

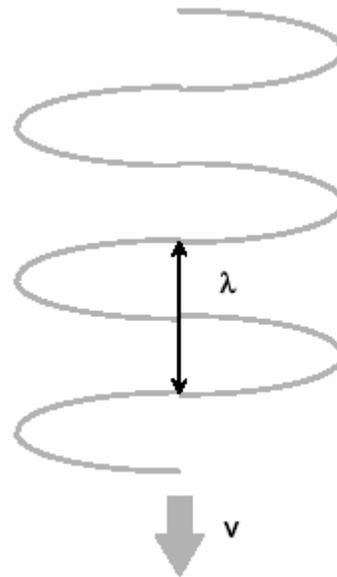
Bildgebende Verfahren mit Ultraschall

Diagnostischer Ultraschall

Schall ist eine longitudinale mechanische Schwingung.

Ultraschall ist Schall mit Frequenzen oberhalb des menschlichen Hörvermögens.

Diagnostischer Ultraschall liegt im Frequenzbereich von 2 bis 10 MHz.



Die **Schallgeschwindigkeit** hängt vom Medium ab

Luft: $v = 330 \text{ m/s}$

Weichgewebe: $v = 1540 \text{ m/s}$

Knochen: $v = 4080 \text{ m/s}$

Die **Wellenlänge** hängt von der Schallgeschwindigkeit ab:

$$\lambda = v / f$$

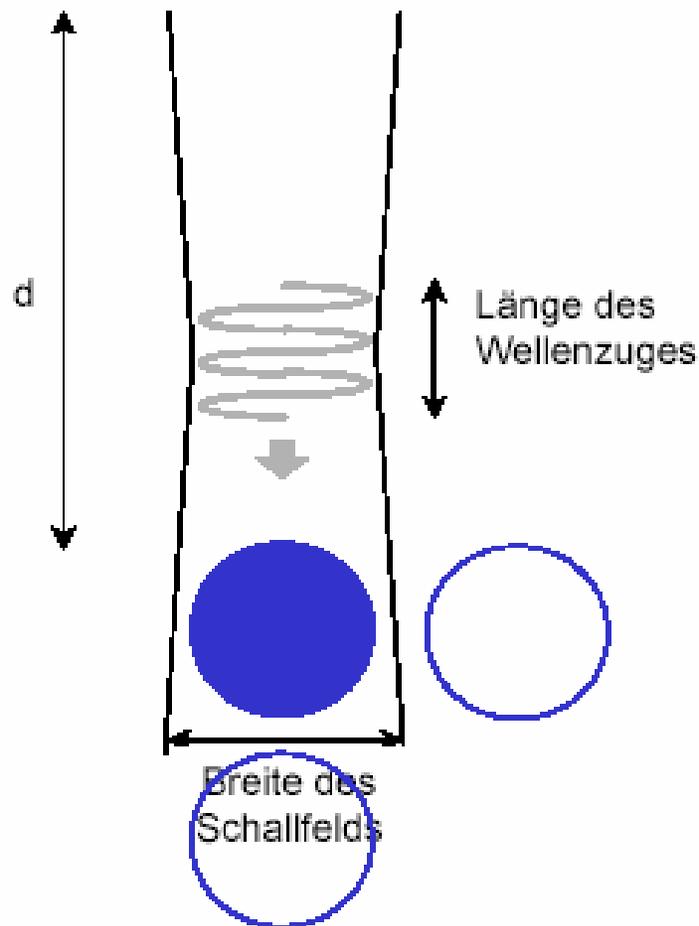
$f = 2 \text{ MHz} = 0,75 \text{ mm}$

$f = 10 \text{ MHz} = 0,15 \text{ mm}$

(in Weichgewebe)

Diagnostischer Ultraschall

Räumliche Auflösung



Durch das Weg-Zeit-Gesetz

$$d = v T / 2$$

kann die Entfernung zu einer Grenzfläche bestimmt werden.

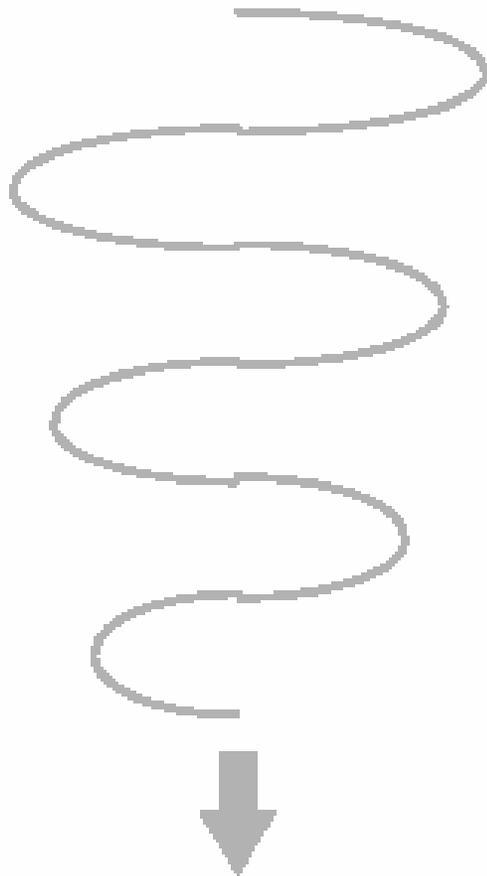
Die laterale Auflösung wird durch die Breite des Schallfeldes bestimmt.

Die axiale Auflösung wird bestimmt durch die Pulslänge ($2-3 \lambda$).

Unterhalb 2 MHz, ist die axiale Auflösung zu gering für medizinische Diagnostik.

Wechselwirkung mit Gewebe

Dämpfung



Bei der Ausbreitung des Ultraschalls im Gewebe wird die Intensität durch Dämpfung geschwächt.

Die Schwächung ist abhängig von der Frequenz.

In Weichgewebe verliert das US-Bündel 50% seiner Energie

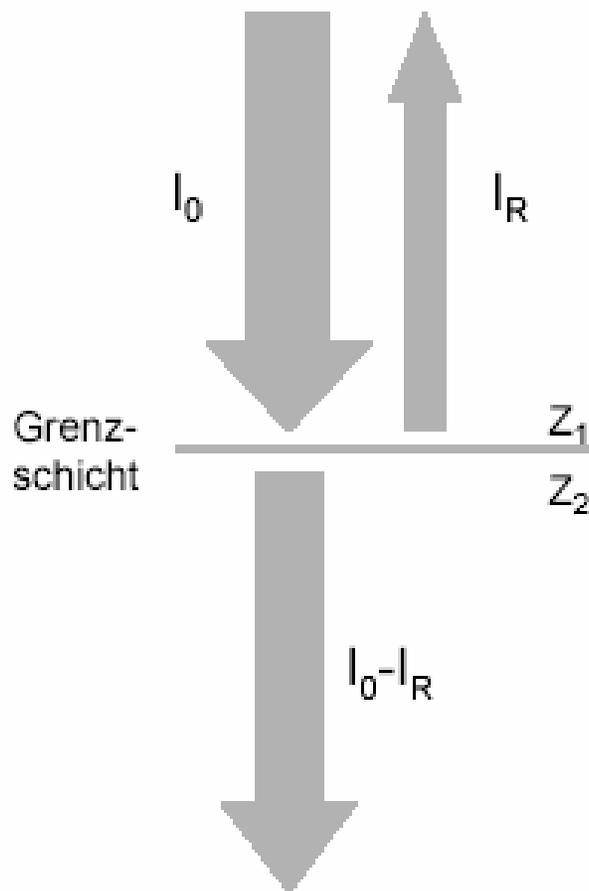
nach 1,5 cm (2 MHz)

nach 0,3 cm (10 MHz)

Oberhalb 10 MHz ist die Eindringtiefe zu gering (kein ausreichendes Echo mehr).

Wechselwirkung mit Gewebe

Reflexion



An der Grenze zwischen Stoffen mit unterschiedlicher akustischer Impedanz ($Z = v \delta$) wird ein Teil des US-Bündels reflektiert ("Echo").

Reflexionskoeffizient

$$R = I_R / I_0$$

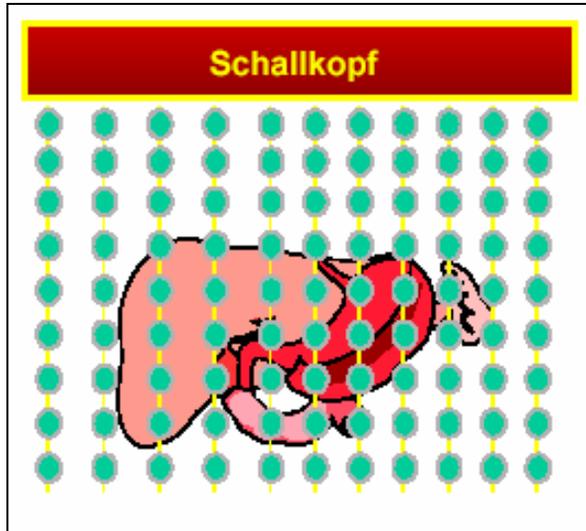
$$R = (Z_2 - Z_1 / Z_2 + Z_1)^2$$

Muskel - Fett: $R = 0,6 \%$

Muskel - Knochen: $R = 38,0 \%$

Muskel - Luft: $R = 99,9 \%$

B-Mode



B- ("brightness") Mode Bilder werden erzeugt, indem man das **Schallfeld seitlich verschiebt**.

Die Intensität der empfangenen Echos wird als mehr oder weniger helle Bildpunkte auf einem Monitor dargestellt.

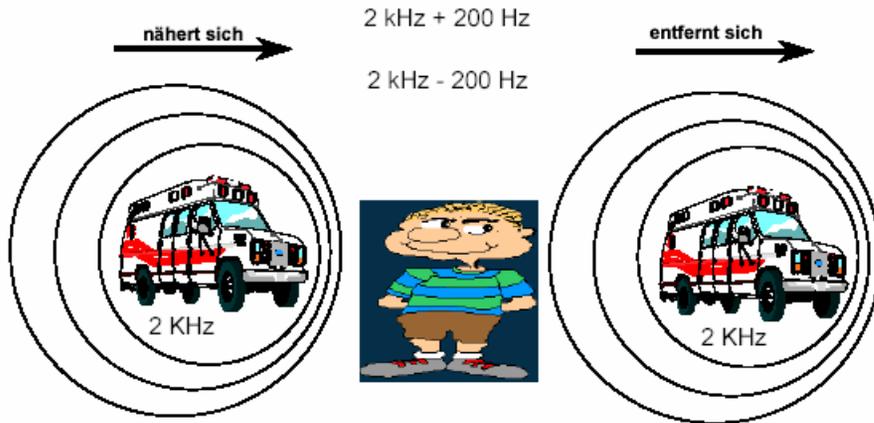


Da der Aufbau eines einzelnen B-Bildes nur einige Millisekunden dauert, entstehen durch erneutes Abtasten Bewegtbilder.

Z.B. bei 100 abgetasteten Zeilen von 30 cm Länge, 39 ms pro Bild, d.h. ca. 25 Bilder pro Sekunde.

Die zeitliche Auflösung hängt also von der Zeilenzahl und der Eindringtiefe ab.

Doppler Effekt



$$\Delta f = f_0 \cos\Phi \cdot v_{\text{object}} / v_{\text{sound}}$$

$$\Delta f = f_0 \cdot \cos\Phi \cdot \frac{V_{\text{Objekt}}}{V_{\text{Schall}}}$$

Ultraschall-Doppler

