

Entwicklung einer Dopplerinstrumentierung zur Detektion von Luftembolien in einem künstlichen Blutkreislauf

Andreas Rehn

Fakultät Mechatronik und Medizintechnik
Hochschule Ulm

04. November 2015



über mich



Andreas Rehn

- ▶ B.Eng Mechatronik
- ▶ cand. M.Eng. Systems Engineering and Management

Agenda

Einleitung

Dedektion von Embolien mittels Ultraschall

Stand der Technik

Probleme und Motivation

Agenda

Einleitung

Dedektion von Embolien mittels Ultraschall

Stand der Technik

Probleme und Motivation

Konzept der Dopplerinstrumentierung

Vergleich konventionelle analoge und Hilbert transformierte

Demodulation

Signalverarbeitung

Peripherie

Agenda

Einleitung

- Dedektion von Embolien mittels Ultraschall
- Stand der Technik
- Probleme und Motivation

Konzept der Dopplerinstrumentierung

- Vergleich konventionelle analoge und Hilbert transformierte Demodulation
- Signalverarbeitung
- Peripherie

Ergebnisse

- Hardware
- Logik und Software

Agenda

Einleitung

- Dedektion von Embolien mittels Ultraschall
- Stand der Technik
- Probleme und Motivation

Konzept der Dopplerinstrumentierung

- Vergleich konventionelle analoge und Hilbert transformierte Demodulation
- Signalverarbeitung
- Peripherie

Ergebnisse

- Hardware
- Logik und Software

Potenzial und Ausblick

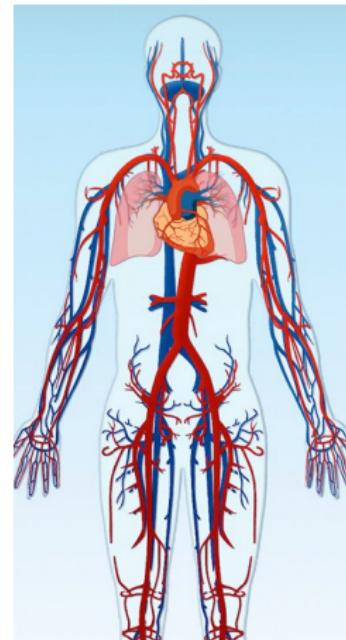
Embolien

Arten

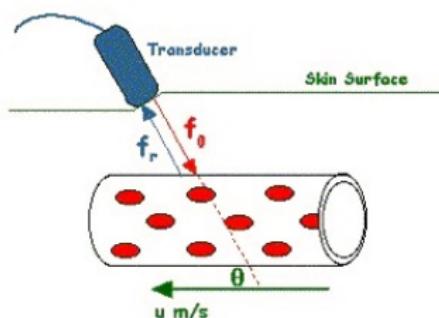
- ▶ Luft- / Gasembolie
- ▶ Tromboembolie
- ▶ Fettembolie

Folgen

- ▶ minderperfundierte Gewebestrukturen
- ▶ Tod



Dedektion von Embolien mittels Ultraschall



Strömungsprofilmittlung basierend
auf Doppereffekt

$$\Delta f = f_0 - f = \frac{2f_0 \cdot \cos(\theta)}{v}$$

$$v = \frac{2f_0 \cdot \cos(\theta)}{\Delta f}$$

Strömungsprofile

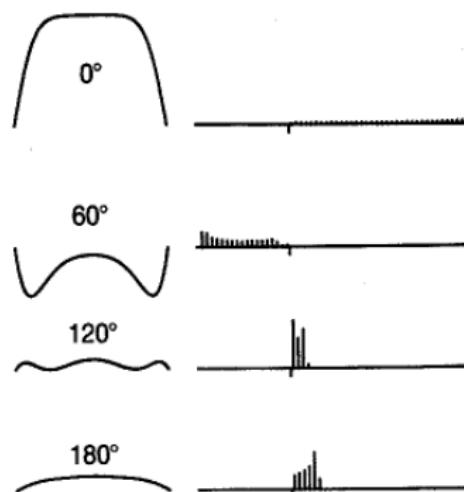


Abbildung: Beispiel Arteria femoralis

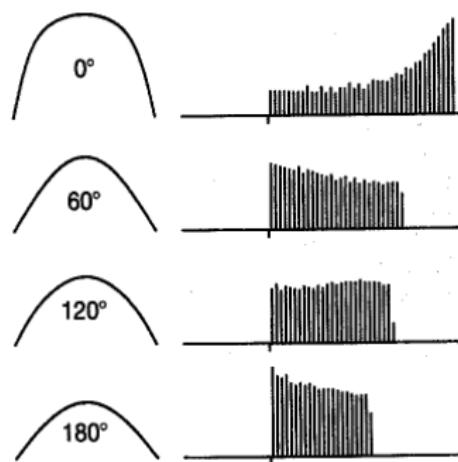


Abbildung: Beispiel Arteria carotis communis

Dedektion von Embolien mittels Ultraschall

Strömungsprofil als Spektrogramm

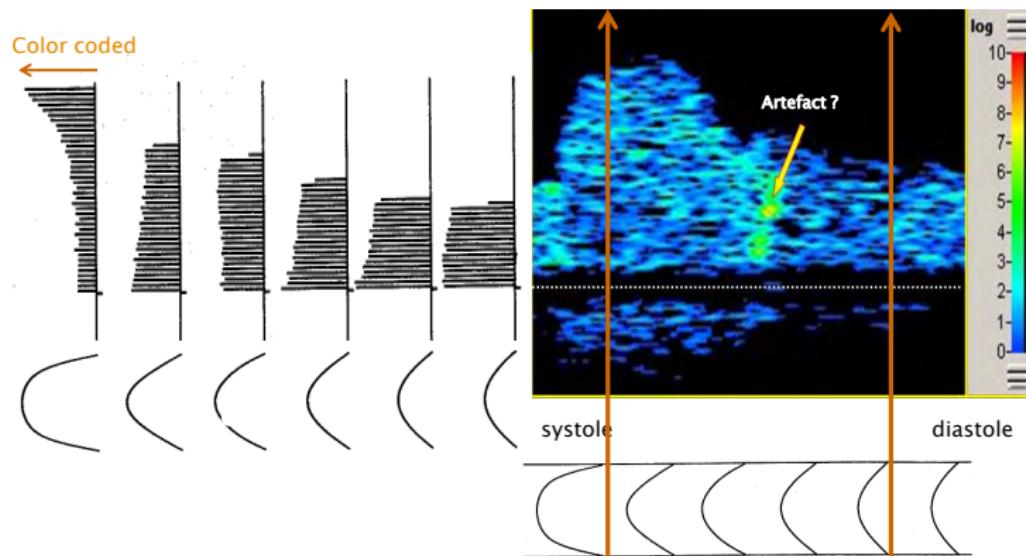


Abbildung: Arteria carotis communis

pulsed wave Ultrasonic Doppler - analoge Umsetzung I

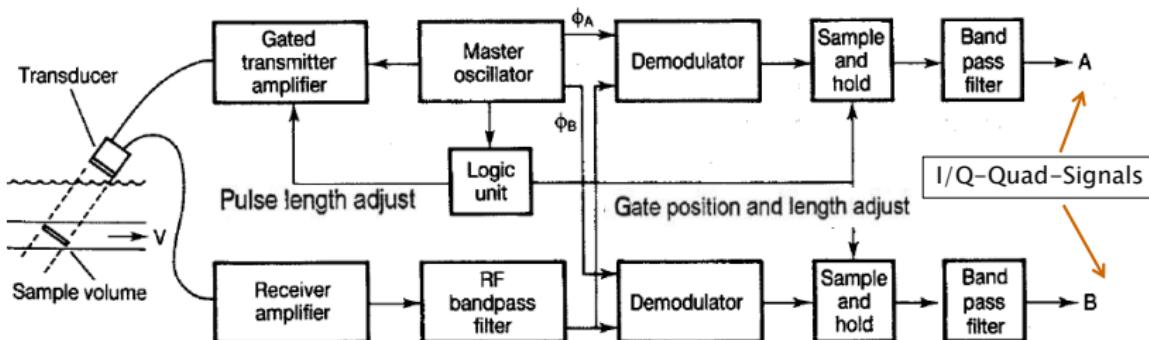


Abbildung: Block Diagramm eines analogen PW Doppler Systems

- ✓ longitudinale Ausbreitung
- ✓ Frequenzen von 2 bis 8 MHz
- ✓ variable Energie/-dichte
- ✓ Gewebetiefen bis 80 mm

pulsed wave Ultrasonic Doppler - analoge Umsetzung II

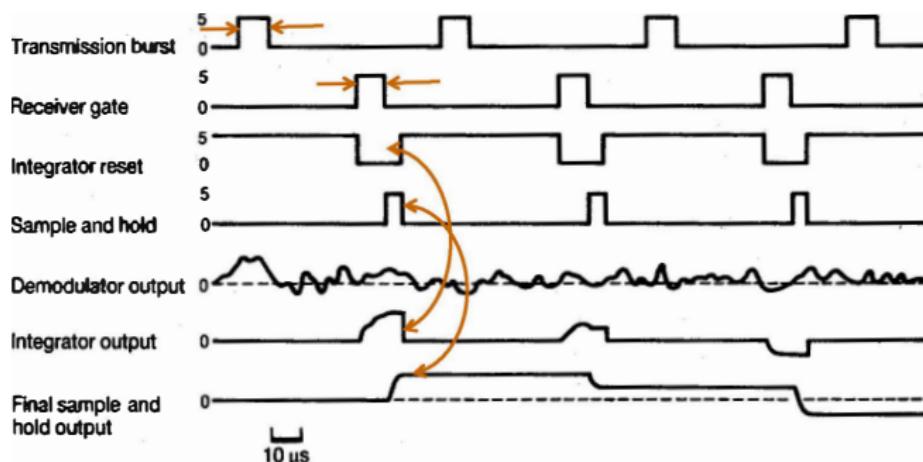


Abbildung: Ereignis-Zeitdiagramm für die Verarbeitung eines analogen Demodulatorausgangs

Visualisierung I

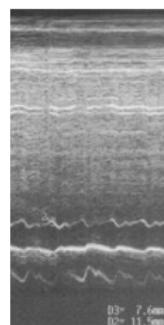
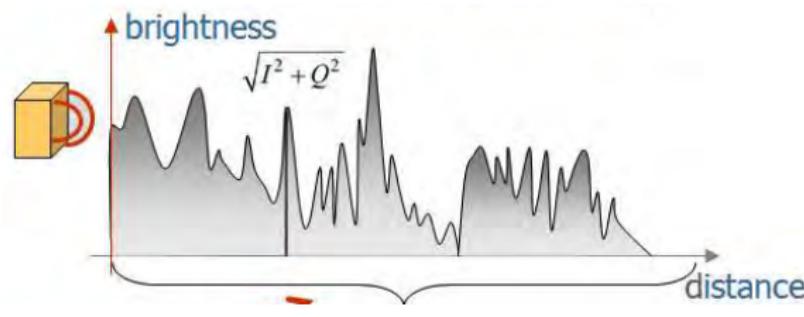


Abbildung: Hüllkurve - Amplitude der I/Q-Signale

Abbildung:
B-Mode

Visualisierung II

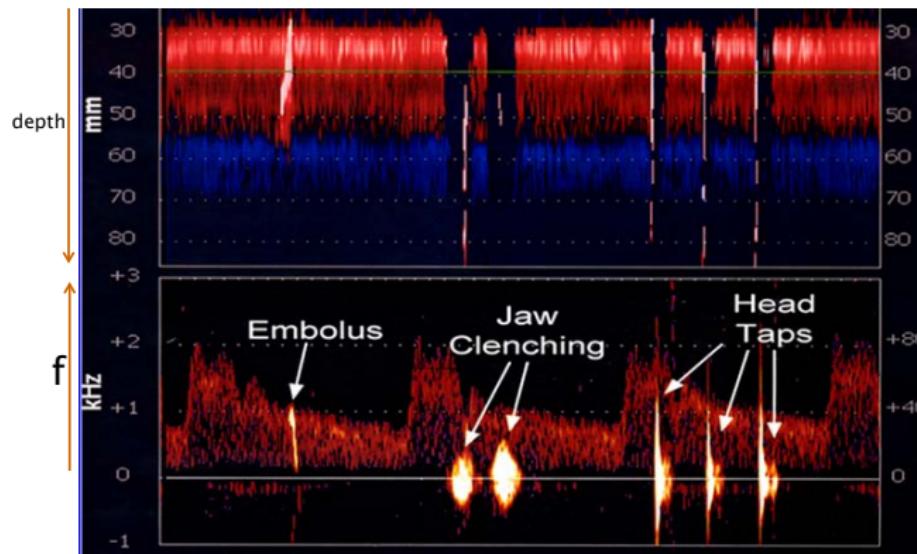


Abbildung: M-Mode mir Doppler Spektrogramm

Probleme

- ▶ geringer Detailgrad pro Kanal
- ▶ Detailgrad der Hüllkurve bedingt durch Kanalanzahl
- ▶ B-/M-Mode durch hohen Hardwareaufwand realisierbar

Motivation

- ▶ Erkennung von Embolien durch Hüllkurve
- ▶ M-Mode Darstellung für die schnelle Tiefenselektion
- ▶ Reduzierung der Anschaffungskosten

Vergleich konventionelle analoge und Hilbert transformierte Demodulation

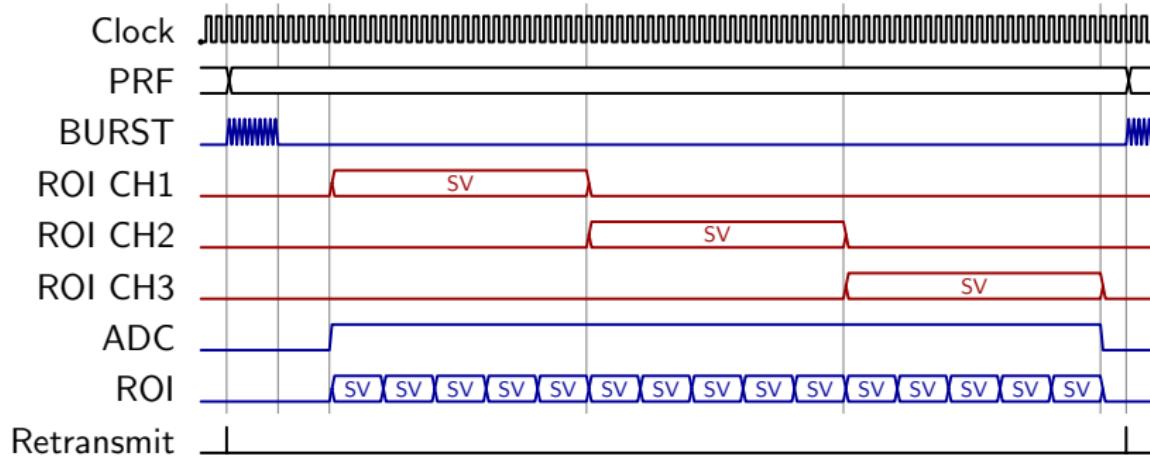
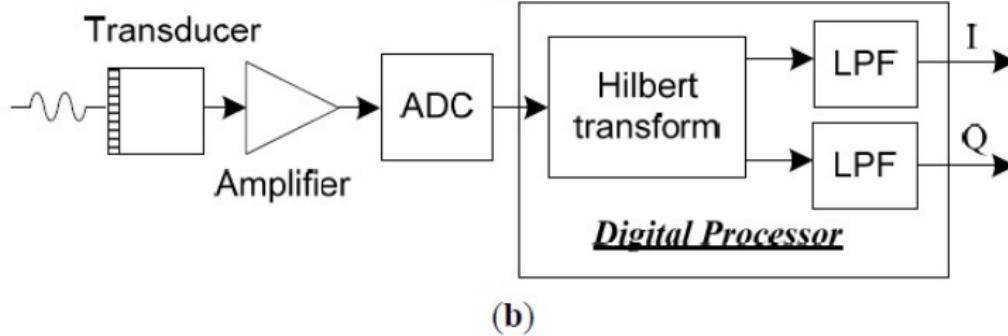
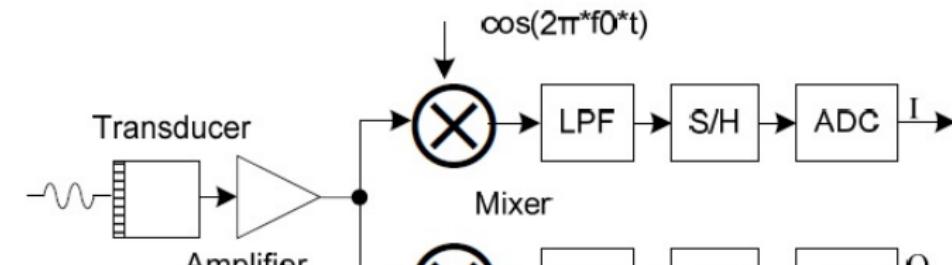
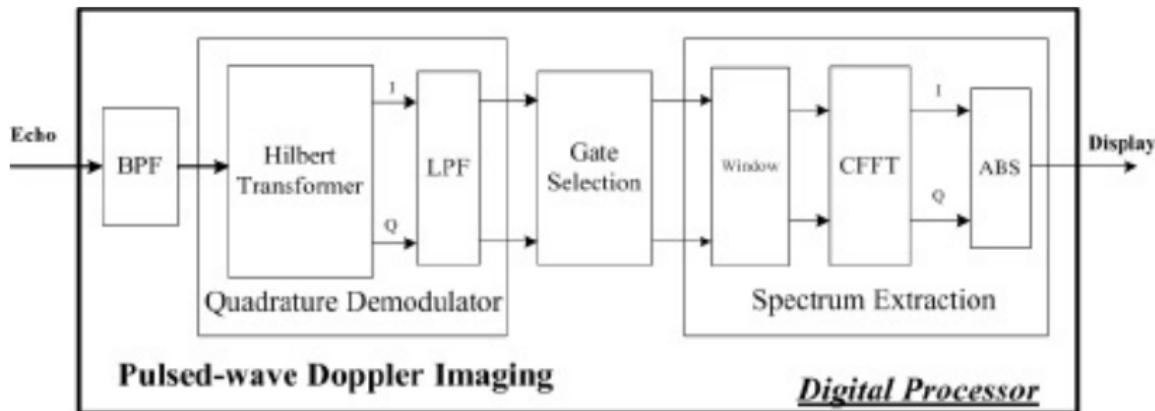


Abbildung: Ereignis-Zeitdiagramm

Vergleich konventionelle analoge und Hilbert transformierte Demodulation



Signalverarbeitung



CPLD / Lattice MachXO2

- ▶ Zustandsautomat mit Peripherieansteuerung
- ▶ Hilbert transformierte Demodulation + Tiefpassfilter
- ▶ Zwischenspeicher

ARM Cortex-M4/M0

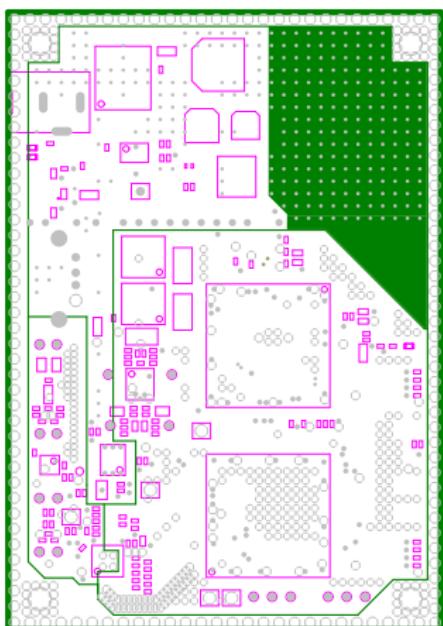
- ▶ Schnittstelle zwischen PC und CPLD
- ▶ HS USB 2.0 für die Bewältigung der M-Mode Datenmenge

Transmitter

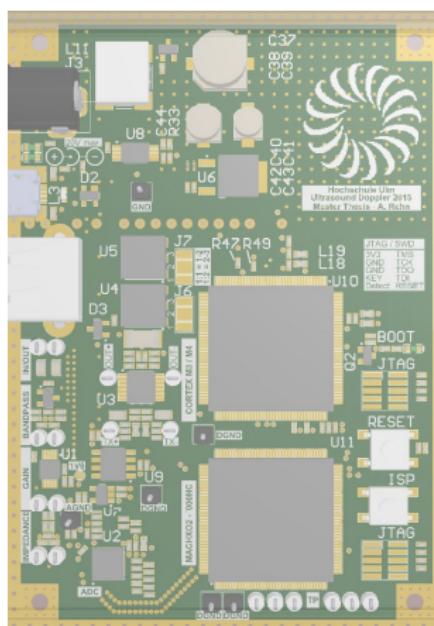
Platine



Platinenoberseite

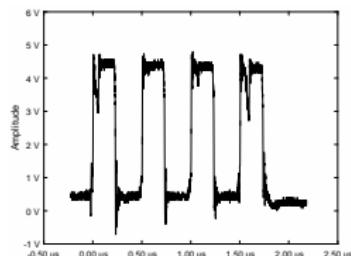


(a) Ground Plane

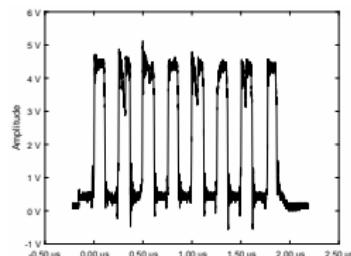


(b) animiert

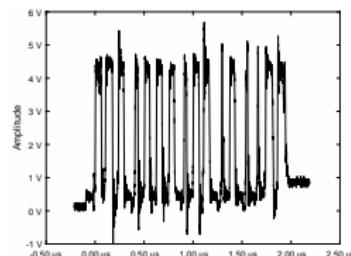
Transmitter



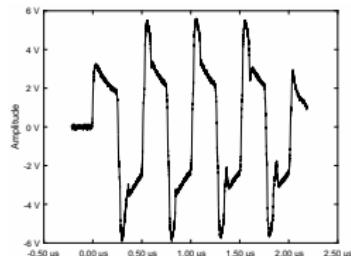
(c) 2 MHz xDSL Signal



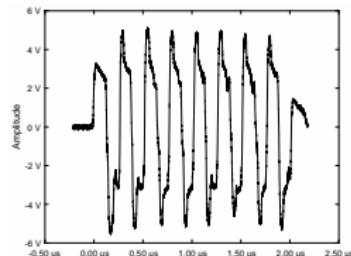
(d) 4 MHz xDSL Signal



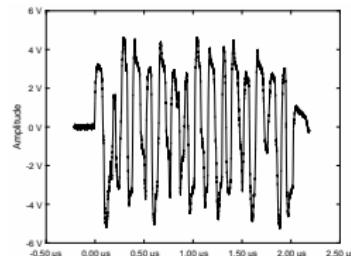
(e) 8 MHz xDSL Signal



(f) 2 MHz Burst



(g) 4 MHz Burst



(h) 8 MHz Burst

Receiver

R_G	Faktor	Verstärkung	SNR
8,6 Ω	20,00	26,0 dB	59,96 dB
39 Ω	9,09	19,2 dB	66,61 dB
82 Ω	5,60	14,9 dB	68,96 dB
100 Ω	4,62	13,3 dB	69,87 dB
150 Ω	3,45	10,7 dB	71,30 dB
220 Ω	2,06	6,3 dB	71,86 dB

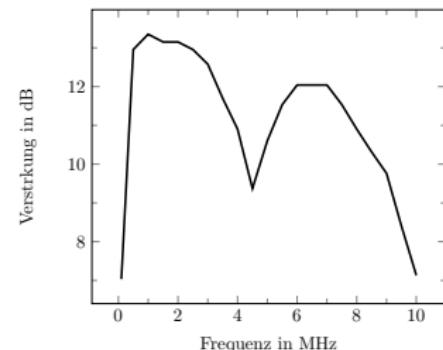


Tabelle: SNR in Abhängigkeit der Verstärkung und Widerstand R_G

Abbildung: Verstärkung der gesamten Receiververmoduls

Datenübertragung

Port	Hub	Maus	MB/s
USB 3.0			38,75
USB 3.0	X		38,875
USB 3.0	X	X	38,50
USB 2.0			34,25
USB 2.0	X		34,00
USB 2.0	X	X	32,875

Tabelle: Datenrate der HS-USB Schnittstelle des LPC4337



Abbildung: Datenübertragung von Zählwerten ohne FIFO

GUI

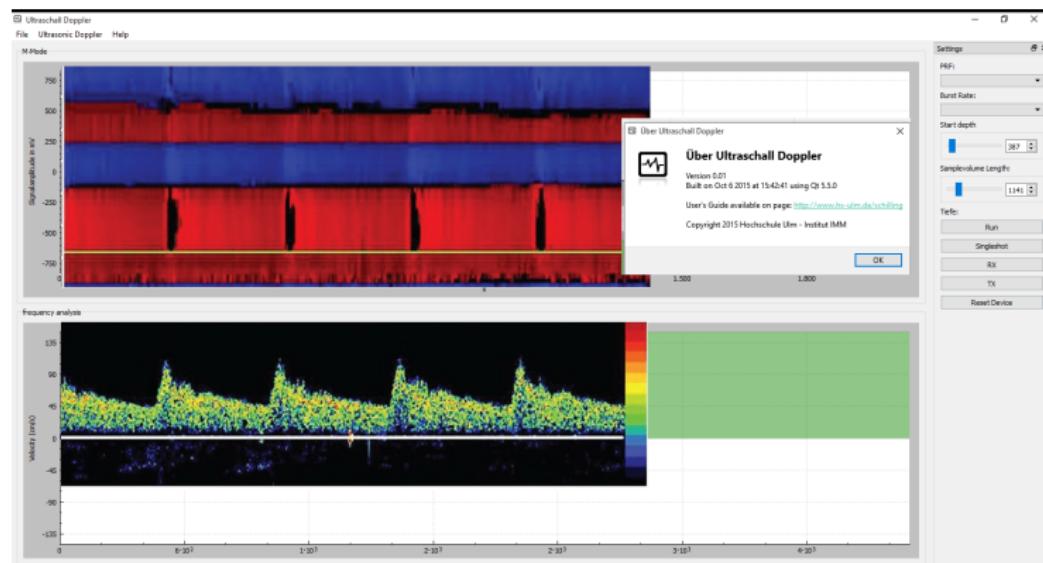
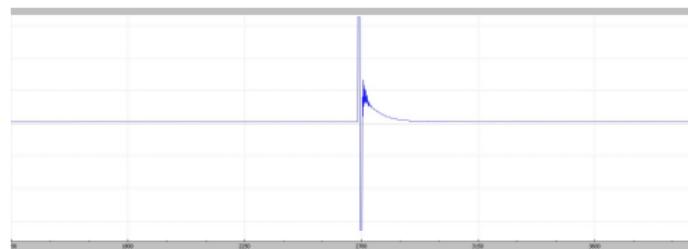
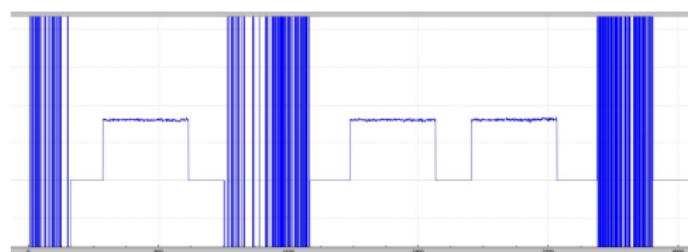


Abbildung: Programm

Visualisierung



(a) single burst



(b) sporadischer Byteshift bei leerem FIFO

Potenzial

- ▶ M-Mode kann durch hohe Datenrate visualisiert werden
- ▶ Erkennung von Embolien möglich
- ▶ Grundlage für weitere Entwicklungen möglich

Ausblick

- ▶ Transmitter separat betrachten und Konzept überdenken
- ▶ Receiver - SNR Optimierung durch Layoutüberarbeitung
- ▶ simulierte Demodulierung implementieren
- ▶ Datenstream zwischen PC und Instrumentierung synchronisieren

Danke für Ihre Aufmerksamkeit!