

# computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

mobil: 017621-605276

http://www.udomatthias.com

https://www.facebook.com/udo.matthias.3

info@udomatthias.com

If it feels good, it must be in time!!

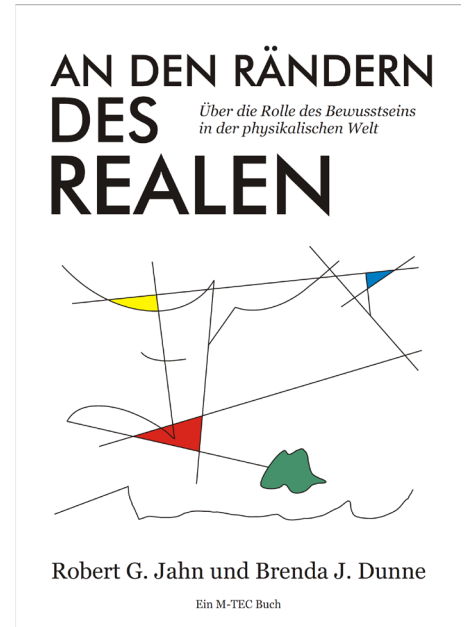
**Dioden** mit **weißem Rauschen** werden im Englischen auch  
RANDOM PHYSICAL SYSTEMS genannt. → **Thema „WIR“!**



Das weiße Rauschen beschäftigt mich nicht nur im Kontext der elektronischen Soundmusik. Man fand heraus, dass weißes Rauschen auch als Schnittstelle zum Bewusstsein dienen kann:

**Professor Robert G. Jahn** war Dekan für Astrophysik an der **Universität Princeton**. Im Laufe seiner Tätigkeit stieß er auf so viele Anomalien - **also auf Ereignisse, die es laut der herrschenden Lehrmeinung so nicht geben durfte** - dass er **1979 das PEAR Labor (Princeton Engineering Anomalies Research Laboratory)** gründete, um diesen Anomalien auf den Grund zu gehen.

**Roger D. Nelson** ist ein US-amerikanischer Wissenschaftler und Forscher und Direktor des **Global Consciousness Project (GCP)**, einer internationalen, multi-Labor-Zusammenarbeit **gegründet in 1997**, die das **kollektive Bewusstsein genau untersuchen sollte**. Von **1980 bis 2002 war er Koordinator der Forschung an der Princeton Engineering Anomalies Research (PEAR) Laboratorium** an der Princeton University. Sein beruflicher Schwerpunkt war die Untersuchung von **Bewusstsein** und **Absicht**, und **die Rolle des Geistes in der physischen Welt**. Seine Arbeit integriert **Wissenschaft** und **Spiritualität**, einschließlich der Forschung die sich direkt auf numinose gemeinsame Erfahrungen bezieht.



**Aufbauend auf jahrelangen Labor-Experimenten**, zur Untersuchung der Auswirkungen der menschlichen Absicht auf empfindliche technische Ausrüstung, begann Nelson mit einer **Halbleiter - Diode (random event generator) (REG)** als **Rauschgenerator** - in einer Feld-Studie die Auswirkungen von z.B. Gruppen- Meditation (**Gruppen Bewusstsein**) auf technische Geräte zu untersuchen.

**Er nahm das weiße Rauschen der Diode, formte daraus Rechteckimpulse und zählte diese.** Unbeeinflusst gab es abwechselnd sowohl Signale in die elektrisch positive Richtung (Elektronenmangel) als auch in die negative Richtung (Elektronenüberschuß).

**Durch Superposition lief die aufgezeichnete Kurve deshalb im Nullbereich.** Nelson verteilte dann **viele dieser Rauschgeneratoren netzwerkartig in verschiedenen Ländern unserer Erde**. Alle Daten der Generatoren wurden vom **Zentralrechner der Princeton-Universität** rund um die Uhr ausgewertet und dies über 10 Jahre lang.

## Ein atemberaubendes Ergebnis

Immer wenn ein besonderes Ereignis weltweit durch die Medien ging und eine kollektive emotionale Erregung hervorrief, stoppte das Rauschen und macht Platz für entweder mehr positive oder bei anderen Ereignissen mehr negative Signale.

**Wirksam waren:** Terroranschlag 11.Sept. 2001, Tsunami Katastrophen, Tod bekannter Persönlichkeiten, Obamas Präsidentenwahl und eine Massen Friedenmeditation am 14.9.2001. Alles beeinflusste das Elektronenrauschen signifikant – je näher das Ereignis den Menschen war, desto stärker war der Ausschlag (+/-).

Unbeantwortet blieb die Frage, warum die Messgeräte schon einige Zeit vor dem Ereignis ausschlugen, so als würden die Menschen ahnen, was passiert, obwohl keine Anzeichen dafür sichtbar waren. Auch die GOES-Satelliten reagierten!! Geist, Bewusstsein und Gefühle können also subatomare Vorgänge beeinflussen. s.a. Quantenphysik und Quantenphilosophie. **Musik ist Philosophie und Philosophie ist Musik!!**

# computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

mobil: 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

[info@udomatthias.com](mailto:info@udomatthias.com)

## Rauschen in der Elektronik

If it feels good, it must be in time!!

Mit Rauschen verbindet man ein **akustisches Signal, dem keine entschlüsselbare Information**

**entnommen werden kann.** Treten Informations- und Rauschsignale gemeinsam auf, wird das



Rauschen bei zu großer Amplitude als störend empfunden. Die Amplitude eines Rauschsignals bestimmt die Genauigkeit an der unteren Messwertgrenze. **Rauschen ist ein stochastisches Signal** und entsteht durch **statistische Änderungen physikalischer Größen, die deterministisch nicht beschreibbar sind.**

Es wird **zwischen äußeren und inneren Rauschquellen unterschieden.** Ein im Rundfunkempfang typisches Beispiel äußerer Rauschquellen sind elektrische Störungen durch die veränderliche Lufterlektrizität bei gewittriger Wetterlage. **Die Störungen liegen im Frequenzbereich bis 10 MHz und sind besonders auf Lang-, Mittel- und Kurzwelle beim Empfang schwacher Sender als Rauschen unterschiedlicher Intensität hörbar.** In der **Radioastronomie stören die Radiostrahlung ferner Sterne** und die diffuse Weltraumstrahlung im Frequenzbereich oberhalb 50 MHz die ohnehin schon sehr schwachen Nutzsignale.

## Weißes Rauschen

Eine **ständige innere Rauschquelle wird vom thermischen Rauschen bestimmt**, das nur am absoluten Nullpunkt der Temperatur bei 0 Kelvin nicht mehr besteht, da sich dann alle Teilchen in Ruhelage befinden. Oberhalb von 0 Kelvin sind im Werkstoff alle Atombauusteine und damit auch die Elektronen in einer stetigen unregelmäßigen Bewegung, die mit steigender Temperatur zunimmt. Im Werkstoff entstehen dadurch statistisch verteilt kleinste Ladungsverschiebungen. An den Anschlüssen eines ohmschen Widerstandes erzeugen **sie in der Summe eine außen messbare thermische Rauschspannung.**

Jeder gerichtete Stromfluss im Widerstand oder einem anderen elektronischen Bauteil wird von **statistisch unregelmäßigen Bewegungen der Ladungsträger überlagert.** Werden mit einem Oszilloskop kleine Nutzsignale in hoher Verstärkung gemessen, so ist das Signalbild oftmals nicht optimal scharf darstellbar. **Eine Ursache dieser Unschärfe ist das thermische Rauschen der Signalquelle und wird auch vom Messverstärker selbst verursacht. Bei weiterer Verstärkung kann es als akustisches Rauschsignal hörbar gemacht werden.**

## Thermisches Rauschen

Das **thermische oder Widerstandsrauschen, auch als Johnson- oder Nyquist-Rauschen** bezeichnet, ist proportional zur Temperatur und zum Widerstandswert. **Die Proportionalitätskonstante ist die Boltzmann-Konstante k.** Sie gibt an, wie viel mittlere thermische Energie pro Kelvin einem Ladungsträger zugeführt wird. Das thermische Rauschen ist unabhängig von der Frequenz, nimmt aber mit zunehmender Bandbreite zu. **Das Rauschen wird oft durch die Leistungsspektraldichte PSD (power spectral density) oder Rauschleistung in der Einheit W / Hz beschrieben.** Für alle Berechnungen sind die Effektivwerte zu verwenden.

Stellt man innerhalb eines ausreichend langen Zeitraums die Häufigkeit der Amplitudenwerte der thermischen Rauschspannung grafisch dar, **entsteht eine Gaußsche Normalverteilung mit null als Mittelwert.** Zum Messen bestimmt man den quadratischen Mittelwert und daraus den Effektivwert. Eine animierte **Gaußsche Verteilung und der mathematische Hintergrund sind beim Galtonbrett dargestellt.** Das folgende **Bild zeigt einen sehr kurzen Ausschnitt eines per Audiosoftware generierten weißen Rauschsignals.** Die rechts als Balkendiagramm aufgetragenen Häufigkeiten gleicher Amplitudenwerte entlang der Horizontalen entsprechen einer Gaußschen Verteilung. Der errechnete Mittelwert von -0,3 bei nur 970 Momentanwerten kommt dem Idealwert 0 der mittleren Rauschspannung recht nahe.

# computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

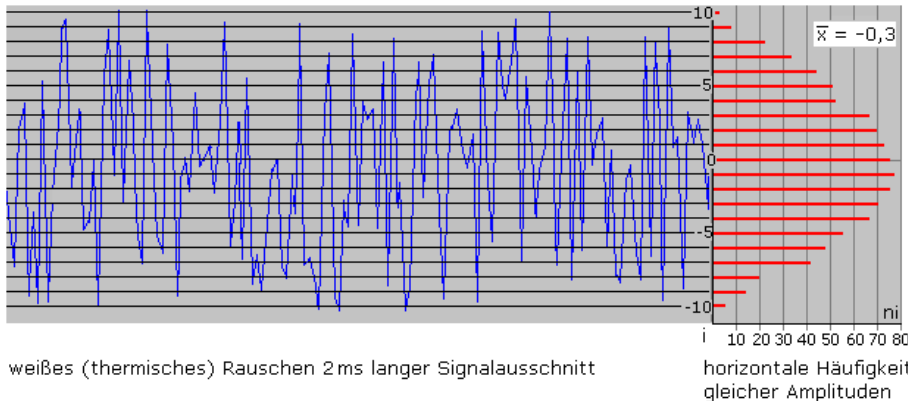
**mobil:** 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

info@udomatthias.com

**If it feels good, it must be in time!!**



Die mittlere Rauschspannung über einen unendlichen Zeitraum ist der Grenzwert aus der Summe aller Momentanwerte und hat den Wert null als Ergebnis. Gemessen wird der quadratische Mittelwert nach der von Nyquist erstellten Gleichung oder der daraus folgende Effektivwert. Mit dem Effektivwert kann eine vom Widerstandswert unabhängige thermische Rauschleistung berechnet werden.

$$\bar{U}_r = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{1}{t} \int_0^t U_r(t) dt = 0$$

$$\bar{U}_r^2 = 4kTR\Delta f \quad \text{Nyquist-Gleichung}$$

$$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{VAs}{K} \quad \text{Boltzmann-Konstante}$$

$$\Delta f = f_o - f_u = B \quad \text{Bandbreite in Hz}$$

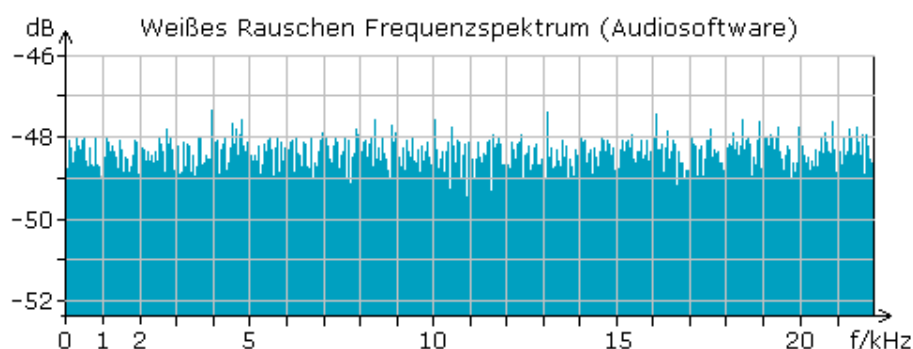
$$U_{r\text{eff}} = \sqrt{4kTRB} \quad \text{effektive Rauschspannung}$$

$$P_r = \frac{U_r^2}{R} = \frac{4kTRB}{R}$$

$$P_r = 4kTB \quad \text{thermische Rauschleistung}$$

Die Effektivwerte der Rauschspannung ohmscher Widerstände sind proportional zur Temperatur und Bandbreite. Die Werte sind nicht sehr hoch. So errechnet sich das Eigenrauschen eines 1 MΩ Widerstands bei 25 °C = 298 K und einer Bandbreite von 10 MHz zu  $U_r = 406 \mu V$ .

Das thermische Rauschen oder Johnson-Rauschen wird allgemein als weißes gaußsches Rauschen bezeichnet, da sein Leistungsdichtespektrum in jedem Frequenzbereich konstant ist. Sein Amplituden-Frequenzspektrum zeigt sich in allen Frequenzabschnitten als Band gleicher Intensität. Unserem Hörempfinden nach beurteilen wir weißes Rauschen eher höhenbetont, da unser Gehör mit zunehmender Frequenz logarithmisch empfindlicher reagiert.



# computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

mobil: 017621-605276

http://www.udomatthias.com

https://www.facebook.com/udo.matthias.3

info@udomatthias.com

## Schrotrauschen – Schottky-Rauschen

If it feels good, it must be in time!!

Dem weißen Rauschen wird das Schrotrauschen (englisch: shot noise) zugeordnet.



Es wird auch als Schottky- oder Stromrauschen bezeichnet, denn es entsteht zusätzlich zum

thermischen Rauschen, wenn Ladungsträger voneinander unabhängig Potenzialbarrieren durchlaufen. Eine am Bauteil angelegte Spannung generiert einen Stromfluss, der aber infolge zu weniger Ladungsträger noch nicht korreliert fließt. **Diese Bedingungen sind besonders an den pn-Übergängen der Halbleiter und geheizten Vakuumröhren gegeben. In der Natur ist Schrotrauschen im fallenden Regen hörbar, da sich jeder Tropfen unabhängig von allen anderen bewegt.**

In den Sperrschichten der Halbleiter setzt sich der Gesamtstrom aus einem Elektronen- und Defektelektronen- (Löcher)-Strom zusammen und es kommt zu Rekombinationen zwischen Elektronen und Defektelektronen. **Das Schrotrauschen wird daher besonders von Dioden- und Sperrströmen bei Transistoren und dem Lawinenstrom (avalanche noise) von Z-Dioden oberhalb 5 V generiert. Ein optimales Schrotrauschen entsteht bei Z-Dioden, wenn Ladungsträger die Energiebarriere vom Valenz- ins Leitungsband durchtunneln. Dieser Effekt tritt oberhalb der 5 V Sperrspannung auf.**

Im linearen Kennlinienbereich der Halbleiter errechnet sich das Quadrat des mittleren Rauschstroms aus dem aktuellen Gleichstrom  $I$ , den Elementarladungen  $q_e$  (Elektron und Defektelektron) und der betrachteten Bandbreite. Der Wert ist von der Temperatur und der Frequenz unabhängig, wenn die Messzeiten lang im Vergleich zur Rekombinationszeit der Ladungsträger sind. Werden die Halbleiter im gekrümmten Kennlinienbereich außerhalb der Sättigung betrieben, kommt ein Reduktionsfaktor zwischen 0,2 ... 0,3 hinzu.

$$\overline{i_s^2} = 2q_e I B \quad i_{s\text{eff}} = \sqrt{2q_e I B} \quad q_e \approx 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ As}$$

**Weißes Rauschen wird in der Elektronik und Audiotechnik als Referenzsignal eingesetzt und durch Rauschgeneratoren erzeugt.** Besonders hochwertige Generatoren nutzen rein thermische Rauschquellen mit geheizten speziellen Widerständen. Die erreichbaren Signalamplituden liegen im Nano- und Mikrovoltbereich, wobei ein komplexer apparativer Aufwand notwendig ist. Normalerweise **werden die pn-Strecken von Dioden, Z-Dioden und Transistoren als Rauschquelle** verwendet. Das Signal wird danach auf die Nutzamplitude verstärkt und der Frequenzbereich ausgefiltert. Diese Generatoren erzeugen eine Überlagerung aus thermischen gaußschen Rauschen, dem Schottky-Rauschen und dem Eigenrauschen der Verstärkerstufen.

## Rosa-(1/f)-Rauschen

Auch hierbei gibt es **weitere Bezeichnungen wie Funkelrauschen,**

**Flickerrauschen und Stromverteilungsrauschen.** Das Rauschen verhält sich umgekehrt

proportional zur Frequenz und ist bei tiefen Frequenzen bis 10 kHz besonders störend. Im Amplituden-Frequenzspektrum nimmt die Leistungsdichte pro Oktave um 3 dB ab. Das 1/f-Rauschen setzt Stromfluss voraus und tritt beim Anodenstrom von Vakuumelektronenröhren und in Halbleitern auf. Verantwortlich für das 1/f-Rauschen sollen Schwankungen in der Zahl der freien Ladungsträger im Leitungsband von Halbleitern sein.

# computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

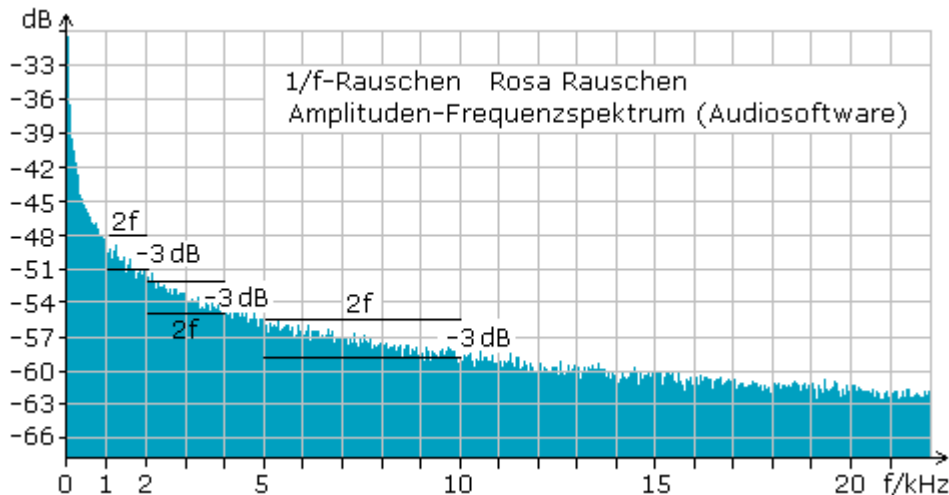
mobil: 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

info@udomatthias.com

If it feels good, it must be in time!!

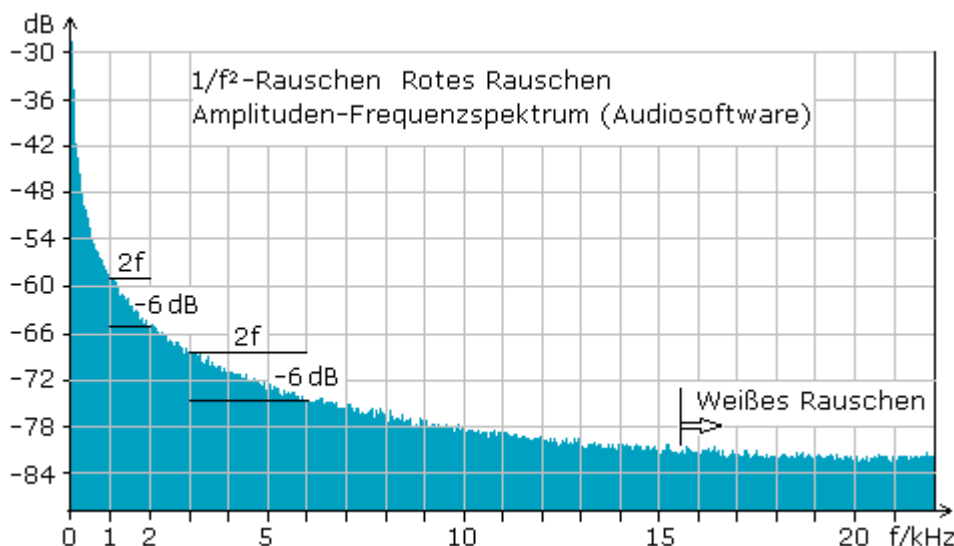


Besonders bei MOSFET-Halbleitern werden Haftstellen und Kristallgitterstörungen zwischen dem SiO<sub>2</sub>-Isolator und dem Si-Kanal verantwortlich gemacht. Dort können Ladungsträger kurzzeitig anhaften und wieder freigegeben werden. Der Effekt ist bei n-Kanal Transistoren größer als bei p-Kanal Transistoren, da die Energiebarriere der Letzteren höher ist. In NF-Verstärkern sollten daher Bipolartransistoren oder JFET verwendet werden. Die im Arbeitspunkt stets vorhandene Raumladungszone verhindert zu hohe Amplituden des 1/f-Rauschens.

Praktisch tritt bei allen elektronischen Bauelementen 1/f-Rauschen auf. Besonders stark ist es bei gepressten Kohlekorn- und Kohleschichtwiderständen, wo es an den Korngrenzen zu statistisch variierenden Leitfähigkeiten mit partiellen Temperaturänderungen kommt. Bei den Bariumoxid-Elektronenemittern indirekt geheizter Elektronenröhren sind es ebenfalls kleine Widerstandsunterschiede im Material. Bei direkt geheizten Wolframkathoden verdampfen immer einige Metallatome und werden ionisiert. Selbst bei metallischen Leitern und besonders an den Kontaktstellen zum Halbleiterkristall verursachen die vorhandenen Gitterstörungen im Werkstoff das Rauschen.

5

Beim 1/f<sup>2</sup>-Rauschen, auch rotes oder Brown(sches)-Rauschen genannt, fällt die Leistungsdichte pro Oktave um 6 dB ab. Die mathematische Beschreibung der Brownschen Molekularbewegung liefert ein derartiges Ergebnis. Im Gegensatz zu den Ladungsträgern mit extrem kleiner Masse haben die Modellpartikel, an denen die ungeordneten Bewegungen von Robert Brown beobachtet und beschrieben wurden große Massen. Je schneller sie sich bei zunehmender Frequenz bewegen, desto mehr behindert sie sich gegenseitig und ihr Verhalten ist nicht so ideal unkorreliert wie gefordert.



# computer jazz and electronic sound music

Udo matthias 07626-2 999 847

**mobil:** 017621-605276

<http://www.udomatthias.com>

<https://www.facebook.com/udo.matthias.3>

[info@udomatthias.com](mailto:info@udomatthias.com)

**If it feels good, it must be in time!!**

Ein von J. B. Johnson 1925 im Experiment ermitteltes und 1926 von W. Schottky aus den



Messreihen mathematisch beschriebenes und nach der optischen Erscheinung benanntes

**Funkelrauschen der Elektronenemission aus Glühkathoden zeigte ein  $1/f^2$ -Leistungsdichtespektrum.** Bei direkt oder indirekt geheizten Elektronenröhren sind es die aus der Kathode unregelmäßig freikommenden Elektronen. Durch Abstoßung untereinander und thermische Unterschiede in der Röhre legen sie unterschiedlich lange Wege zur Anode zurück und bilden so mit statistischen Stromschwankungen den Anodenstrom. Beim Glühen ließ sich auf der Kathodenoberfläche ein geringes Funkeln beobachten.

Das  $1/f^2$ -Rauschen geht oberhalb von 15 kHz in das Leistungsdichtespektrum des weißen Rauschens über. Gleiches wird auch beim  $1/f$ -Rauschen ab rund 25 kHz beobachtet. Das Rauschen elektronischer Schaltungen setzt sich stets aus mehreren sich überlagernden Komponenten zusammen, die nur in bestimmten Bandbreiten besonders störend wirksam sind.

## Blaues Rauschen

Im Gegensatz zum bisher beschriebenen farbigen Rauschen nimmt beim Blauen Rauschen die Rauschenergie mit 3 dB / Oktave zu und verhält sich umgekehrt zum Rosa Rauschen. Die Energiedichte nimmt proportional zur Frequenz zu und ist auf eine Oktave bezogen konstant.

## Phasenrauschen

**Das Phasenrauschen entsteht durch unregelmäßige und nicht periodische Änderungen der Phasenlage eines Signals.** Eine Oszillatorfrequenz wird durch eine instabile Versorgungsspannung und besonders durch Änderungen der Umgebungstemperatur beeinflusst. Sie wirkt auf die Güte der Bauteile und damit auf die Rückkoppelfaktoren ein. Angegeben wird das Phasenrauschen als Dezibelwert dBC bezogen auf (Carrier) die Träger- oder Oszillatorfrequenz für einen bestimmten Abstand von der Oszillatorfrequenz. Das Phasenrauschen ändert sich mit der gewählten Bandbreite und wird mit größerem Abstand von der Oszillatorfrequenz kleiner.

6