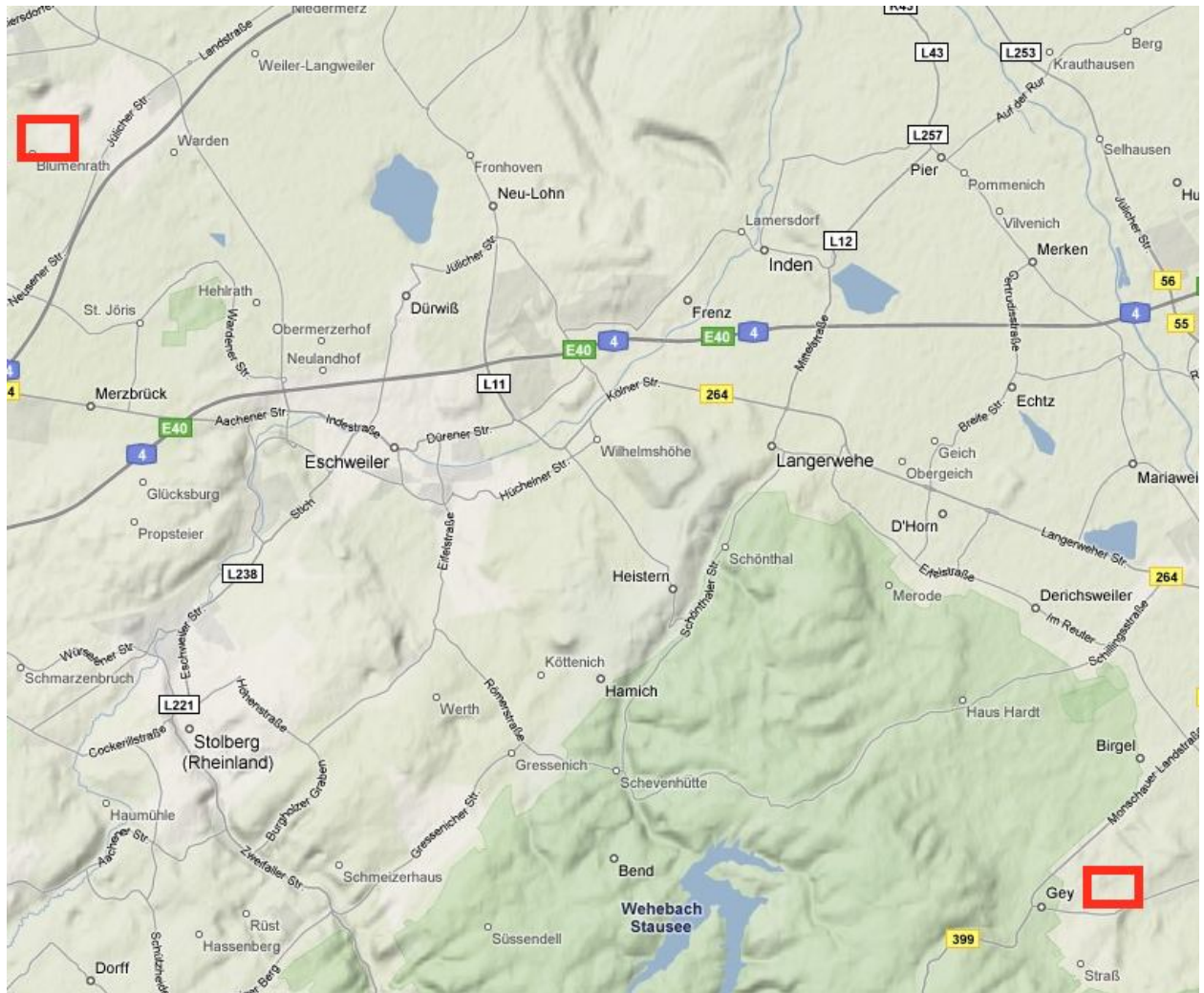
**Bild 8.1:** Nördlicher Teil von Hürtgenwald

## Alsdorf

Alsdorf-Mariadorf befindet sich etwa 30 km nordwestlich von Hürtgenwald entfernt und liegt im Nordosten von Aachen, ein Gebiet, das durch den ehemaligen Steinkohleabbau geprägt ist. Die Landschaft ist flach und die Geologie im Gegensatz zur Eifel durch mächtige, sandige Sedimentablagerungen geprägt. Die Bebauung innerhalb von Alsdorf und Umgebung ist sehr dicht und durch alte Siedlungshäuser aus der Bergbauzeit gekennzeichnet. Der Übergang zum landwirtschaftlich genutzten Umfeld ist sehr abrupt und verläuft ohne Übergänge. Alsdorf-Mariadorf wird im Südosten durch die Autobahn A44 (Aachen-Mönchengladbach) und die Ortsteile Begau und Warden begrenzt.



**Bild 8.2** Alsdorf-Mariadorf



**Bild 8.3:** Die geografische Lage von Mariadorf und Hürtgenwald zwischen Köln und Aachen



## 9. Tipps zur Herstellung von ELF-Spulen

Im Gegensatz zu Hochfrequenzspulen ist die Herstellung von Spulen zum ELF-Empfang recht aufwändig, da es sich hier um mehrere tausend Windungen handelt.

Da sich zum Empfang sowohl ring- als auch zylinderförmige Spulen anbieten, fiel die Entscheidung für den richtigen Spulentyp zunächst schwer, zumal wir in der Literatur keinerlei Hinweise darauf fanden, welcher Spulentyp besser geeignet sei. Nach einiger Überlegung siegte schließlich der ringförmige Spulentyp, weil er keinen Spulenkörper benötigt und auf Grund seiner flachen Bauform auch leichter zu transportieren und unterzubringen ist.

Zur Konstruktion meiner ersten Spule, die genau tausend Windungen besaß, verteilte ich acht lange Nägel in gleichmäßigen Abständen auf einem Kreis von 40 cm Durchmesser, den ich zuvor auf eine Holzplatte zeichnete. Die Zahl 40 ergab sich rein zufällig, da die Kantenlänge der auf dem Dachboden aufgestöberten Holzplatte etwa 50 cm betrug.

Um die aus dem Holz herausragenden Nägel wickelte ich in mühsamer Geduldsarbeit von Hand genau tausend Windungen. Eigentlich waren mehr Windungen geplant, doch die Wickelarbeit erwies sich als derart mühevoll, dass ich beim Erreichen der Zahl Tausend einfach keine Lust mehr zum Weiterwickeln hatte. Die fertige Spule wurde zum Schutz der feinen, lack-isolierten Kupferdrähte mit flexiblem Isolierband auf Textilbasis umwickelt.

Wieviele Windungen die Spule mindestens haben musste, war mir nicht ganz klar, doch ich fand intuitiv, dass die Zahl Tausend ein guter Wert sein könnte, eine Vermutung, die sich als fast richtig erwies: Es zeigte sich später, dass sich die Empfindlichkeit des Empfängers proportional zur Windungszahl erhöhte. Alle später angefertigten Spulen zeichneten sich daher durch eine Windungszahl (4000) aus; ein guter Kompromiss, denn eine weitere Erhöhung der Windungszahl wäre sowohl vom Aufwand als auch vom finanziellen Aspekt her nicht mehr vertretbar gewesen.

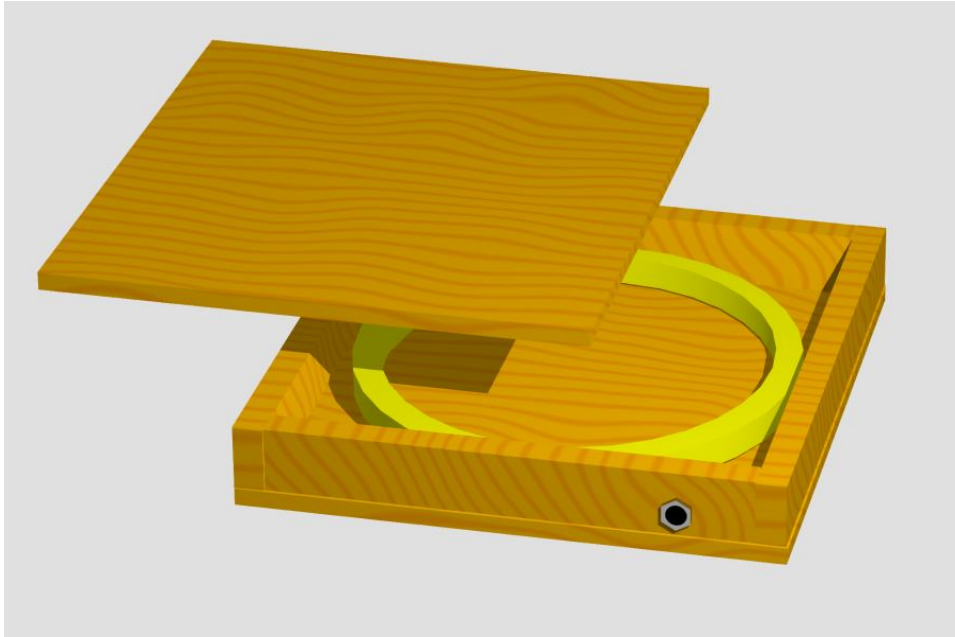


Bild 9.1: Einbau in einen flachen Holzkasten

Die „Viertausender-Spulen“ wurden zum Schutz vor Beschädigungen in eine flache Holzkiste eingebaut, die mit einem Stecker zum Anschluss des Verbindungskabels versehen war (Bild 9.1).

Um herauszufinden, ob ein noch größerer Durchmesser auch wirklich die in der Theorie vorhergesagten Vorteile bringt, fertigte ich eine Spule mit einem Durchmesser von 1,7 m an, die eine Windungszahl von 200 besaß. Eine Erhöhung der Windungszahl scheiterte aus einfachen, praktischen Gründen an der Tatsache, dass meine Drahtvorräte nach der zweihundertsten Windung erschöpft waren. Die Empfindlichkeit dieser Spule war wirklich erstaunlich hoch, doch ihr Einsatz scheiterte daran, dass es dem als Wickelkörper dienenden Holzgestell an der erforderlichen, mechanischen Festigkeit und Stabilität fehlte: Das unvermeidliche, durch Wind hervorgerufene Wackeln der Spule sorgte für erhebliche Empfangsstörungen. Hier hätte eine ortsfeste, stabile Montage mit in der Erde verankerten Metallstäben sicher Abhilfe geschaffen, doch da ich in erster Linie an einer mobilen Spule interessiert war, habe ich das begonnene Projekt nicht weiter verfolgt.

## 9.1: Messung von Eigenresonanzen

Zur Messung der Eigenresonanz der beschriebenen Spulen kann man diese kurzzeitig mit einer Spannungsquelle (z.B. 1,5-V-Batterie) verbinden und den dabei entstehenden Impuls auf einem Speicher-Oszilloskop sichtbar machen. Beim Ein- und Ausschalten entstehen kurze, gedämpfte Schwingungen, deren Frequenz der Eigenresonanz der Spule entspricht. Die gemessenen Werte lagen in einem Bereich von etwa 2 bis 4 Kilohertz.





Bild 9.2: Versuchsantenne mit 1,7 m Durchmesser

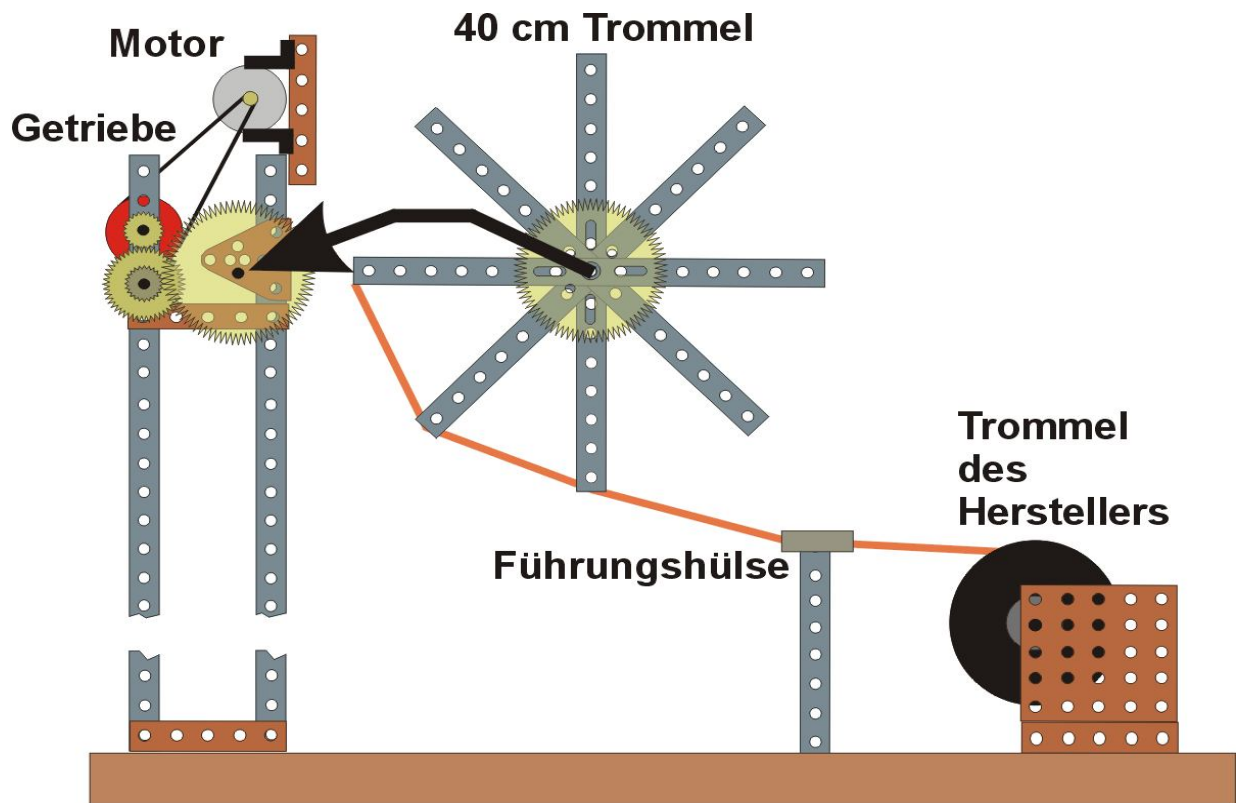
## 9.2: Wickelmaschine

Da wir die Absicht hatten, gleich mehrere Spulen von 4000 Windungen und einem Durchmesser von 40 Zentimetern herzustellen, erschien uns die oben beschriebene „Nagel-Methode“ zu mühsam. Zum Glück besaß ich noch Reste mehrerer alter Märklin-Baukästen, unter denen sich sogar verschiedene Zahnräder befanden. Nach langen, mühevollen Experimenten ist es mir gelungen, eine Wickelmaschine zu konstruieren, mit der sich eine Spule der erwähnten Bauart mühelos fertigen ließ.

Der für den Bau der Spule erforderliche Draht wurde von einem im Internet gefundenen Lieferanten bezogen und war auf einen Plastik-Körper gewickelt, der die Form einer überdimensionierten Nähgarnrolle besaß. Während des „Produktionsvorgangs“ wurde der dünne Draht von der kleinen Spule abgewickelt und auf eine aus Märklin-Teilen bestehende Trommel von 40 cm aufgewickelt. Die große und die kleine Trommel waren senkrecht montiert, was dem Ganzen das Aussehen einer Windmühle verlieh. Die große Trommel wurde über einen aus einem Kassettenrecorder ausgebauten Elektromotor angetrieben. Zwischen Motor und großer Trommel befand sich ein Getriebe mit Untersetzung, das die hohe Drehzahl des Motors in eine niedrigere Drehzahl und eine höhere Kraft umwandelte: Durch die unvermeidlichen Reibungskräfte im Zahnradgetriebe bedurfte es schon eines relativ hohen Kraftaufwandes, um die große Trommel für die fertige Spule in Bewegung zu setzen. Außerdem war es erforderlich, die primäre Spule des Drahtherstellers während des Wickelvorgangs durch einen Schleifmechanismus leicht abzubremesen, damit der Draht auch schön stramm aufgewickelt wurde und sich keine Schlaufen bildeten.

Fazit: Beim Bau der Wickelmaschine trat eine Reihe von Problemen auf, die wahrscheinlich nur ein Fachmann aus dem Maschinenbau vorhergesehen hätte. Interessant war auch die Tatsache, dass eine immer weiter betriebene Untersetzung des Getriebes nicht, wie erwartet, zu einer Verlangsamung der Maschine führte: Durch die zunehmende Untersetzung wurde es für den Elektromotor zusehends leichter, seine Arbeit zu verrichten, was er mit einer erhöhten Drehzahl unter Beweis stellte: Die höhere Motordrehzahl kompensierte die durch die Untersetzung verursachte Verringerung der Trommeldrehzahl, so dass diese konstant blieb. Die Kraft, mit der sich die große Trommel drehte, erhöhte sich dabei jedoch, so dass beim Selbstbau einer Spulenwickelmaschine eine möglichst hohe Untersetzung empfohlen wird.

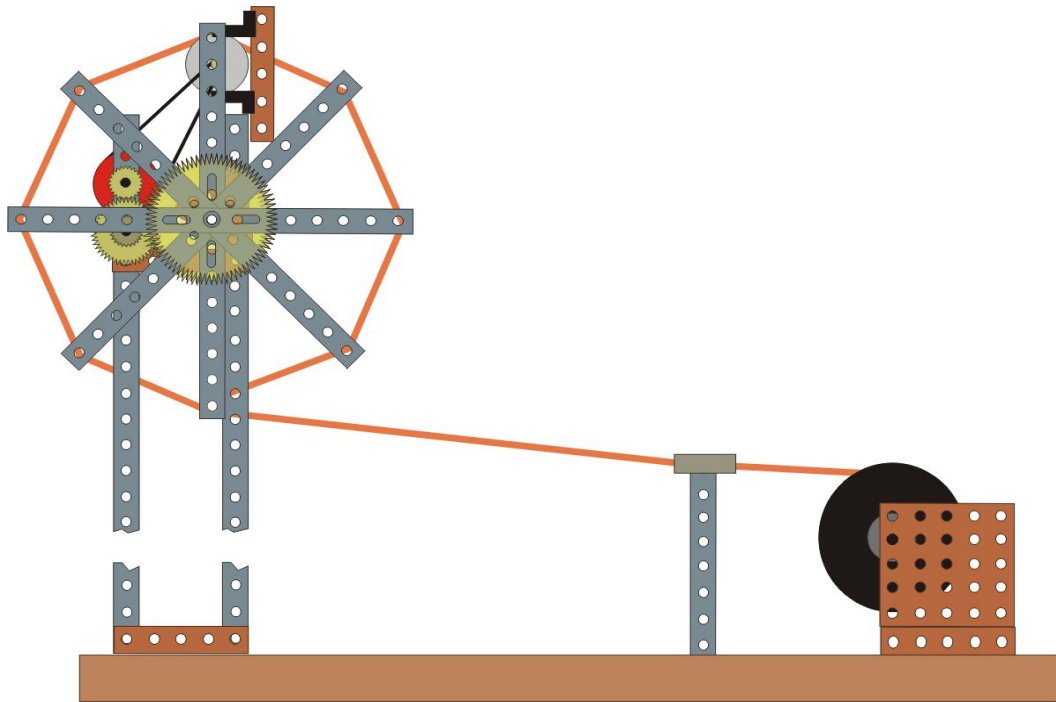
Ist die Spule fertig gewickelt, so kann der entsprechende Drahttring durch Entfernen eines Seitenteils der Trommel von dieser entfernt und zur Stabilisierung mit Isolierband fest umwickelt werden.



**Bild 9.3:** Wickelmaschine (Trommel von Achse entfernt)

Da die Maschine aus individuellen Einzelteilen und Resten aufgebaut wurde, ist es nahezu unmöglich, genaue Angaben und Vorschläge zu machen. Das gute Funktionieren solch einer Maschine hängt nicht zuletzt auch vom Geschick und von der Erfahrung des Einzelnen ab. Der mühevollen Aufbau und Test solch einer Maschine lohnt sich auf jeden Fall nur dann, wenn man beabsichtigt, eine größere Stückzahl von Spulen herzustellen.

Die beiden Abbildungen der Wickelmaschine zeigen den grob vereinfachten Aufbau der Anordnung, der nur als Anregung dienen soll.



**Bild 9.4:** Wickelmaschine, Originalansicht.



**Bild 9.5:** Neue Spulenwickelmaschine für 1,8m-Spule (2011)

# Neue Forschungsergebnisse seit Ende 2010

## Elektroden-Messungen

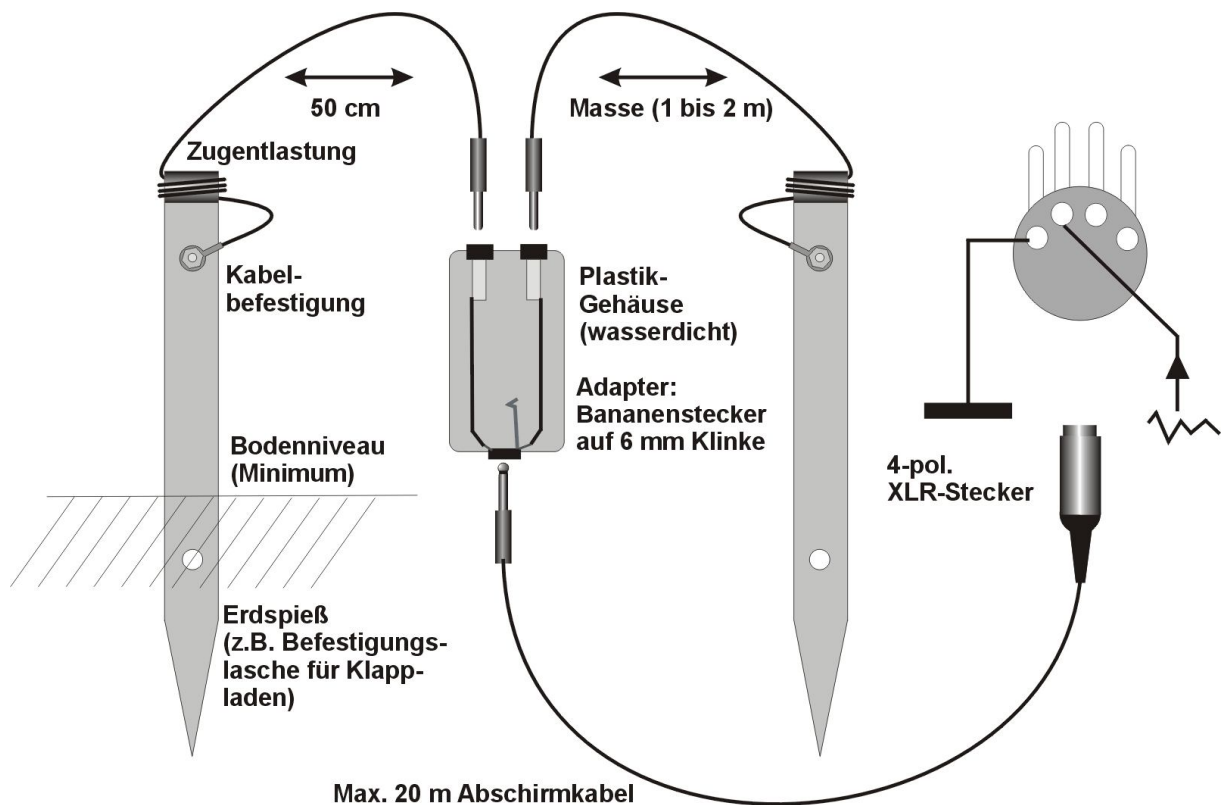
Im Dezember 2010 wurde damit begonnen, wieder mit Elektroden zu messen. Dazu wurde die im parallelen Hardware-Beitrag beschriebene Schaltung verwendet, die sich durch einen leicht veränderten Eingang auszeichnet: Die Elektroden wurden über einen seriellen, bipolaren 1  $\mu\text{F}$ -Kondensator mit dem Eingang verbunden. Hinter dem Kondensator muss sich noch ein 100-k-Widerstand zwischen Eingang und Masse befinden. Dieser stört wahrscheinlich auch bei Spulenbetrieb nicht, was jedoch noch genauer überprüft werden muss.

Bereits bei einem Abstand der Elektroden von einem Meter waren die Spitzenausschläge in der Recordersoftware an ihrer Übersteuerungsgrenze angelangt (bei der im Schaltbild gezeigten Verstärkung). Dies hängt natürlich nicht zuletzt auch von der jeweiligen Bodenbeschaffenheit und der Bodenfeuchte ab.

Die in diesem Abschnitt diskutierten Messungen wurden auf meinem privaten Rasengrundstück hinter dem Wohnhaus, also im Gartenbereich, durchgeführt. An zwei Seiten des Rasenstückes grenzt der Schulhof eines großen Schulgebäude-Komplexes. An eine weitere Seite grenzt das Privatgrundstück des Nachbarn. Vor dem Haus befindet sich eine wenig befahrene, schmale Straße, die durch das Wohngebiet führt (siehe beigefügtes Satellitenfoto).



*Elektroden-Messort (rotes Rechteck)*



*Elektroden-Messanordnung mit Verkabelung*

## Aufbau der Elektroden

Als Elektroden wurden Teile aus dem Baumarkt zweckentfremdet: Für alte Klappfensterläden sind eloxierte, stabile Metallbügel im Handel erhältlich, die an einem Ende angespitzt sind und sich ohne Gefahr der Beschädigung mit einem Hammer in den Boden schlagen lassen. Da diese Bügel am entgegen gesetzten Ende umgebogen sind, bieten sie dem Hammer beim Einschlagen eine relativ große Druckauffangfläche. Das umgebogene Ende eignet sich zusätzlich sehr gut als Mittel zur Zugentlastung für das Anschlusskabel, das mit einer Ring-Öse verlötet und per Schraube und Mutter mit dem Metallbügel verbunden ist.

Die Anschlusskabel (mit Kunststoff ummantelte Kupferlitze) müssen nicht abgeschirmt sein. Die Gesamtlänge beider Kabel sollte dem maximalen Elektrodenabstand entsprechen (ca. 2m, bei sehr trockenen Böden auch länger). Dabei wird zwischen einer Elektrode mit langem und einer Elektrode mit kurzem Kabel unterschieden (siehe Bild oben). Das lange Kabel wird mit der Abschirmung des zum Empfänger führenden Kabels verbunden.

Die Kabel beider Elektroden sind mit (klassischen) Bananensteckern verbunden. Dies hat den Vorteil, dass beide Elektroden getrennt voneinander transportiert und aufbewahrt werden können. Versuche mit einem gemeinsamen, bipolaren Stecker (Klinke oder XLR) für beide Elektroden haben gezeigt, dass es bei den Kabeln in

Verbindung mit den Elektroden oft zu ungewollten Verknotungen kommen kann, die dann zu Wackelkontakten oder Kontaktunterbrechungen führen.

Beide Bananenstecker werden in die entsprechenden Buchsen in einem kleinen Kunststoffgehäuse gesteckt. Dieses (Adapter-) Gehäuse enthält zusätzlich eine 6-mm-Klinkenbuchse, die zum Anschluss des zum Empfänger führenden Abschirmkabels dient.

Beim Anlöten eines XLR-Steckers an das zum Empfänger führende Kabel ist auf die richtige Pinbelegung zu achten: Wie das Bild auf der vorhergehenden Seite zeigt, wird die Masse mit dem Pin links außen, und der „heiße“ Anschluss mit dem Pin daneben verbunden (Blick in Steckrichtung).

Bei der Spule wird übrigens der dritte Pin von Links mit dem heißen Ende verbunden. Durch diese unterschiedliche Belegung ist gewährleistet, dass der zusätzliche, serielle Eingangskondensator beim Einsatz von Elektroden automatisch mit einbezogen wird (siehe Empfänger-Beschreibung).

Ein Abschirmkabel zwischen Empfänger und Elektroden ist nicht zwingend erforderlich – es hat sich jedoch gezeigt, dass gelegentlich sehr starke (wetterbedingte?) elektrostatische Störungen im Bereich weit unter 1 Hz auftreten, die durch eine Abschirmung unterdrückt werden können.

## **Entkopplungen vom Netz**

Beim Arbeiten mit Erd-Elektroden muss eine völlige galvanische Trennung zwischen Empfänger und Netz vorliegen. Dies wird am besten erreicht, indem man sowohl Empfänger als auch PC (Notebook) mit Akkus betreibt. Beim Empfänger mit seinem Stromverbrauch von unter 100 mA stellt die Speisung mittels Akkus auch über einen längeren Zeitraum kein Problem dar. Bei einem Laptop mit normalerweise recht hohem Strombedarf ist dies jedoch anders, so dass bei längeren Messungen im häuslichen Bereich auf eine Netzversorgung nicht verzichtet werden kann.

Laptops werden über kleine Schaltnetzteile mit Flach-Netzstecker versorgt. Es liegt nahe, anzunehmen, dass durch das Wegfallen des Erdanschlusses hier keine Probleme auftraten. Dies ist jedoch nicht der Fall, da über das geschaltete Netzteil offensichtlich eine wie auch immer geartete Verbindung zwischen PC-Masse (Eingang der Soundkarte) und einer Phase der Netzleitung bestehen muss. Dies führt dazu, dass bei dieser Messanordnung (Messen mit Erd-Elektroden und Laptop mit Netzanschluss) Störungen auftreten, die so stark sind, dass sie eine Messung vollkommen unmöglich machen.

Diese Störungen lassen sich vermeiden, wenn man zwischen dem Ausgang des Empfängers (200 Hz Trägersignal) und dem Eingang der Soundkarte einen 1:1 Trenntransformator schaltet (z.B. von Jensen). Durch die Tatsache, dass stets nur ein 200-Hz-Signal übertragen wird, spielt der Frequenzgang des Trafos hier keine Rolle. Eine schlechte Anpassung führt hier lediglich zu einer Verringerung des Pegels, die durch Änderung der PC-Eingangsempfindlichkeit wieder korrigiert werden kann. Statt des Trenntrafos könnte auch ein mittels Trafo aufgebautes Netzteil für den Laptop verwendet werden; eine Alternative, die jedoch bisher noch nicht auf ihre Praxistauglichkeit überprüft wurde.

Soll der Empfänger ebenfalls über Netz versorgt werden, so muss auf jeden Fall ein klassischer Spulentransformator im Netzteil eingesetzt werden. Auf Schaltnetzteile

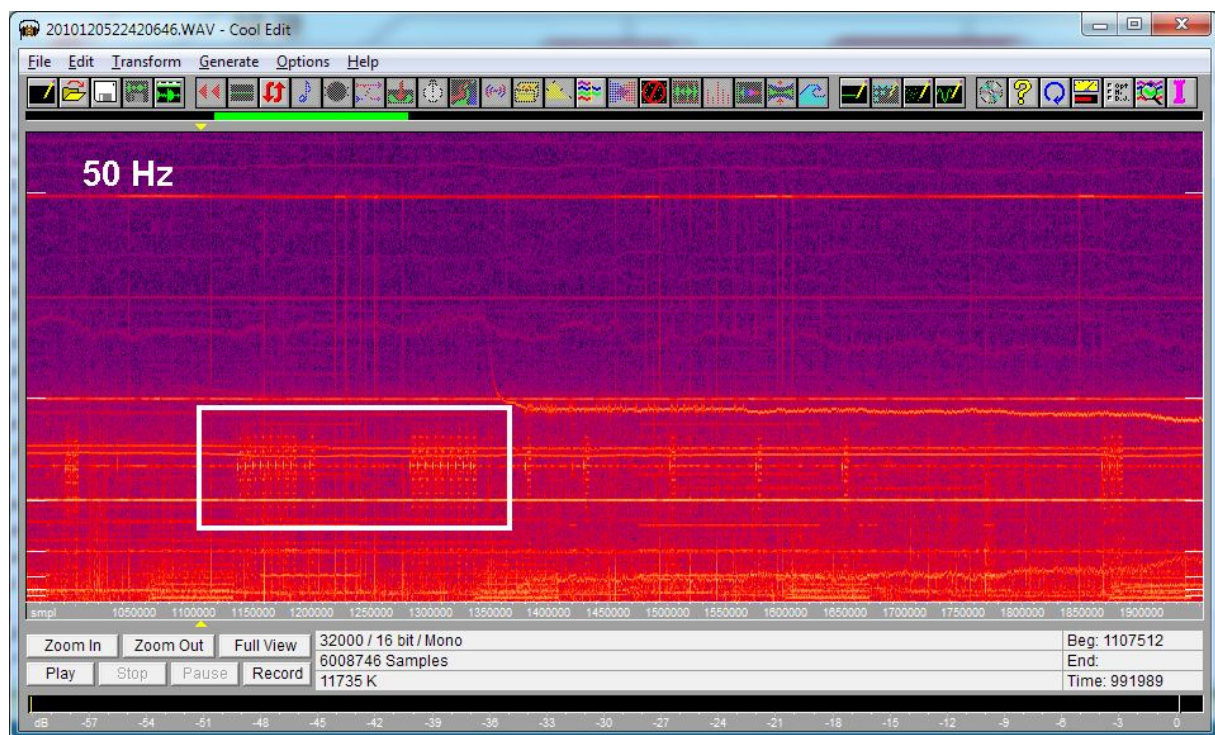
sollte man beim Experimentieren im ELF-Bereich möglichst ganz verzichten, da diese außerdem selbst Störsignale im ELF-Bereich aussenden können.

Es hat sich übrigens gezeigt, dass es bei der Überwachung der Empfängerschaltung mittels eines alten HAMEG-Oszilloskops (mit herkömmlichem Trafo-Netzteil) genügt, wenn man den Erd-Schluss des Schuko-Steckers mit einem geeigneten Isolierband überklebte.

## Signifikante Unterschiede zu Messungen mit Spulen

Messungen mit Elektroden haben bereits zu einem früheren Zeitpunkt ergeben, dass annähernd die gleichen Signale wie bei einer Verwendung von Spulen empfangen werden, wobei jedoch gewisse Unterschiede nicht unüblich sind.

So hat sich des Öfteren gezeigt, dass das typische Gänse-signal temporär mittels Elektroden empfangen werden konnte, wobei jedoch im gleichzeitig aufgenommenen Spulensignal kein Gänse-signal zu verzeichnen war. Das Auftreten des Gänse-signals beim Empfang mit Elektroden war jedoch insgesamt eher selten. Es ist typisch für das Gänse-signal, dass es zumindest im Bereich Alsdorf seit einigen Jahren nur selten empfangen werden kann, und dass der Empfang manchmal nur per Spule, manchmal nur per Elektroden und manchmal nur per Drahtantenne (siehe Kapitel „Messungen des elektrischen Feldes“) möglich ist.

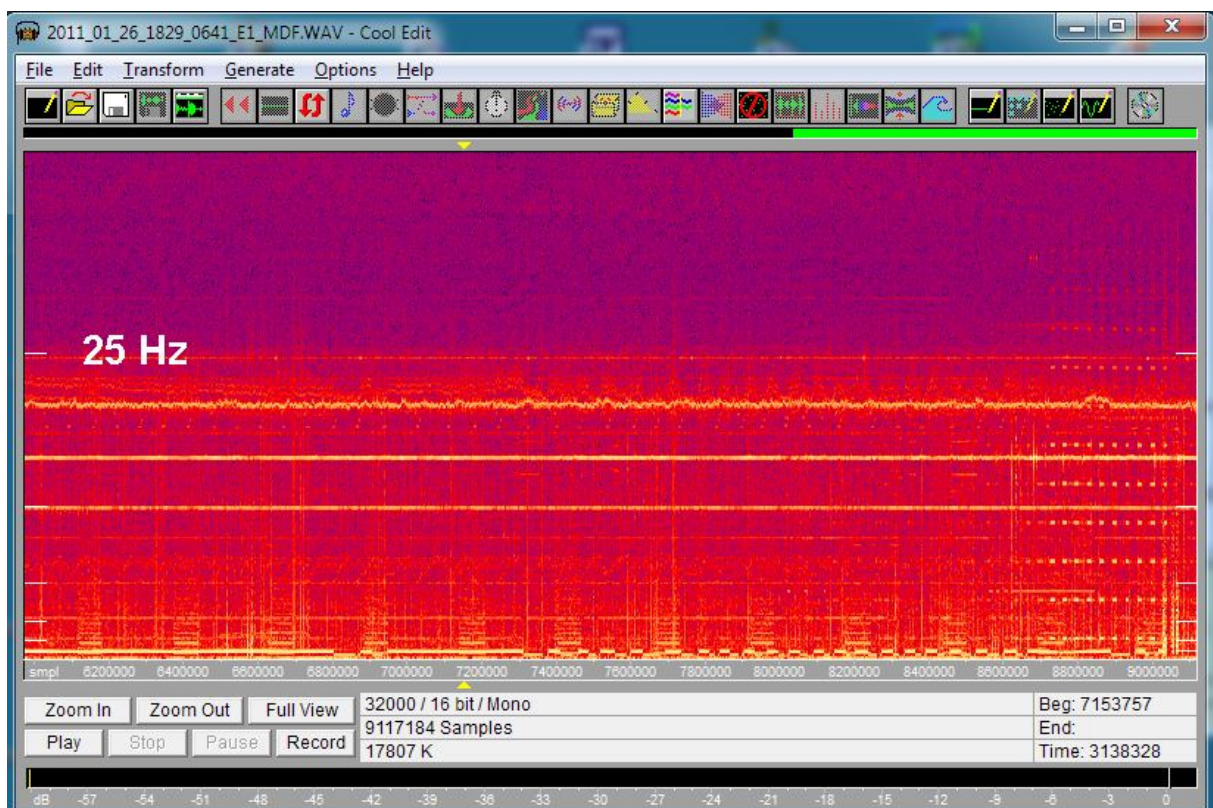
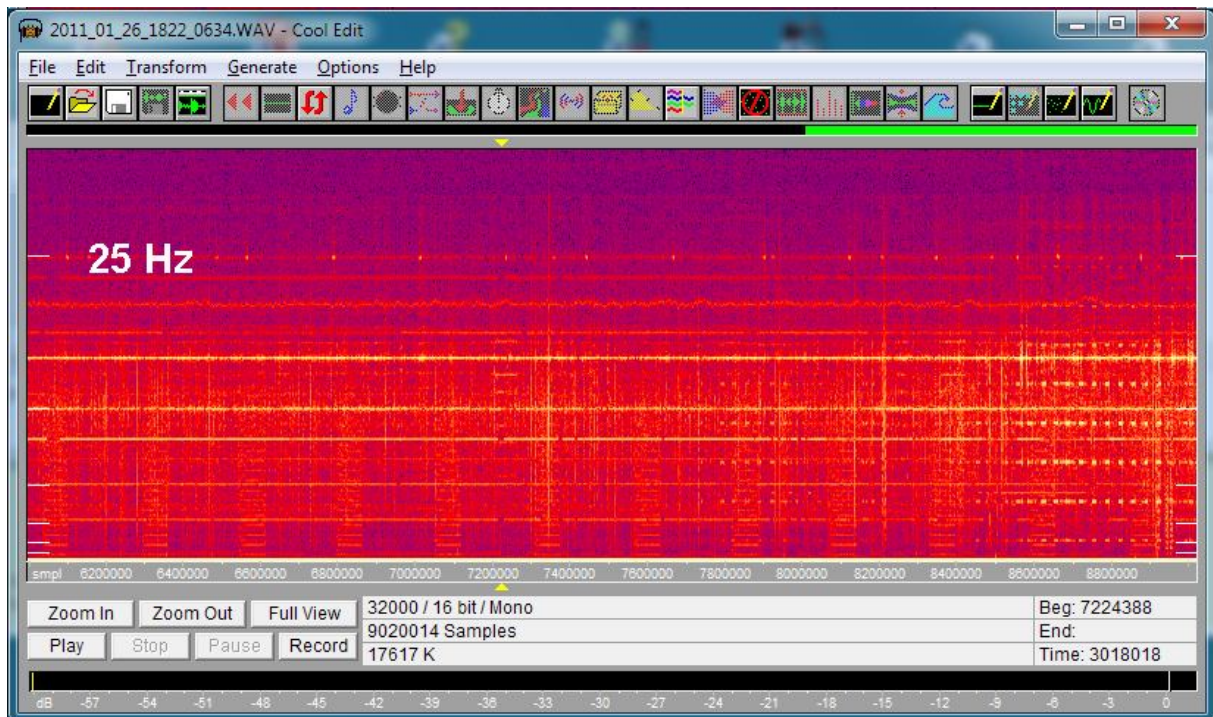


*Gänse-Signal, Nacht vom 05 auf den 06 Dezember 2010, Empfang über Spule*

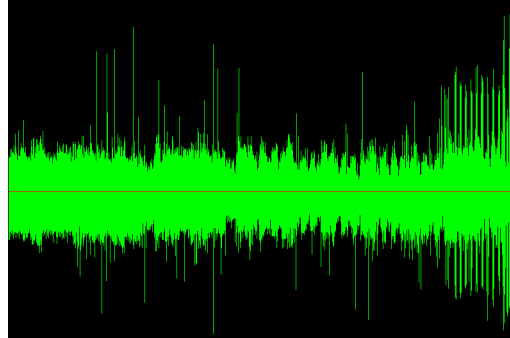
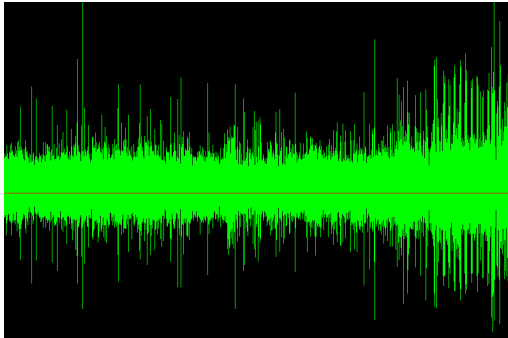
Signale wie *Heartbeat*, das dazugehörige 16-Hz-Signal sowie die komplexen *Voice*-Signale werden über Spule und Elektroden etwa gleichstark empfangen, wobei auf Grund der unterschiedlichen Sensoren (Spule oder Elektroden) kein direkter Vergleich möglich ist. „Gleichstark“ bedeutet hier, dass der Abstand zum Hintergrundrauschen bei gleichen SS-Werten der Signale etwa gleich groß ist.



Die Angleichung der Amplituden erfolgt über eine nachträgliche Verstärkung im Analyseprogramm Cool-Edit, die bei der vorliegenden 16-Bit-Aufzeichnung recht unproblematisch ist.



Vergleich: Spulenmessung (oben) – Elektrodenmessung (unten)



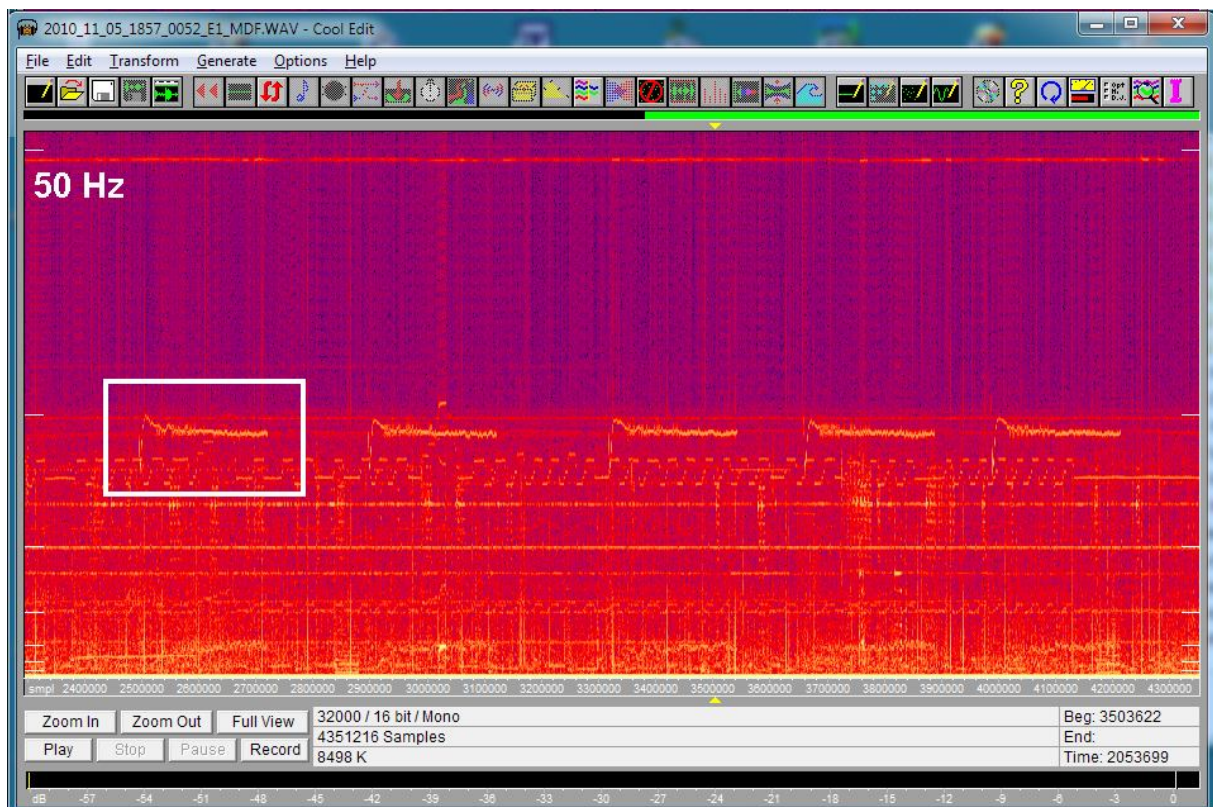
*Angeglichene Pegel beider Signale*

## Neue und alte Signale

### Wurzel-Signal

Beim ELF-Empfang muss ständig mit Überraschungen gerechnet werden: Entweder tauchen sehr häufig ganz plötzlich neue Signale auf, die dann ebenso schnell wieder verschwinden, oder die Aufnahme enthält auf einmal wieder Signale, die bereits vor Jahren zum letzten Mal empfangen wurden.

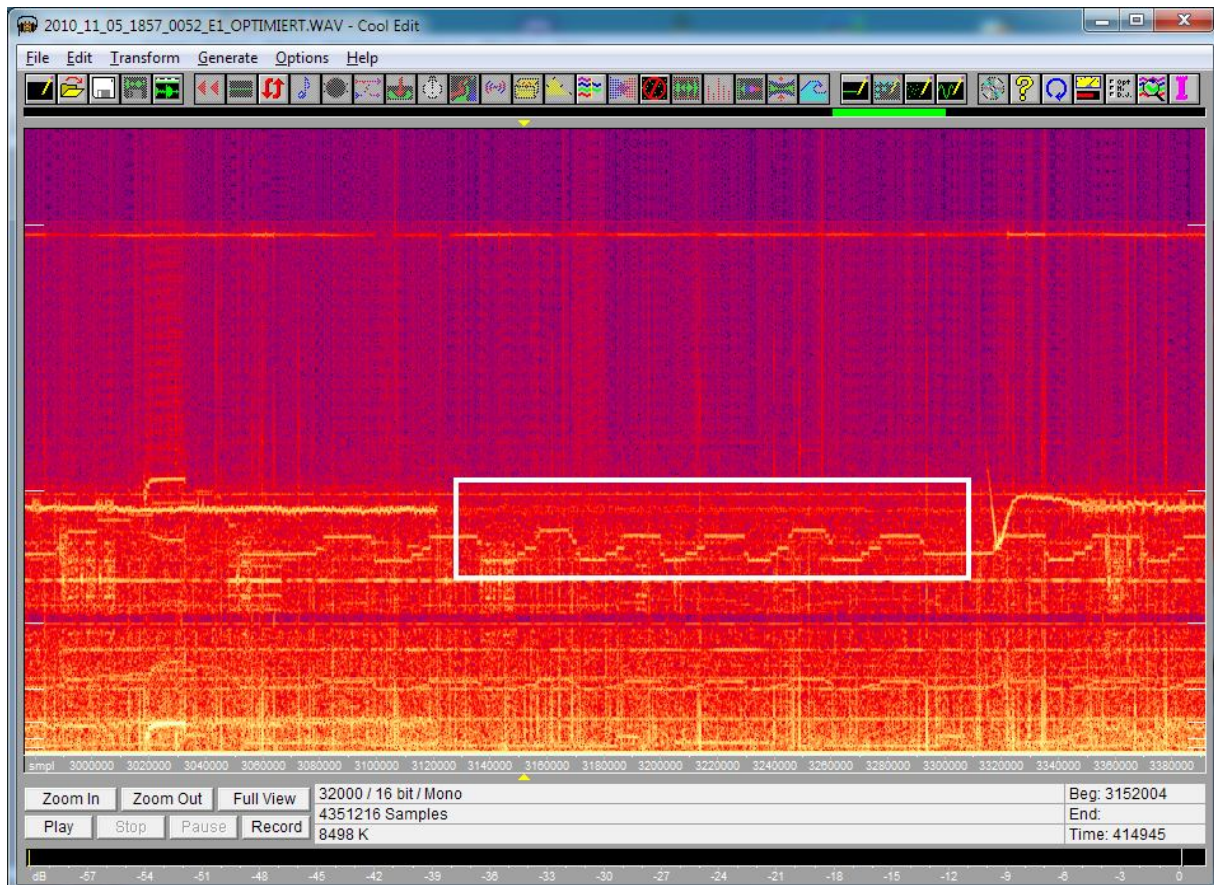
Seit etwa 2009 zeichnen sich die meisten Aufnahmen durch ein regelmäßig wiederkehrendes Signal knapp unter 25 Hz aus, das, mit ein wenig Phantasie, die Form eines Wurzelzeichens besitzt, wobei der linke, v-förmige Teil der Wurzel in der Regel nur schlecht zu erkennen ist und die obere, gerade Linie der Wurzel eher einen „krakeligen“ Eindruck erweckt.



*Wurzel-Signal (umrandet)*

Auf Grund seiner hohen Frequenz ist das Wurzelsignal beim beschleunigten Abspielen der Dateien fast nicht mehr hörbar. Im Bild unten (Mäander-Signal) ist es ebenfalls enthalten, wobei der linke Teil seines Spektrogramms hier deutlicher erkennbar ist.

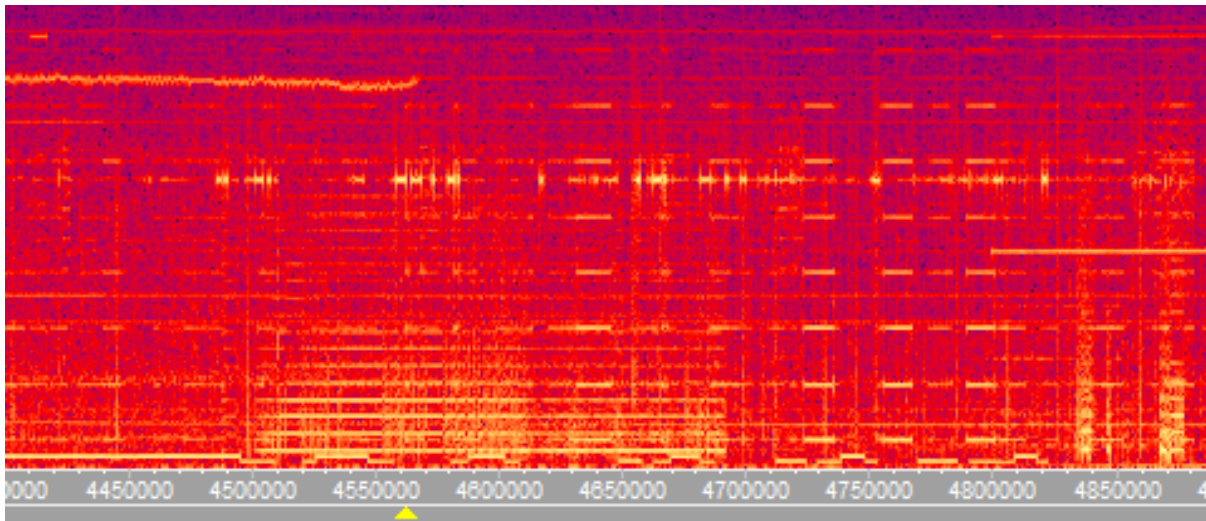
## Mäander-Signal



*Mäander Signal (Datei nachträglich verstärkt und gefiltert)*

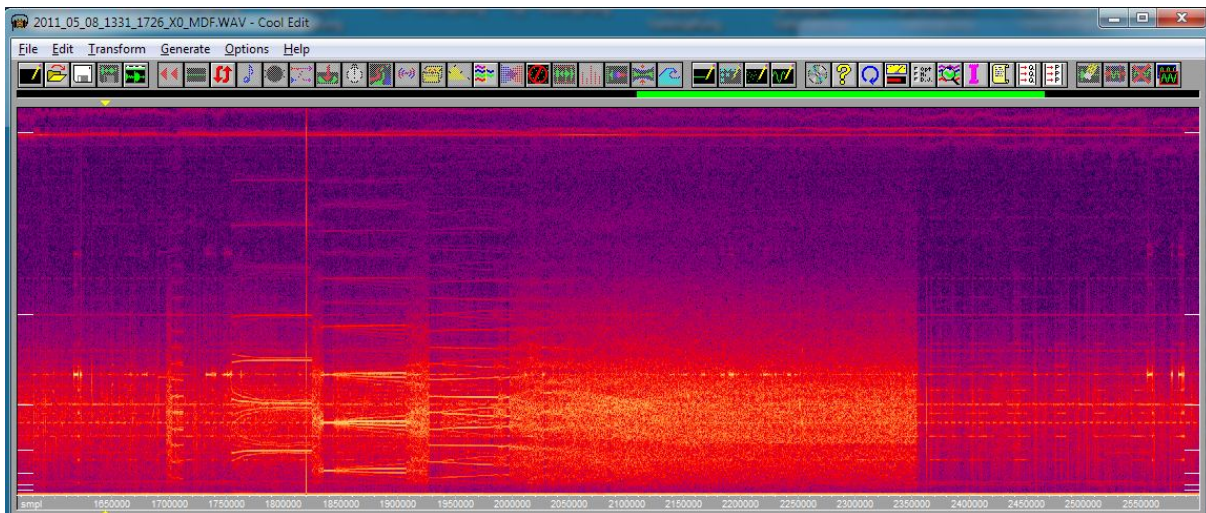
Dieses Signal war hauptsächlich im Jahre 2010 fast permanent zu empfangen: Eine treppenartige Struktur mit immer wiederkehrendem Auf- und Ab-Muster – wobei sich jede Periode von der vorhergehenden geringfügig unterschied. Durch die hohe Frequenz und die schwache Intensität war es lediglich schwach sichtbar, aber kaum hörbar. Ein Blick auf das Bild oben vermittelt den Eindruck, dass auf ungefähr halber Frequenz ein paralleles, ähnliches Muster mit geringerer Amplitude existiert. Seit Anfang 2011 verschwand das Signal zusehends und ist zurzeit (Juni 2011) gar nicht zu empfangen.

## LKW-Hupe

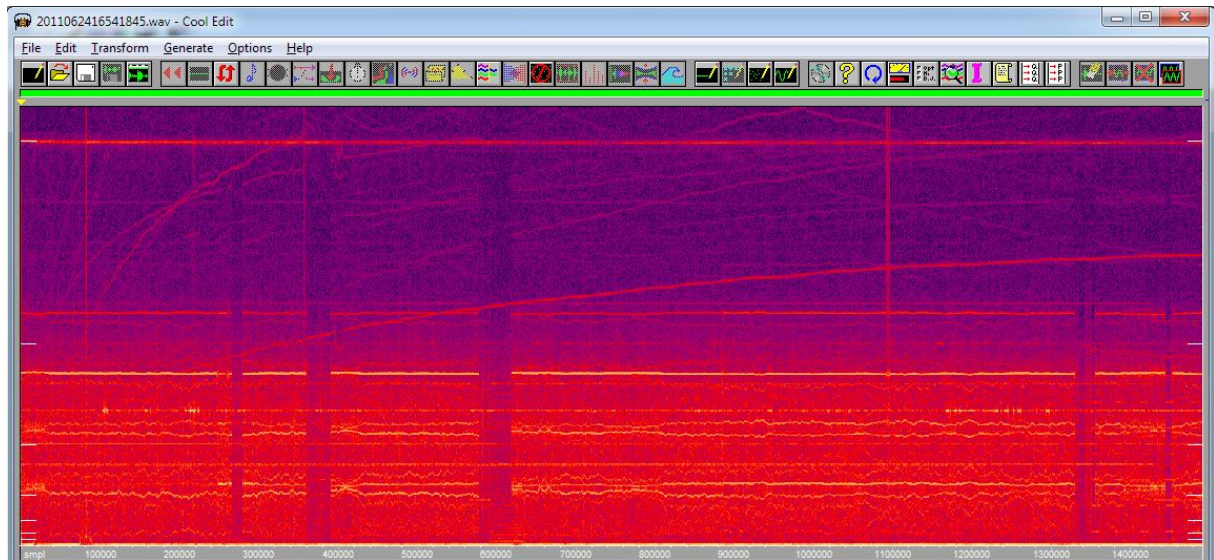


*Dieses Signal klingt wie das langgezogene Hupen eines LKW*

## Kreischsignal

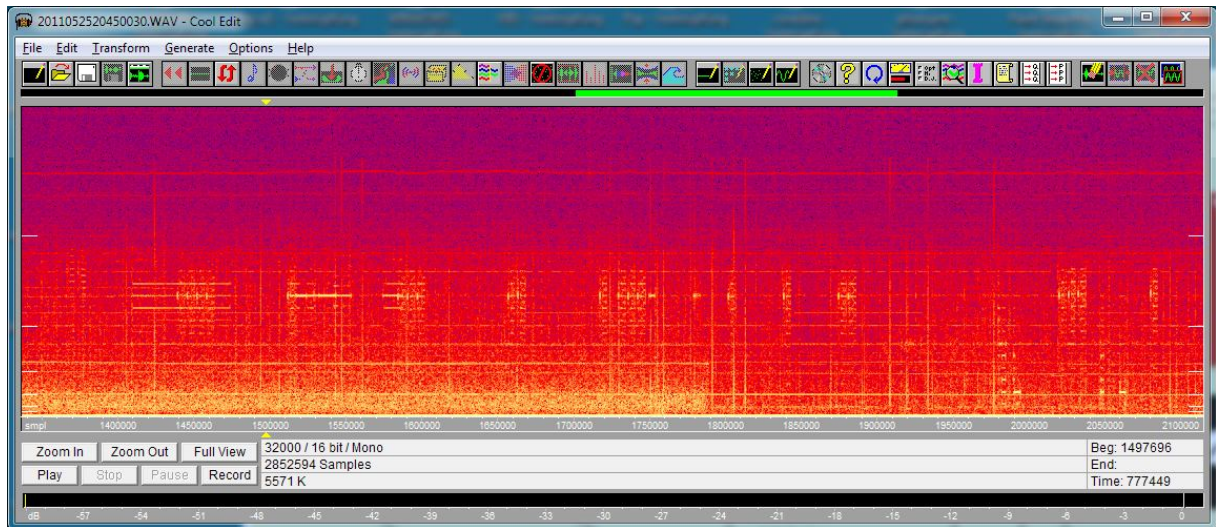


Mai

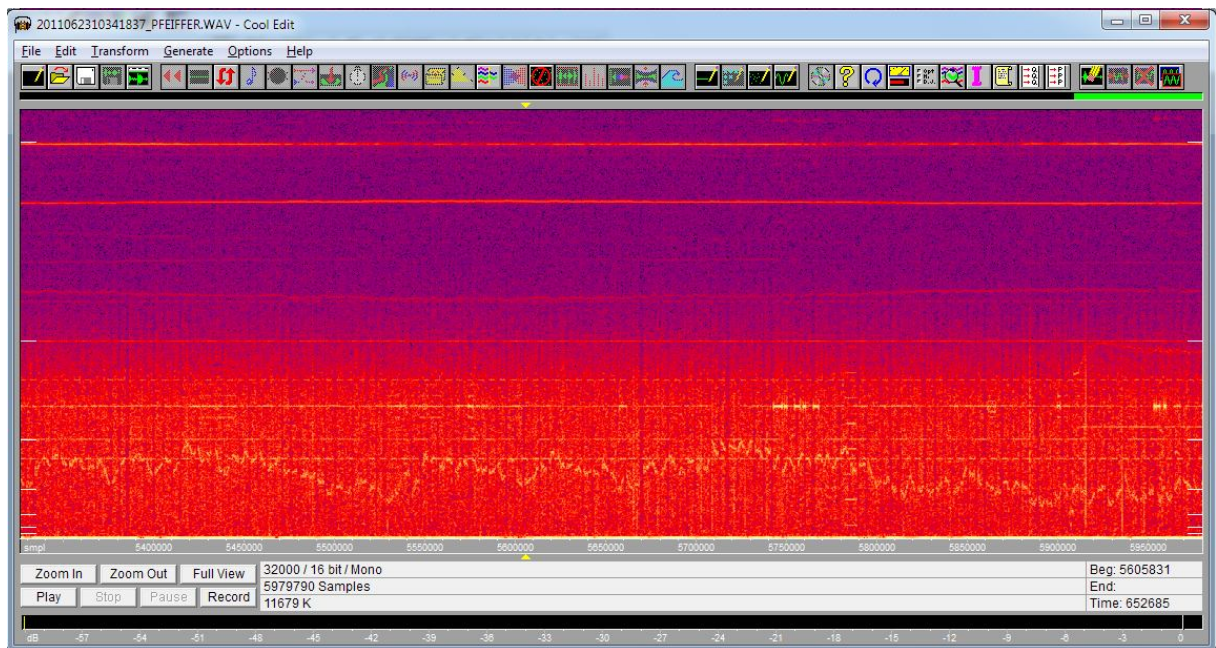


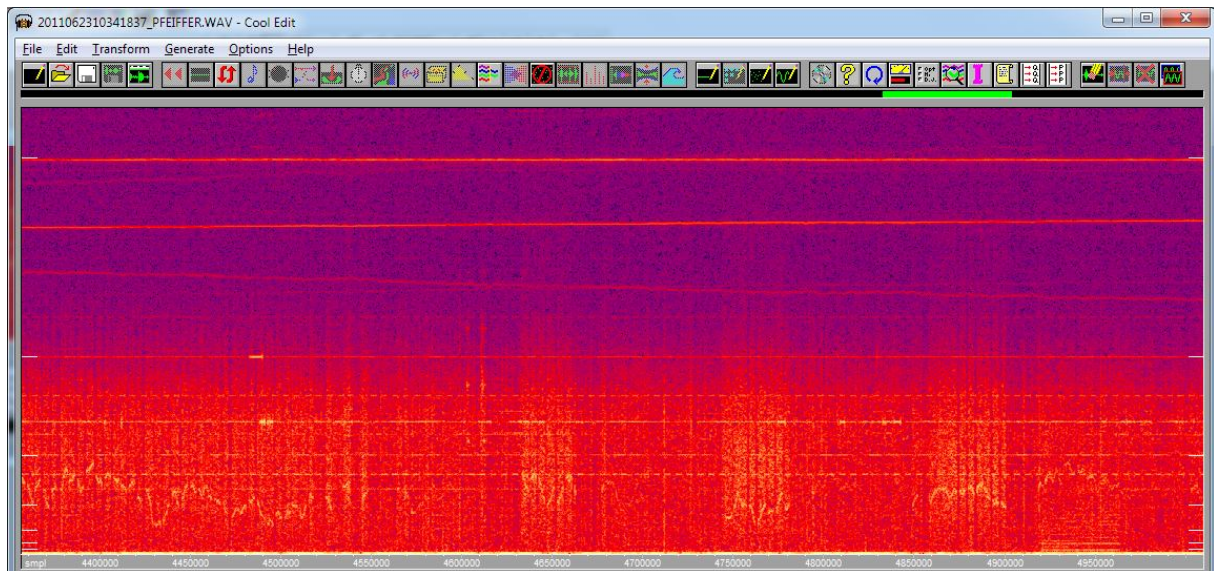
Juni: ähnlich klingendes, starkes Dauersignal mit kurzen Unterbrechungen

## Plötzliches Aussetzen des Rauschens (Elektrodenmessung)

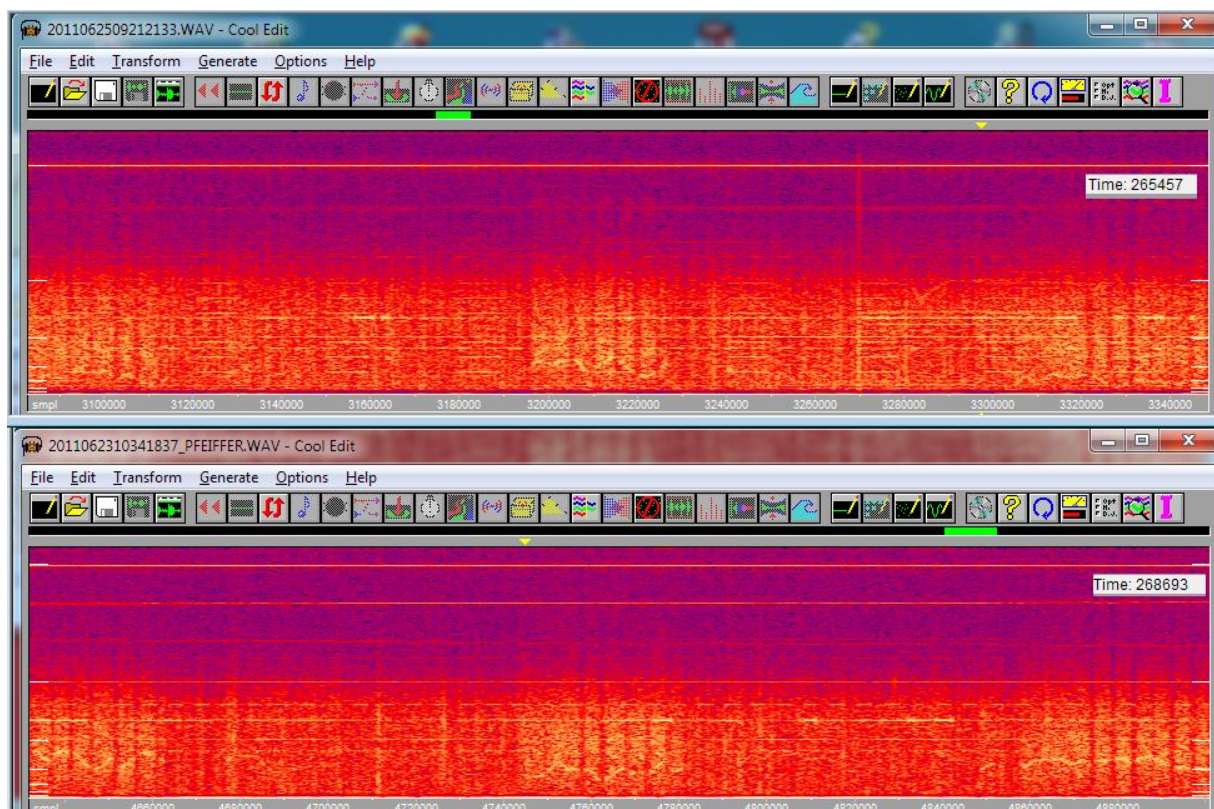


## Pfeiffer-Signal zum ersten Mal in Mariadorf

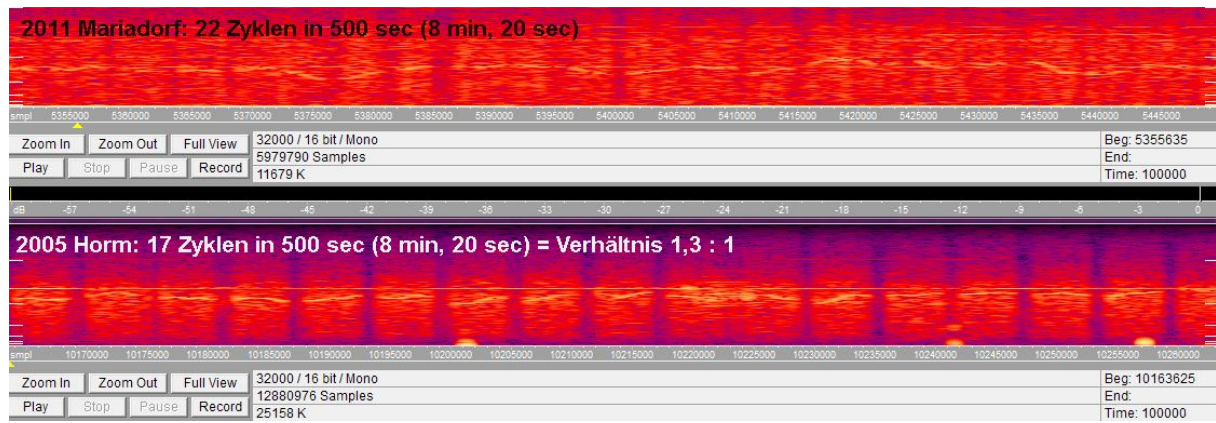




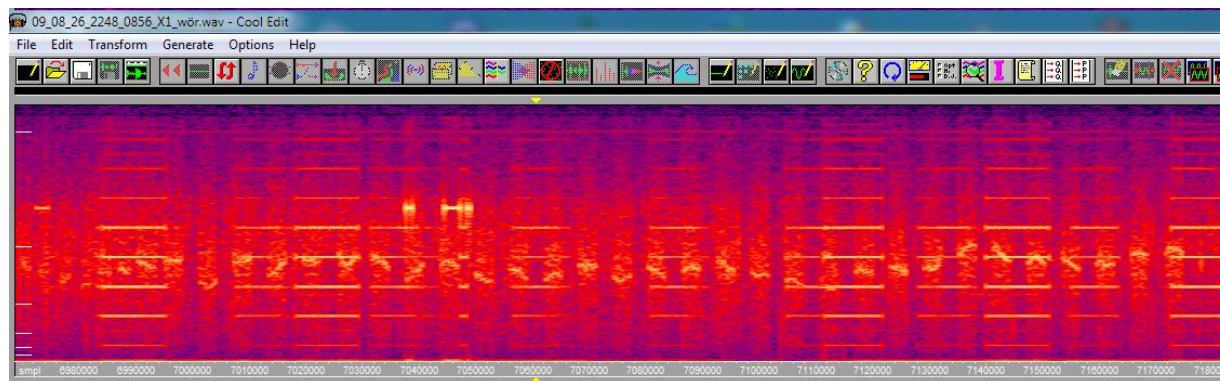
Endphase des Pfeiffers vom 23.06: Typische Dreiergruppe



unten noch einmal die Endphase der Aufnahme vom 23.06. Oben zum Vergleich die Endphase einer Aufnahme vom 25.06. Die Zeitstrukturen sind nahezu gleich – die Art der Töne ist jedoch unterschiedlich.



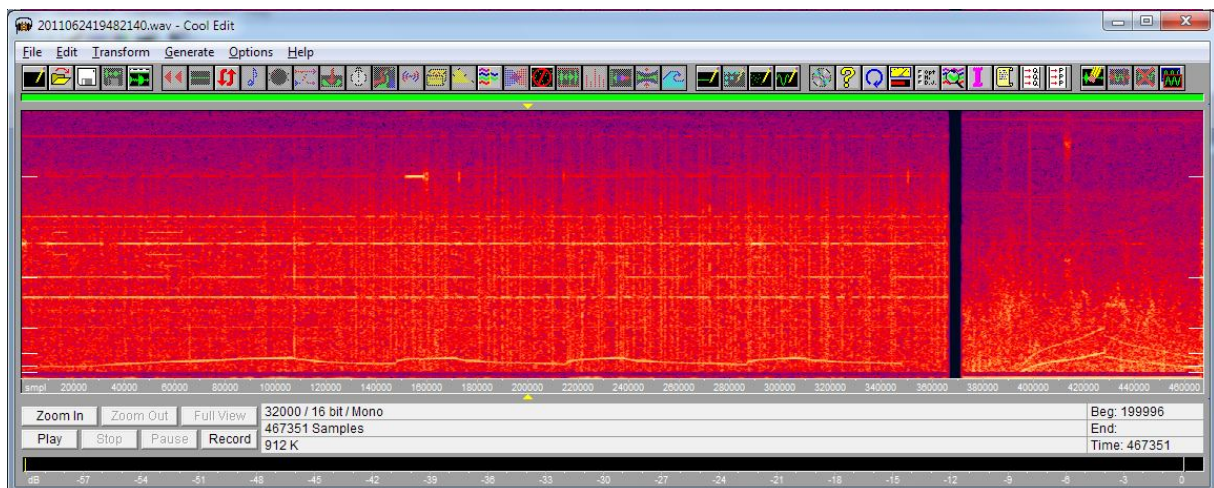
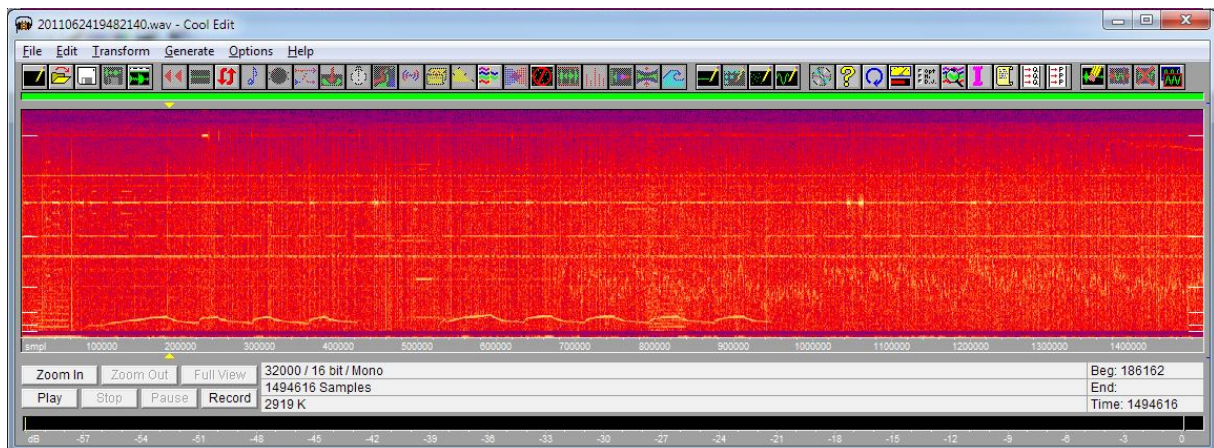
Vergleich der Geschwindigkeit des Pfeiffers in Horm und in Mariadorf



Vergleich mit Pfeiffer Wöhrden (2009)

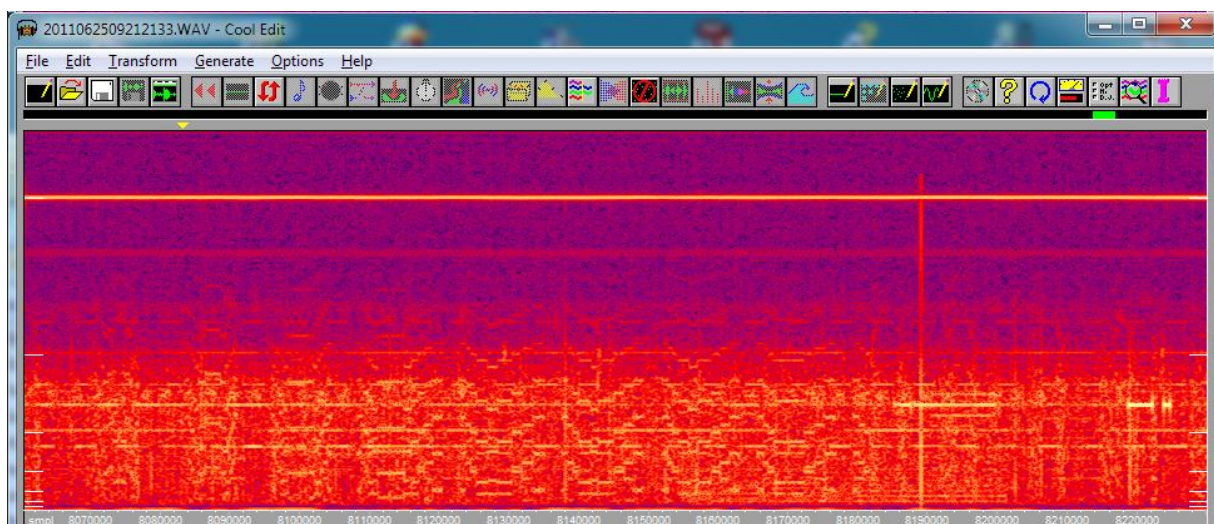


## Snake

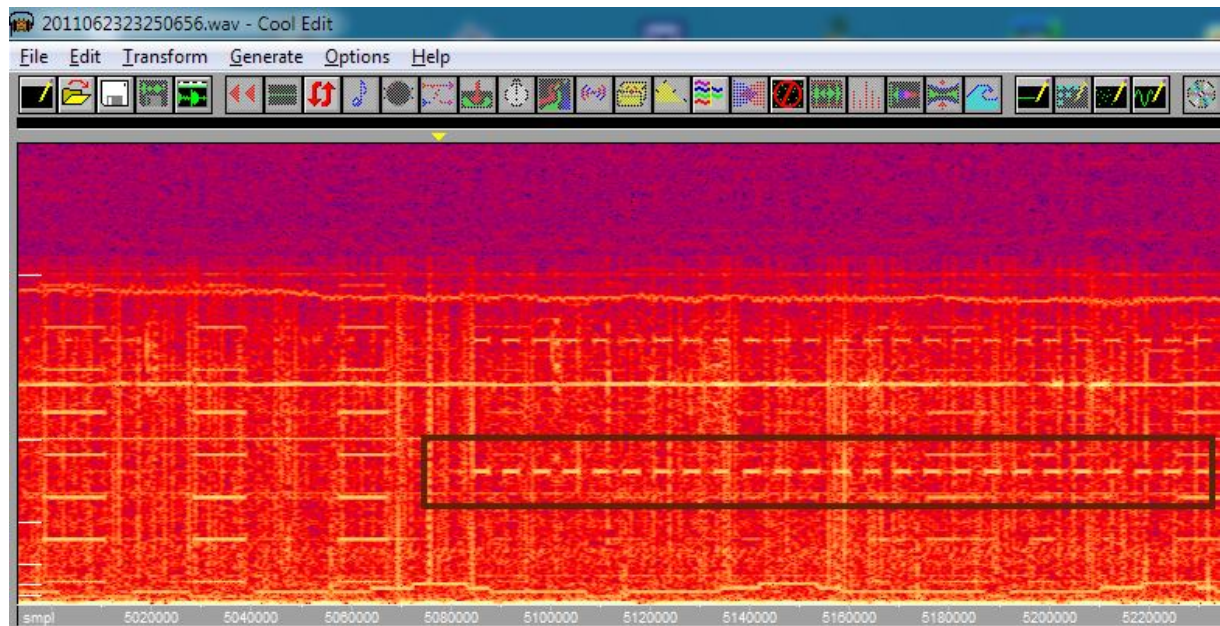


Rechts: Guising – Elektroden, Ende Mai 2011

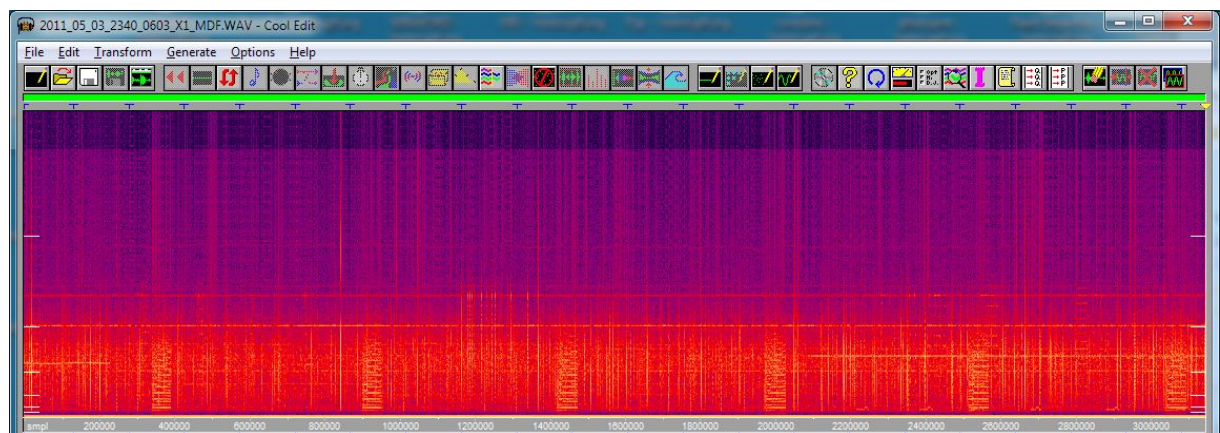
Fischgrätensignal vom 25.06.2011: Die neuen Signale häufen sich



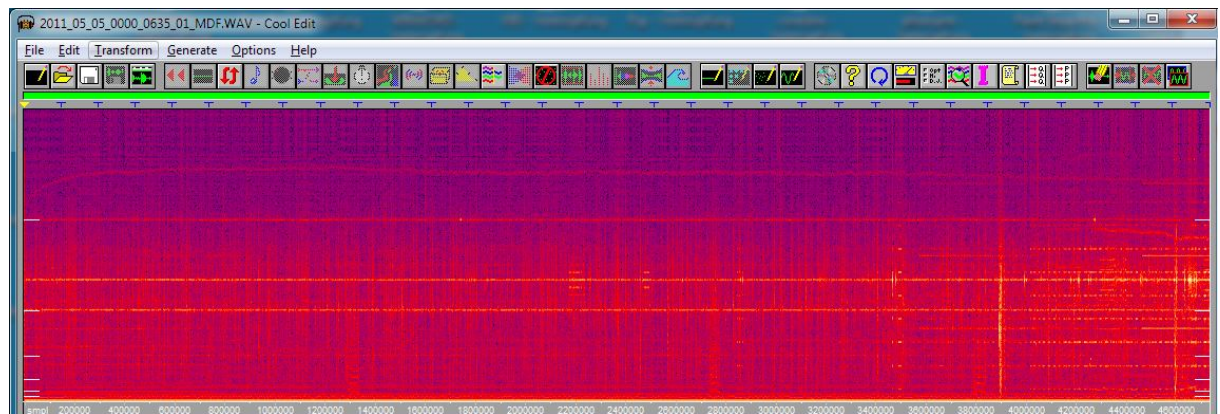
## Intermitting Dauersignal 10 Hz



## Starke Intensitätsschwankungen

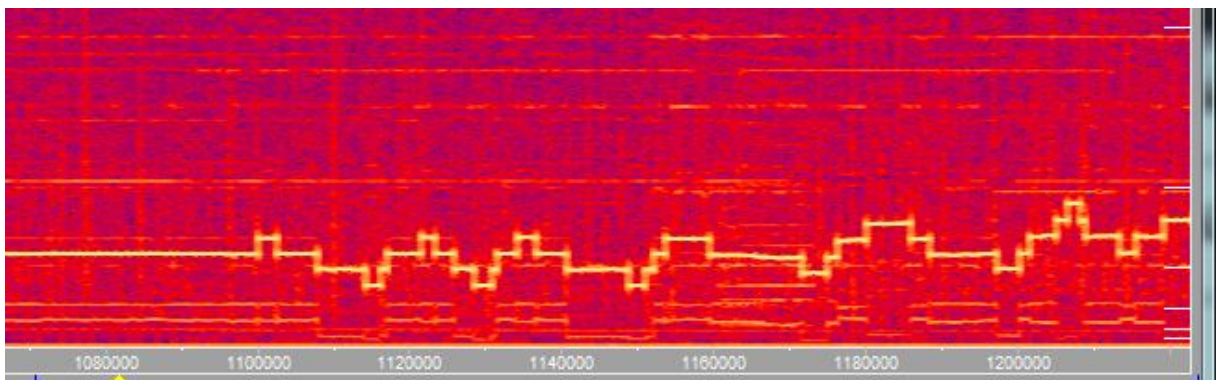
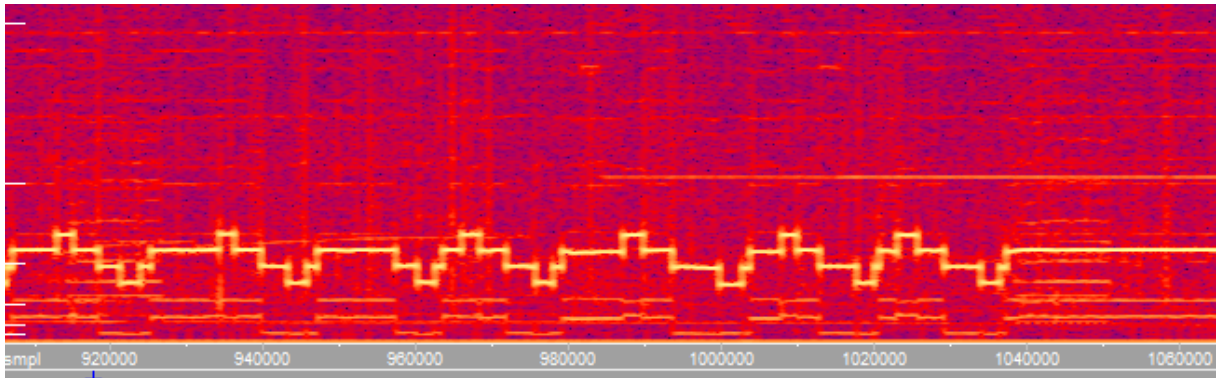
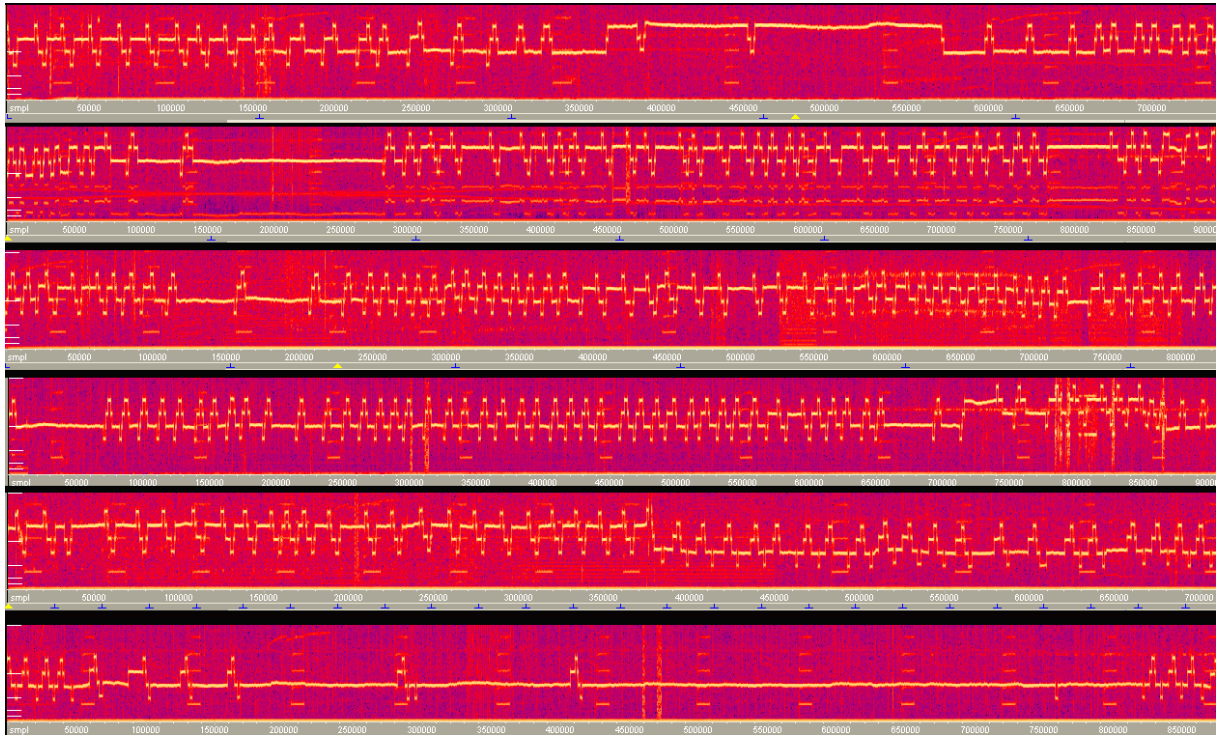


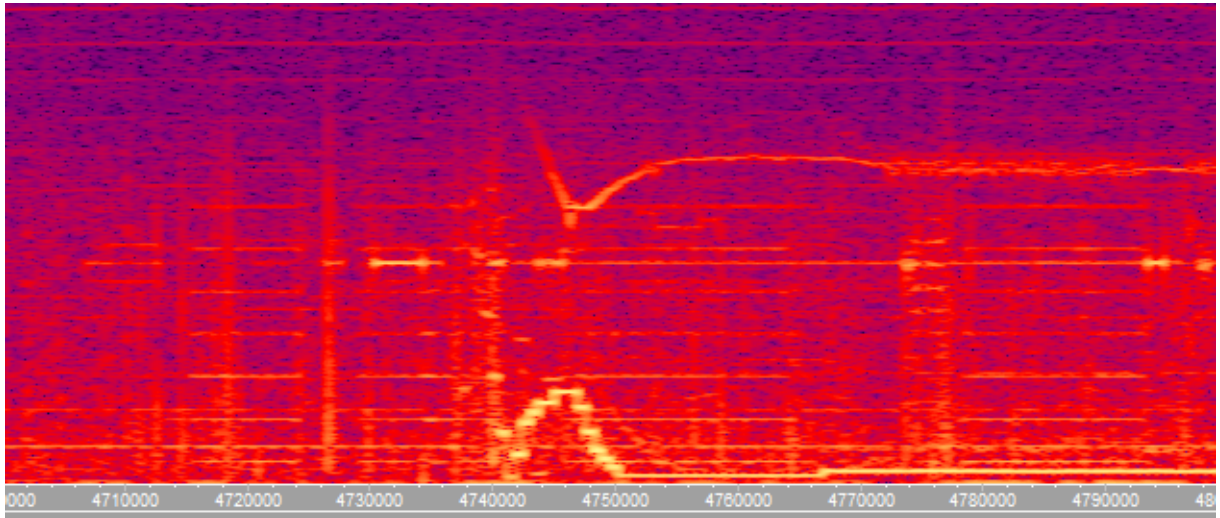
Nebelhorn-Signal am 03. Mai 2011...



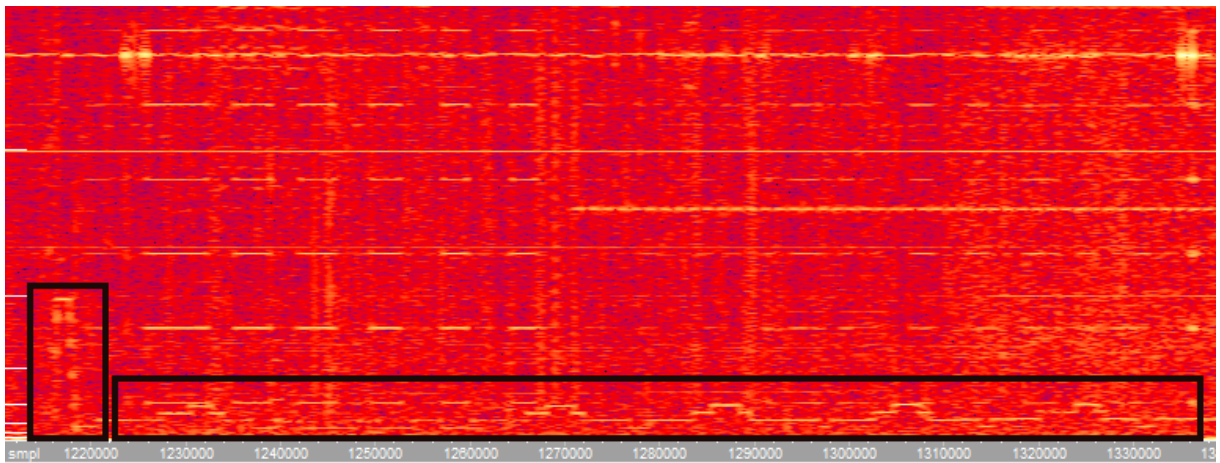
... und nur zwei Tage später

## Das „unter 1 Hz“-Signal (LOW-Signal)



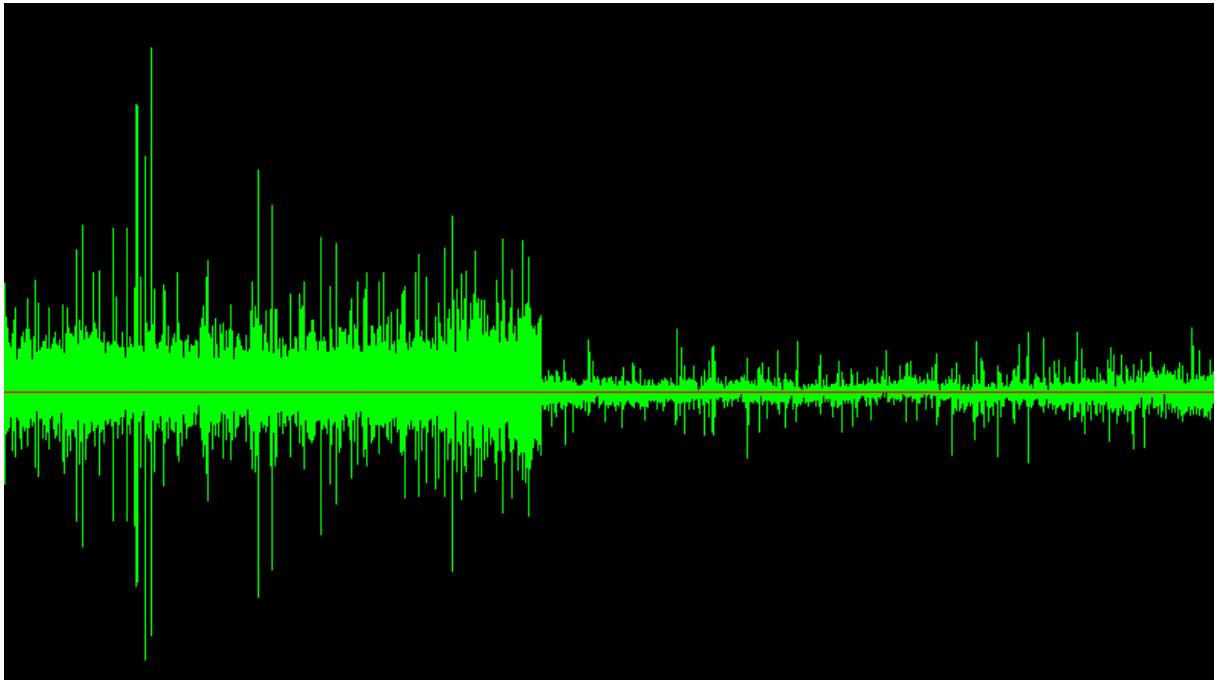


Typischer Anfang des LOW-Signals (Elektrode)

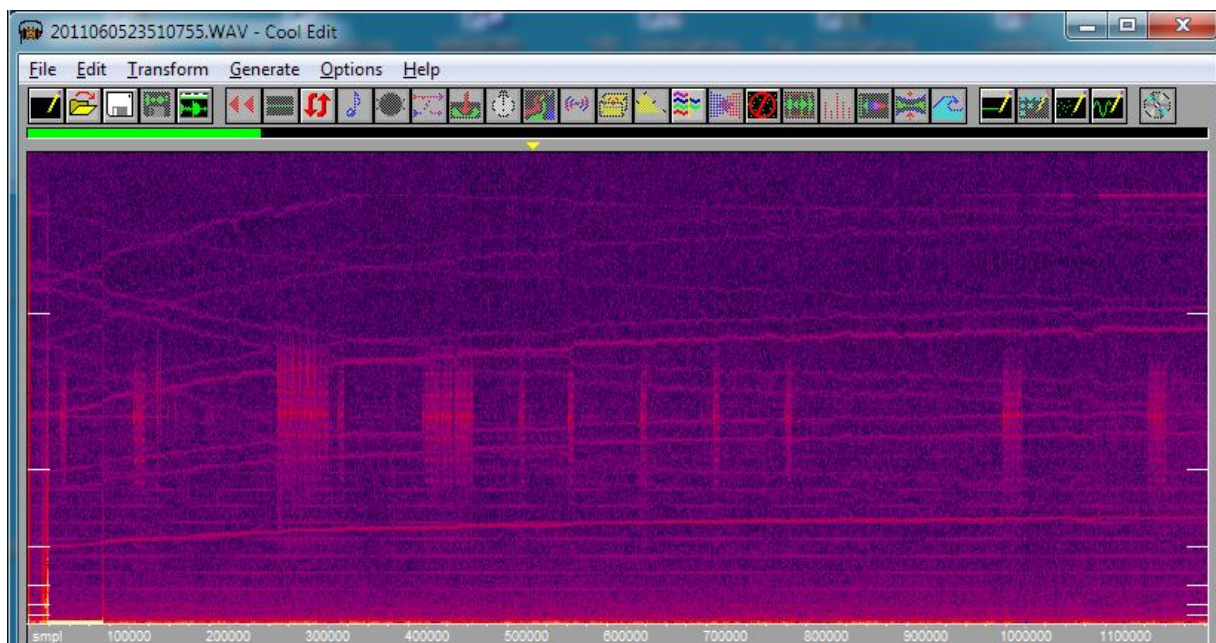


... und Spule

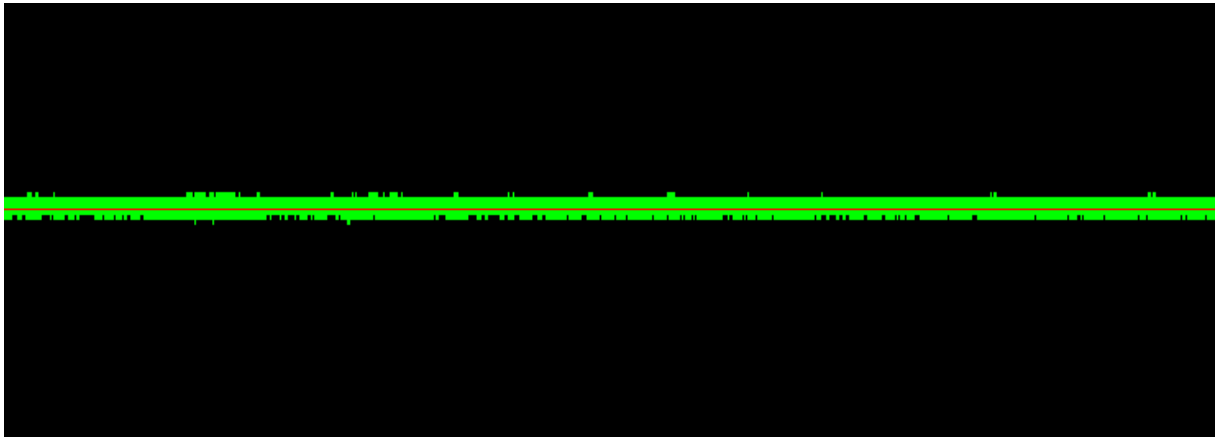
## Einfluss der Bodenfeuchtigkeit



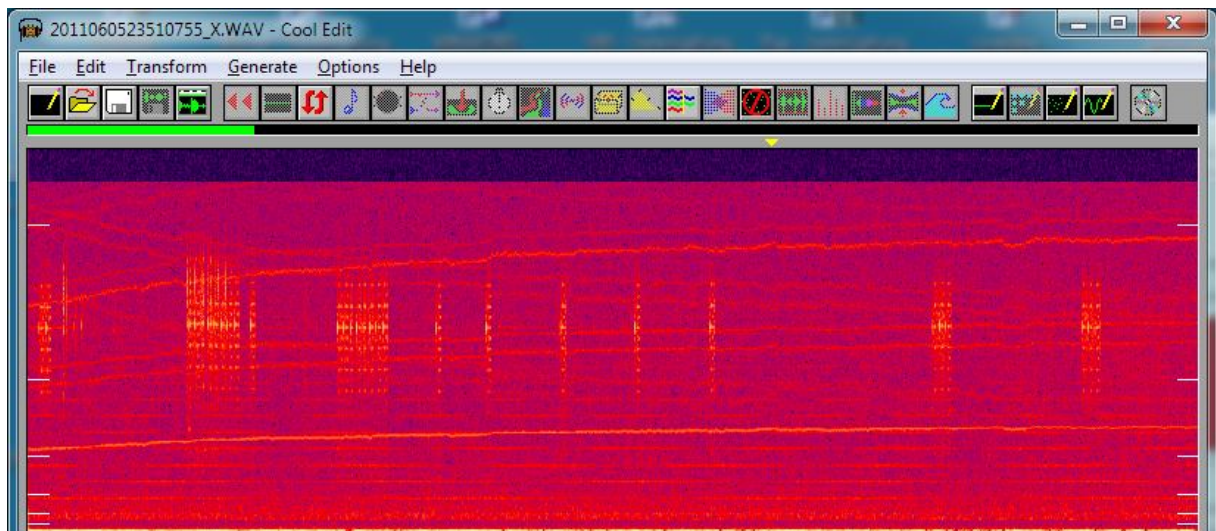
## Messungen des elektrischen Feldes



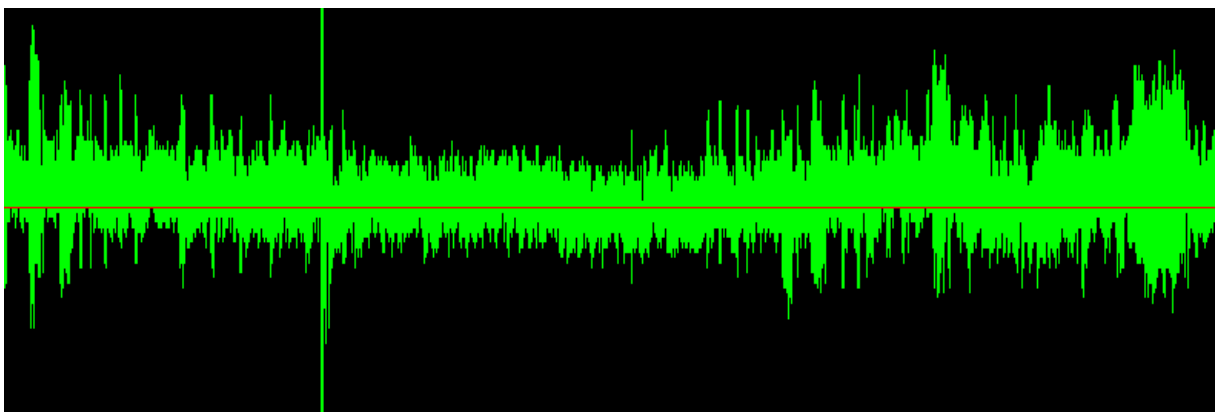
Mit einer eine Langdrahtantenne (2 bis 3 m) konnte kurzzeitig das Gänsesignal (und ein starkes 50-Hz-Signal) empfangen werden.



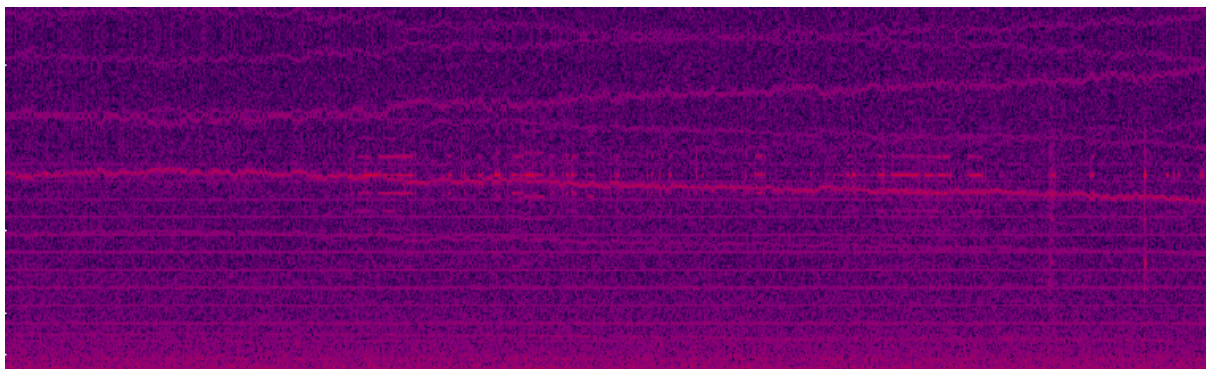
Zeitsignal vor der Verstärkung



Nachträgliche Verstärkung von ca. 18 dB



Zeitsignal bei nachträglicher Verstärkung



Nach Ende der Trockenperiode wurde das Gänsesignal in der feuchten Erde offenbar „kurzgeschlossen“.

# Geländemessungen mit Elektroden

## Autobahnkreuz Aachen

Am 12. Juni 2011 (Sonntags) wurden am Nachmittag zwei Elektrodenmessungen im Gelände in der Nähe des Autobahnkreuzes Aachen durchgeführt (Zwischen der A44 und der A4). Die Umgebung ist durch landwirtschaftliche Felder geprägt, die von Hochspannungsleitungen mit hohen Masten durchschnitten werden. In der Nähe von Messpunkt 1 befindet sich außerdem ein kleines Umspannwerk.

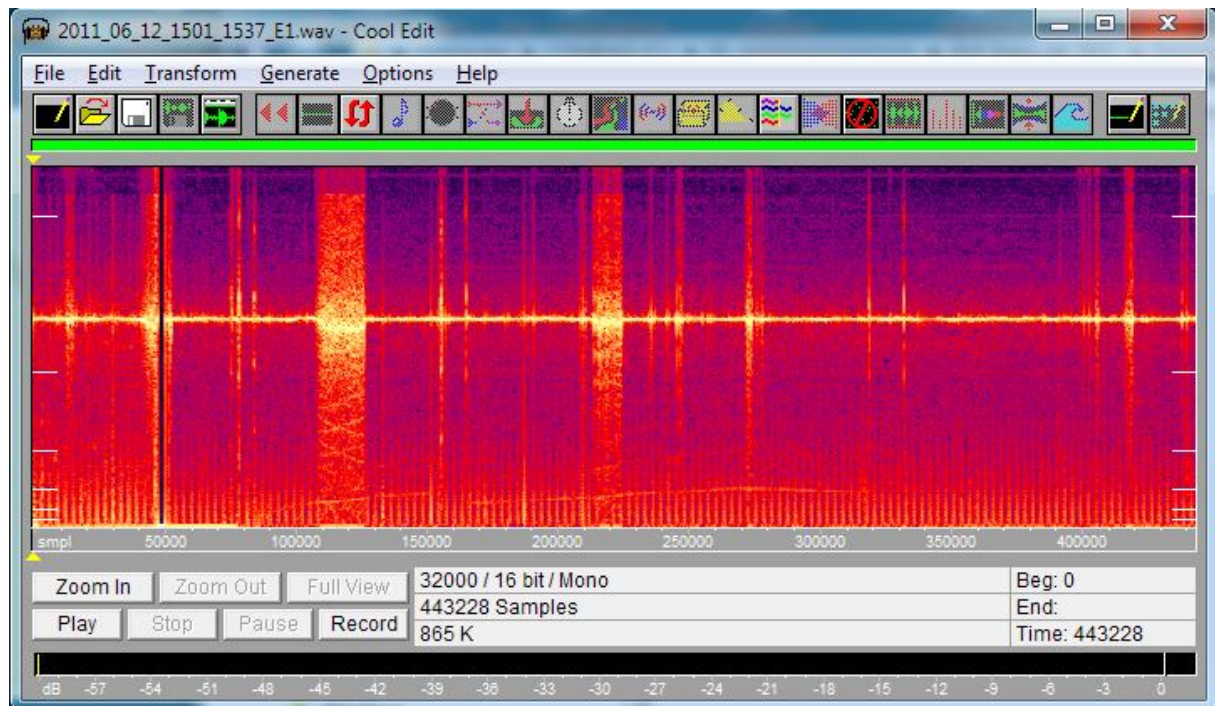


### Geographische Lage der Messpunkte

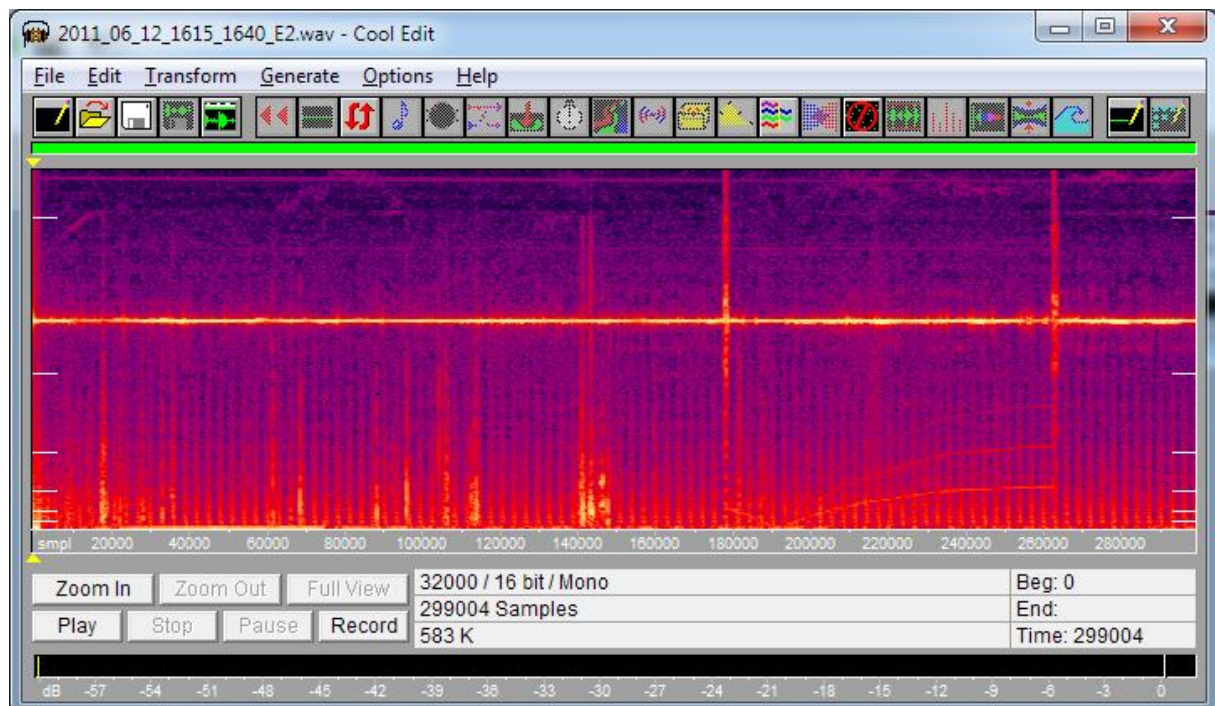
Entgegen unserer Erwartungen wurden außer einem starken 16 Hz-Signal (Eisenbahnlinie Aachen Köln, 4 km entfernt) keine signifikanten Signale festgestellt – bis auf ein regelmäßiges Doppel-Pulse-Signal, das, in Echtzeit, genau alle 15 Sekunden erscheint und an den Messpunkten E1 und E2 festgestellt wurde und bis auf eine ansteigende Kurve mit zwei Harmonischen, die bei Messpunkt 2 bei Sample 200.000 beginnt (siehe Bilder unten: Messungen 1 und 2).

Eine ähnliche Kurve wurde am 26.06 gegen 20 Uhr in der Nähe des Blausteinsees empfangen – dort jedoch abfallend und nicht ansteigend (siehe Bild E3). Beide Kurven sind wiederum verwandt mit dem Ende Mai in Guisingen, Frankreich auf einem ruhig gelegenen Anwesen festgestellten Signal, das in einem ähnlichen Frequenz- und Zeitbereich sowohl ansteigt als auch abfällt.





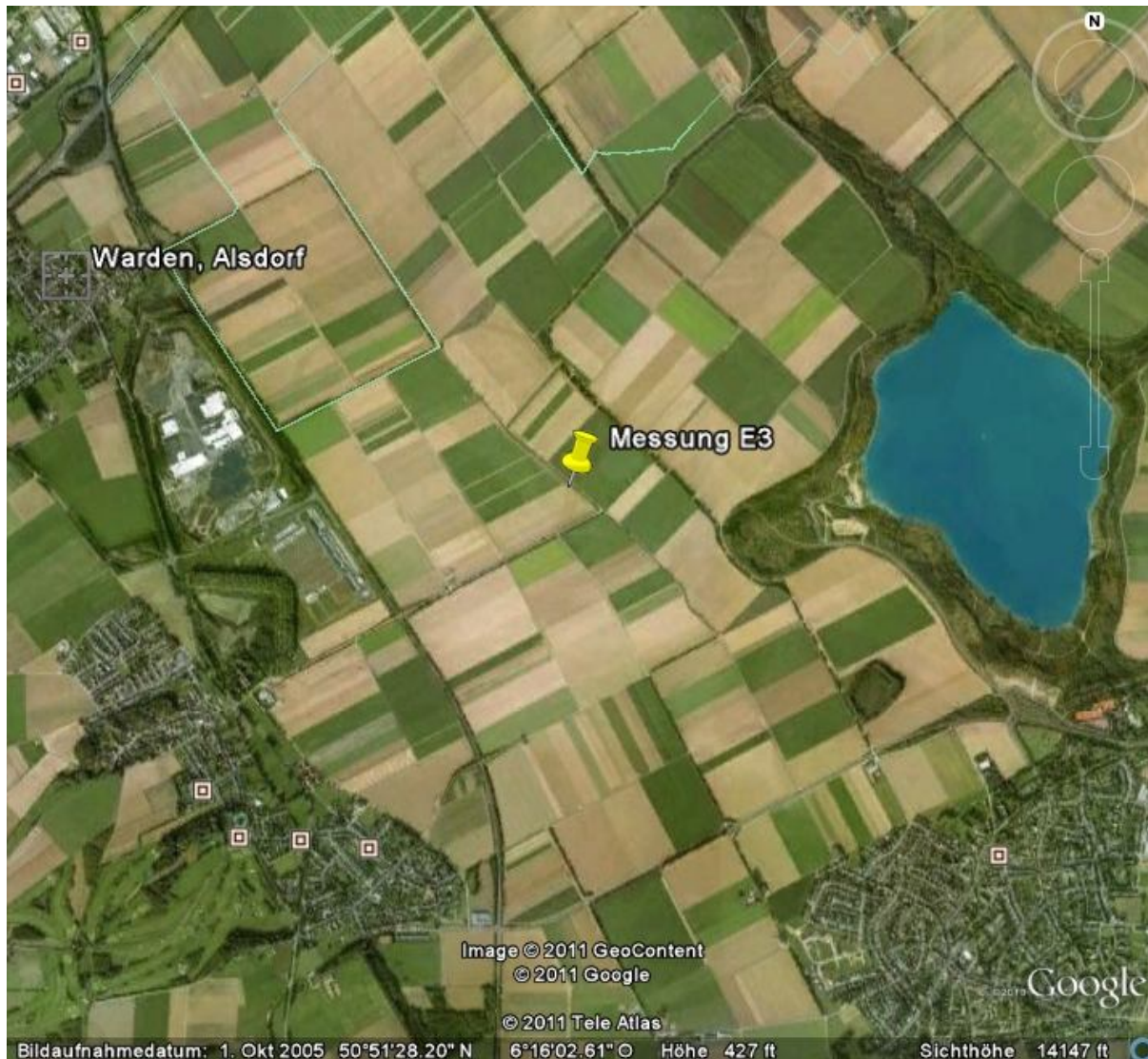
**Messpunkt E1:** Starkes 16,66-Hz-Signal, regelmäßige Pulse und ein paar undefinierbare Linien im tieffrequenten Bereich.



**Messpunkt E2:** Auch die die Pulse im 15-Sekunden-Takt. Zusätzlich noch eine ansteigende Kurve, die in ähnlicher Weise auch bei anderen Geländeaufnahmen mit Elektroden erscheint.

## Blausteinsee

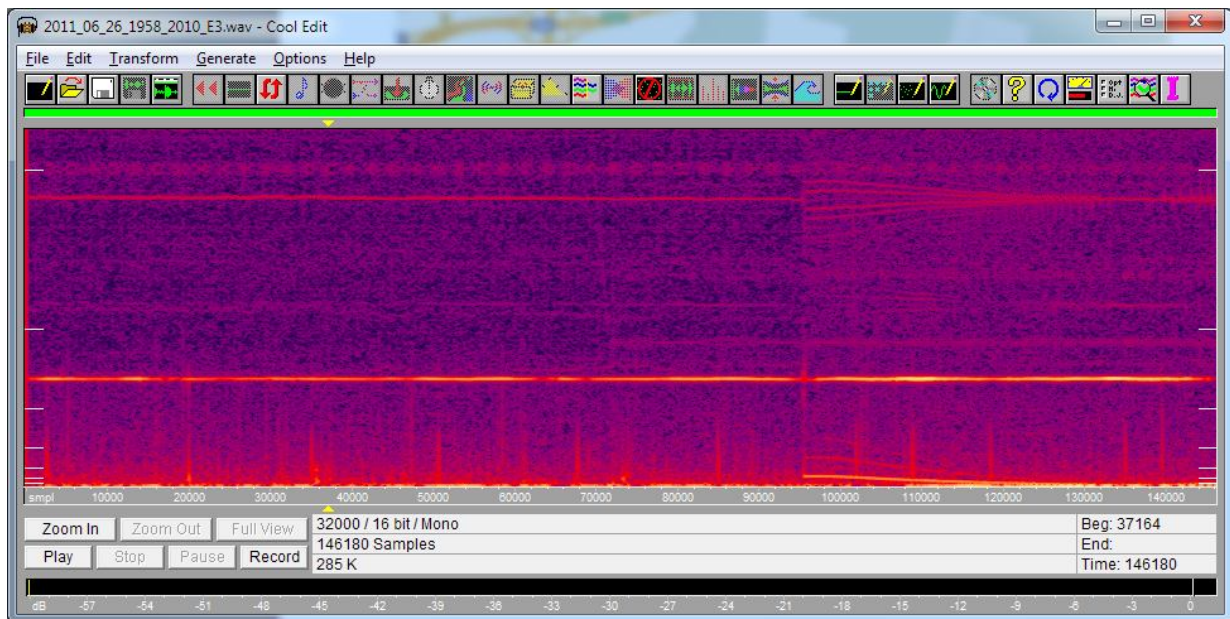
Da die meisten für Messungen interessanten Punkte nicht für Autos zugänglich sind, wurde die Messanlage so verkleinert, dass sich der Empfänger mit Laptop und den beiden Elektroden in zwei Satteltaschen eines Fahrrades verstauen lässt. Auf Grund der dadurch bedingten Witterungsabhängigkeit konnte die nächste Messung erst am 26.06 (2011) durchgeführt werden. Leider reicht der Akku des verwendeten (alten) Laptops gerade einmal für zwei Messungen. Da die erste Messung auf Grund eines Bedienungsfehlers schief ging, konnte nur eine Messung durchgeführt werden.



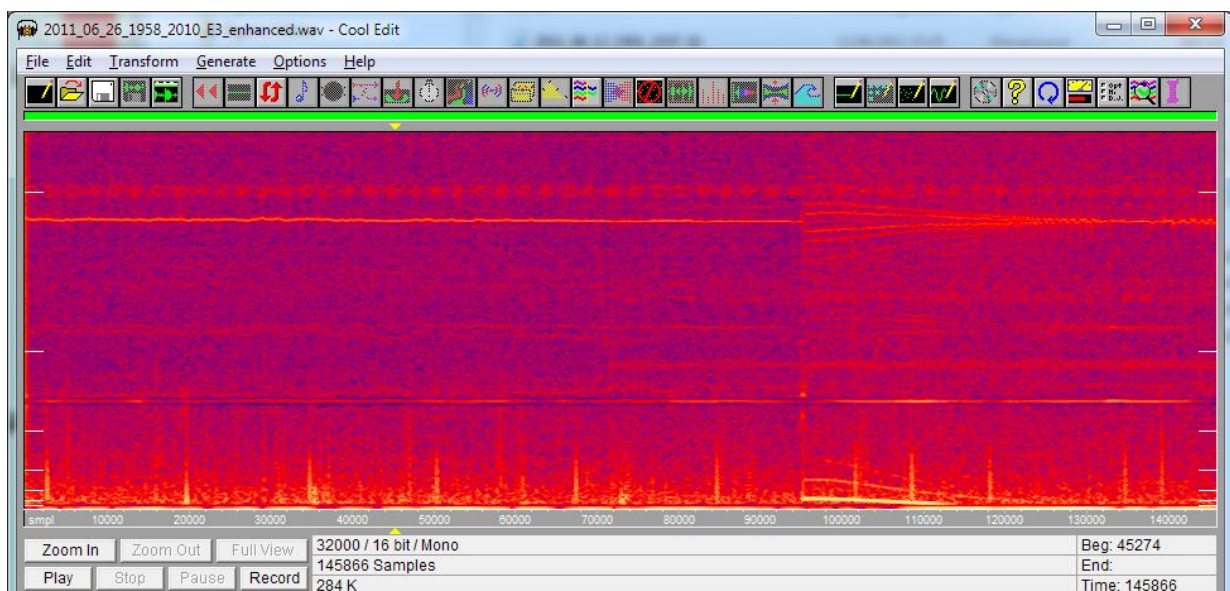
Messung E3: An diesem Ort erfolgte eine Aufnahme am 26.06.2011.

Die beiden Bilder unten zeigen einmal die Originalaufnahme und einmal eine verstärkte Darstellung. Damit das sehr starke 16,66-Hz-Signal beim Hören nicht stört, wurde es herausgefiltert.

Interessant ist auch hier wieder die bei Sample 95000 beginnende Kurve, die beim Abhören an eine elektronische Drum erinnert und derjenigen der Messung E2 gleicht – bis auf die Tatsache, dass beide Kurven spiegelverkehrt zueinander sind.



Messung E3 mit starkem 16,66-Hz-Signal und „Disco-Drum“.



Die gleiche Messung, diesmal mit einer „Bereinigung“ für das Ohr.

Messungen auf dem Weg nach Jülich im Feld am Rande der Autobahn waren ohne Ergebnisse.

Messungen vom Auto entlang der Trafos in Mariadorf waren positiv

Messung am Zentraltrafo in Mariadorf am Lidl-Parkplatz waren negativ.

Allerdings ergaben sich merkwürdige Kreischsignale unbekannter Herkunft.

Siehe Datei:

C:\ELF\_Forschung\Projekt\_Scan\Messungen\Mariadorf\_Trafo\_Lidl