

# SOWAS Projekt: Ultraschall und CT

Präsentation von  
Felix Ahn, Sarah Braun, Yasemin Cam, Katrin Lindenpütz, Nora  
Oden

# Motivation

Ende 19.Jhdt

1937

..2010



20er 30er

1945

# Motivation

## Anwendungen in der Medizin:

- Ultraschalltherapie
- Sonographie
- Echokardiographie
- Nierensteinertrümmerung
- Computertomographie

# Motivation

## Weitere Anwendungen:

- Ultraschallschweißen
- Tiefenmessung und Meeresbodenuntersuchungen
- Ultraschallbohrer
- Ultraschalldichtemessungen
- Delfin -und Fledermausforschung

# Physikalische Grundlagen

## Schall:

- periodische Druck- bzw. Dichteänderung
- Atome oder Moleküle schwingen an einem Ort periodisch um ihre Ruhelage
- Schallgeschwindigkeit  $c$
- Intensität:  $I = \frac{1}{2} * c * \rho * A * \omega^2$
- Impedanz  $Z = c * \rho$

# Physikalische Grundlagen

## Ultraschall:

- Schallwellen mit Frequenzen, die oberhalb des menschlichen Hörbereiches liegen

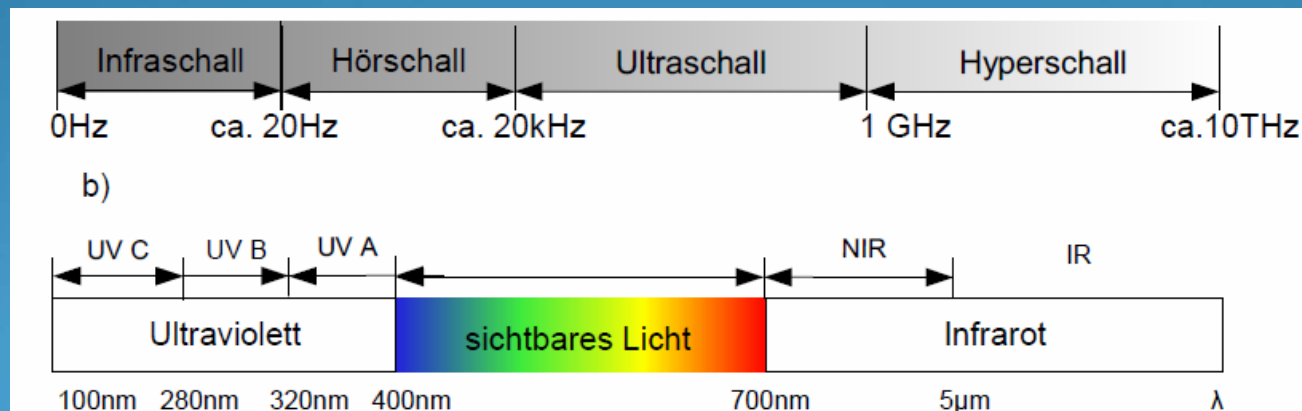


Abbildung 1: Gegenüberstellung des Schallwellen- und Lichtspektrums nahe des menschlichen Wahrnehmungsbereiches

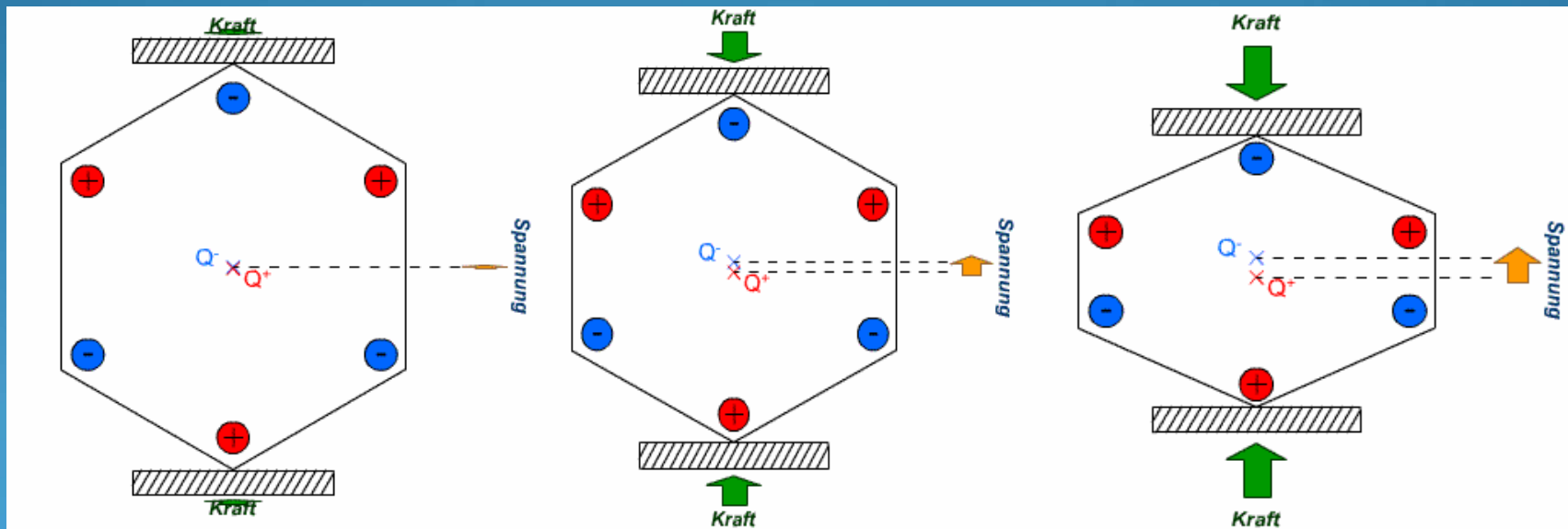
Daten entnommen aus: Kuttruff, 1988 und Burrows Skript, Atom- u. Molekülphysik, 2007

- Ausbreitung ist an Materie gebunden
- Longitudinalwelle : Gase, Flüssigkeit, Festkörper
- Transversalwelle : Festkörper
- Transmission, Reflektion, Absorption
- Brechung, Beugung, Interferenz
- Luft: starke Dämpfung
- Flüssigkeiten: Schwache Dämpfung

# Physikalische Grundlagen

## Erzeugung von Ultraschall:

- Ultraschallsonde: Kristalle im Schallkopf  
➔ (inverser) Piezo-Effekt

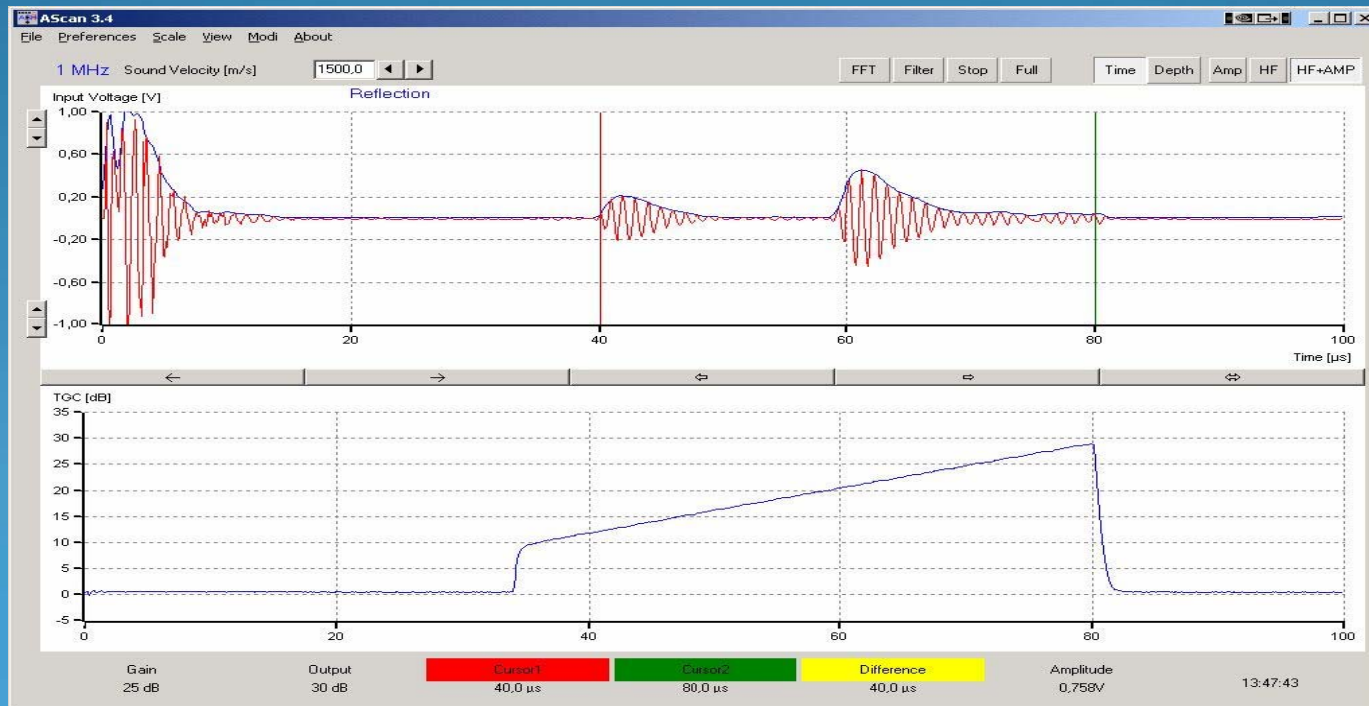




# Physikalische Grundlagen

## Bildgebende Verfahren:

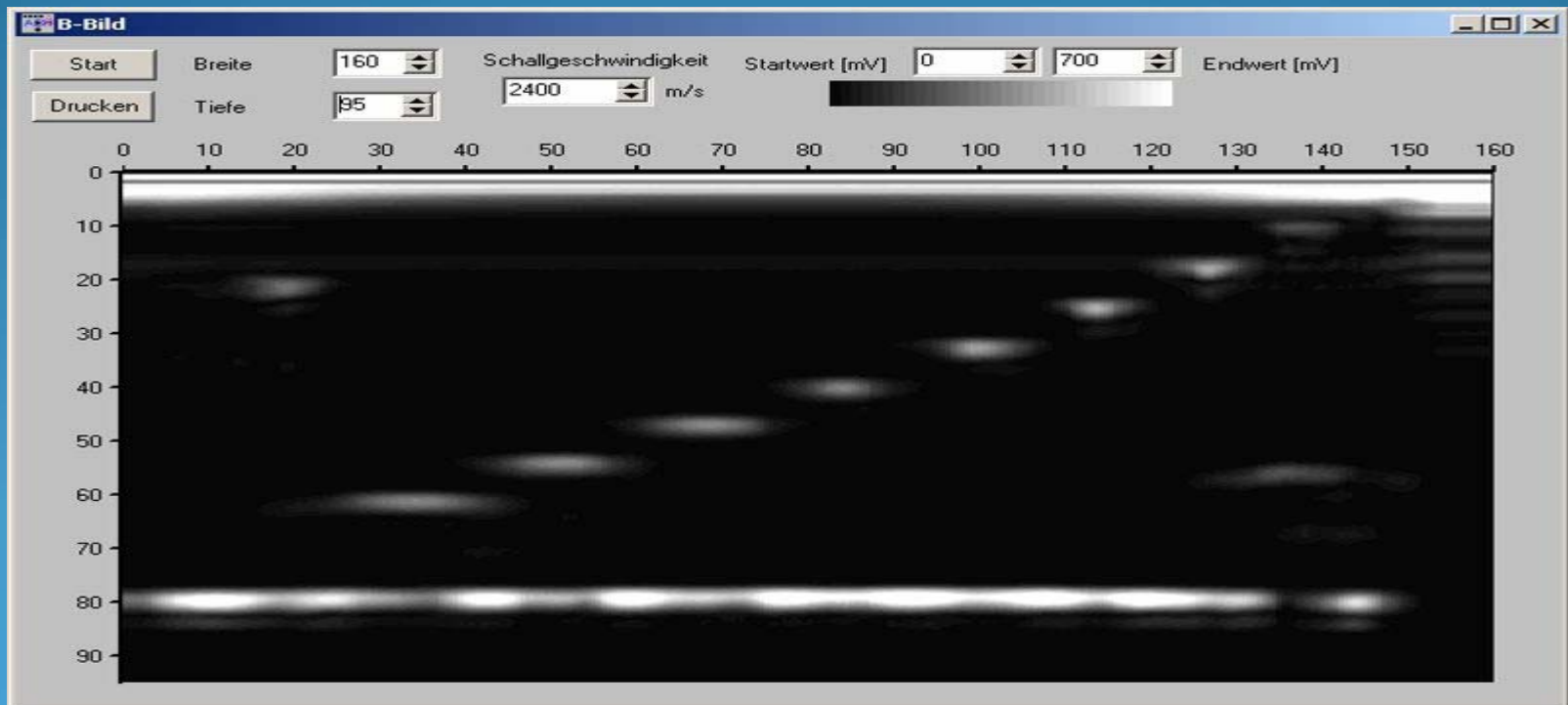
- A- Bild



# Physikalische Grundlagen

## Bildgebende Verfahren:

- B- Bild



# Physikalische Grundlagen

Eindringtiefe und Auflösungsvermögen:

- Eindringtiefe:  $z = s/2$
- Auflösungsvermögen:  $\Delta z \geq c \times \Delta t/2$

# Projekt 1:

## Transmissions- und Reflektionsversuche

### Geräte und Materialien:

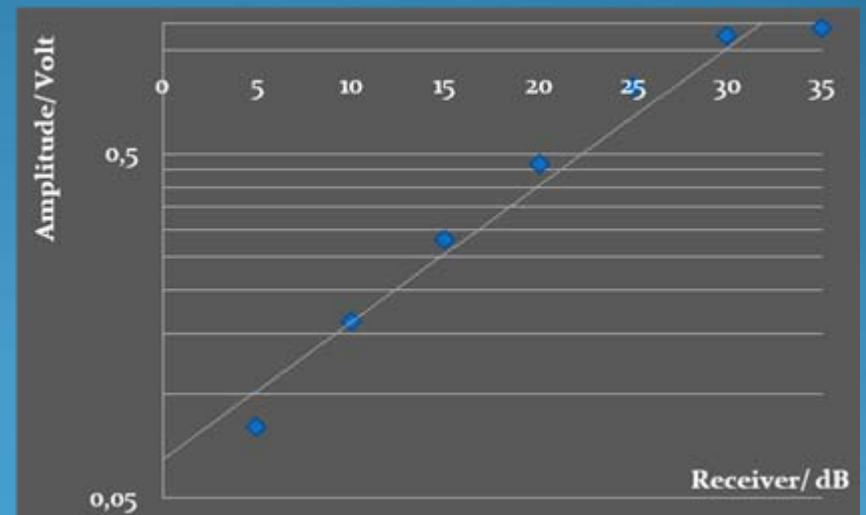
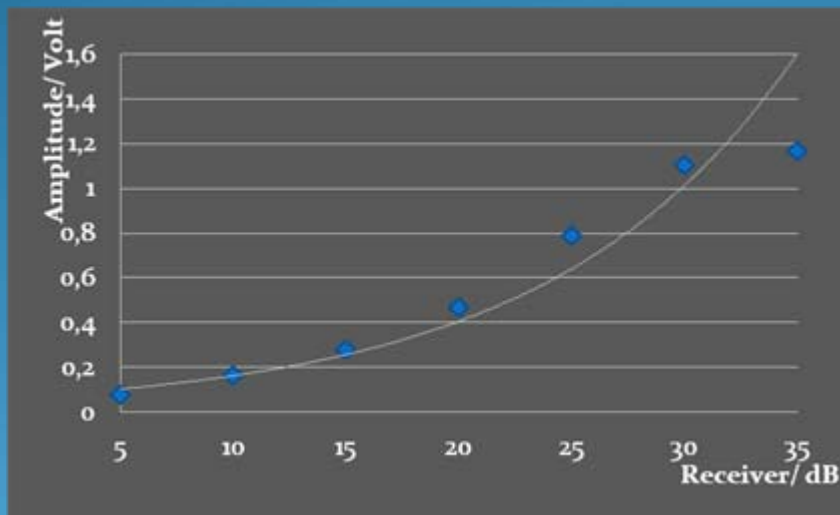
- A-Scan Gerät
- Ultraschallsonden ( 1 und 4 MHz)
- Computer mit ASH 3.0 Software
- Schallwanne mit destilliertem Wasser
- Ultraschall-Gel
- diverse Probefläschchen
- Drehspiegel
- Acrylblöcke

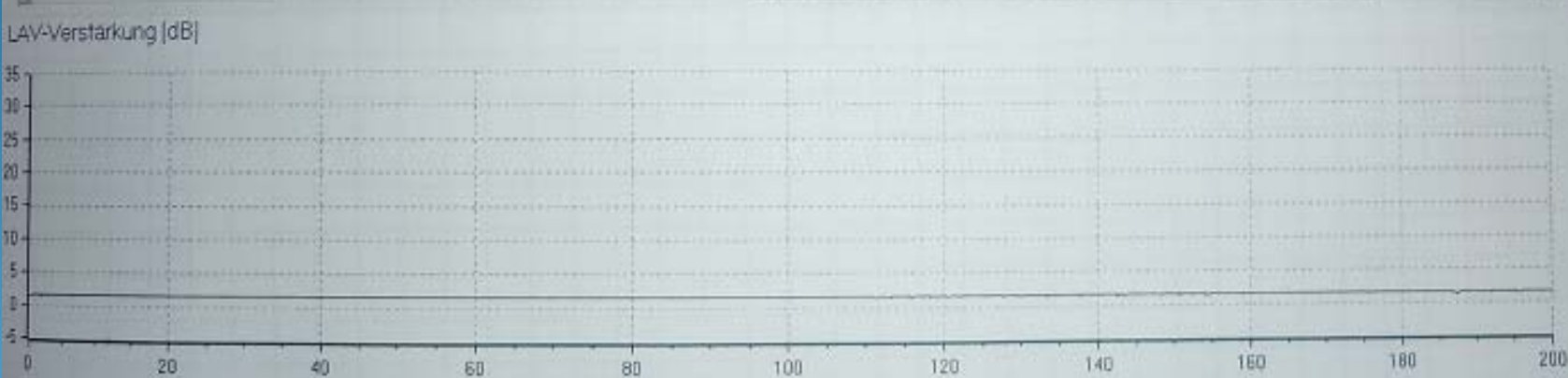
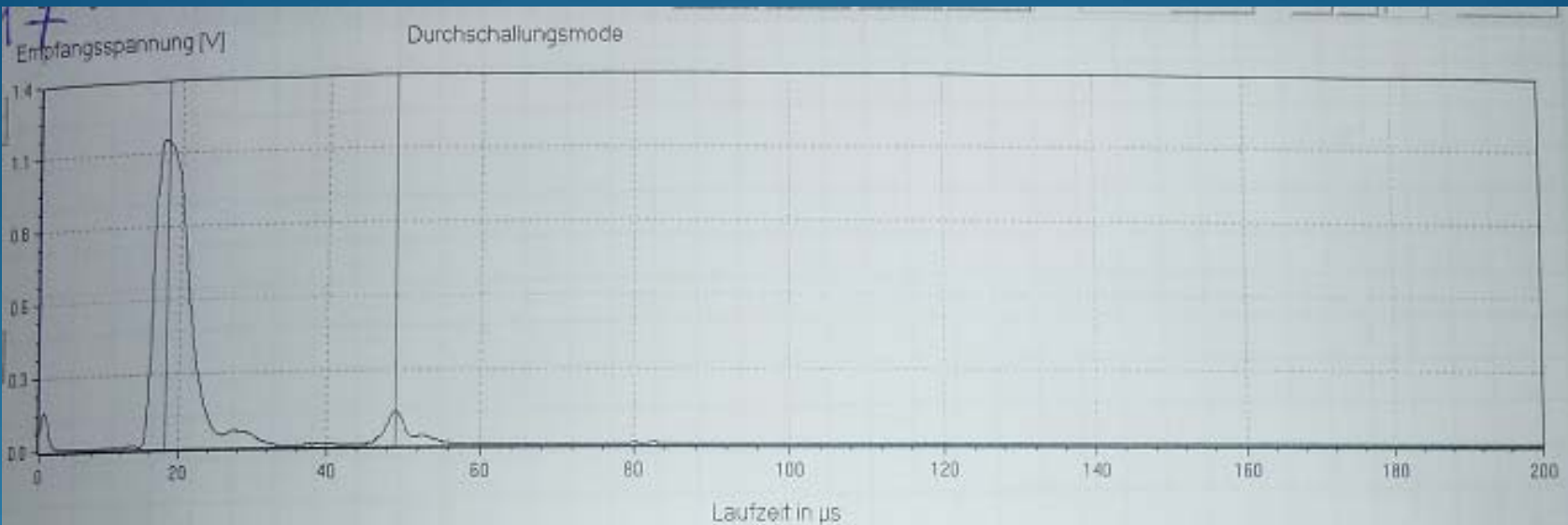




# Messung der Verstärkung

Durchschallung des 4cm großen Acrylblockes bei konstantem Transmitter (30dB) und Variation des Receivers in 5 dB Schritten und Messung der Amplitude

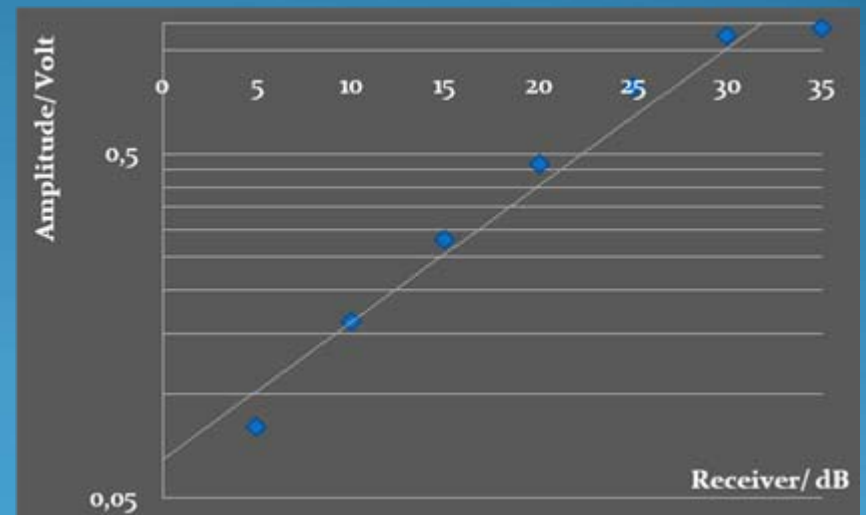
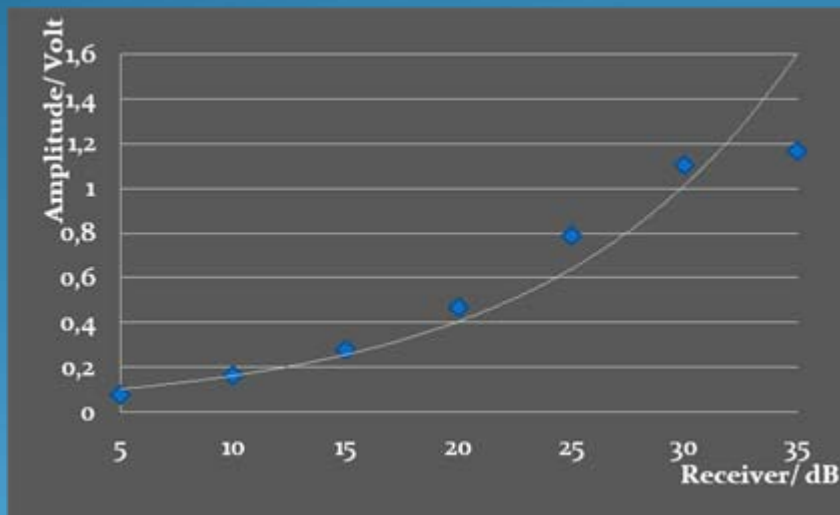




Verstärkung:	Sende-Pegel:	Cursor 1:	Cursor 2:	Differenz:	Amplitude:	
35 dB	30 dB	18.2 $\mu\text{s}$	49.0 $\mu\text{s}$	30.7 $\mu\text{s}$	1.274V	10:34:08

# Messung der Verstärkung

Durchschallung des 4cm großen Acrylblockes bei konstantem Transmitter (30dB) und Variation des Receivers in 5 dB Schritten und Messung der Amplitude



Receiver und Transmitter steigen gleichmäßig mit einem logarithmischen Zusammenhang

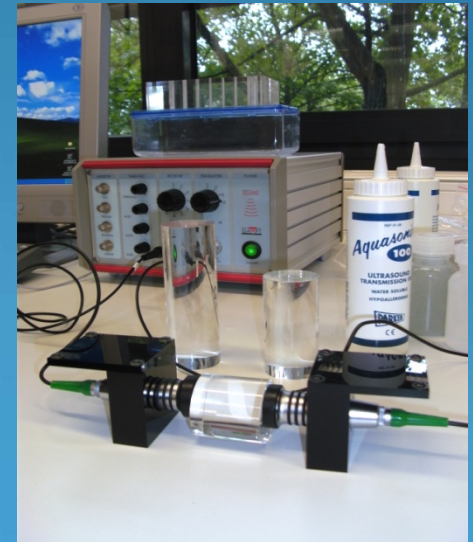
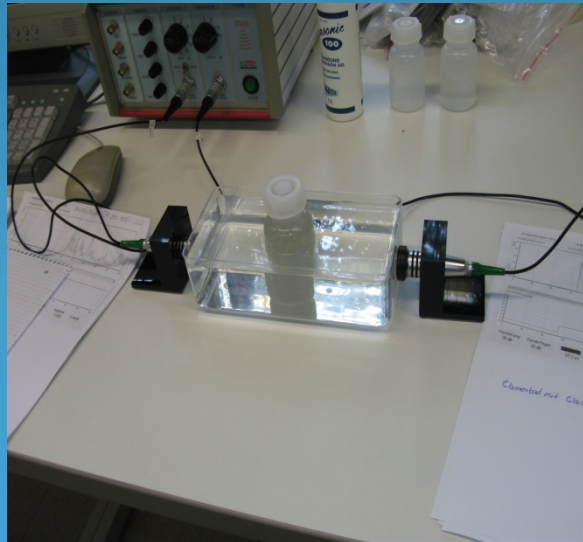
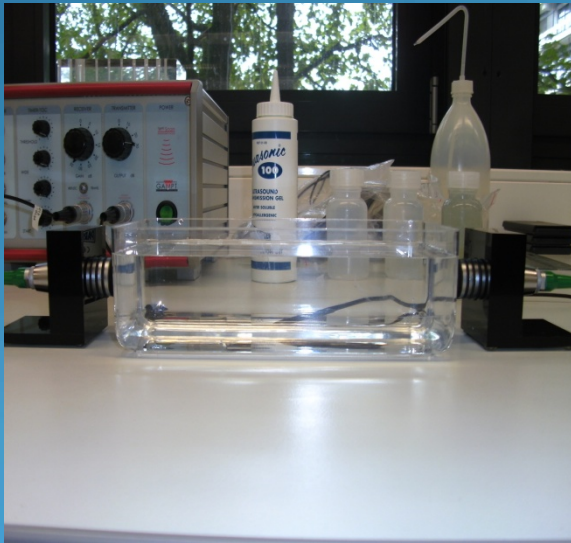


# Allgemeine Beobachtungen



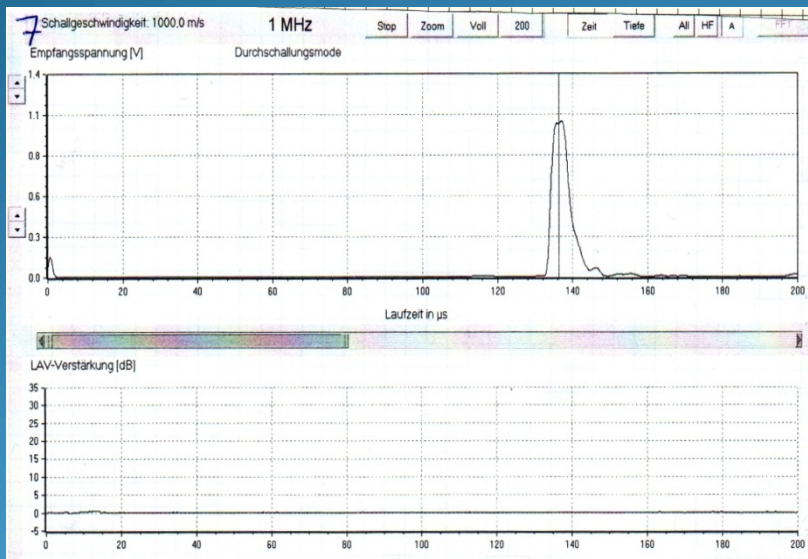
# Transmissionsversuche

- Durchschallung des Wasserbades ( quer und längs); Aufnahme von A- Bildern
- Durchschallung des Wasserbades mit Probefläschchen ( quer und längs)
- Durchschallung der Acrylblöcke



# Auswertung

- Erkenntnisse aus den Laufzeiten der Transmissionsmessungen von a)  
➔ Schallgeschwindigkeit im Wasser:

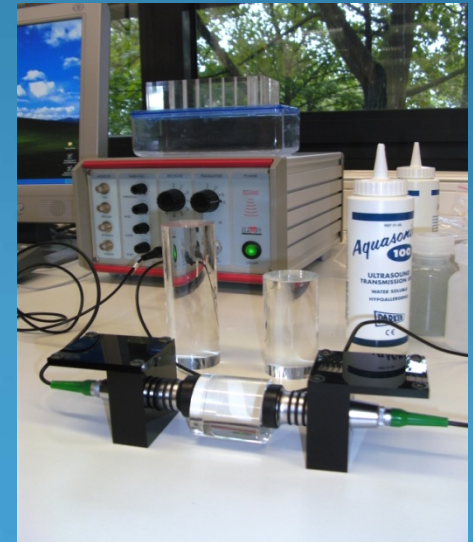
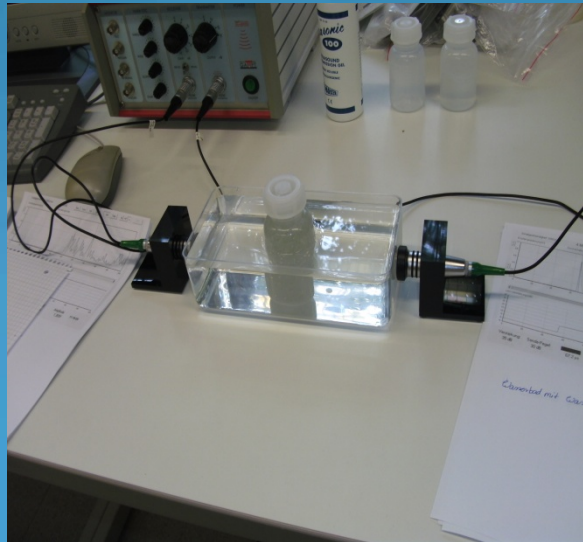
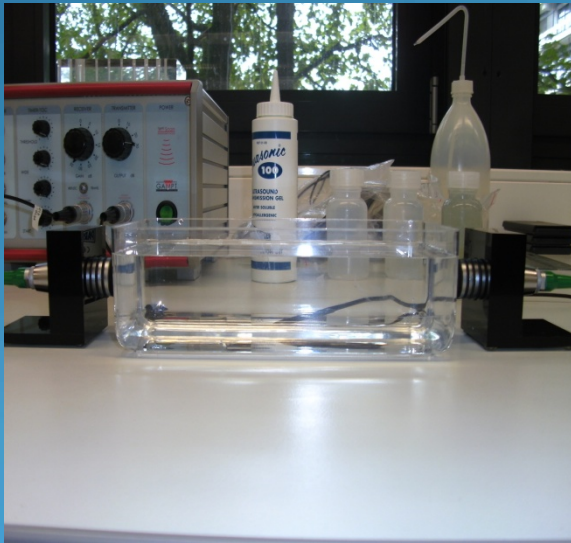


Becken /cm	Sonde /MHz	Laufzeit /µs	Schallgeschwindigkeit / m/s
20	1	133	1504
20	4	134	1493
10	1	65	1538
10	4	66	1515
		Mittelwert	1512

➔ gute Übereinstimmung mit Literaturwert ( 1484 m/s bei 20° )

# Transmissionsversuche

- a) Durchschallung des Wasserbades ( quer und längs); Aufnahme von A- Bildern
- b) Durchschallung des Wasserbades mit Probefläschchen ( quer und längs)
- c) Durchschallung der Acrylblöcke



# Auswertung

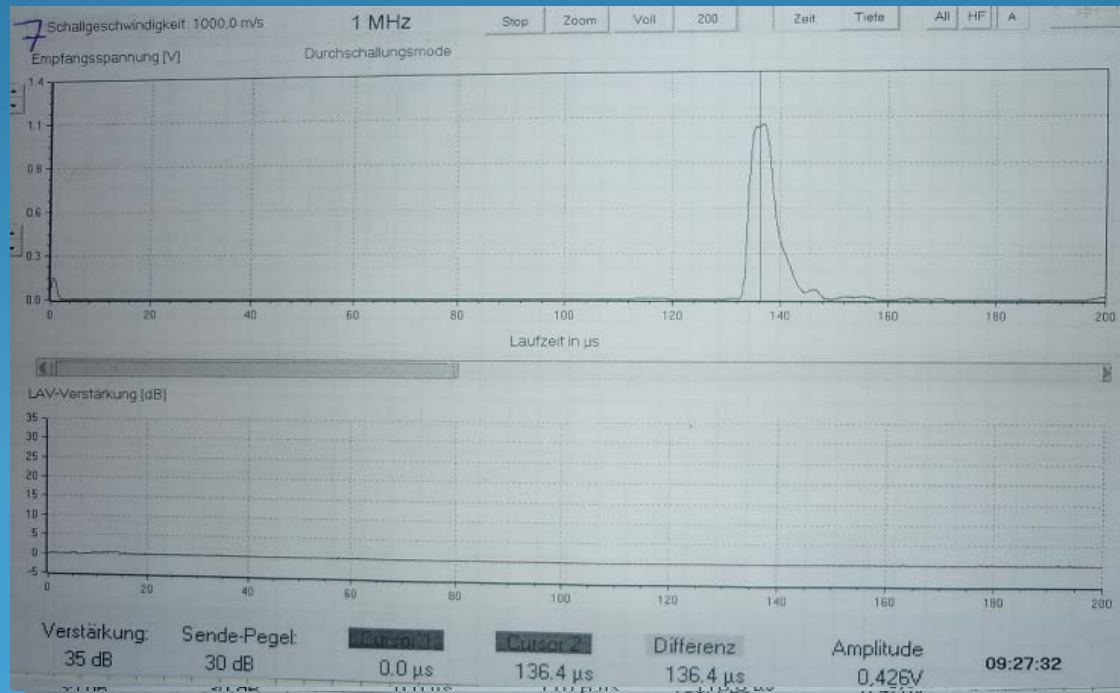
- Erkenntnisse aus Messreihen mit Probefläschchen:  
Hoher Reflektionsgrad bei Luft und Glaskugeln



Impedanzdifferenz hoch

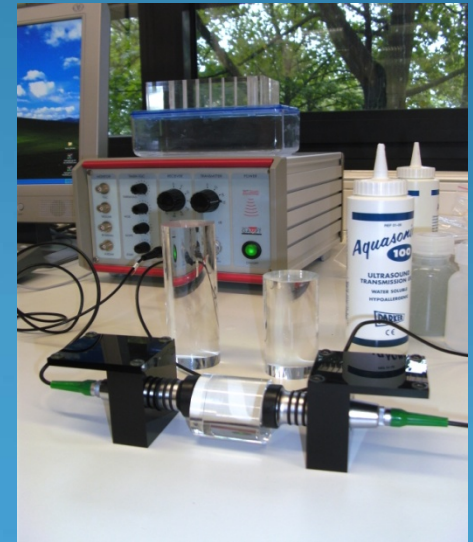
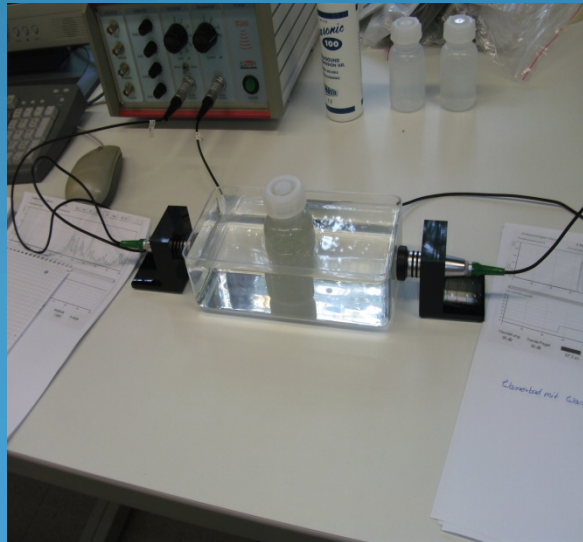
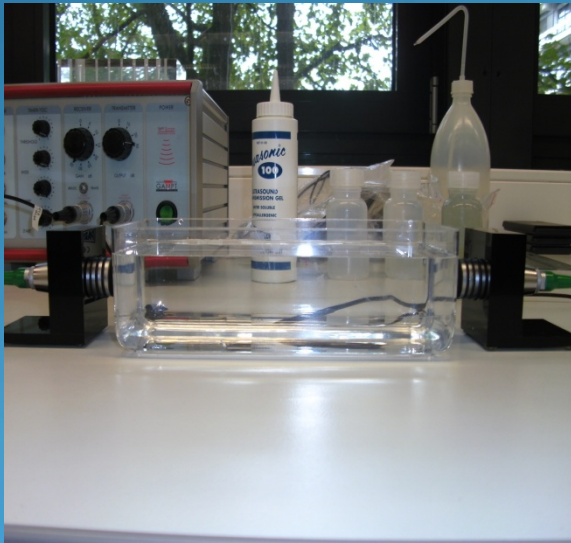


Grund für Gel



# Transmissionsversuche

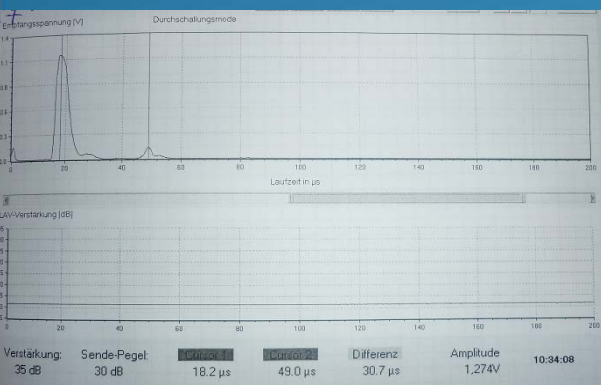
- Durchschallung des Wasserbades ( quer und längs); Aufnahme von A- Bildern
- Durchschallung des Wasserbades mit Probefläschchen ( quer und längs)
- Durchschallung der Acrylblöcke



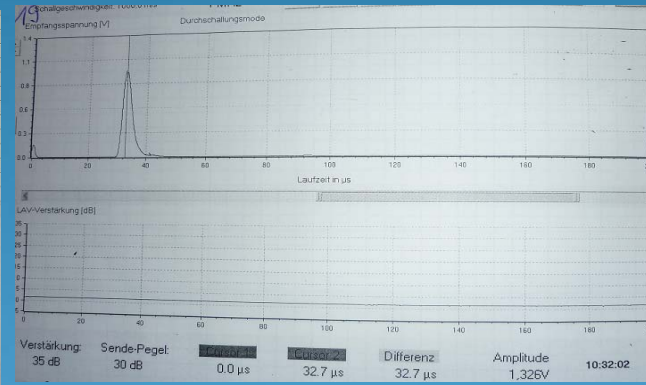
# Auswertung

- Erkenntnisse aus Messreihen mit Acrylblöcken:
  - a) Eindringtiefe geringerer Frequenzen ist höher als die von höheren Frequenzen:

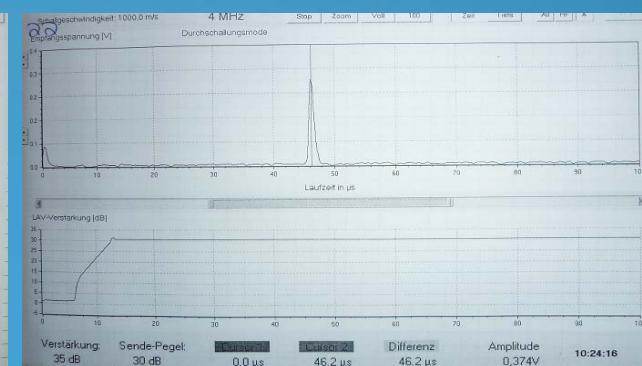
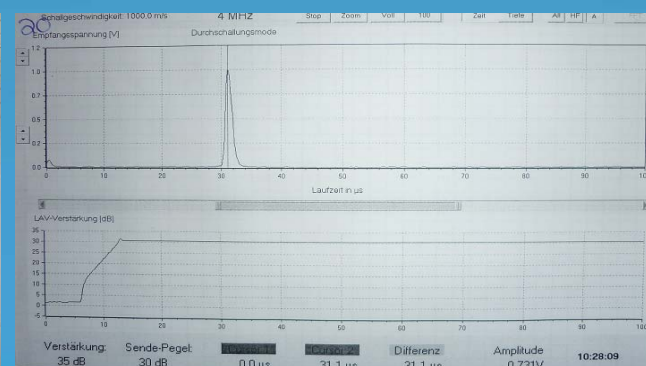
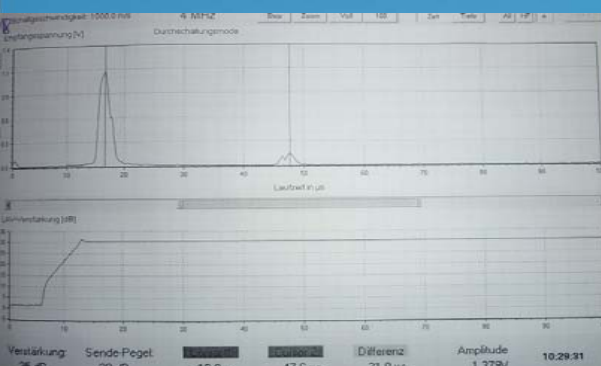
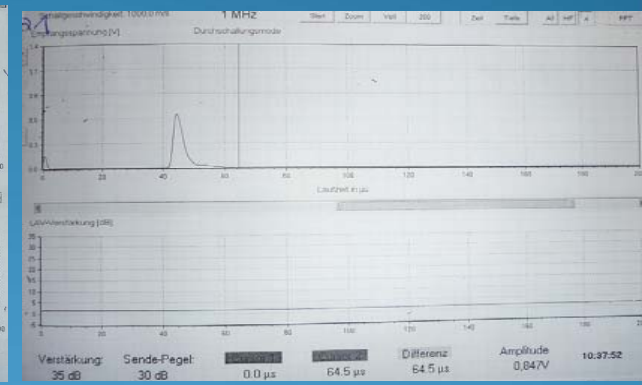
4cm:



8cm:



12cm:



# Auswertung

b) Unterschiedliche Medien haben unterschiedliche Schallgeschwindigkeiten

Block/cm	Sonde/MHz	Laufzeit/ $\mu$ s	Schallgeschwindigkeit/m/s
4	1	15	2667
4	4	15	2667
8	1	30	2667
8	4	30	2667
12	1	42	2857
12	4	45	2667
		Mittelwert	2699



Gute Übereinstimmung mit Literaturwert (2700 m/s)

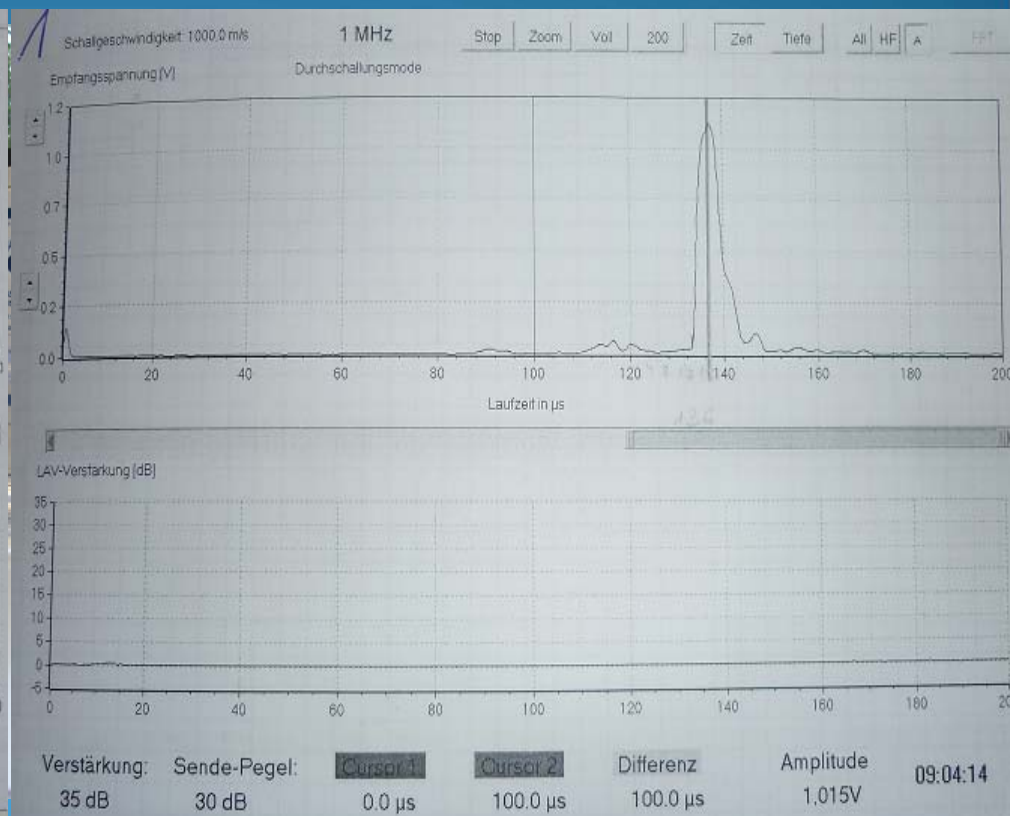
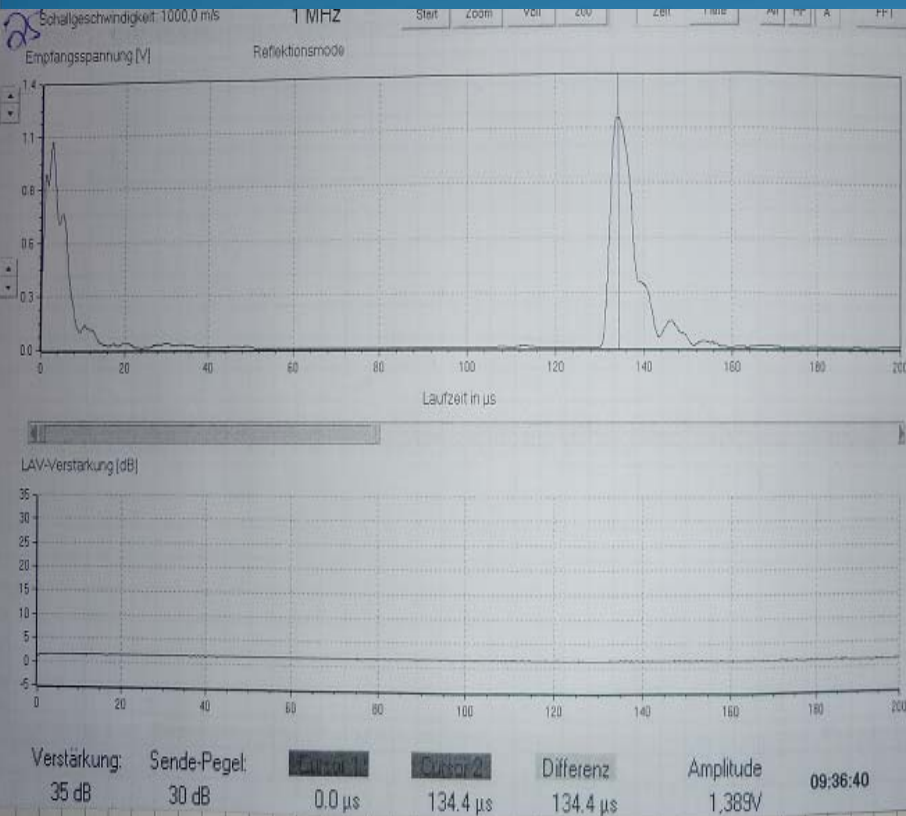


# Reflektionsversuche

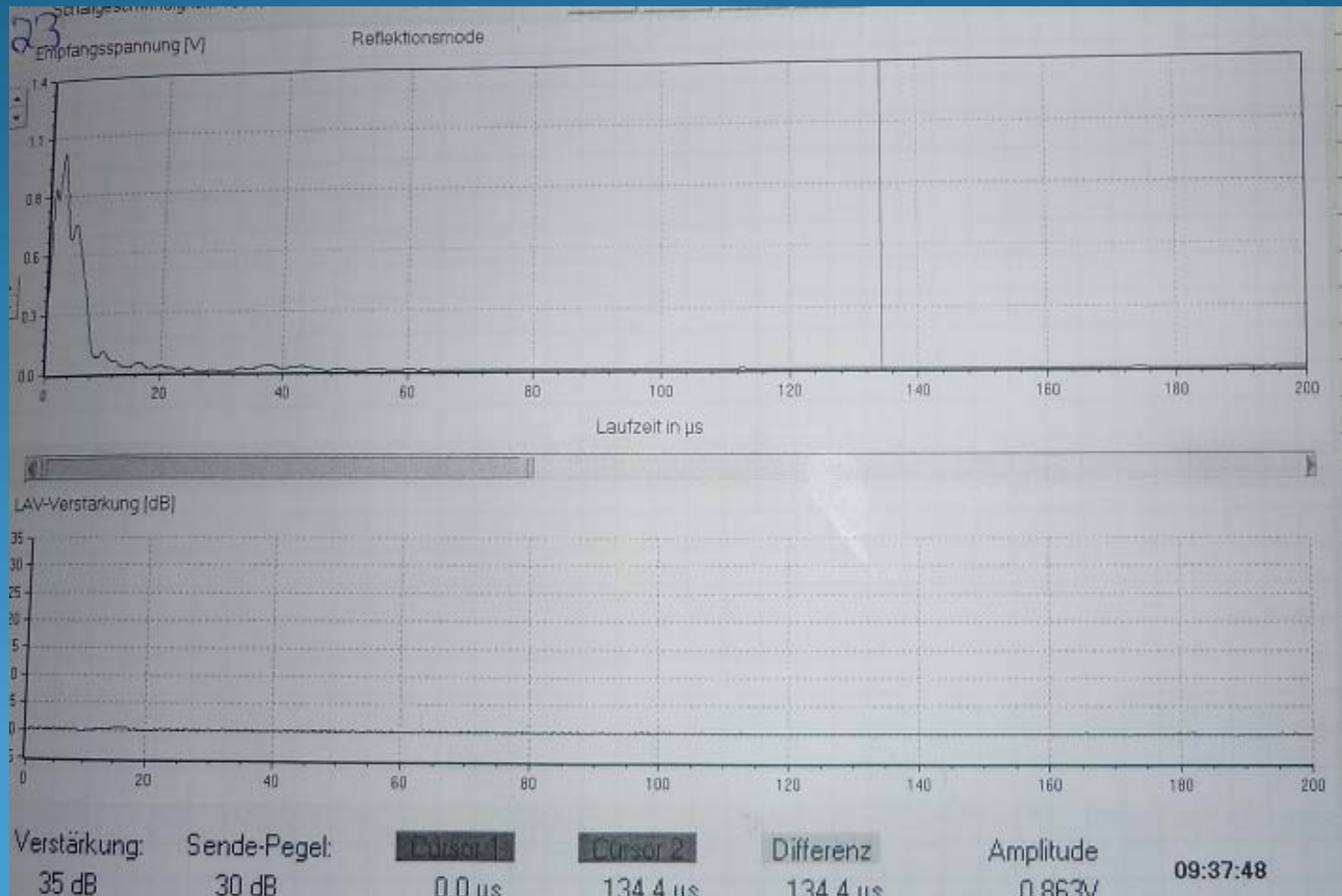
- a) Durchschallung des Wasserbades ( quer und längs); Aufnahme von A-Bildern
- b) Durchschallung des Wasserbades mit Probefläschchen ( quer und längs)
- c) Durchschallung der Acrylblöcke

# Reflektionsversuche

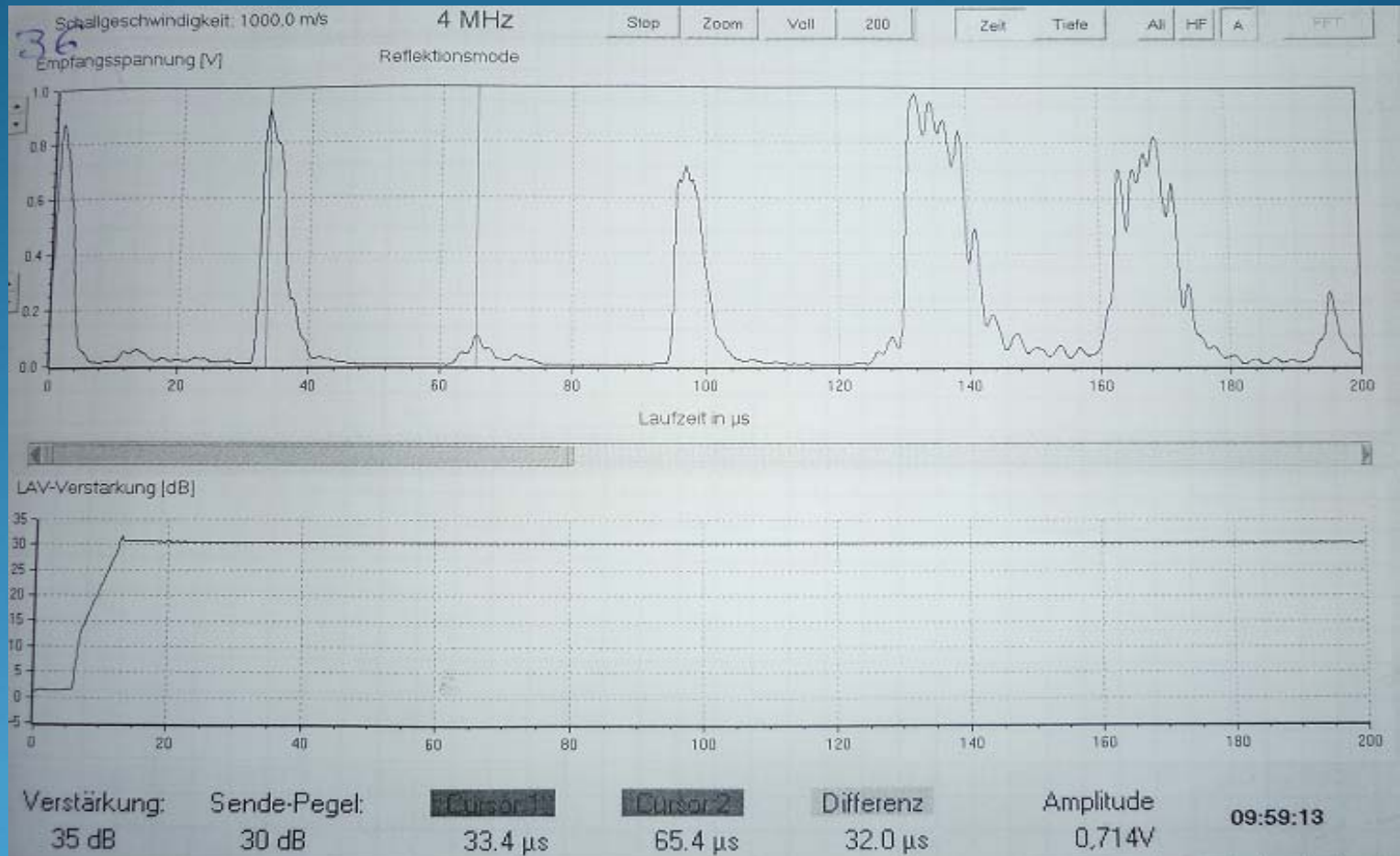
## a) Reflektion im Wasserbad



# Reflektionsversuche

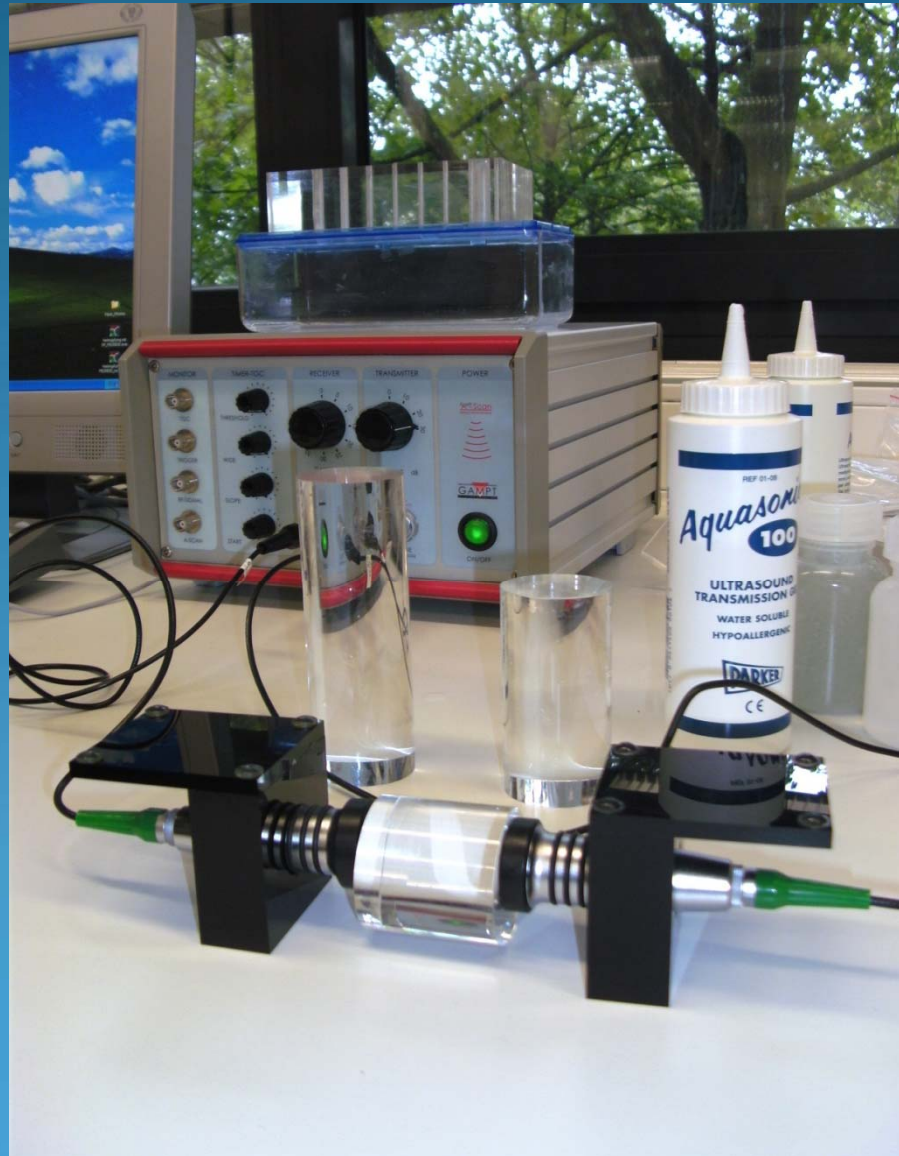


# Reflektionsversuche



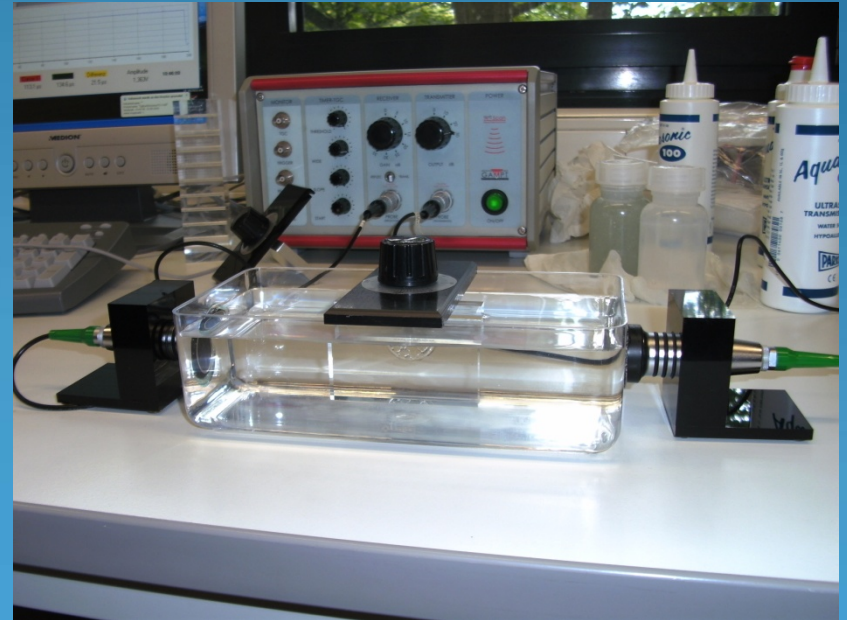
Große Eindringtiefe, geringe Intensität

# Reflektionsversuche



# Platten mit Winkelskala

- Durchschallung des Wasserbades mit Platten aus Alu und POM in Transmission



Schallgeschwindigkeit: 1000,0 m/s

1 MHz

Stop

Zoom

Voll

200

Zeit

Tiefe

All

HF

A

FFT

Schallgeschwindigkeit: 1000,0 m/s

1 MHz

Start

Zoom

Voll

200

Zeit

Tiefe

All

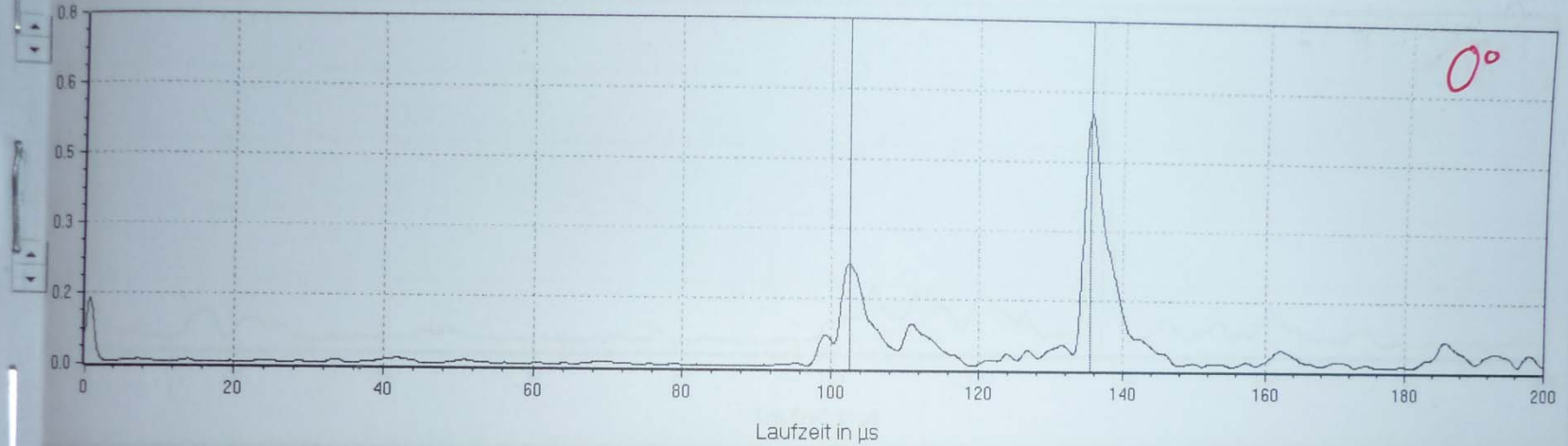
HF

A

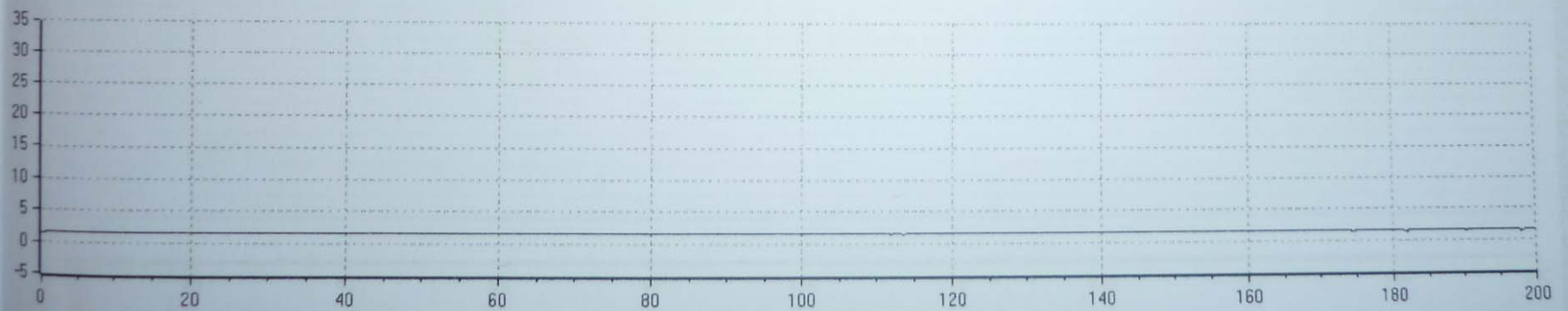
FFT

Empfangsspannung [V]

Durchschallungsmode



LAV-Verstärkung [dB]



Verstärkung:

35 dB

Sende-Pegel:

30 dB

Cursor 1

102.6 μs

Cursor 2

135.5 μs

Differenz

32.9 μs

Amplitude

0,749V

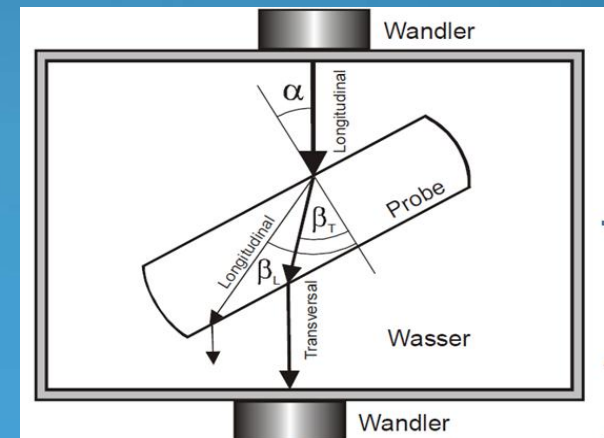
11:05:27

# Auswertung

- Erkenntnisse aus Messreihen mit Winkeldrehspiegelplatte:

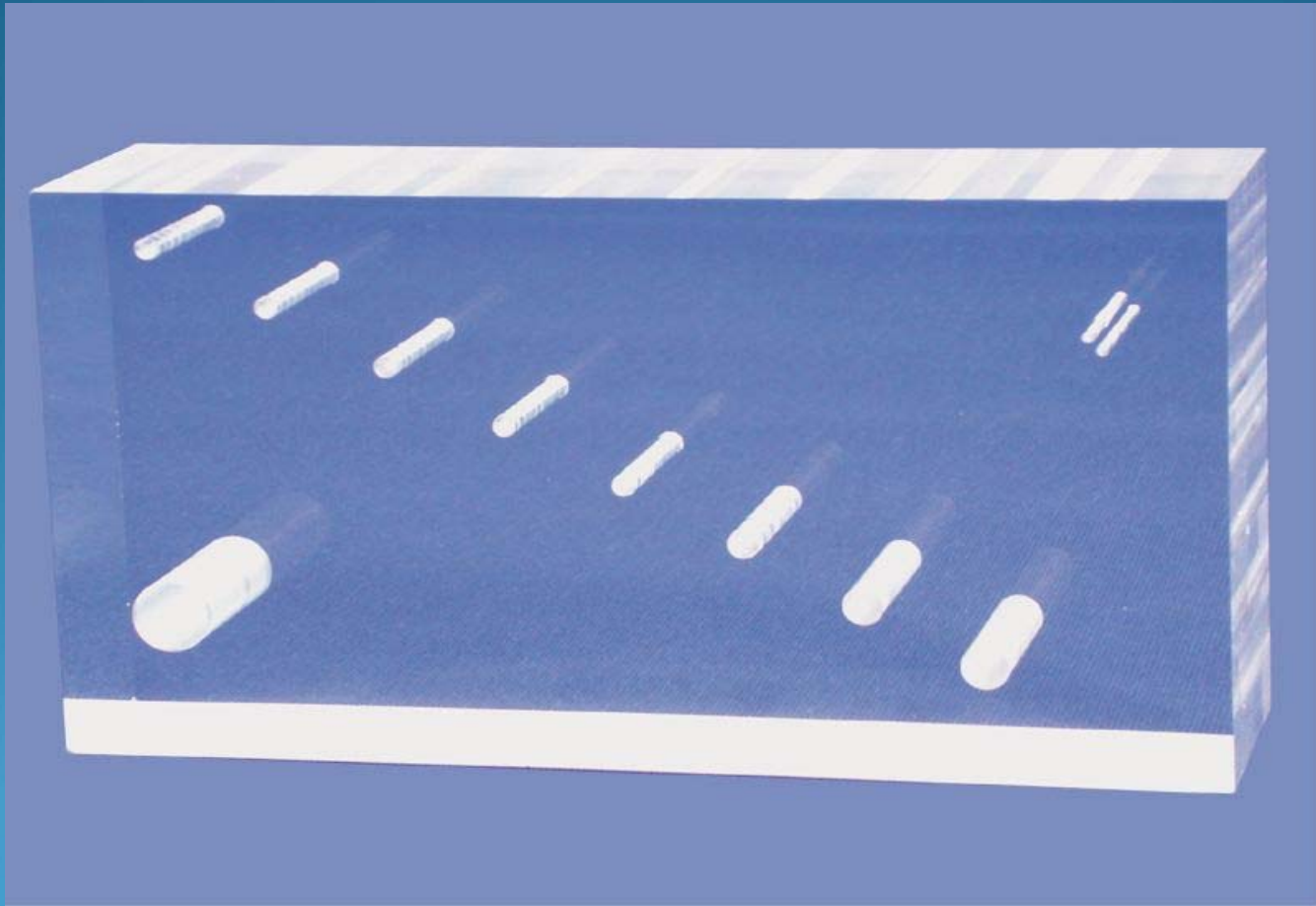
➔ es entstehen Transversalwellen innerhalb der Platten

- $0^\circ$ : hoher Peak; nur Longitudinalwelle mit Mehrfachreflektionen innerhalb der Platte
- $10-30^\circ$ : Amplitude wird kleiner; es treten durch den Transversalanteil Überlagerungen auf
- $30^\circ+$ : nur noch transversale Wellen
- $90^\circ$ : 3 Peaks durch Transmission durch Wasser, Platte und Reflektion an der Platte





# B- Bild in Reflektion

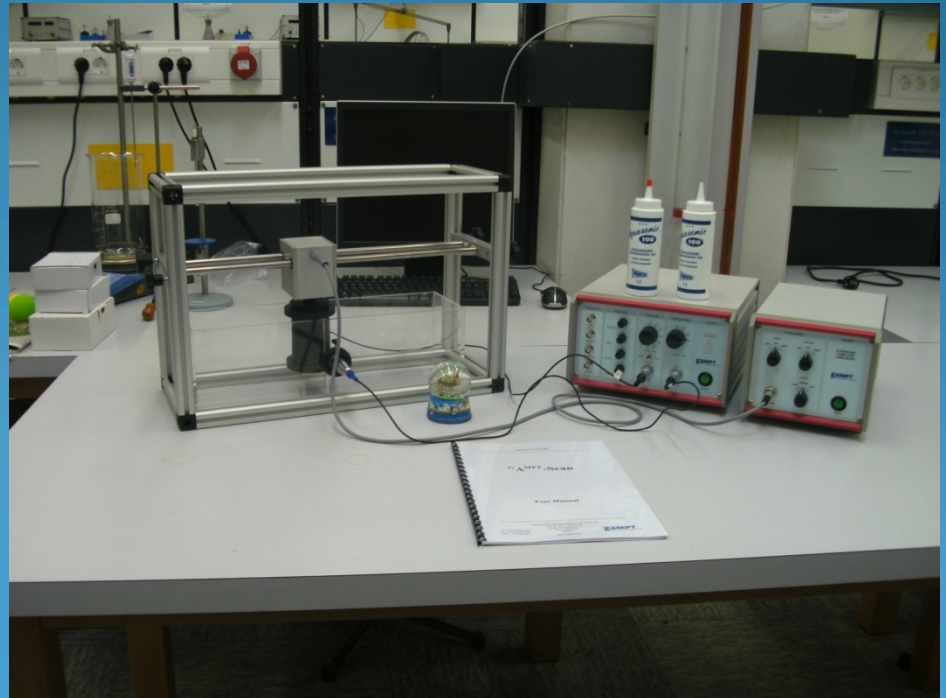


4MHz – Sonde hat größeres Auflösungsvermögen als 1 MHz- Sonde

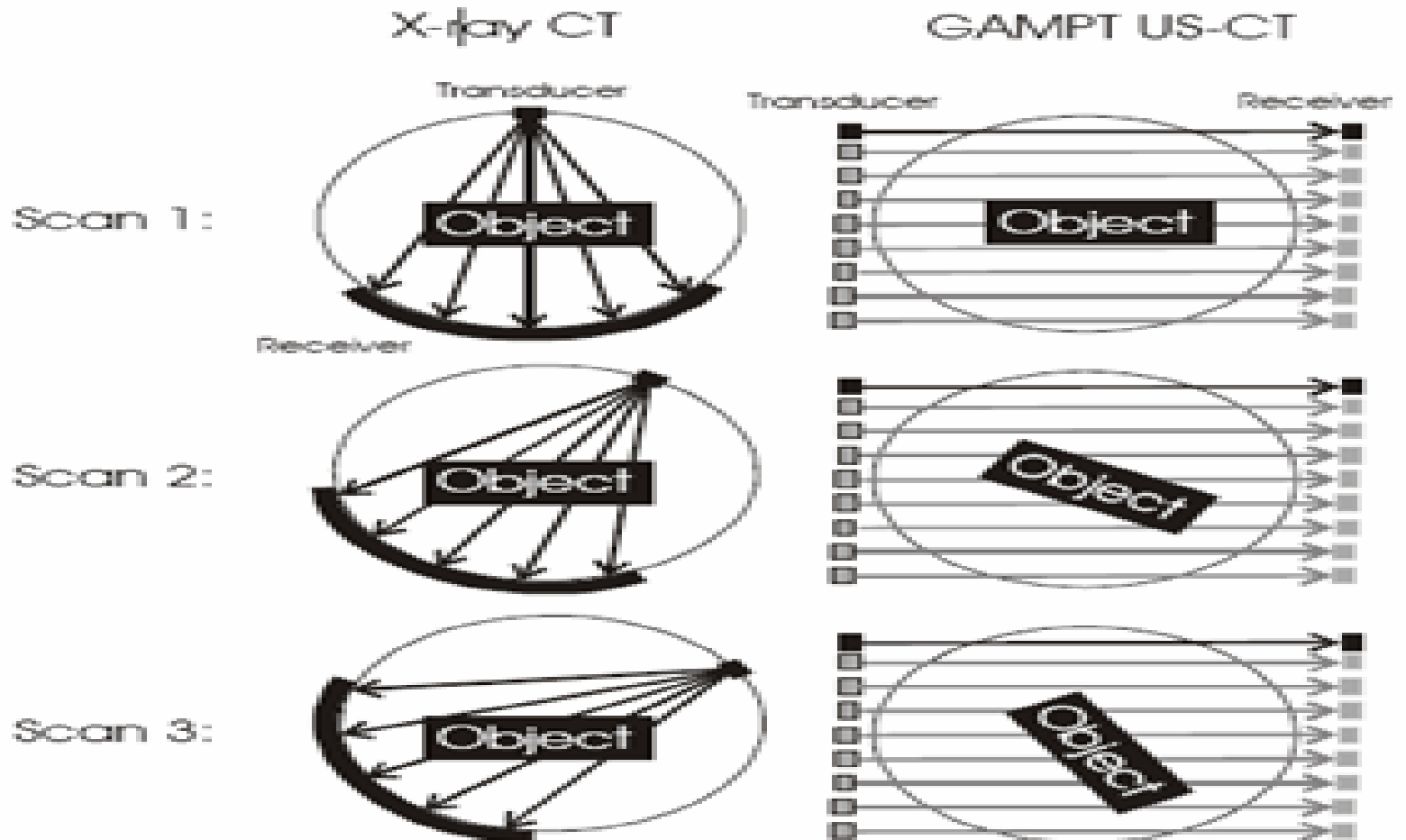
# Projekt 2: Computertomographie

# Geräte

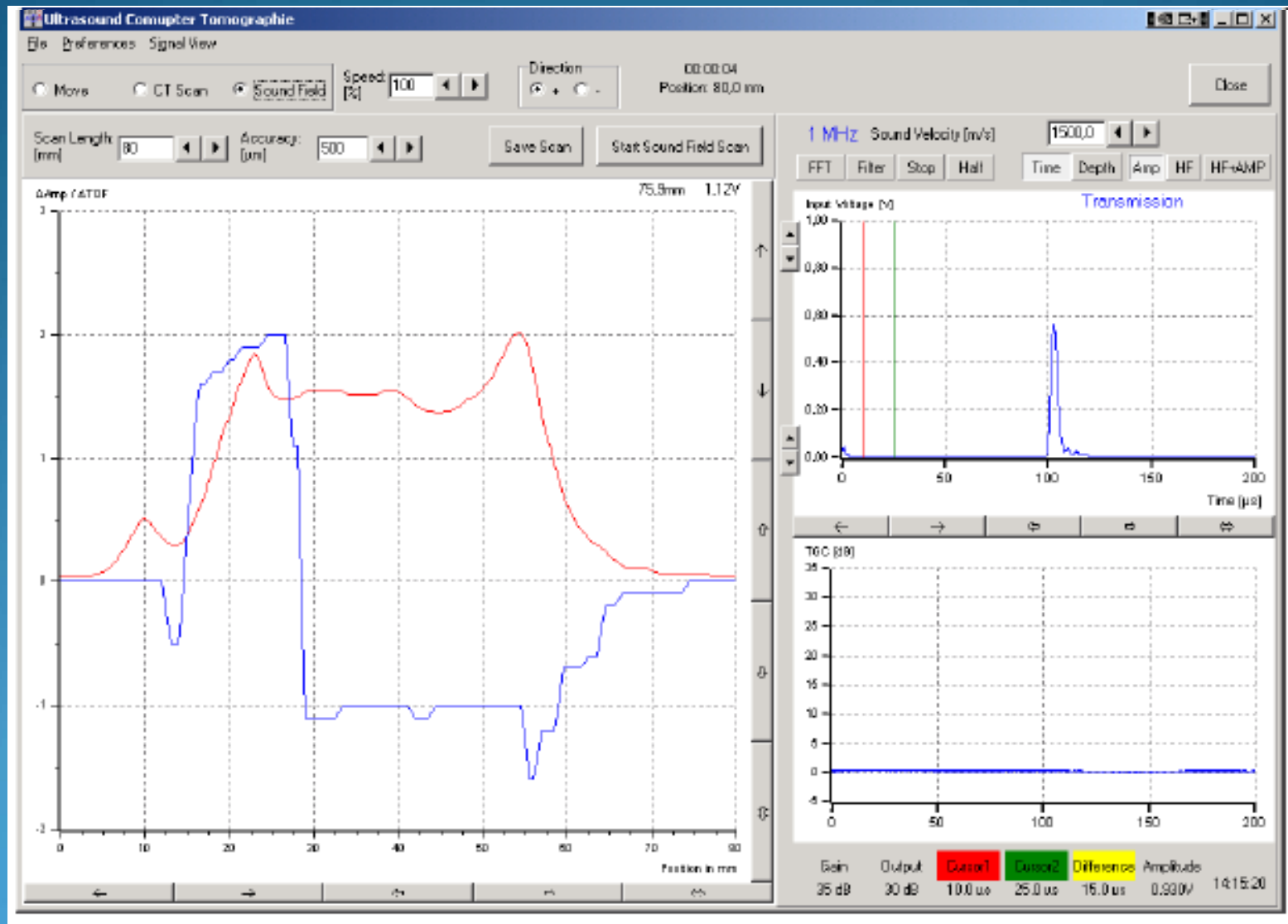
- CT- Scanner- System der Firma GAMPT:
  - A- Scanner
  - CT- Scanner mit Steuerungsgerät
  - verschiedene Sonden
  - Probewanne
  - Probeteller
  - Probekörper
- Software ASH 3.4
- Computer



# Software



# Software



# Software

**Ultrasound Computer Tomographie**

File Options Scale View Modi About SignalView Save

Move 
  CT Scan 
  Sound Field 
 Speed: [100] [%] 
 00:02:51 
 X-Position: 0.0 mm 
 Rotation: 345.0° (24/24)

Scan Length: [100] [mm] 
 Accuracy: [500] [length [μm]] 
 Angle: [15.0] [°]

angle suggestion: 
  120° 
  72° 
  40° 
  24° 
  14.4° 
  8° 
  GAMPT predefined 
  raw data

grayscale / color 
 level: [57] 
 log: [0] 
 width: [43] 
 invers:

image

- all
- 1:
- 2:
- 3:
- 4:

1: unfiltered / Attenuation

2: unfiltered / Time of Flight

3: Shepp and Lagoon Filter / Attenuation

4: Shepp and Lagoon Filter / Time of Flight

AScan B-mode TM-mode CT

1 MHz Sound Velocity [m/s] [1500.0] frames/sec 15

FFT Filter Stop Half Time Depth HF Amp HF+AMP

Input Voltage [V] Transmission

Time [μs]

TGC [dB]

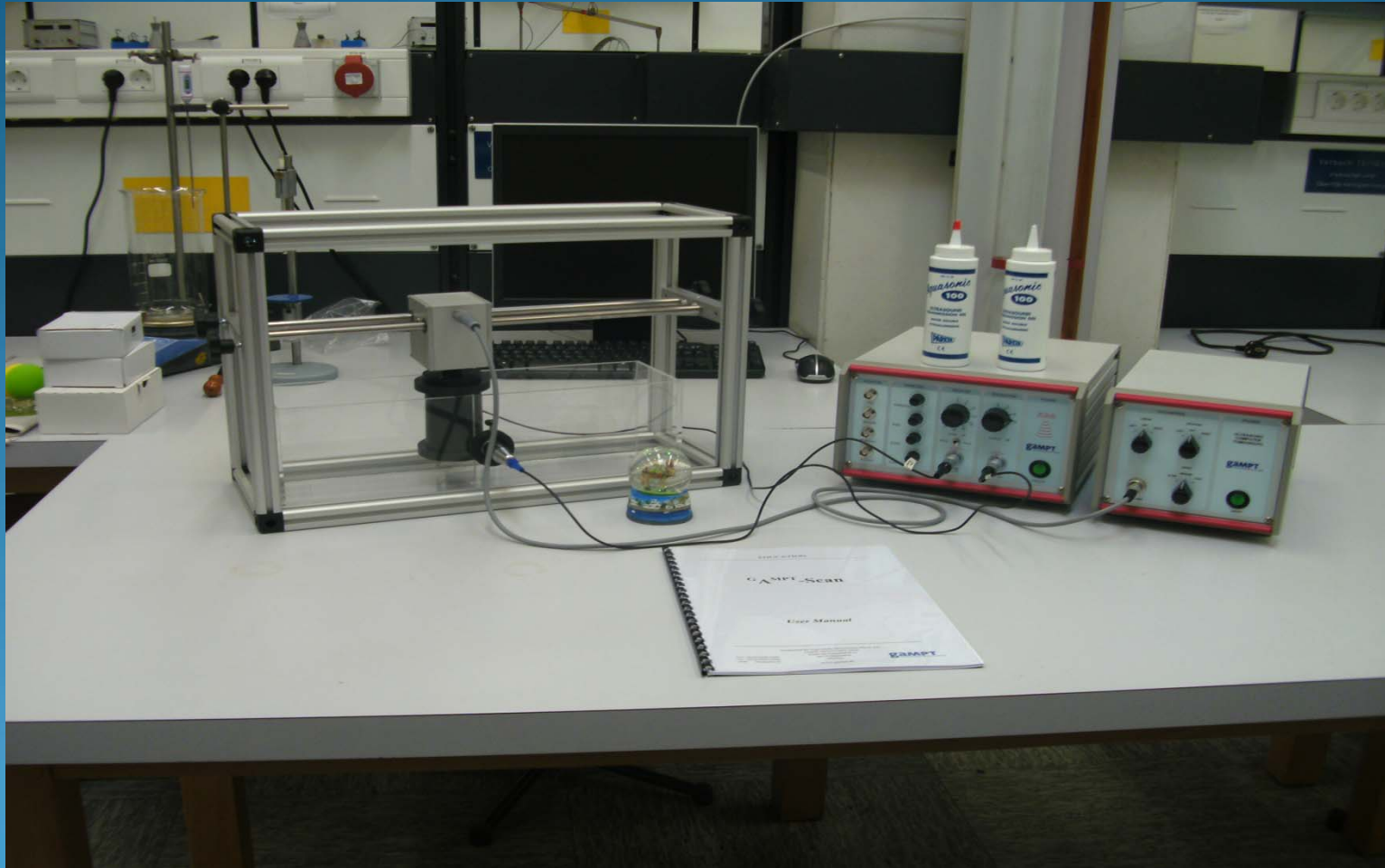
Gain	Output	Cursor1	Cursor2	Difference	Amplitude
35 dB	30 dB	75,0 μs	105,0 μs	30,0 μs	0,778V

gampT

ΔAmp | ΔTOF

Position in mm

# Versuchsaufbau



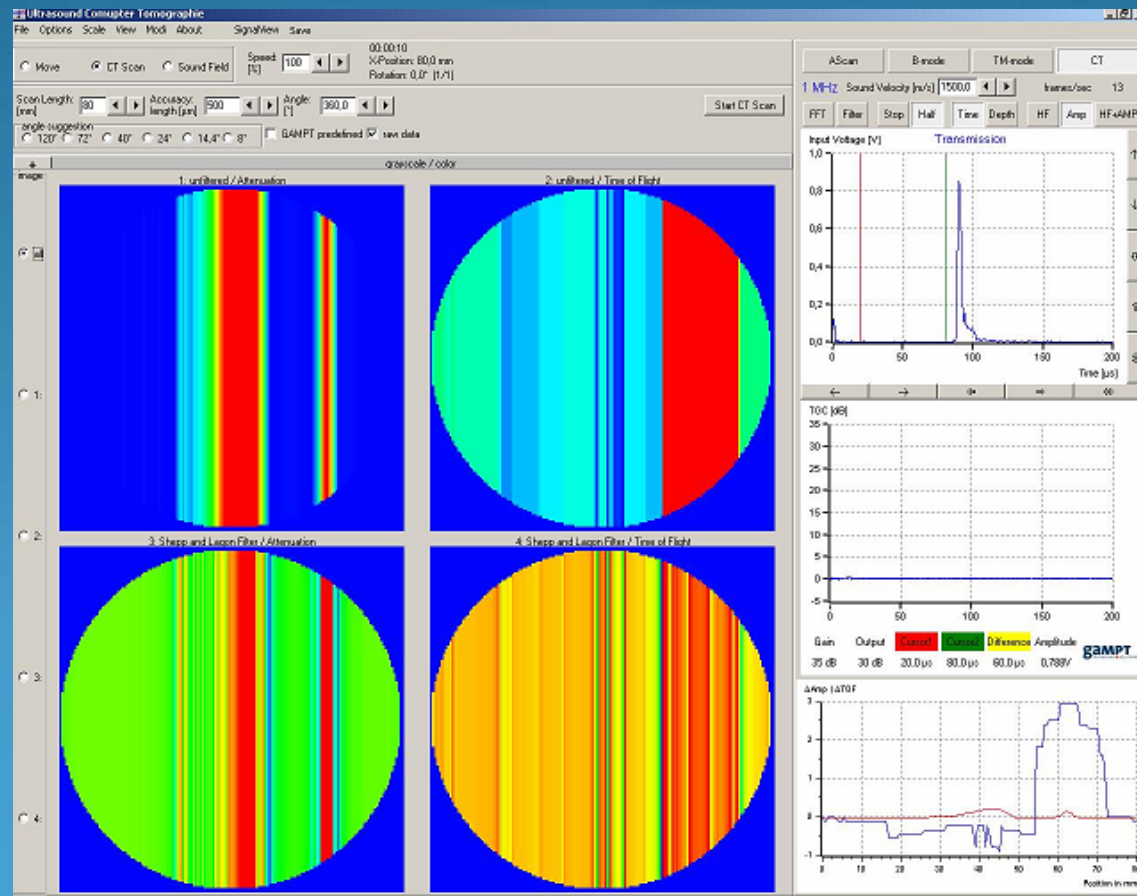
# Versuche mit der 1MHz Sonde

- a) Variation des Transmitters bei konstantem Receiver
- b) Variation des Receivers bei konstantem Transmitter
- c) Variation der Laufzeitverstärkung



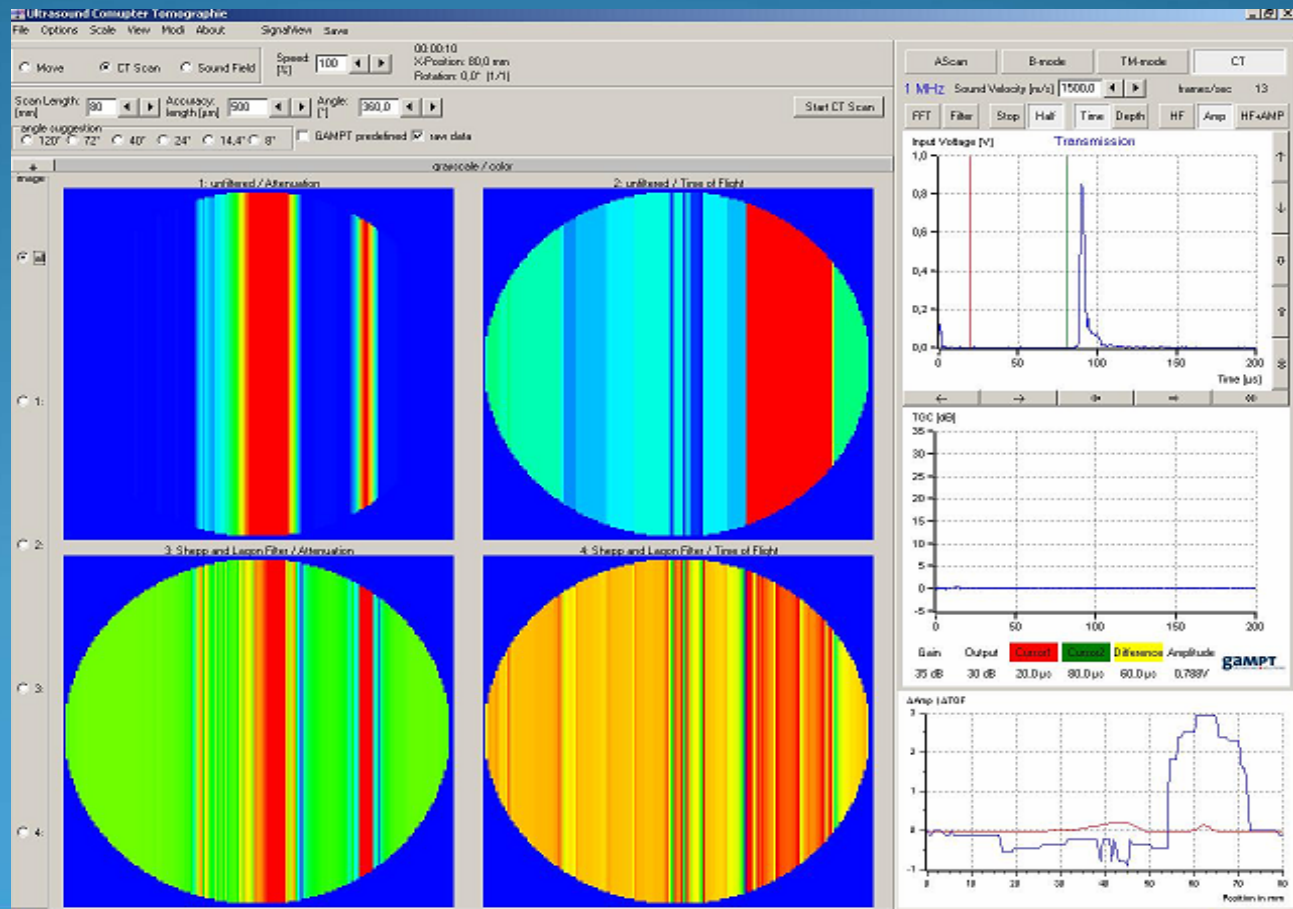
# Auswertung

- a) Receiver konstant auf 35 dB  
Transmitter variieren 0-30 dB



# Auswertung

- a) Receiver konstant auf 35 dB  
Transmitter 10 dB

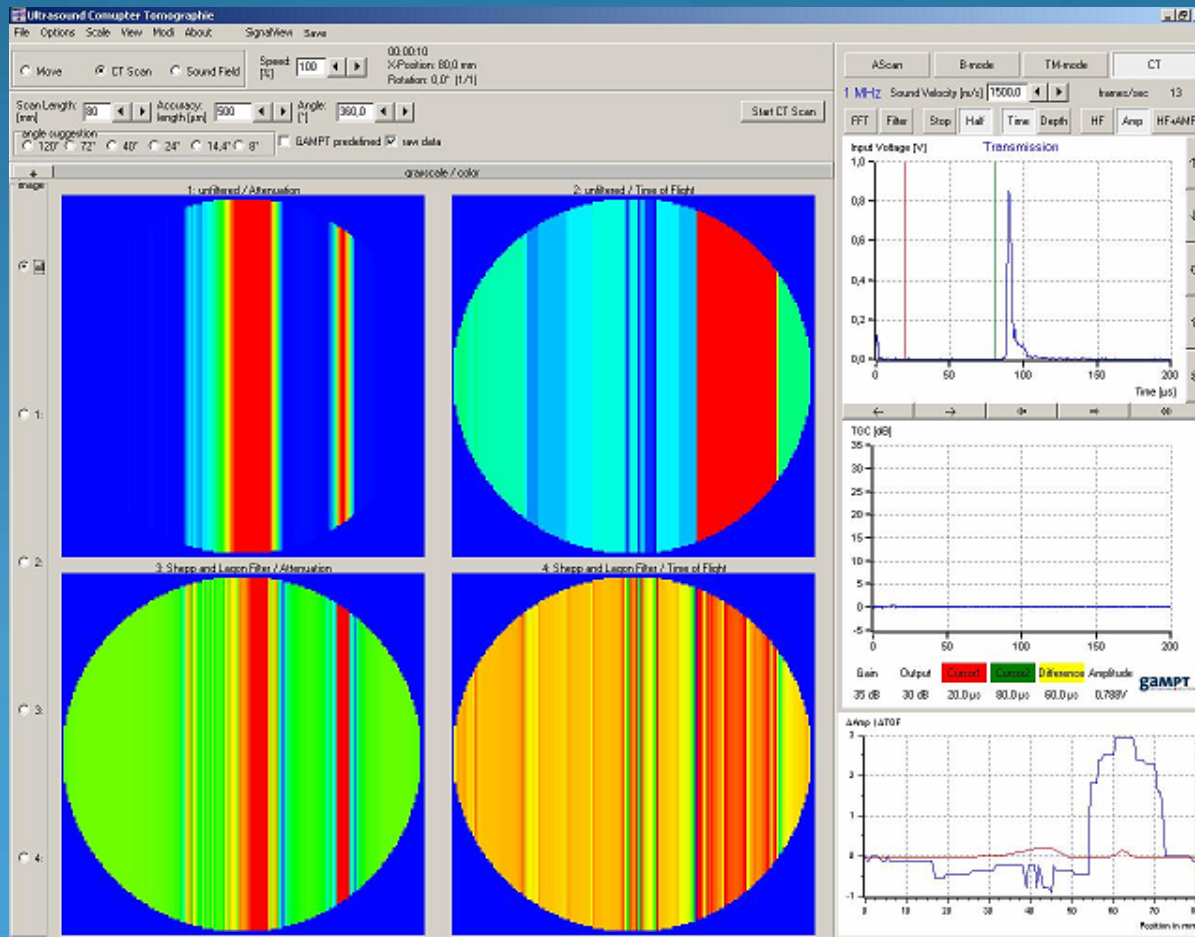


Beste Transmitter  
Einstellung



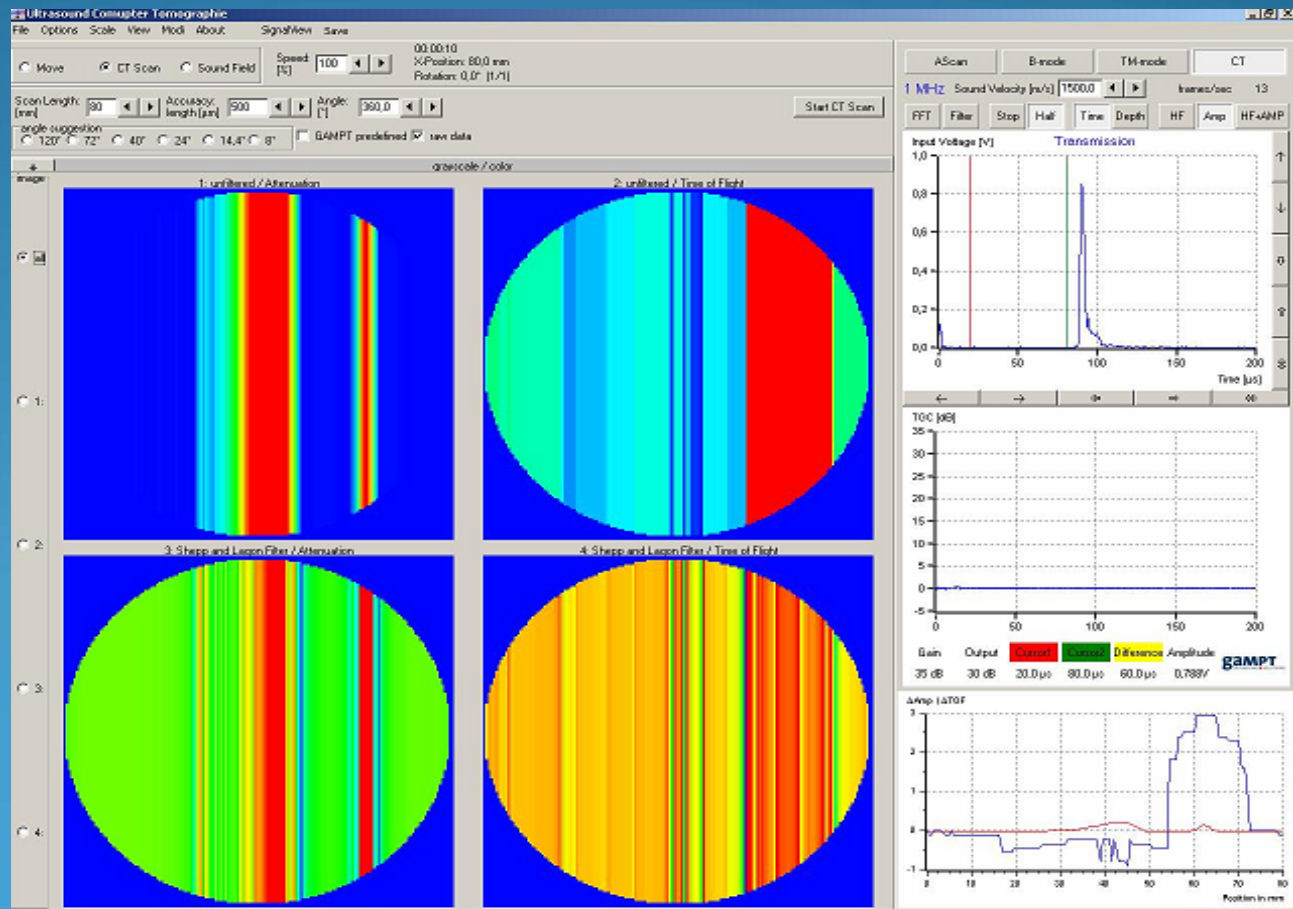
# Auswertung

- b) Transmitter konstant auf 30 dB  
Receiver variieren 0-35 dB



# Auswertung

- b) Transmitter konstant auf 30 dB  
Receiver variieren 0-35 dB

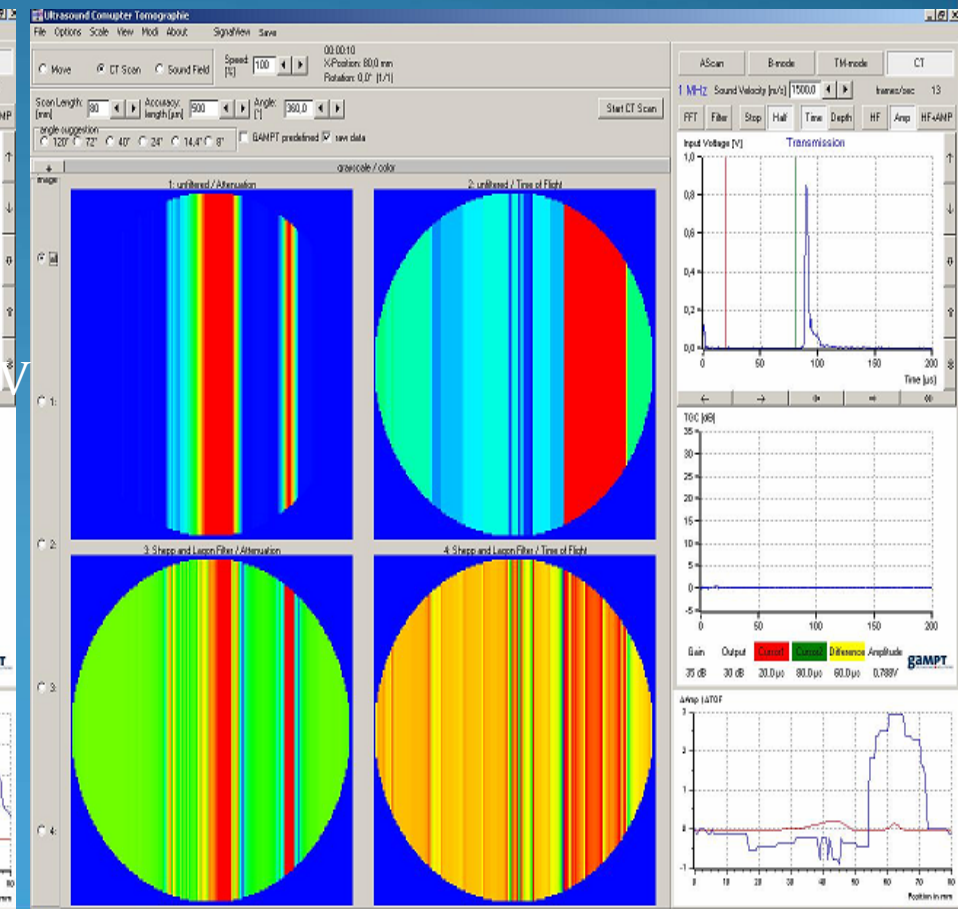
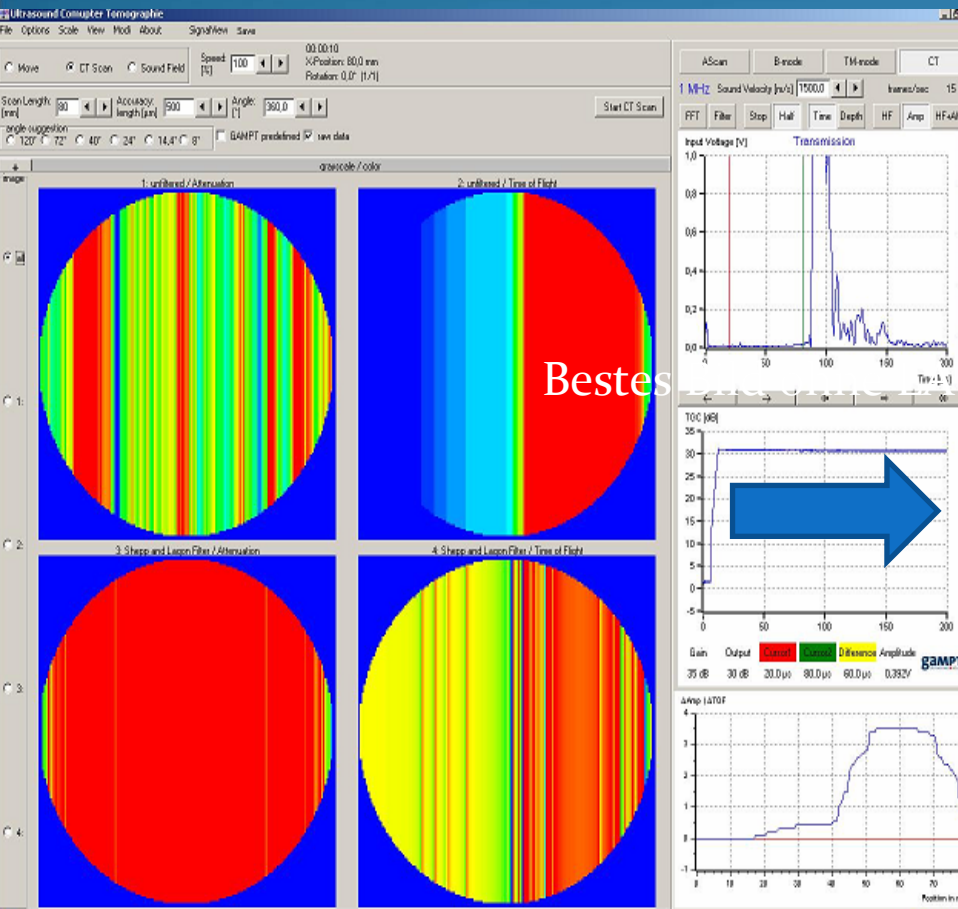


Beste Receiver  
Einstellung



# Auswertung

## c) Variation der LAV

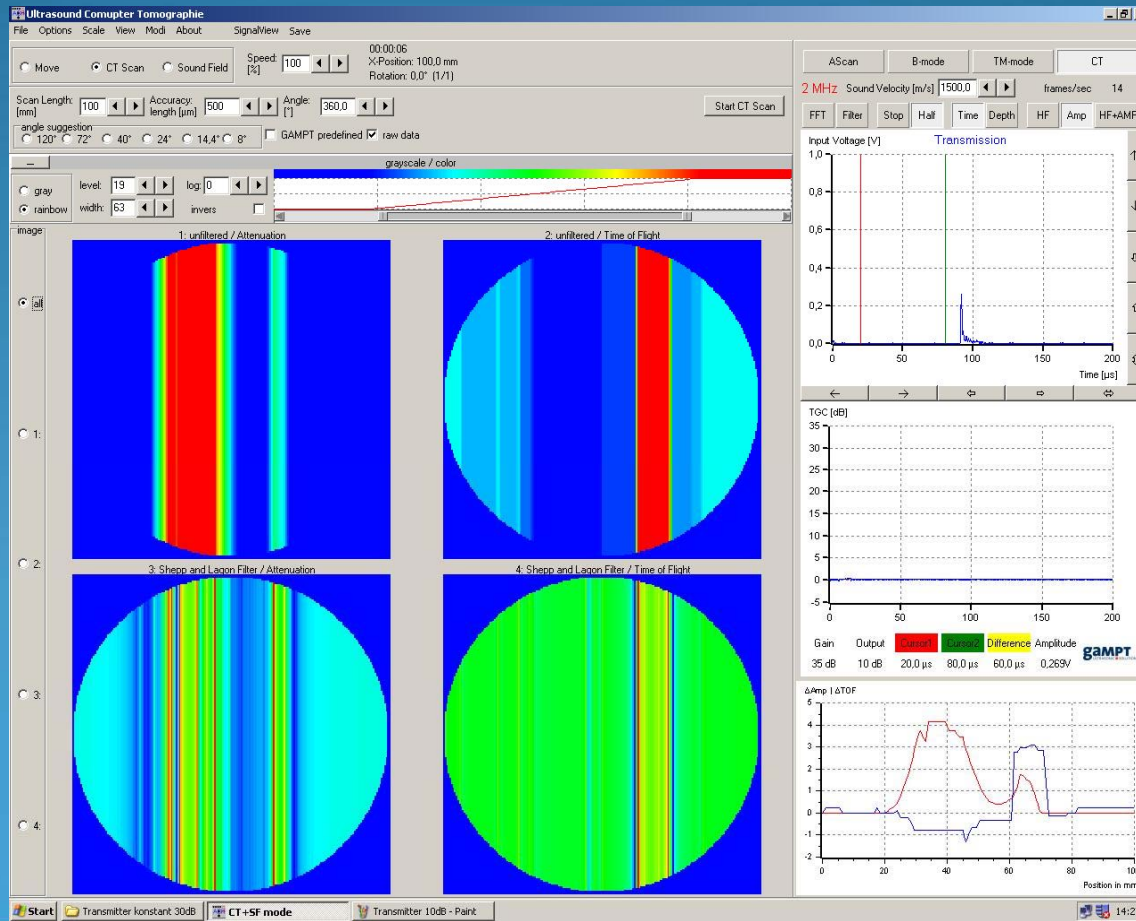


# Versuche mit der 2MHz Sonde

- a) Variation des Transmitters bei konstantem Receiver
- b) Variation des Receivers bei konstantem Transmitter
- c) Variation der Laufzeitverlängerung

# Auswertung

- a) Receiver konstant auf 35 dB  
Transmitter variieren 0-30 dB

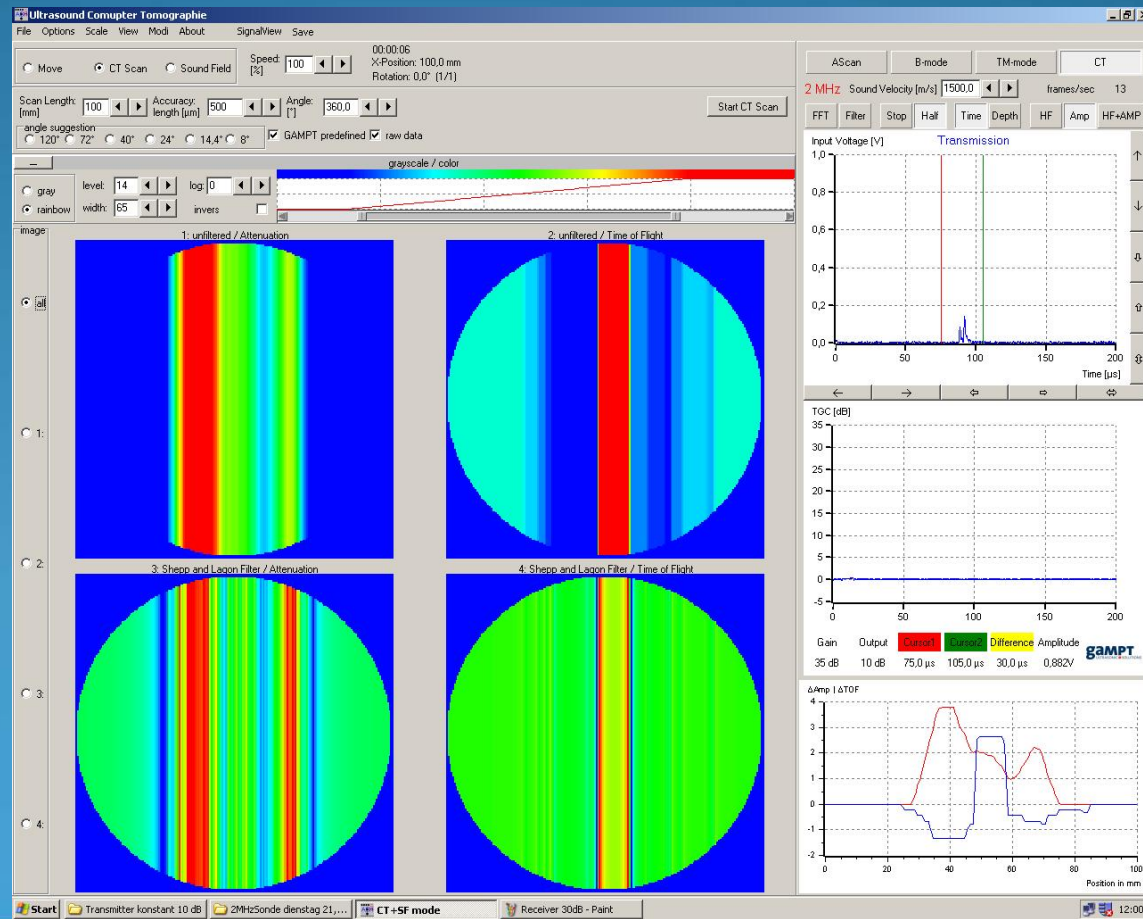


Beste Receiver  
Einstellung



# Auswertung

- b) Transmitter konstant auf 10 dB  
Receiver variieren 0-35 dB



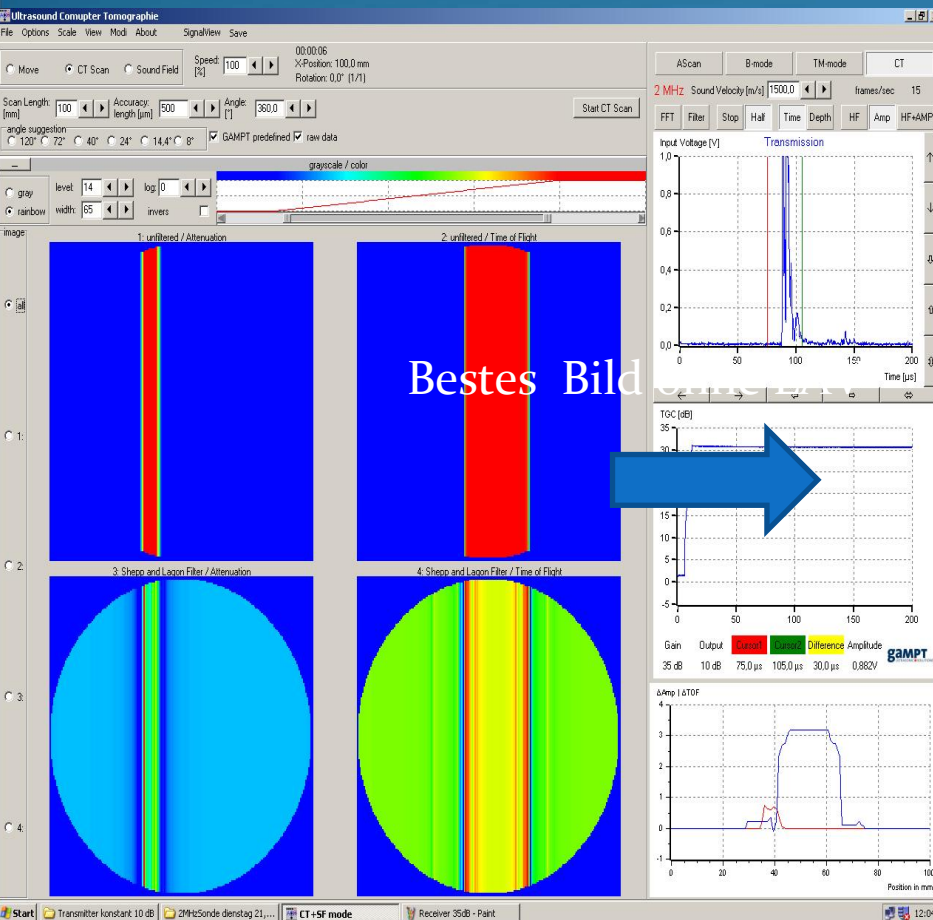
Beste Transmitter  
Einstellung



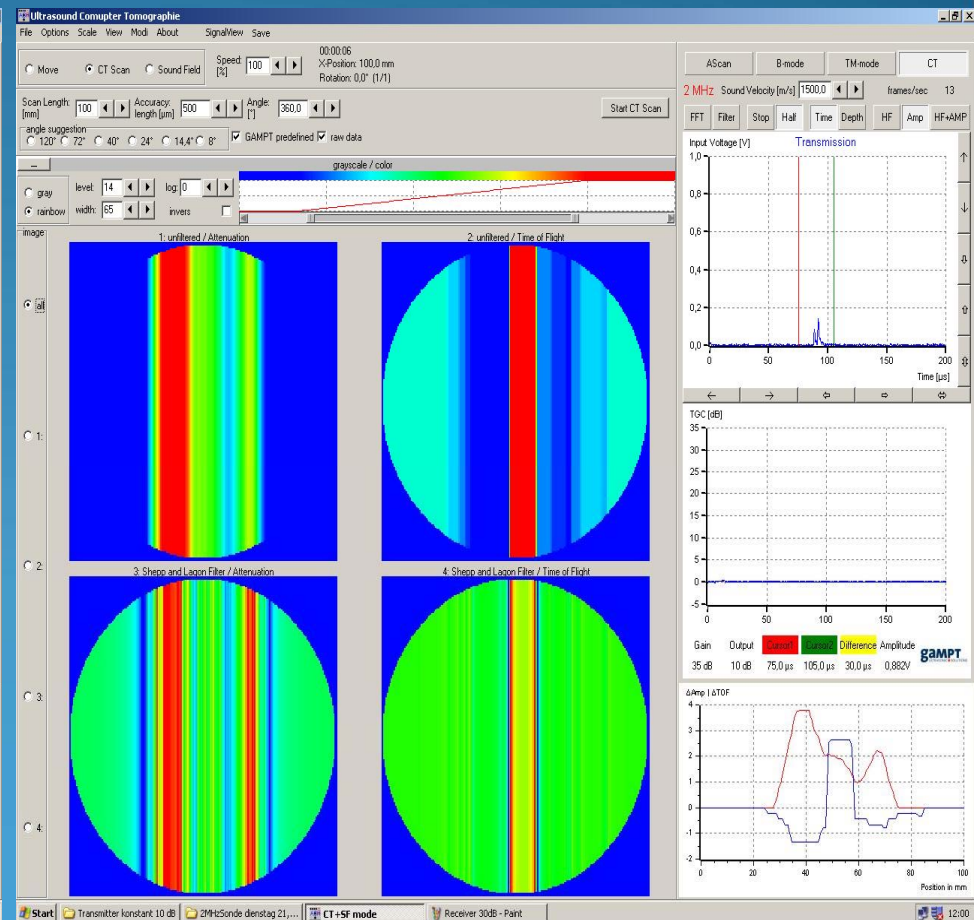
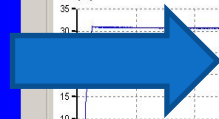


# Auswertung

## c) Variation der LAV

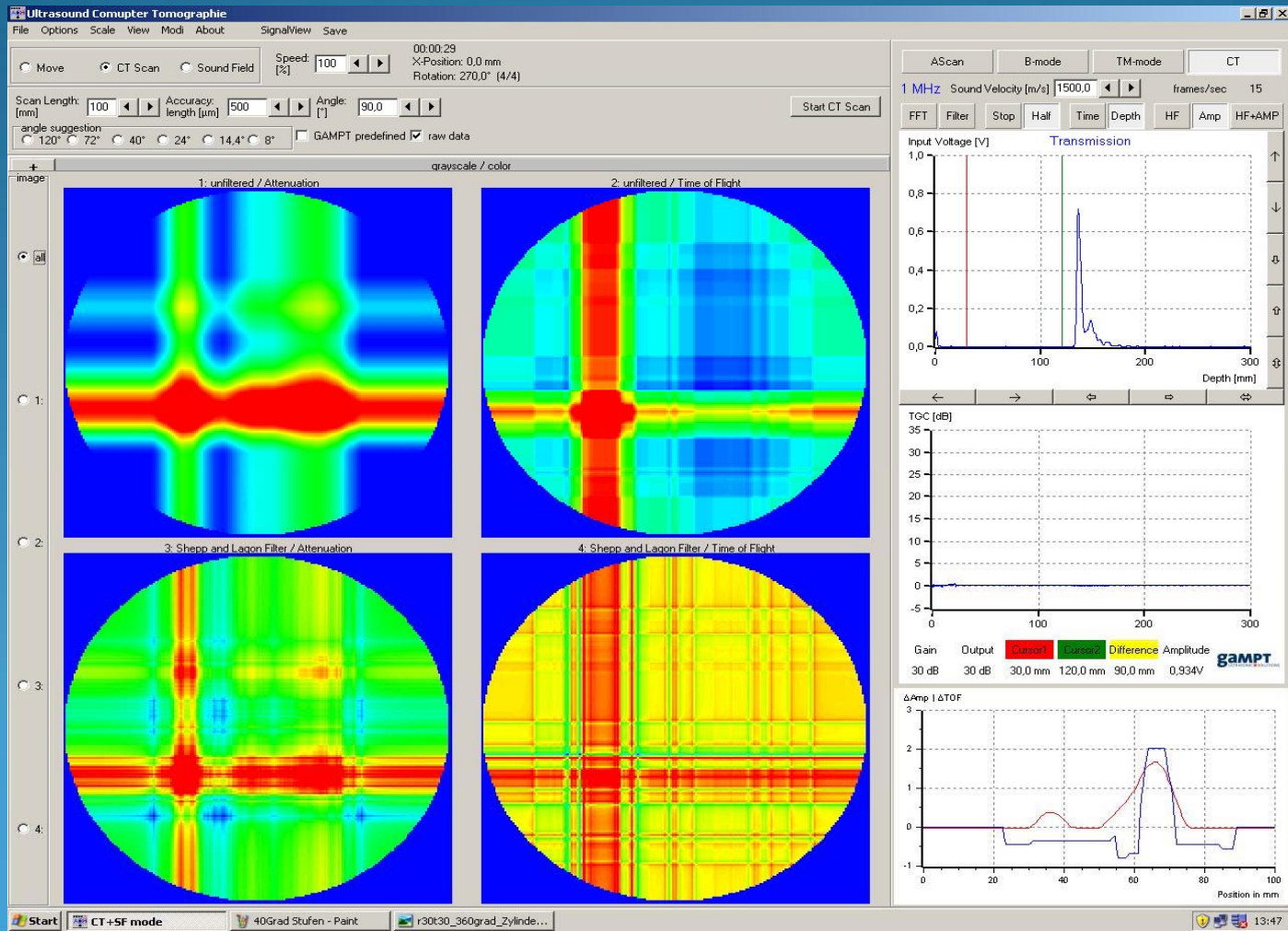


Bestes Bild

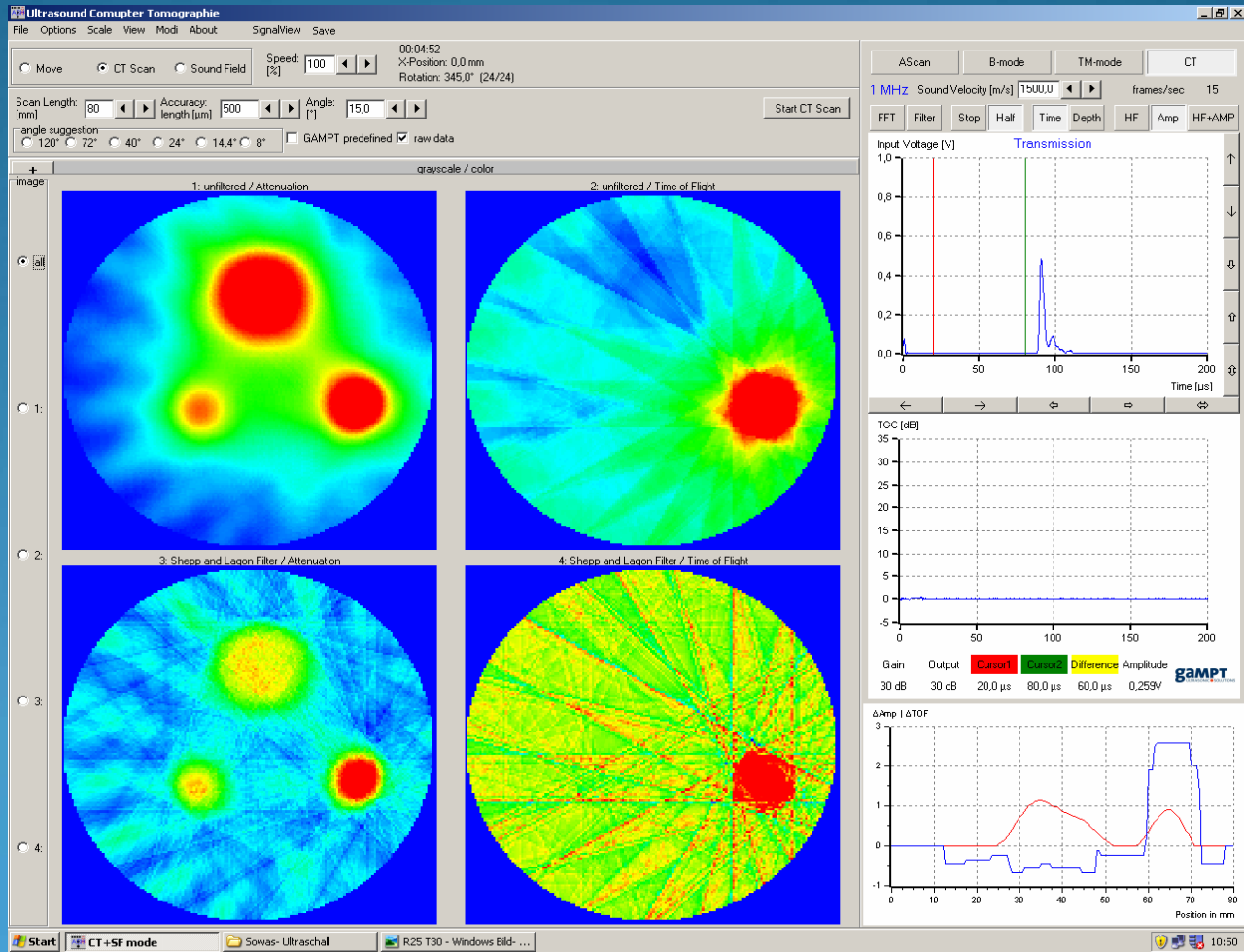


# Variation der Drehwinkel

a) Bei der 1MHz- Sonde:  $1^\circ$ ,  $10^\circ$ ,  $12,5^\circ$ ,  $15^\circ$ ,  $17,5^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $40^\circ$ ,  $90^\circ$



# Auswertung

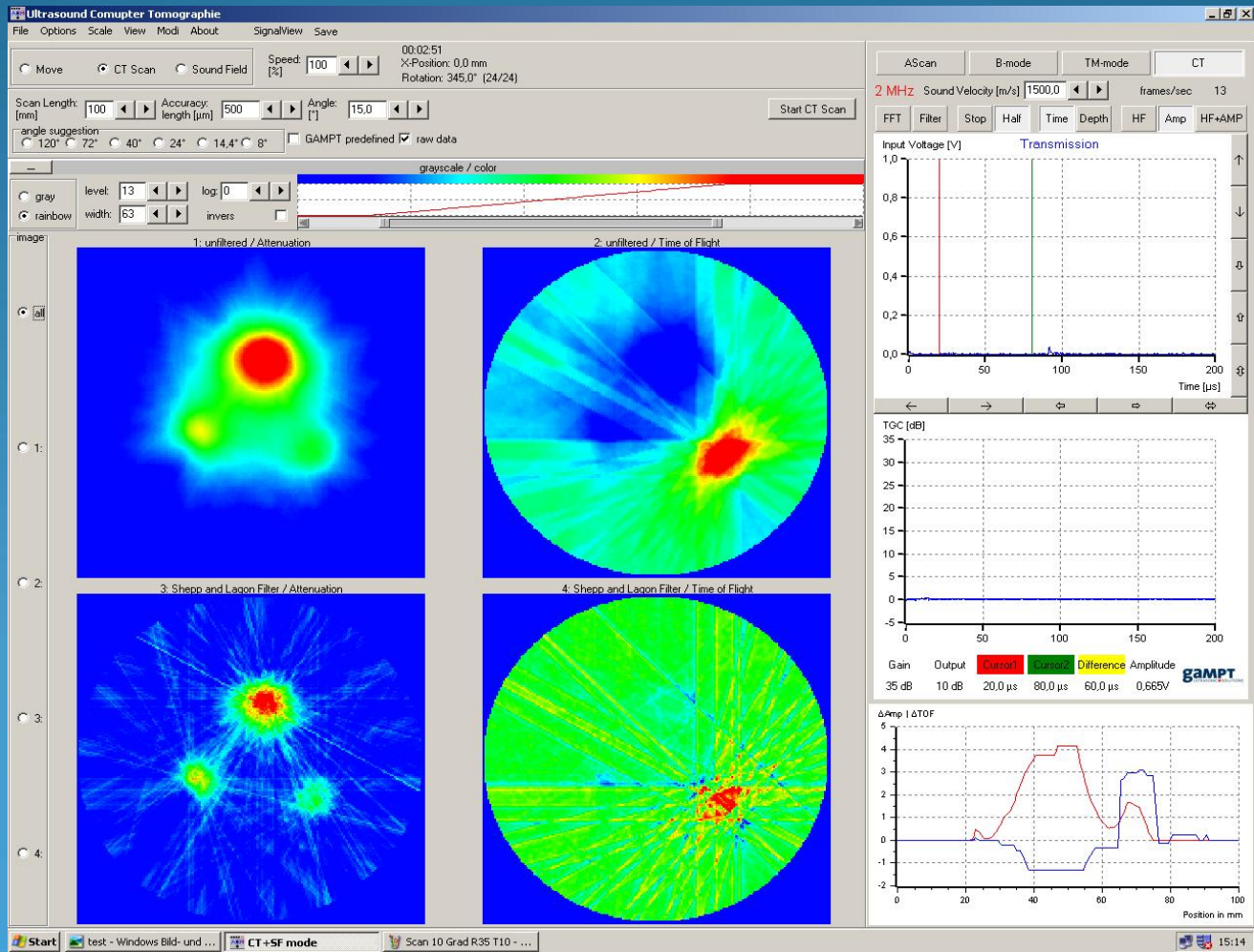


Beste Winkel  
Einstellung



# Auswertung

b) Bei der 2MHz- Sonde:



Beste Winkel  
Einstellung



# Versuche an ausgewählten Objekten



# 1. Objekt

**Ultrasound Computer Tomographie**

File Options Scale View Modi About SignalView Save

Move  CT Scan  Sound Field
 Speed: 100 [%]
00:02:51
X-Position: 0.0 mm
Rotation: 345.0° (24/24)

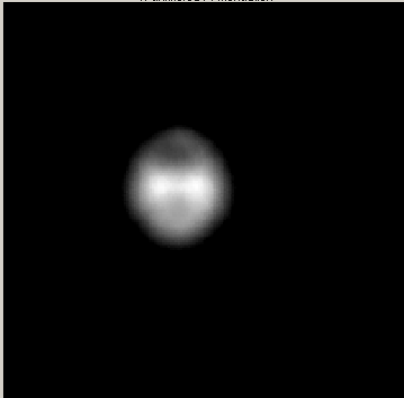
Scan Length: 100 [mm] Accuracy: 500 [µm] Angle: 15.0 [°] Start CT Scan

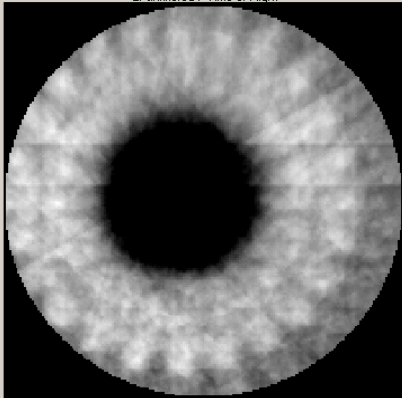
angle suggestion:  120°  72°  40°  24°  14.4°  8°
  GAMPT predefined  raw data

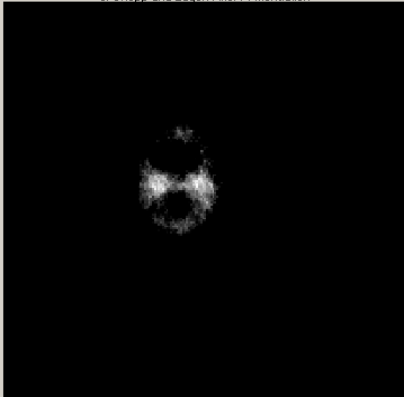
grayscale / color  
 gray level: 57 log: 0  
 rainbow width: 43 invers

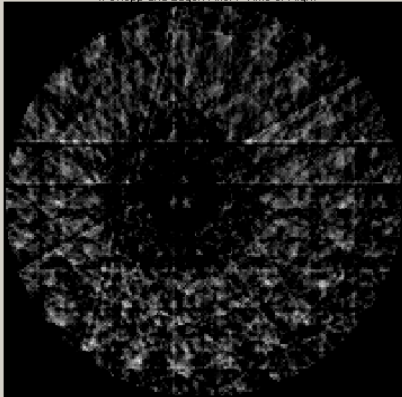
image: 1: unfiltered / Attenuation 2: unfiltered / Time of Flight

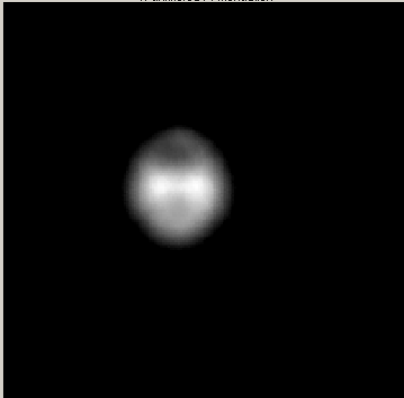
all

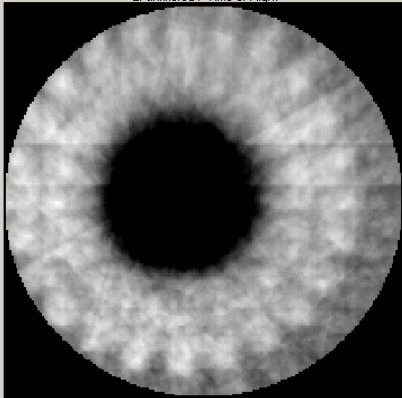
1: 

2: 

3: Shepp and Lacon Filter / Attenuation 

4: Shepp and Lacon Filter / Time of Flight 

3: 

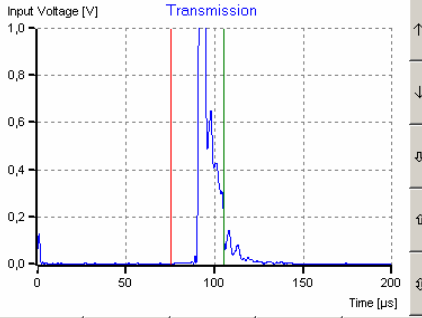
4: 

AScan B-mode TM-mode CT

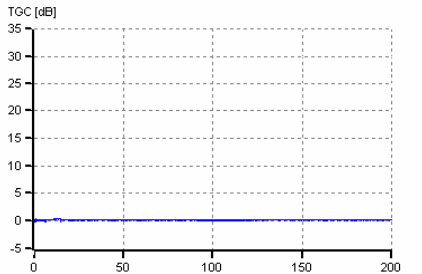
1 MHz Sound Velocity [m/s] 1500.0 frames/sec 15

FFT Filter Stop Half Time Depth HF Amp HF+AMP

Input Voltage [V] Transmission



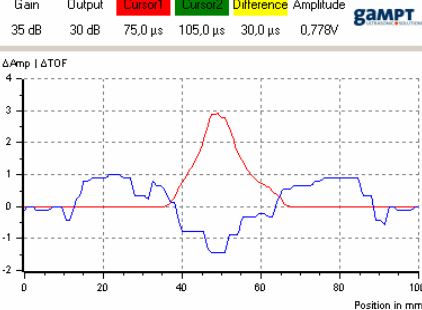
TOC [dB]



Gain	Output	Cursor1	Cursor2	Difference	Amplitude
35 dB	30 dB	75.0 µs	105.0 µs	30.0 µs	0.778V

**GAMPT**

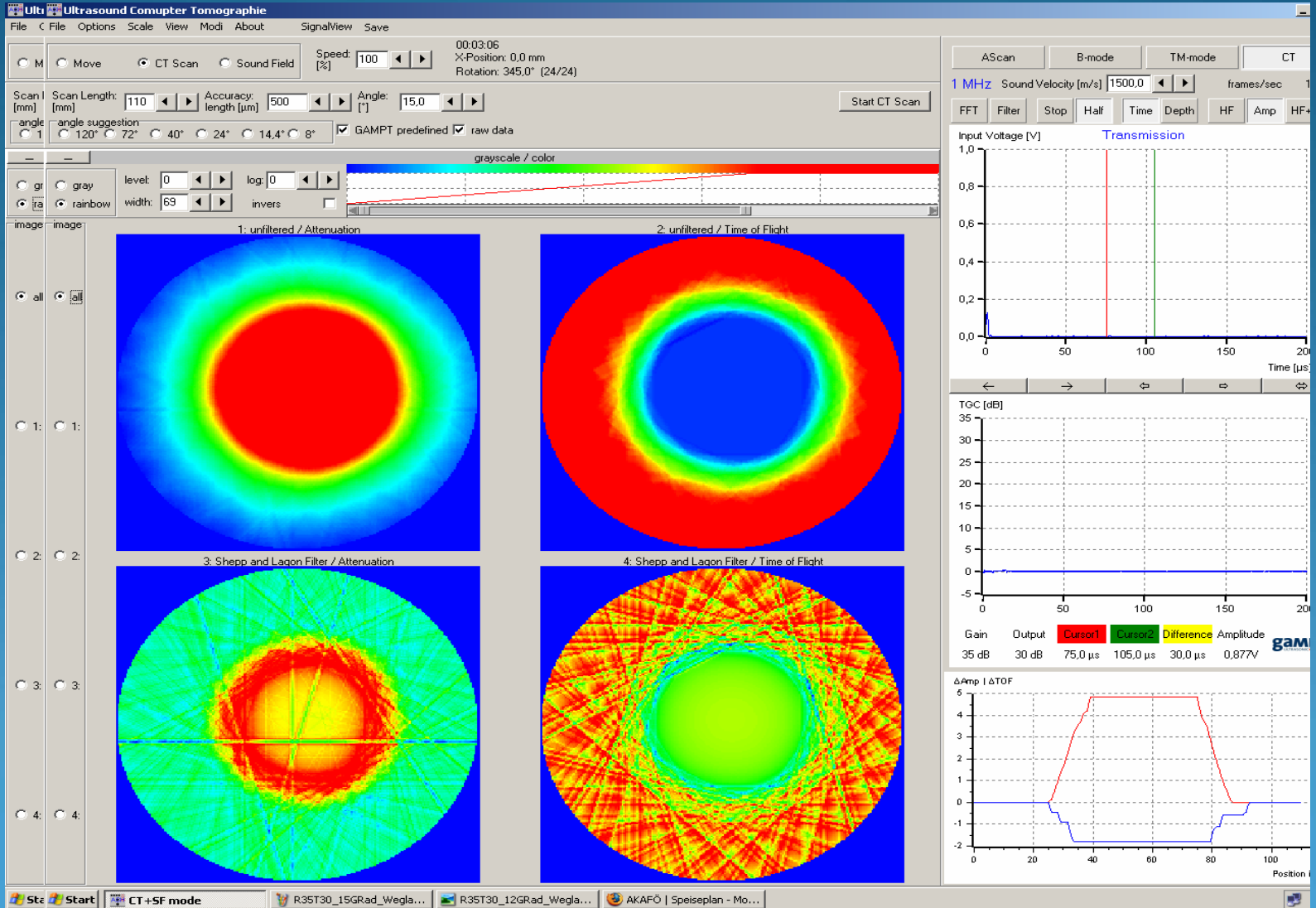
ΔAmp | ΔTOF



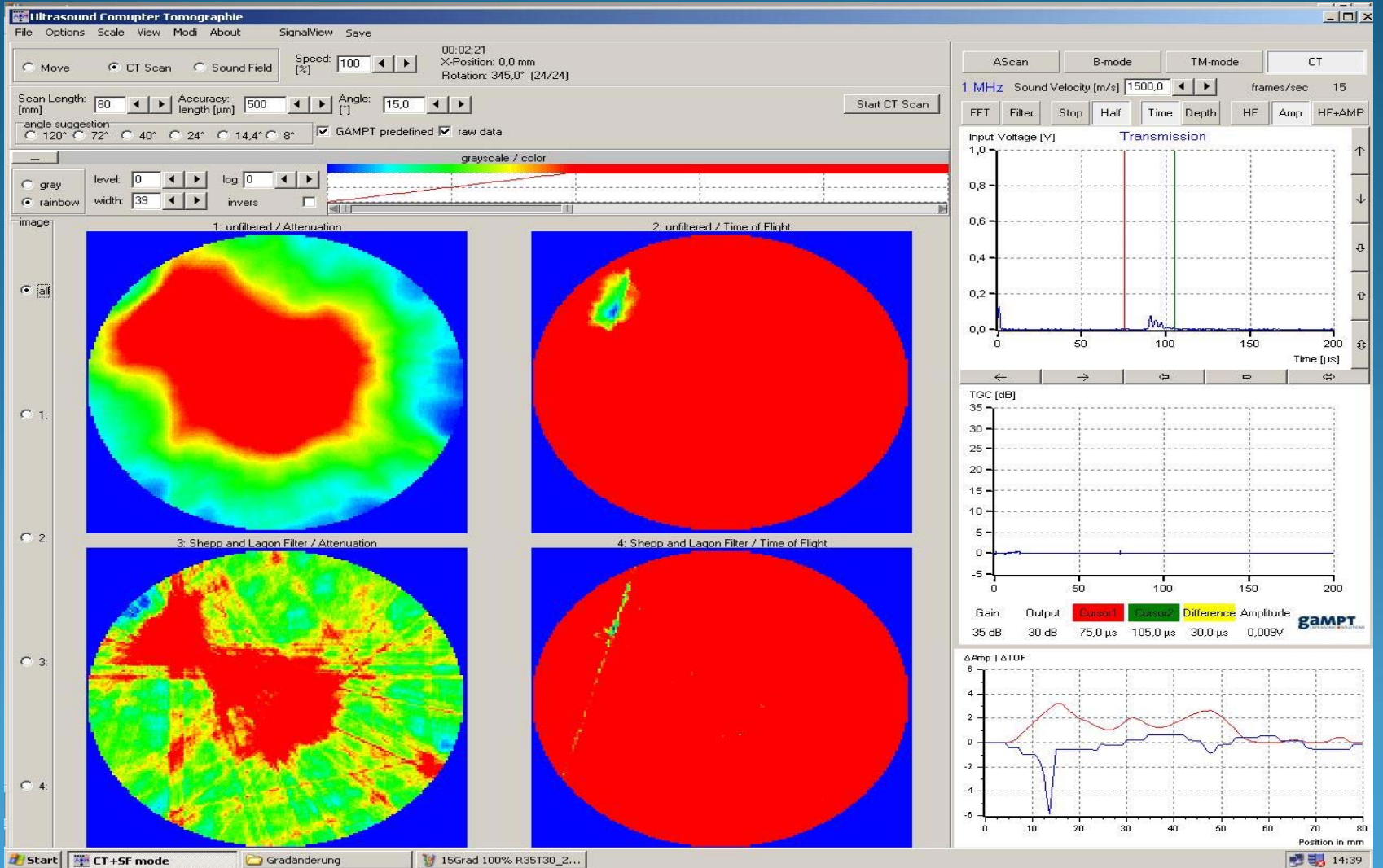
Position in mm

Start CT+SF mode esel 100% Original - Paint 13:17

# 2. Objekt



# 3. Objekt





# 4. Objekt

**Ultrasound Computer Tomographie**

File Options Scale View Modi About SignalView Save

00:02:21  
X-Position: 0,0 mm  
Rotation: 345,0° (24/24)

Move  CT Scan  Sound Field

Speed: [100] [%]

Scan Length: [80] [mm] Accuracy: length [500] [µm] Angle: [15,0] [°]

angle suggestion:  120°  72°  40°  24°  14,4°  8°  GAMPT predefined  raw data

level: [28] log: [-1] width: [72] invers

image:  all

1: unfiltered / Attenuation

2: unfiltered / Time of Flight

3: Shepp and Logan Filter / Attenuation

4: Shepp and Logan Filter / Time of Flight

AScan B-mode TM-mode CT

1 MHz Sound Velocity [m/s] [1500,0] frames/sec 14

FFT Filter Stop Half Time Depth HF Amp HF+AMP

Input Voltage [V] Transmission

TGC [dB]

Gain	Output	Cursor1	Cursor2	Difference	Amplitude
35 dB	30 dB	75,0 µs	105,0 µs	30,0 µs	1,000V

ΔAmp | ΔTOF

Start AKAFÖ | Speiseplan - Mo... CT+SF mode

12:05

# 5. Objekt

**Ultrasound Computer Tomographie**

File Options Scale View Modi About SignalView Save

Speed: [%] 100 00:03:06  
 X-Position: 0,0 mm  
 Rotation: 345,0° (24/24)

Scan Length: [mm] 110 Accuracy: length [µm] 500 Angle: [°] 15,0 Start CT Scan

angle suggestion: 120° 72° 40° 24° 14,4° 8°  GAMPT predefined  raw data

level: 8 log: 0 grayscale / color  
 width: 49 logarithm colour scale (e<sup>x</sup>)

image: 1: unfiltered / Attenuation 2: unfiltered / Time of Flight

3: Shepp and Lagon Filter / Attenuation 4: Shepp and Lagon Filter / Time of Flight

AScan B-mode TM-mode CT

1 MHz Sound Velocity [m/s] 1500,0 frames/sec 15

FFT Filter Stop Half Time Depth HF Amp HF+AMP

Input Voltage [V] Transmission

TGC [dB]

Gain Output Cursor1 Cursor2 Difference Amplitude

35 dB	30 dB	75,0 µs	105,0 µs	30,0 µs	0,113V
-------	-------	---------	----------	---------	--------

gAMPT

ΔAmp | ΔTOF

Position in mm

Start CT+SF mode R35T30\_15Grad\_Wegla... 11:08

# 1. Objekt Der Esel

**Ultrasound Computer Tomographie**

File Options Scale View Modi About SignalView Save

Speed: 100 [%] 00:02:51  
X-Position: 0.0 mm  
Rotation: 345.0° (24/24)

Scan Length: 100 [mm] Accuracy: length [µm] 500 Angle: 15.0 [°]  
Start CT Scan

angle suggestion: 120° 72° 40° 24° 14.4° 8°  
 GAMPT predefined  raw data

level: 57 log: 0  
width: 43 invers

image: 1: unfiltered / Attenuation 2: unfiltered / Time of Flight

all

1: 2: 3: 4:

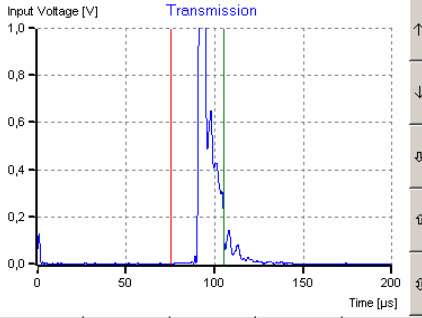
3: Shepp and Logan Filter / Attenuation 4: Shepp and Logan Filter / Time of Flight

AScan B-mode TM-mode CT

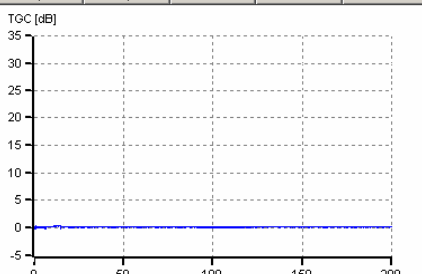
1 MHz Sound Velocity [m/s] 1500.0 frames/sec 15

FFT Filter Stop Half Time Depth HF Amp HF+AMP

Input Voltage [V] Transmission



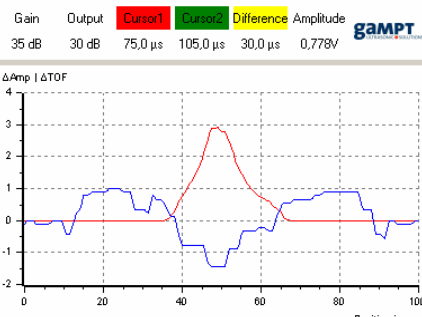
TOC [dB]



Gain	Output	Cursor1	Cursor2	Difference	Amplitude
35 dB	30 dB	75.0 µs	105.0 µs	30.0 µs	0.778V

**GAMPT**

ΔAmp | ΔTOF



Position in mm

Start CT+SF mode esel 100% Original - Paint 13:17

# 2. Objekt → Schaumstoffball

**Ultrasound Computer Tomography**

File C File Options Scale View Modi About SignalView Save

Speed: 100 [%] 00:03:06  
X-Position: 0,0 mm  
Rotation: 345,0° (24/24)

Scan Length: 110 [mm] Accuracy: 500 [length [μm]] Angle: 15,0 [°]  
angle suggestion: 120° 72° 40° 24° 14,4° 8°  GAMPT predefined  raw data

gr gray level: 0 log: 0  
ra rainbow width: 69 invers

1: unfiltered / Attenuation 2: unfiltered / Time of Flight  
3: Shepp and Logan Filter / Attenuation 4: Shepp and Logan Filter / Time of Flight

AScan B-mode TM-mode CT  
1 MHz Sound Velocity [m/s] 1500,0 frames/sec  
FFT Filter Stop Half Time Depth HF Amp HF+

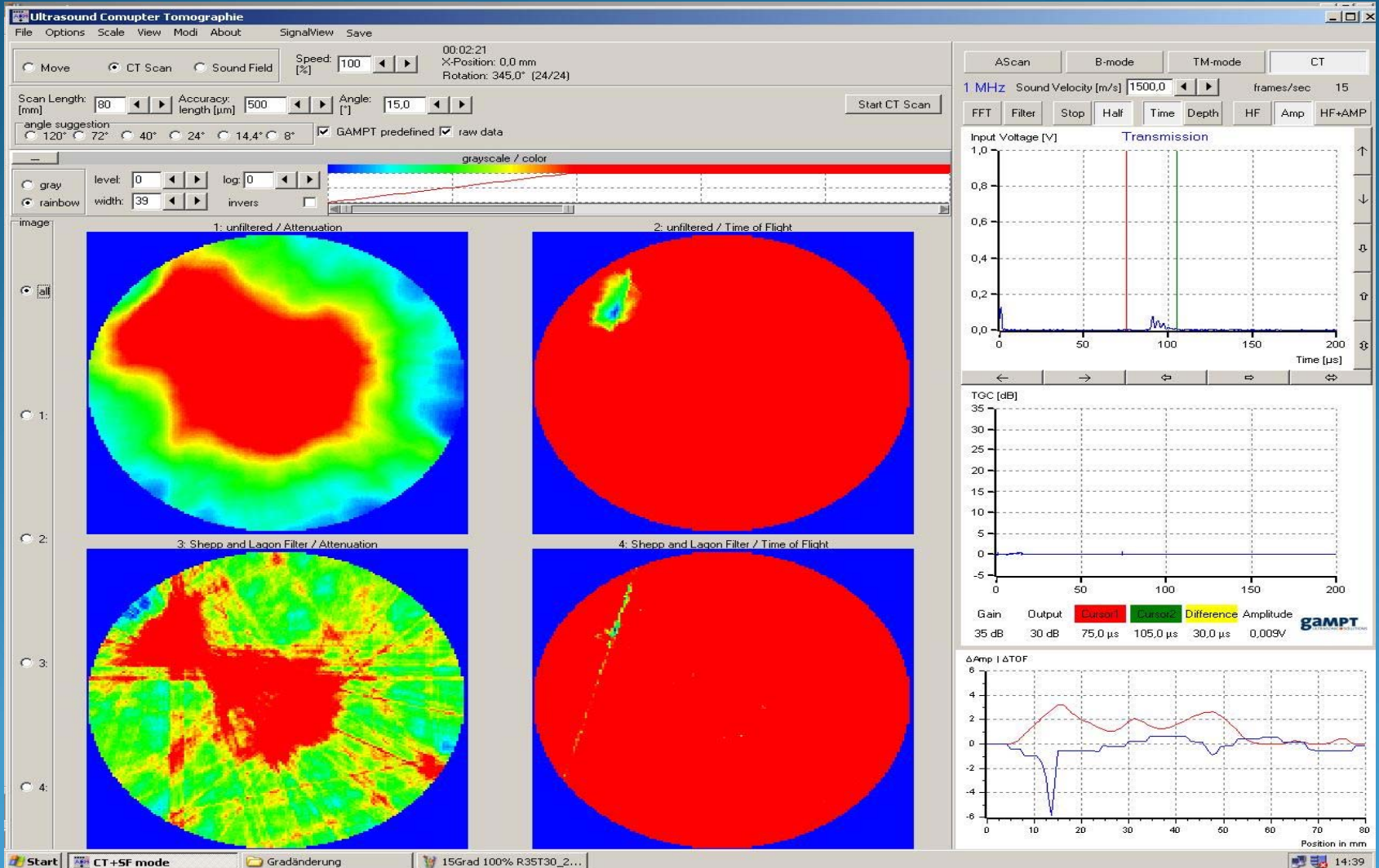
Input Voltage [V] Transmission  
1,0  
0,8  
0,6  
0,4  
0,2  
0,0  
0 50 100 150 200  
Time [μs]

TGC [dB]  
35  
30  
25  
20  
15  
10  
5  
0  
-5  
0 50 100 150 200

Gain Output Cursor1 Cursor2 Difference Amplitude  
35 dB 30 dB 75,0 μs 105,0 μs 30,0 μs 0,877V gam

ΔAmp | ΔTOF  
5  
4  
3  
2  
1  
0  
-1  
-2  
0 20 40 60 80 100  
Position [mm]

# 3. Objekt Die Schildkröte



# 4. Objekt → Die Kristallkugel

**Ultrasound Computer Tomographie**

File Options Scale View Modi About SignalView Save

00:02:21  
X-Position: 0,0 mm  
Rotation: 345,0° (24/24)

Move  CT Scan  Sound Field Speed: 100 [%]

Scan Length: 80 [mm] Accuracy: length [µm] 500 Angle: 15,0 [°]  
angle suggestion:  120°  72°  40°  24°  14,4°  8°  GAMPT predefined  raw data

level: 28 log: -1  
width: 72 invers

grayscale / color

image:  all

1: unfiltered / Attenuation  
2: unfiltered / Time of Flight  
3: Shepp and Lagon Filter / Attenuation  
4: Shepp and Lagon Filter / Time of Flight

AScan B-mode TM-mode CT

1 MHz Sound Velocity [m/s] 1500,0 frames/sec 14

FFT Filter Stop Half Time Depth HF Amp HF+AMP

Input Voltage [V] Transmission

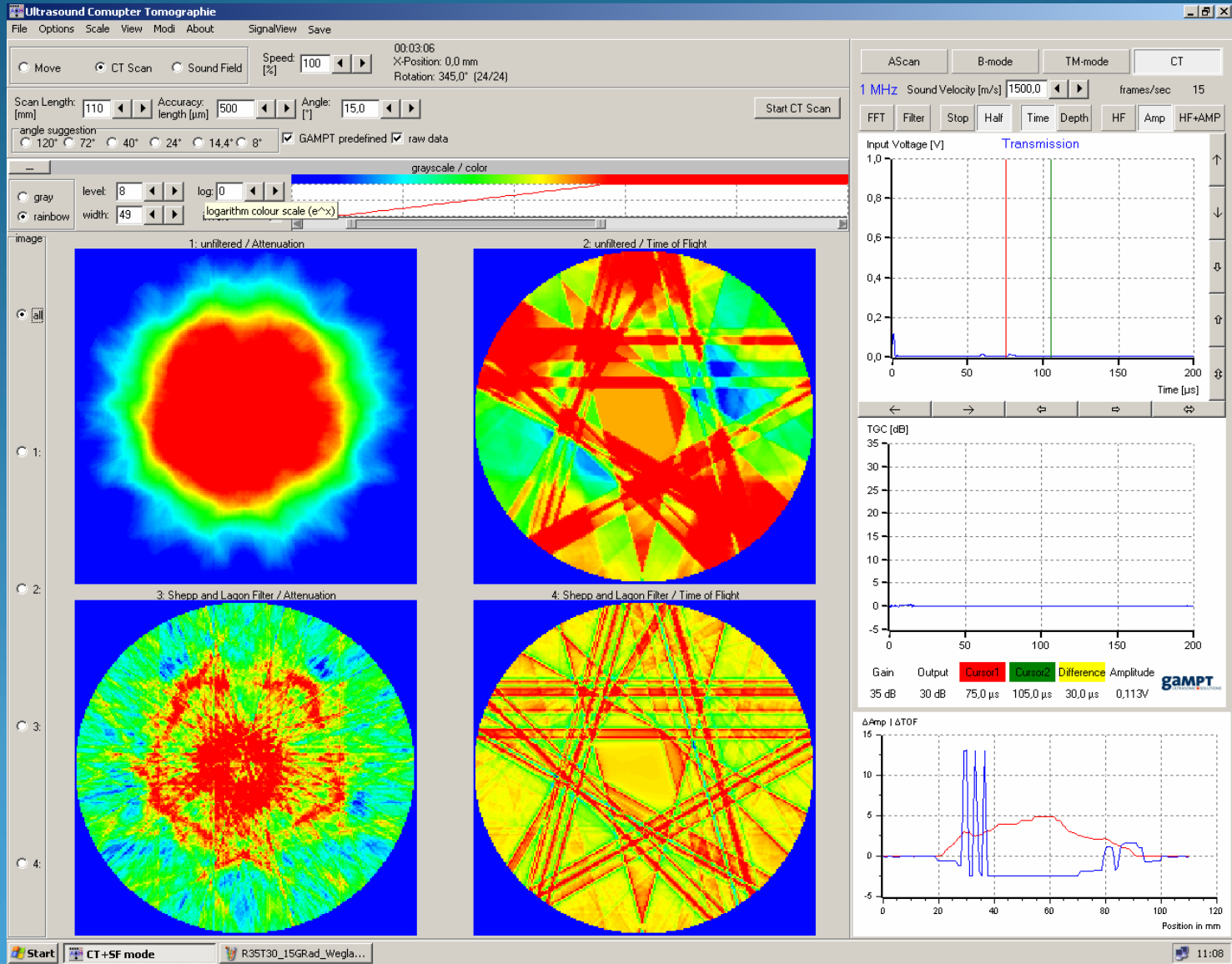
TGC [dB]

Gain	Output	Cursor1	Cursor2	Difference	Amplitude
35 dB	30 dB	75,0 µs	105,0 µs	30,0 µs	1,000V

ΔAmp | ΔTOF

Start AKAFÖ | Speiseplan - Mo... CT+SF mode 12:05

# 5. Objekt → Der Stern



# Verbesserungen am Aufbau

- Wasserbecken im Gestell befestigen
- wackeliges Gestell
- Sonden verstellbar
- Objektstangen kürzen
- Bedienungsanleitung



# Ausblick für neue Projekte

3D Scan: Datenexport + Programmierung zur Entwicklung  
eines 3D Scans

# Ausblick für Schülerprojekte

Grundlegende Idee:

- Grundverständnis von Wellen vermitteln
- Wie arbeitet man mit Ultraschall?
- Erkennen der Struktur von Gegenständen

# Ausblick für Schülerprojekte

Aufbau:

- Powerpoint Präsentation
  - ➔ Grundlagen + Einführung in Software
- selbstständige Versuche: „wo ist was drin?“ (wo ist der Tumor?)
- „kreative Phase“ (freie Versuche)
- Abschlussrunde (Plakate/ Besprechung/...)