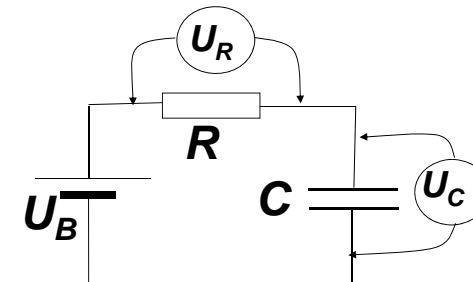


Elektrizitätslehre 4.

RC Kreis

Kondensator in einem Stromkreis:

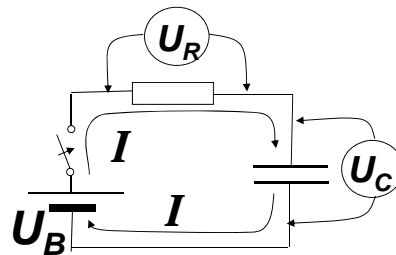


Im Gleichgewichtszustand: Kein Strom $I=0$
(Isolator zwischen den Platten!)

$$\Rightarrow U_R = IR = 0 \Rightarrow U_C = U_B - U_R = U_B$$

Aufladung des RC Kreises

Sei der Kondensator
ungeladen vor
dem Einschalten
des Schalters:
 $U_C = 0$



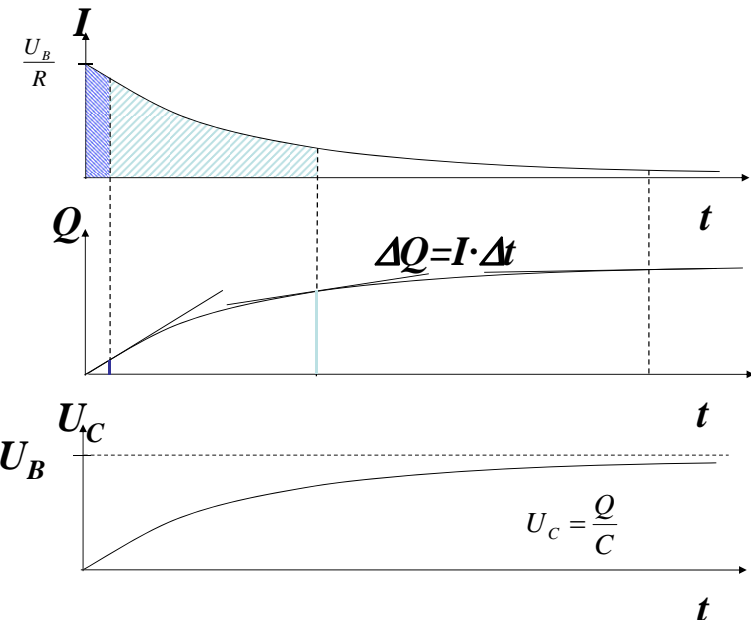
Es gilt zu jedem Zeitpunkt (t):

$$U_R(t) + U_C(t) - U_B = 0 \quad (\text{Maschenregel})$$

$$\Rightarrow U_B = U_R + U_C(t) = I(t) \cdot R + U_C(t)$$

Im Moment des Einschaltens:

$$U_B = I(0)R \Rightarrow I(0) = \frac{U_B}{R}$$



Die Stromstärke annähert Null asymptotisch.

$U_R = IR \Rightarrow U_R$ annähert Null asymptotisch.

U_C annähert U_B asymptotisch.

$$U_C = U_B \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

$$\tau = RC$$

$$U_R = U_B e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Entladung des RC Kreises

Sei der Kondensator vor dem Einschalten des Schalters aufgeladen:

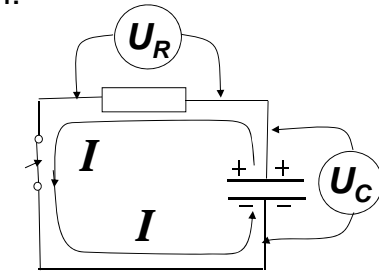
$$U_C(0) = U_0$$

Maschenregel:

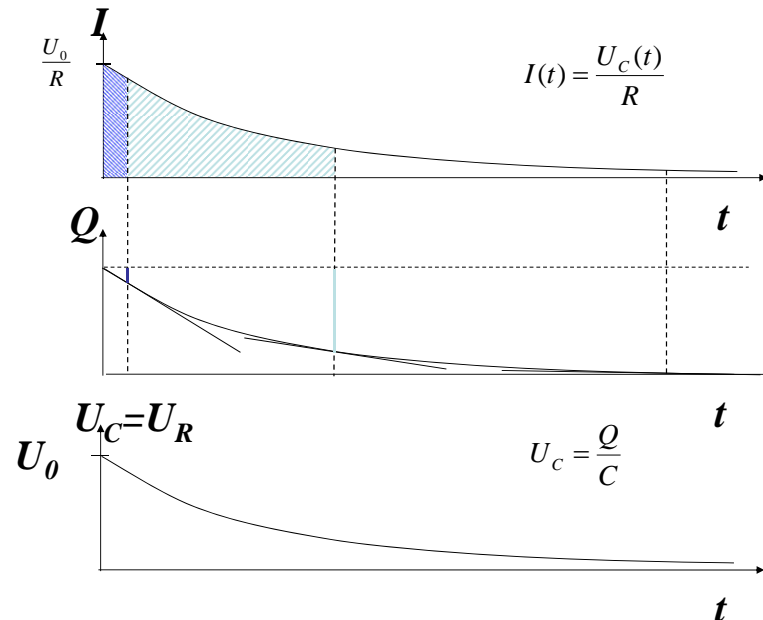
$$U_R(t) - U_C(t) = 0$$

$$\Rightarrow I(t)R = U_C(t)$$

$$I(t) = \frac{U_C(t)}{R}$$



Am Anfang der Entladung: $I(0)R = U_0$ $I(0) = \frac{U_0}{R}$



$$\left. \begin{aligned} I &= \frac{U_C}{R} \\ \Delta Q &= -I \Delta t \\ \Delta U_C &= \frac{\Delta Q}{C} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} \frac{\Delta U_C}{\Delta t} &= -\frac{1}{RC} U_C \\ \frac{\Delta U_C}{\Delta t} &\sim U_C \end{aligned}$$

Änderungsgeschwindigkeit der Spannung (U_C) ist proportional zur U_C .

\Rightarrow Exponentialfunktion!

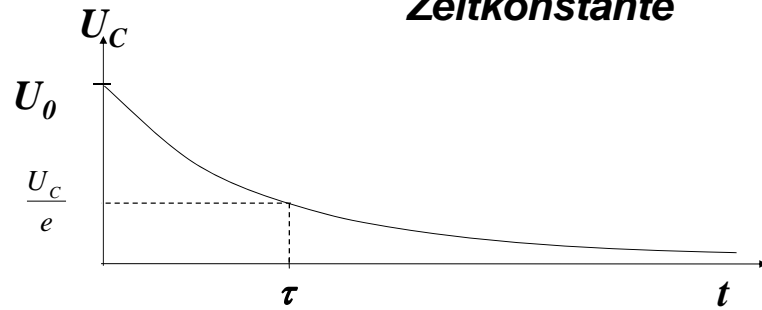
$$U_C = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = RC$$

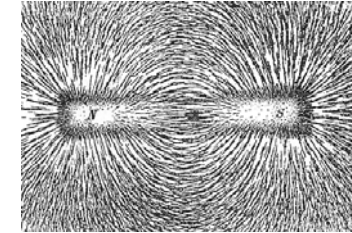
$$U_c = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = RC$$

Zeitkonstante



Kurze Überblick des Magnetismus



Analogie zwischen magnetischen und elektrischen Erscheinungen

Ladung

+ —

magnetischer Pol

Süd Nord

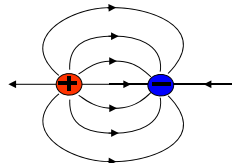
N S N S

trennbar

untrennbar !!!

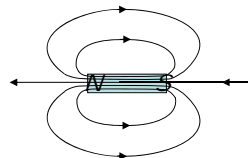
Elektrisches Feld

Feldlinien

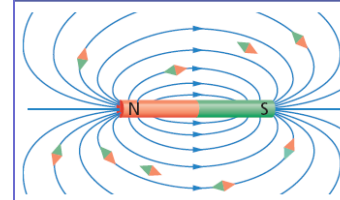


Magnetfeld

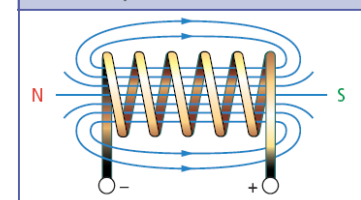
Feldlinien



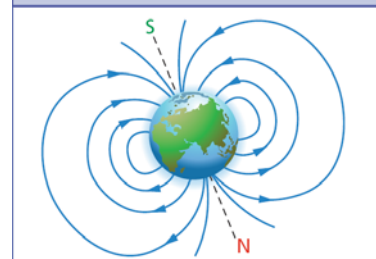
Feldlinienbild eines Stabmagneten



Feldlinienbild einer stromdurchflossenen Spule

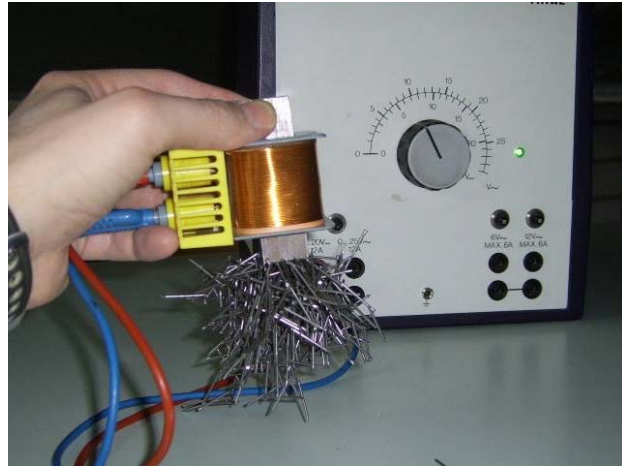


Magnetfeld der Erde in Erdnähe



Magnetische Feldstärke:

B
Einheit: T tesla

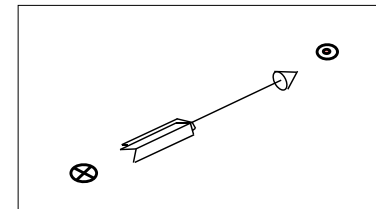


Lorentz Kraft

Rechte-Hand-Regel:
(UVW Regel)

Wenn I und B einen
 α Winkel einschließen:

$$F = B I \ell \sin \alpha$$

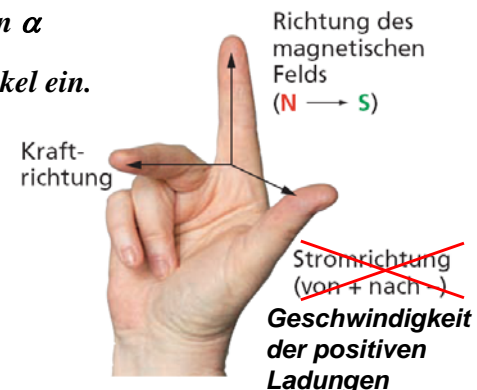


Die Lorentz-Kraft

In einem Magnetfeld (B) mit der Geschwindigkeit v
bewegte Ladungen (Q) erfahren eine Kraft:

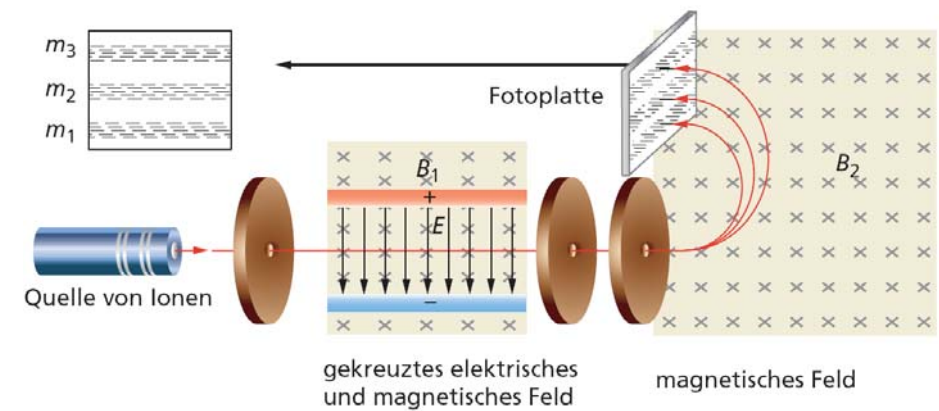
$$F = Q v B \sin \alpha$$

B und v schließen α Winkel ein.

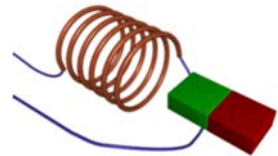


Bemerkung: An ruhenden Ladungen wirkt keine Kraft!

Massenspektrometer



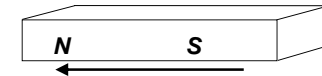
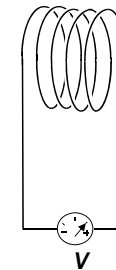
Induktion



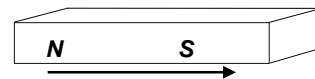
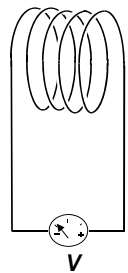
Induktionsversuche:

Bewegung elektrischer Ladungsträger \implies Magnetfeld

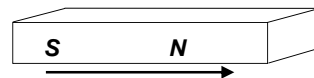
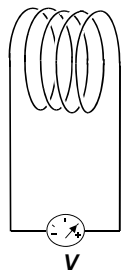
Können bewegte Magnete ein elektrisches Feld erzeugen? (Faraday)



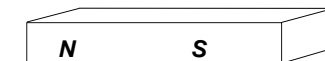
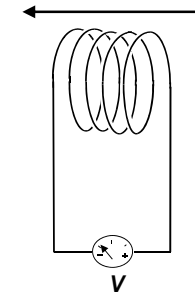
**Annäherung des
Magnetes verursacht
Spannung**



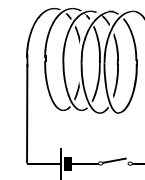
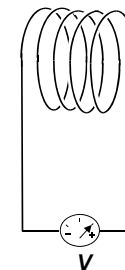
**Entfernung des
Magnetes verursacht
Spannung in umgekehrte
Richtung**



**Umkehrung des Magnetes
Umkehrung der Spannung**



**Bewegung der
Spule verursacht auch
induzierte Spannung**



**Einschaltung eines
Elektromagnetes verursacht auch
induzierte Spannung**

Selbstinduktion

Änderung des Stromes ΔI \Rightarrow Änderung des Magnetfeldes ΔB \Rightarrow Induzierte Spannung U_{ind}

$$U_{ind} \sim \Delta I / \Delta t \quad U_{ind} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

In derselbe Spule! Induktivität der Spule Henry (H)

Typisch bei Ein- und Ausschalten. Lenzsche Regel:

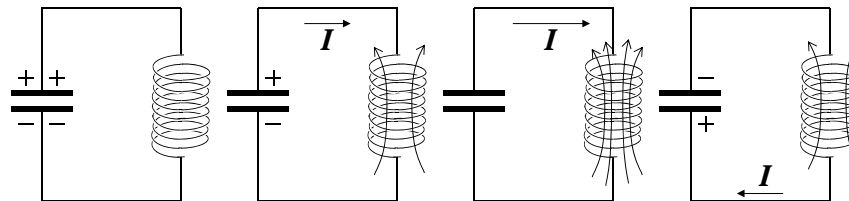
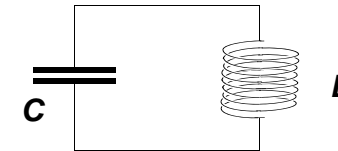
Induktionsstrom wirkt gegen Seine Ursache

\Rightarrow verhindert die schnelle Einschaltung.

Beim Ausschalten kann eine hohe Spannung entstehen ($\Delta I / \Delta t$ ist groß).

Schwingkreis:

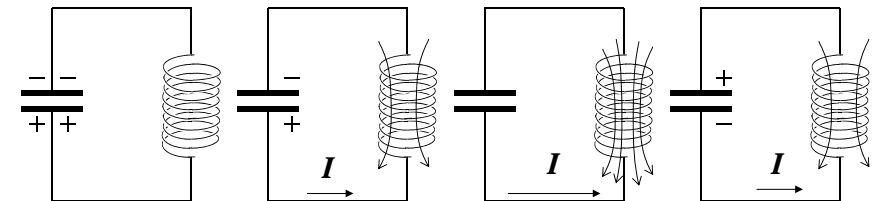
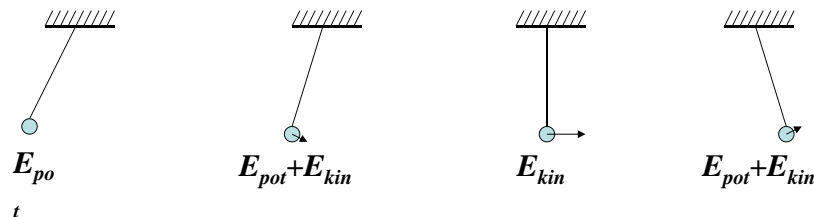
Erzeugung der elektromagnetischen Schwingungen



U max
 I 0

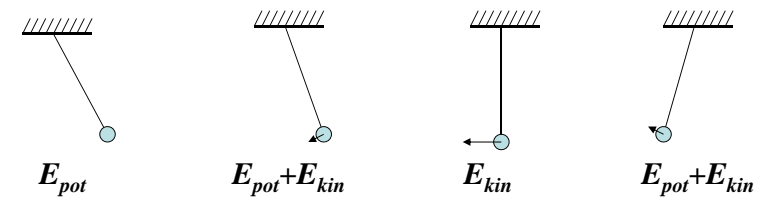
0
max

Mechanische Analogie: Pendel

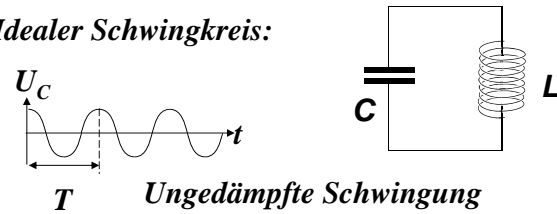


U - max
 I 0

0
- max



Idealer Schwingkreis:

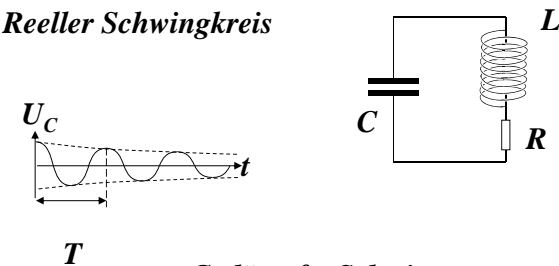


Eigenfrequenz:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

Resonanz!

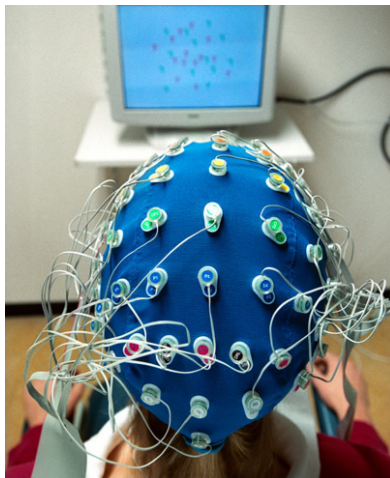
Reeller Schwingkreis



Gedämpfte Schwingung

Energieverlust am Widerstand

Kleine medizinische Signalverarbeitung

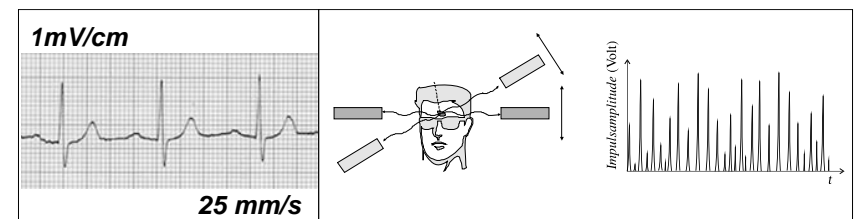


Signal: eine Grösse, die Information trägt, weiterleitet oder speichert.

Beispiel1:

elektrische Spannung, die infolge der Herz-Gehirntätigkeit auf der Körper-/Schädeloberfläche erscheint (EKG/EEG)

(1)



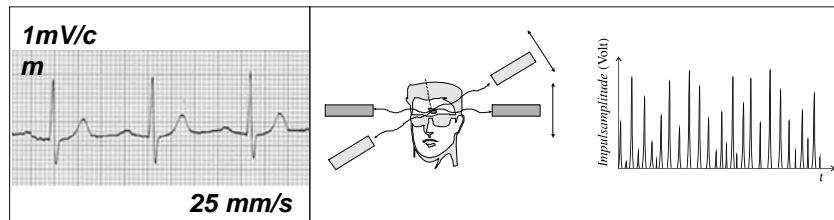
Beispiel2:

die detektierte Gamma-Quanten bei der Isotopendiagnostik

(2)

Klassifizierung der Signale

| | | |
|-----------------------------|---|-------------------------------|
| statisches S. | – | zeitabhängiges S. |
| periodisches S. | – | nichtperiodisches S. |
| stochastisches S. | – | nichtstochastisches S. |
| nichtelektrisches S. | – | elektrisches S. |
| analoges S. | – | digitales S. |



29

in ausgezeichnete Rolle

elektrische Signale

die nichtelektrische Signale werden in elektrische Signale umgewandelt

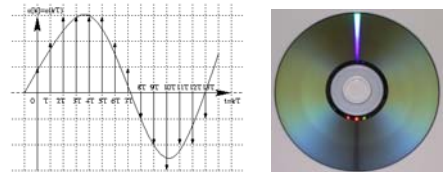
Vorteil der elektrischen S.:
Umwandlung, Verstärkung,
Weiterleitung ist einfach



digitale Signale

die analogen Signale werden digitalisiert

Vorteil der digitalen S.:
Speicherung ist
einfach, Rausch kann
minimalisiert werden



30

Grösse (und Einheit), die für die Vergleichung der Maße der Signale verwendet wird:

Bel-Zahl: n (nach Alexander Graham Bell)

Einheit von n : Bel (B)

$$n = \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ B} = \lg \frac{I_2^2}{I_1^2} \text{ B} = \lg \frac{E_2^2}{E_1^2} \text{ B}$$

Zehnerlogarithmus des Quotienten von zwei Leistungen (oder Intensitäten, oder Energien)

Anstatt der Bel-Zahl die benutzte Grösse:

Dezibel-Zahl oder Pegel:

$$n = 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ dB}$$

31

charakteristische Grösse: Leistung (o. Intensität/ Energie),

technische Grösse: (elektrische) Spannung

Zusammenhang zwischen der Leistung und der Spannung:

$$P = U \cdot I = U^2 / R \quad (\text{Ohm: } U = R \cdot I)$$

Dezibel Zahl mit Spannungsverhältnis

$$\begin{aligned} n &= 10 \cdot \lg \frac{P_2}{P_1} \text{ dB} = 10 \cdot \lg \frac{U_2^2 / R_2}{U_1^2 / R_1} \text{ dB} = \\ &= 10 \cdot \lg \frac{U_2^2}{U_1^2} \text{ dB} = 20 \cdot \lg \frac{U_2}{U_1} \text{ dB} \end{aligned} \quad \begin{matrix} \uparrow \\ R_2 \approx R_1 \end{matrix}$$

32

$$\frac{P_2}{P_1} = 2 \Leftrightarrow 10 \lg 2 \text{ dB} =$$

$$= 10 \cdot 0,3 \text{ dB} = 3 \text{ dB}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{2} \Leftrightarrow -3 \text{ dB}$$

**vgl. Halbwerts-
Zeit/Dicke**

$$\frac{P_2}{P_1} = 10 \Leftrightarrow 10 \lg 10 \text{ dB} =$$

$$= 10 \cdot 1 \text{ dB} = 10 \text{ dB}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = 100 \Leftrightarrow 10 \lg 100 \text{ dB} =$$

$$= 10 \cdot 2 \text{ dB} = 20 \text{ dB}$$

| U_2/U_1 | P_2/P_1 | dB |
|-------------|--------------|----|
| 1,414 | 2 | 3 |
| 2 | 4 | 6 |
| | 8 | 9 |
| 3,16 | 10 | 10 |
| | 20 | 13 |
| 10 | 100 | 20 |
| | $1000=10^3$ | 30 |
| $100=10^2$ | $10000=10^4$ | 40 |
| $1000=10^3$ | 10^6 | 60 |