

Signalanalyse von Ultra Wideband (UWB) Funk für Distanzabschätzungen

Im Forschungsprojekt SOOP wird ein Sensornetzwerk mit einer Lokalisierungsfunktionalität realisiert. Die dem Netz zugrunde liegende Funktechnologie ist Ultra Wideband Radio (UWB), eine impulsbasierte Funktechnik mit einem inhärent breiten Band im Frequenzbereich. Aufgrund der Verwendung von zeitlich sehr kurzen Impulsen (siehe Abbildung 1) anstelle von Trägerwellen wie bei schmalbandigen Funksystemen, ist UWB besonders geeignet für das Abschätzen von Distanzen auf Basis der Signallaufzeit (Time-of-Flight, TOF). Für die Lokalisierung wird ein Satz abgeschätzter Distanzen zu Referenzknoten mit be-

kannter Position verwendet, um die unbekannte Position eines mobilen Sensor-knotens zu berechnen. Je genauer diese Distanzen sind, desto genauer ist die errechnete Position.

Bei freier Sichtverbindung (Line-of-Sight, LOS) zwischen Sender und Empfänger beträgt die Genauigkeit der Distanzabschätzung typischerweise wenige Millimeter. Sobald sich jedoch Objekte (Wände, Personen, Anlagen, komplexe Rohrkonstrukte o. Ä.) zwischen den Sensor- und Referenzknoten befinden, wird die Distanzabschätzung negativ beeinflusst und erhält einen Offset.

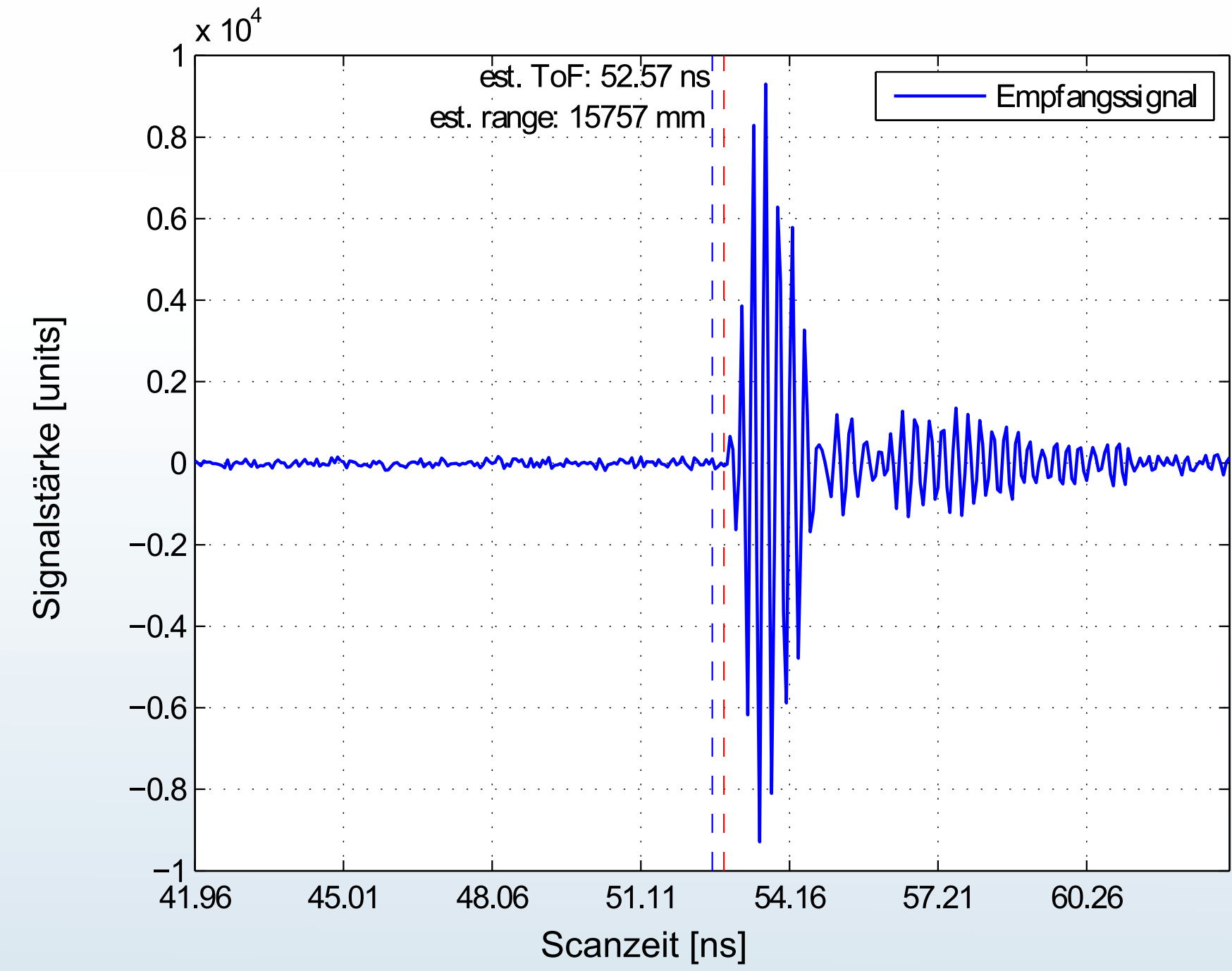


Abb. 1: Ermittelter Eintreffzeitpunkt (blaue Linie) eines realen ungestörten UWB Impulses in einem Outdoor-Szenario bei 15,8 m wahrer Distanz (rote Linie) und freier Sichtverbindung (LOS) \Rightarrow hohe Genauigkeit

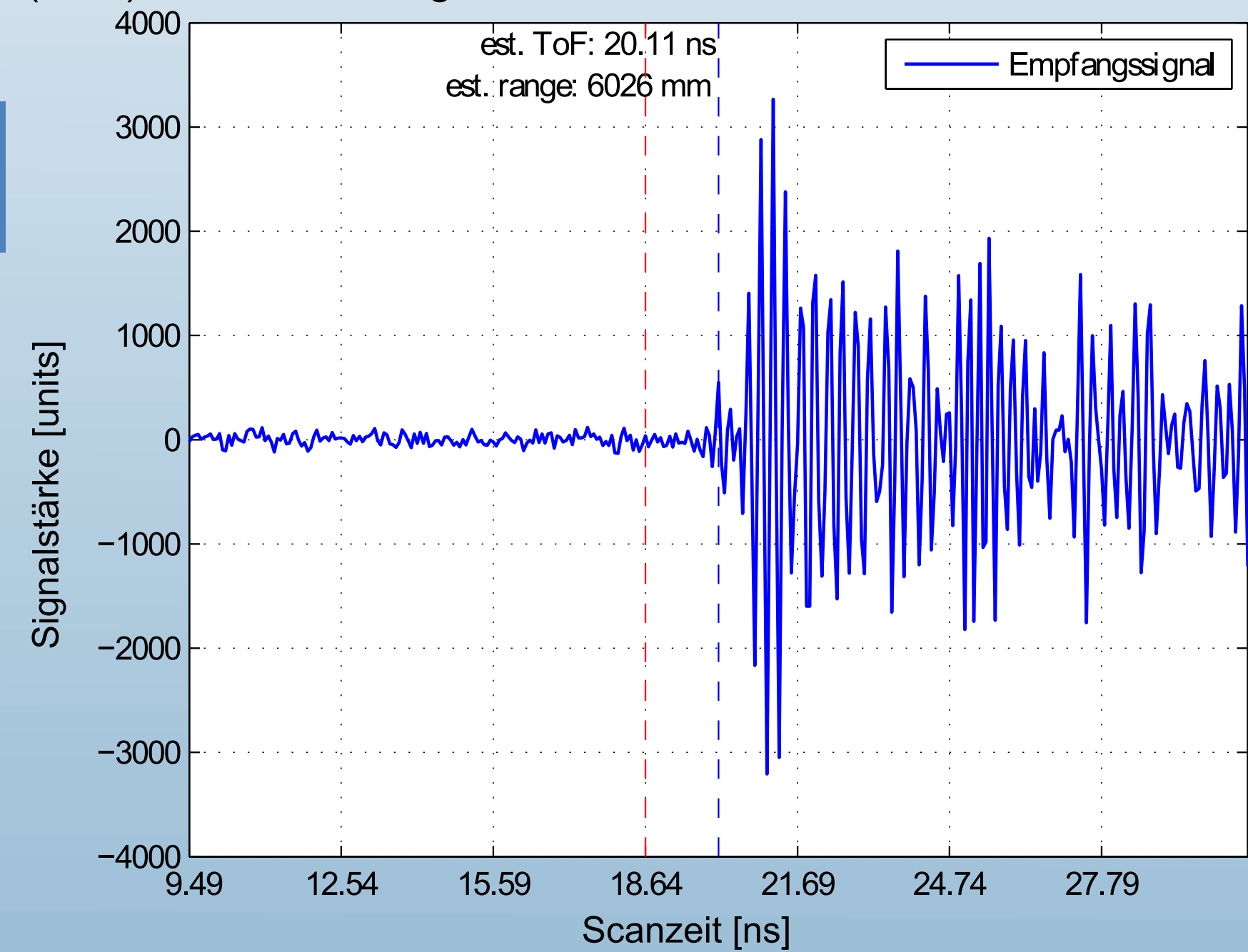


Abb. 2: Ermittelter Eintreffzeitpunkt nach 6,03 m (blaue Linie) eines realen gestörten UWB Impulses (Beugung) in einem Outdoor-Szenario bei 5,59 m wahrer Distanz (rote Linie) und gestörter Sichtverbindung (NLOS) \Rightarrow niedrige Genauigkeit

Non-Line-of-Sight (NLOS) Effekte reduzieren Genauigkeit der Distanzabschätzung

Penetration durch Hindernisse:

Kennzeichen: zeitliche Verzögerung, Deformation der Impulsform, Signalstärke stark gedämpft
Fehlerbeitrag: typischer Offset im Bereich bis ca. 50 cm

Beugung an Hindernissen: (Beispiel siehe Abb. 2)

Kennzeichen: geringe zeitliche Verzögerung, starke Diffusion der Signalanteile, Signalstärke gedämpft
Fehlerbeitrag: typischer Offset im Bereich bis ca. 100 cm

Reflexion an Körpern bzw. um Hindernisse herum:

Kennzeichen: ggf. leichte Veränderung der Impulsform
Fehlerbeitrag: Offset variabel bis zu mehreren Metern

Detektion verzerrter Impulse im Grundrauschen mittels $|E|$ -Korrelation

+ stark gedämpfte Impulse sind oftmals im Grundrauschen verborgen (s. Abb. 6 blau und magenta)

+ Amplituden und Phasenlage der Anteile im Frequenzspektrum (E) werden bei Durchdringung von Materie verändert

Konsequenz: Impulsform im Zeitbereich wird verzerrt (s. Abb. 3)

Annahme: Einfluss auf Phasenspektrum $\arg(E)$ größer als auf Amplitudenspektrum $|E|$ (s. Abb. 4)

+ Stand der Technik: Impulse werden im verrauschten Waveform (Empfangssignal) durch eine **Korrelation** mit dem ausgesandten

Impuls im **Zeitbereich** gesucht (rote Sterne in Abb. 6)

+ neuartiger Algorithmus (s. Abb. 5), basierend auf der **Korrelation** der **Amplitudenspektren** von ausgesendetem Impuls und empfangenen Signal resultiert in einer verbesserten Erkennung

+ Ergebnis des Algorithmus ist ein **Korrelationsverlauf** über das gesamte Signal (s. Abb. 6 schwarz), **Lokale Maxima** (grüne Sterne) markieren Punkte im Signal die (potentiell) verborgene und verzerrte Impulse sind

+ Quantifizierung der Optimierung ist Gegenstand weiterer Untersuchungen

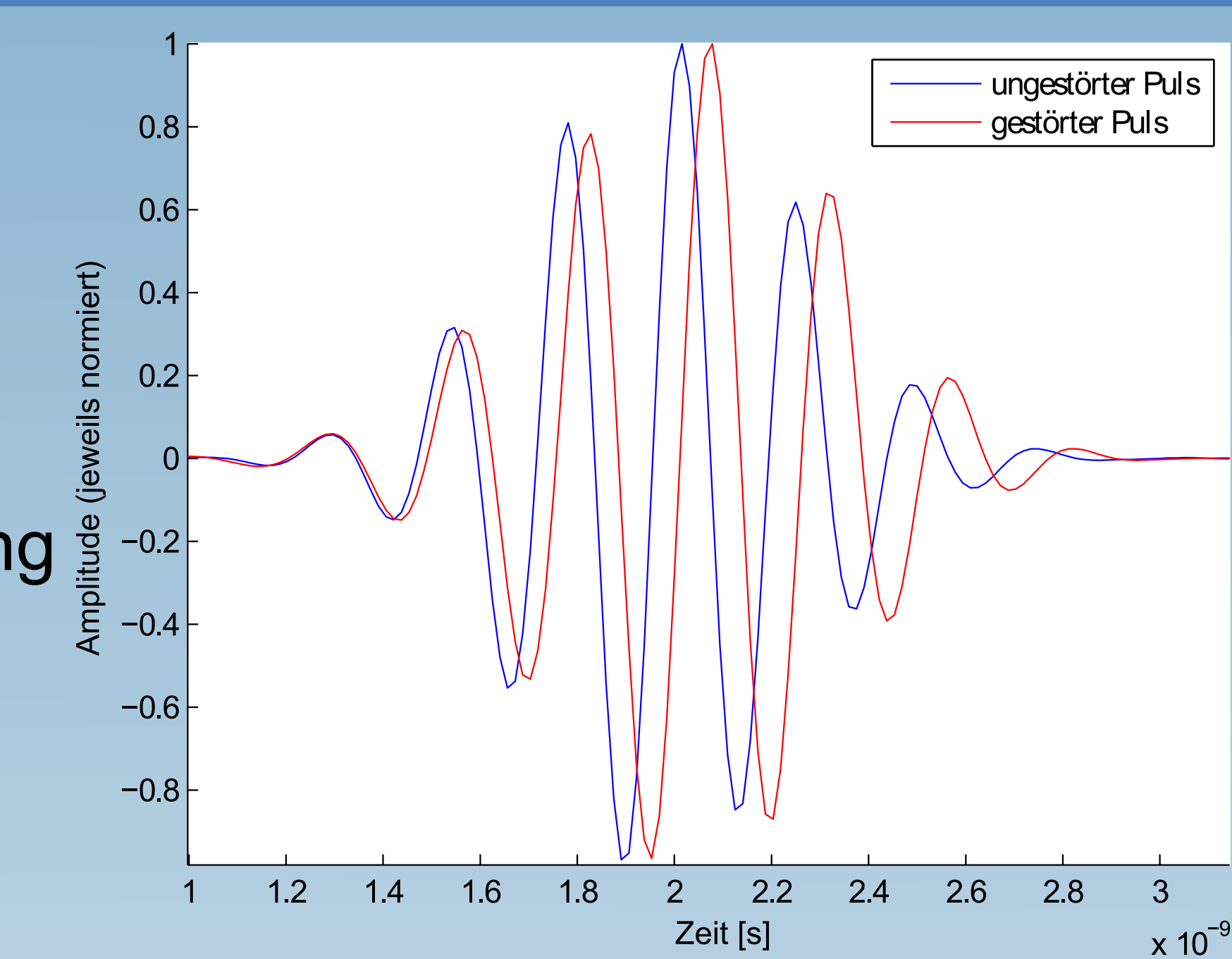


Abb. 3: Synthetische UWB-Impulse in ungestörter Form (blau) und in gestörter Form (rot) nach Durchdringung von 40 cm dickem Mauerwerk (Deformierung durch zeitl. Strecken)

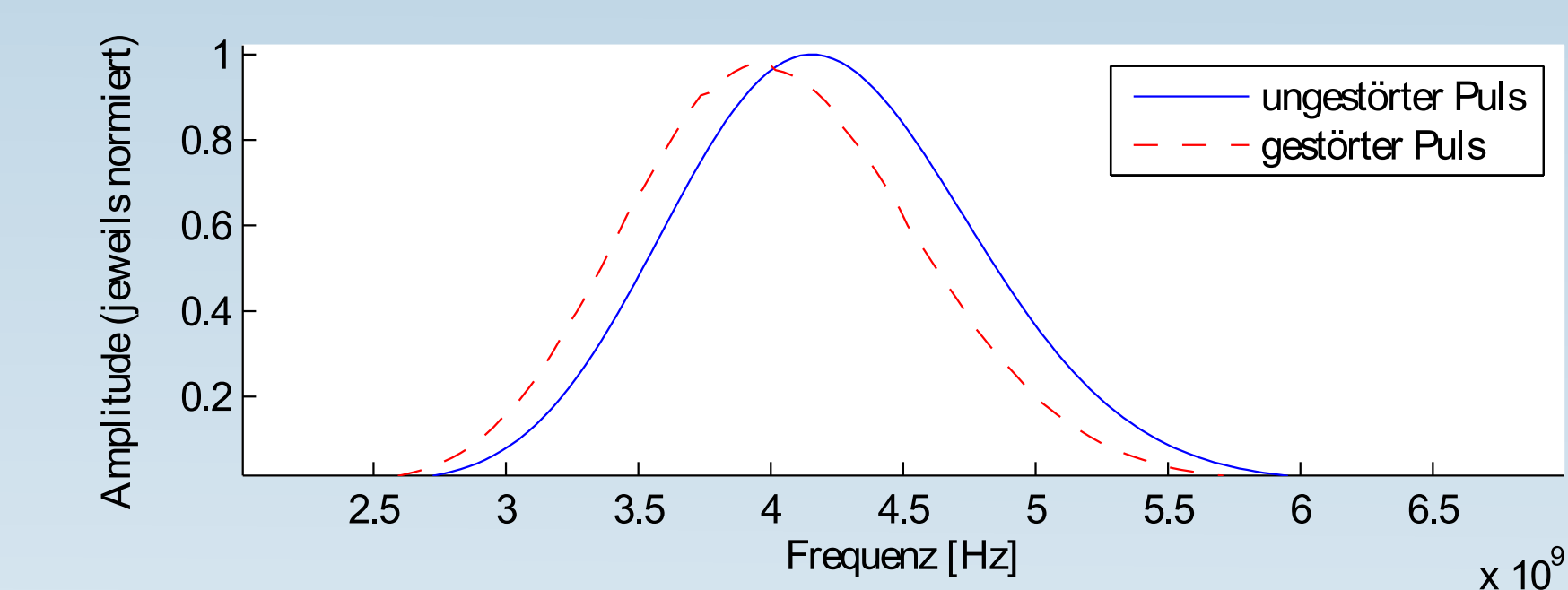


Abb. 4: Amplitudenspektrum vor (blau) und nach (rot) Durchdringung von 40 cm dickem Mauerwerk

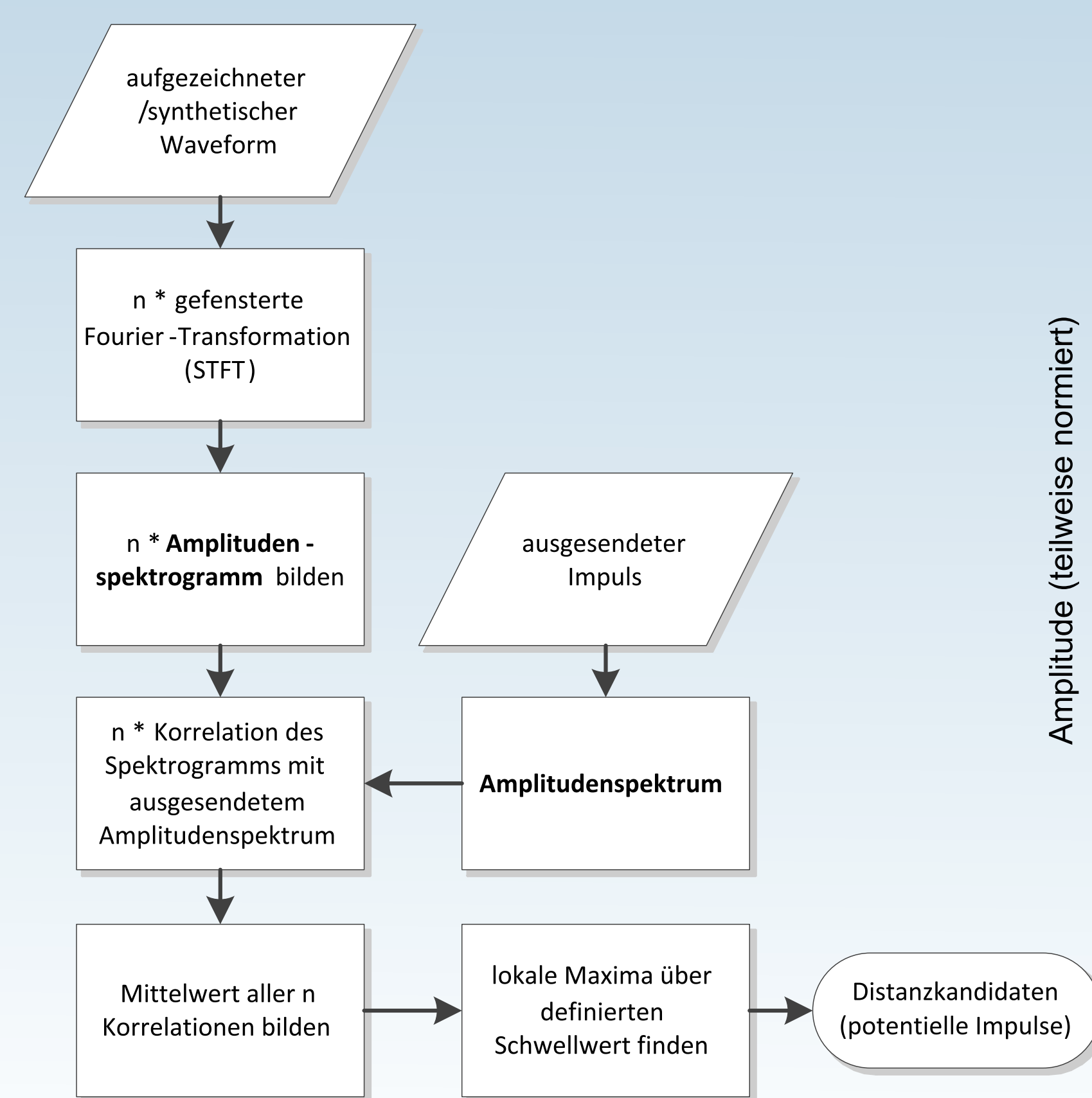


Abb. 5: Flussdiagramm eines neuartigen Algorithmus zur Erkennung von verzerrten UWB-Impulsen im Rauschen

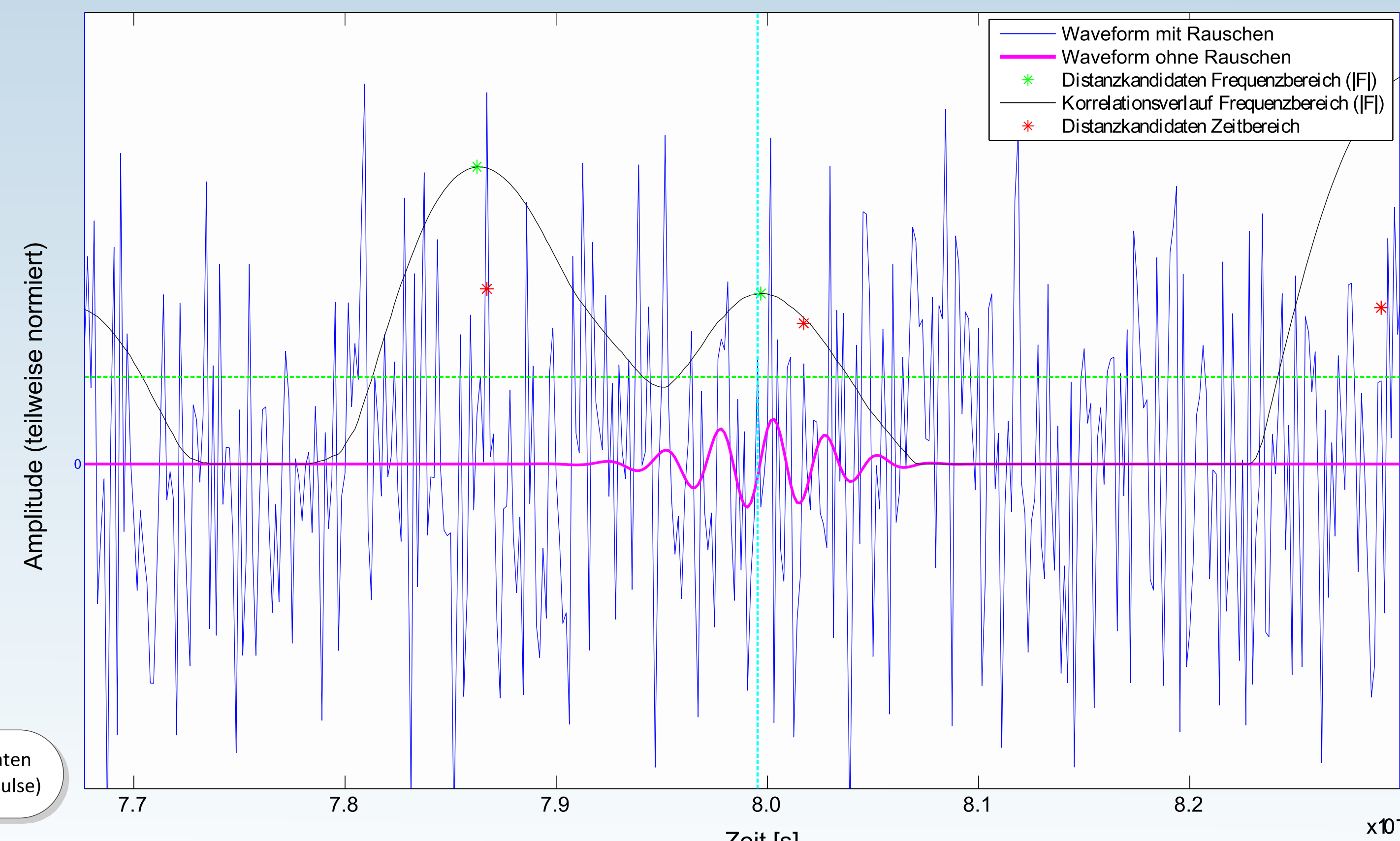


Abb. 6: Synthetischer Waveform ohne Rauschen (magenta) und mit addiertem starkem Rauschen (blau), Ergebnis der Korrelation des verrauschten Waveforms im Frequenzbereich (schwarze Linie + grüne Marker) im Vergleich zum Ergebnis im Zeitbereich (rote Marker), vertikale Linie durch den Impuls (türkis) markiert die exakte Position der Impulse, grüne Linie markiert den Erkennungsschwellwert

Fachlicher Ansprechpartner:

Thorsten Wehs, M.Eng.

thorsten.wehs@
hs-emden-leer.de

+49-4921-807-7020

Labor S105

