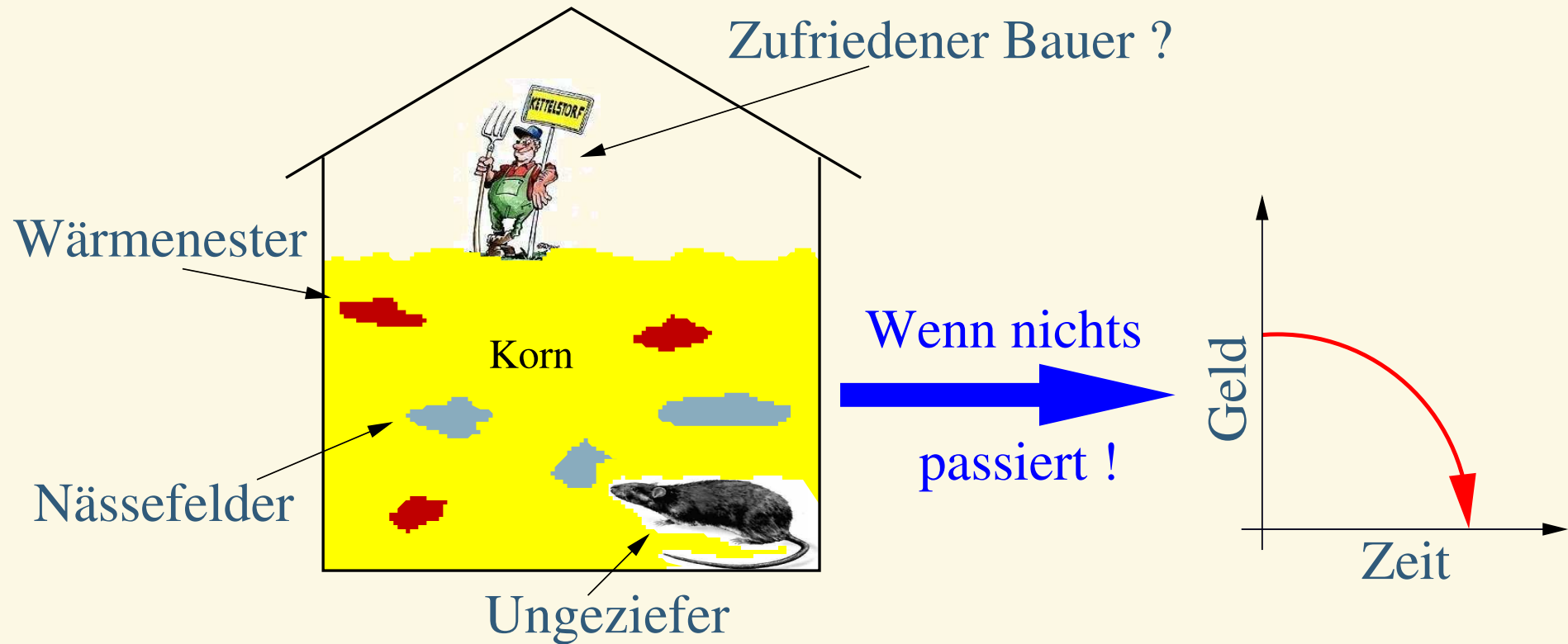




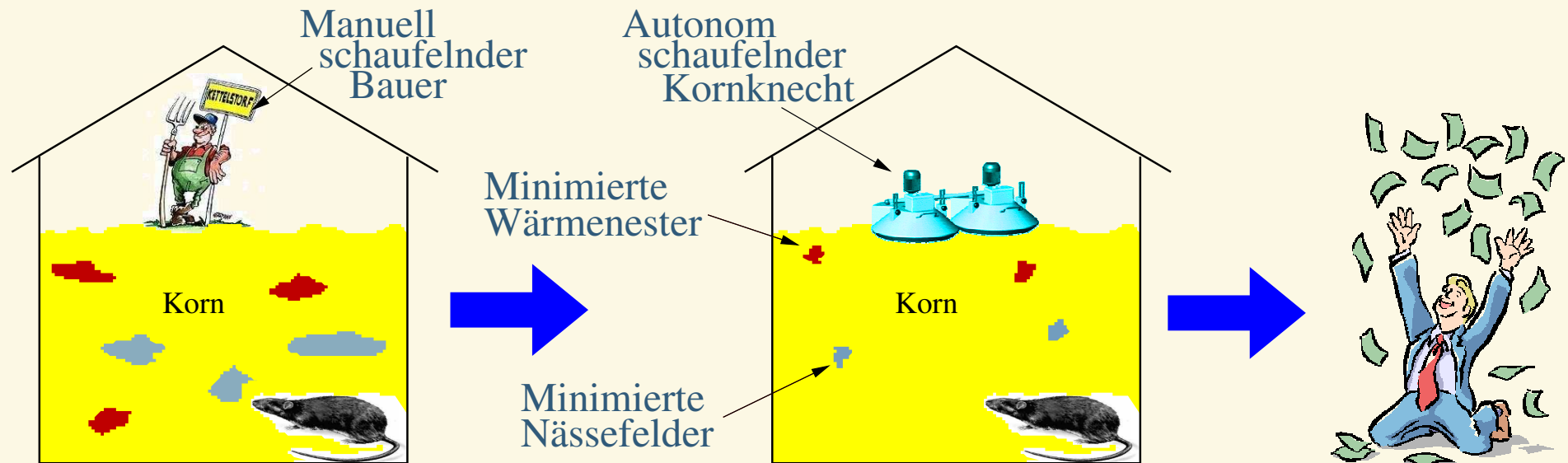
Akustische Ortung mobiler Objekte in großen Räumen

Matthias Schneider, Daniel Wehden und Ralf Salomon

Was passiert mit unserem Korn ?



Was passiert mit unserem Korn ?



Gliederung

- Kornknecht
- Motivation & Zielstellung
- Verfügbare Technologien
- Lokalisierung
- Entfernungsmessung mit Schall
- Resultate
- Zusammenfassung & Ausblick

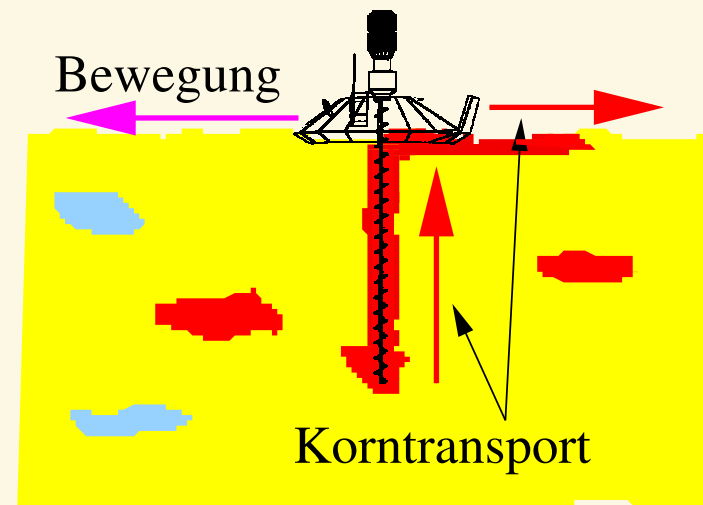
Kornknecht

- Zwei starr verbundene Mischeinheiten
- Mischeinheit mit Elektromotor, Schwimmwanne und Mischschnecke



Kornknecht¹ *schwimmt* auf dem Korn und treibt sich selbstständig vorwärts.

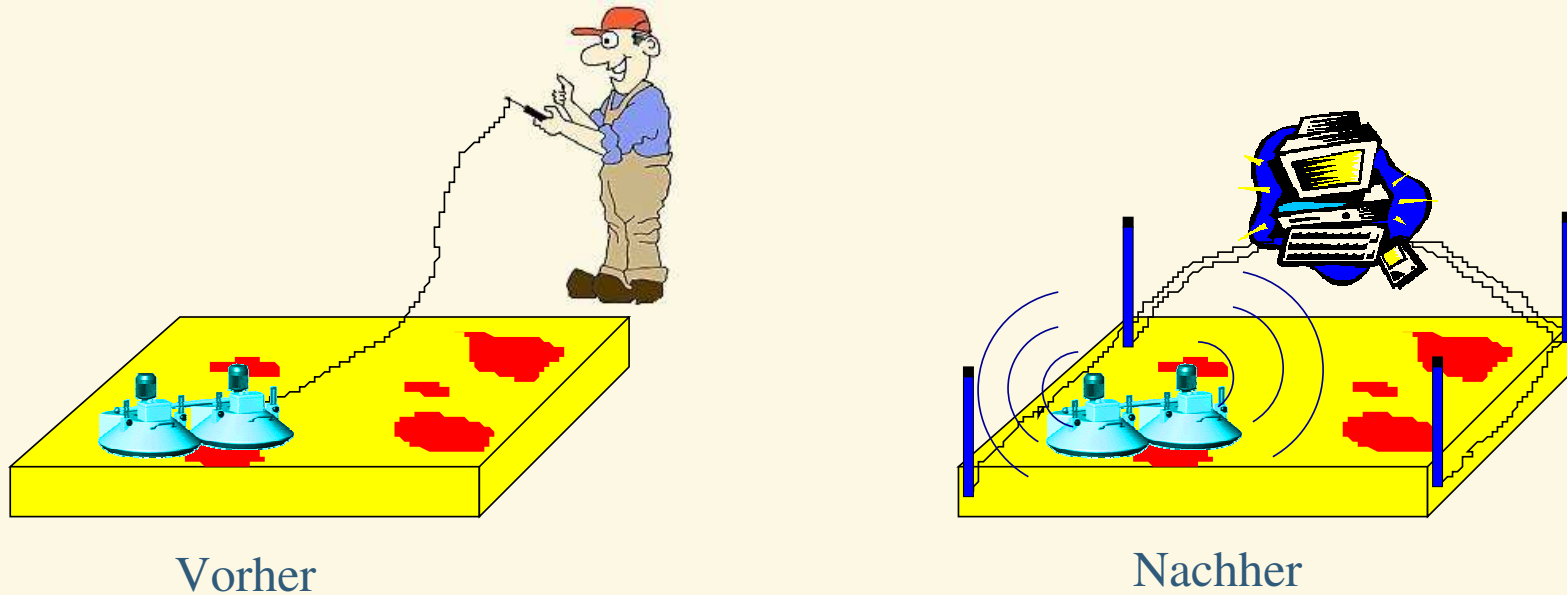
$$v \approx 1 \text{ m/min}$$



¹Entwicklung der Wellenbrock Getreidetechnik <http://www.kornknecht.de>

Motivation & Zielstellung

Gezieltes Anfahren von Wärmeneuern und Nässefeldern.



Absolute Positionsbestimmung

Genauigkeit unter 25 cm

Reichweite etwa 50 m

Kosten unter 1000 €

Verfügbare Technologien

GPS

Indoor nicht einsetzbar

Optisch

Zu hohe Staubbelastung

**Elektromagnetische
Signale**

Teuer; noch nicht ausgereift

Sensornetzwerke

Teuer; hoher Installationsaufwand

Verfügbare Technologien

GPS

Indoor nicht einsetzbar

Optisch

Zu hohe Staubbelastung

**Elektromagnetische
Signale**

Teuer; noch nicht ausgereift

Sensornetzwerke

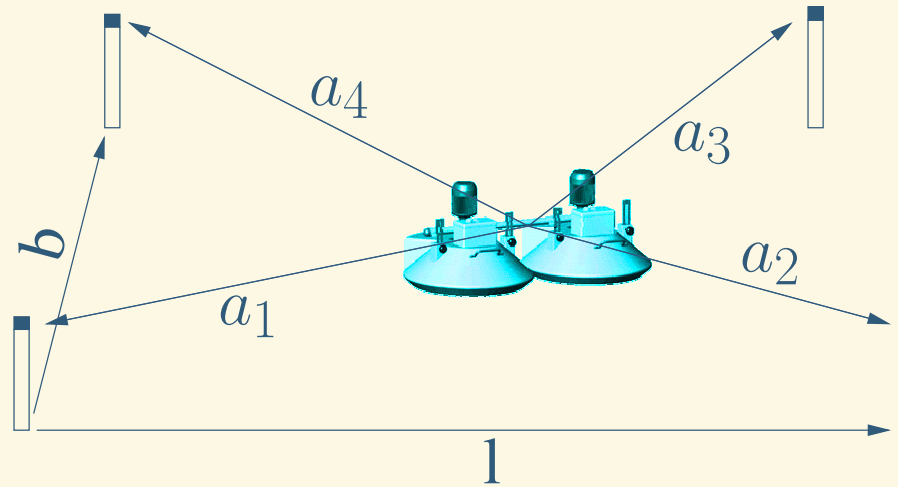
Teuer; hoher Installationsaufwand

Lösung

Akustische Ortung

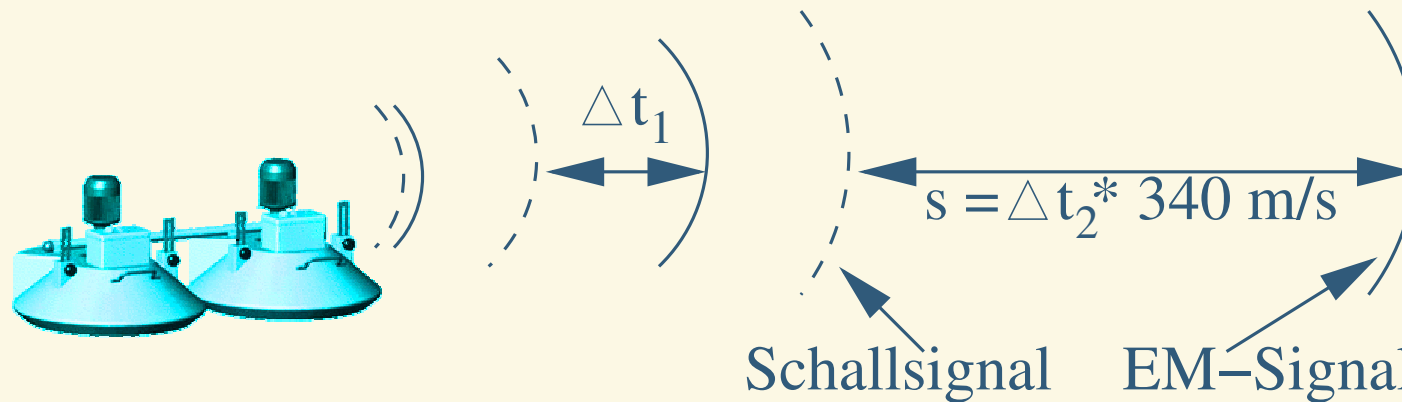
- Einfach Laufzeitmessung
- Robust
- Preiswert

Lokalisierung mittels Trilateration



$$\left. \begin{aligned} a_1^2 &= x^2 + y^2 \\ a_2^2 &= x^2 + (l - y)^2 \\ a_3^2 &= (b - x)^2 + (l - y)^2 \\ a_4^2 &= (b - x)^2 + y^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \text{System 2. Ordnung} \\ 4 \text{ Gleichungen} \\ \text{Fehlerkompensation} \end{array}$$

Abstandsmessung über Signallaufzeit



Sendemodus: Periodische Burst im Abstand von 5 s – 10 s zur Verhinderung von Multipath-Störungen.

Schalldämpfung $L = L_d + L_a$ ergibt sich aus:

Divergenz: $L_d = 10 \text{ dB} * \lg\left(\frac{r_1}{r_2}\right)$

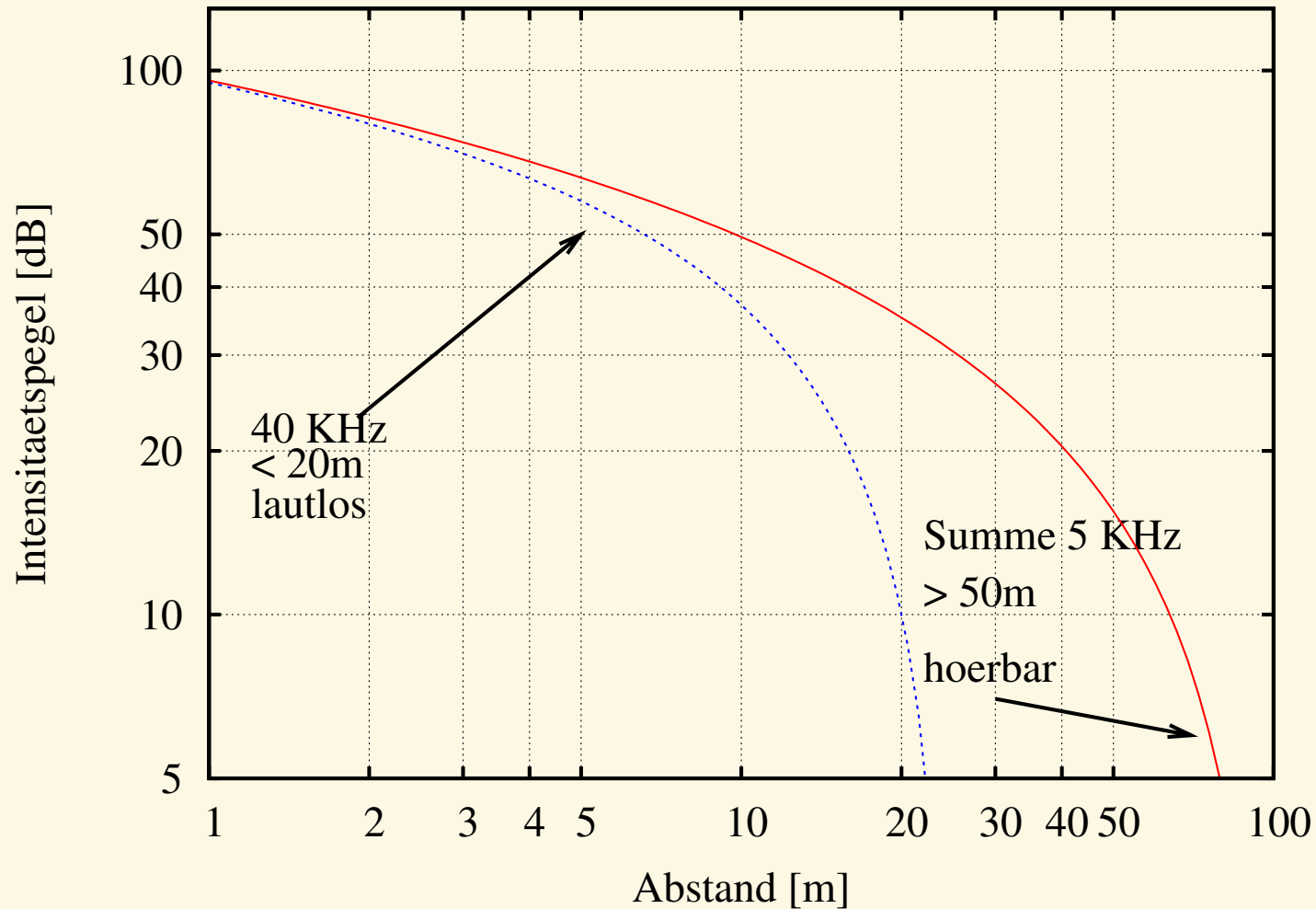
Absorption: $L_a = -D * (r_1 - r_2)$

Absorption ist abhängig von:

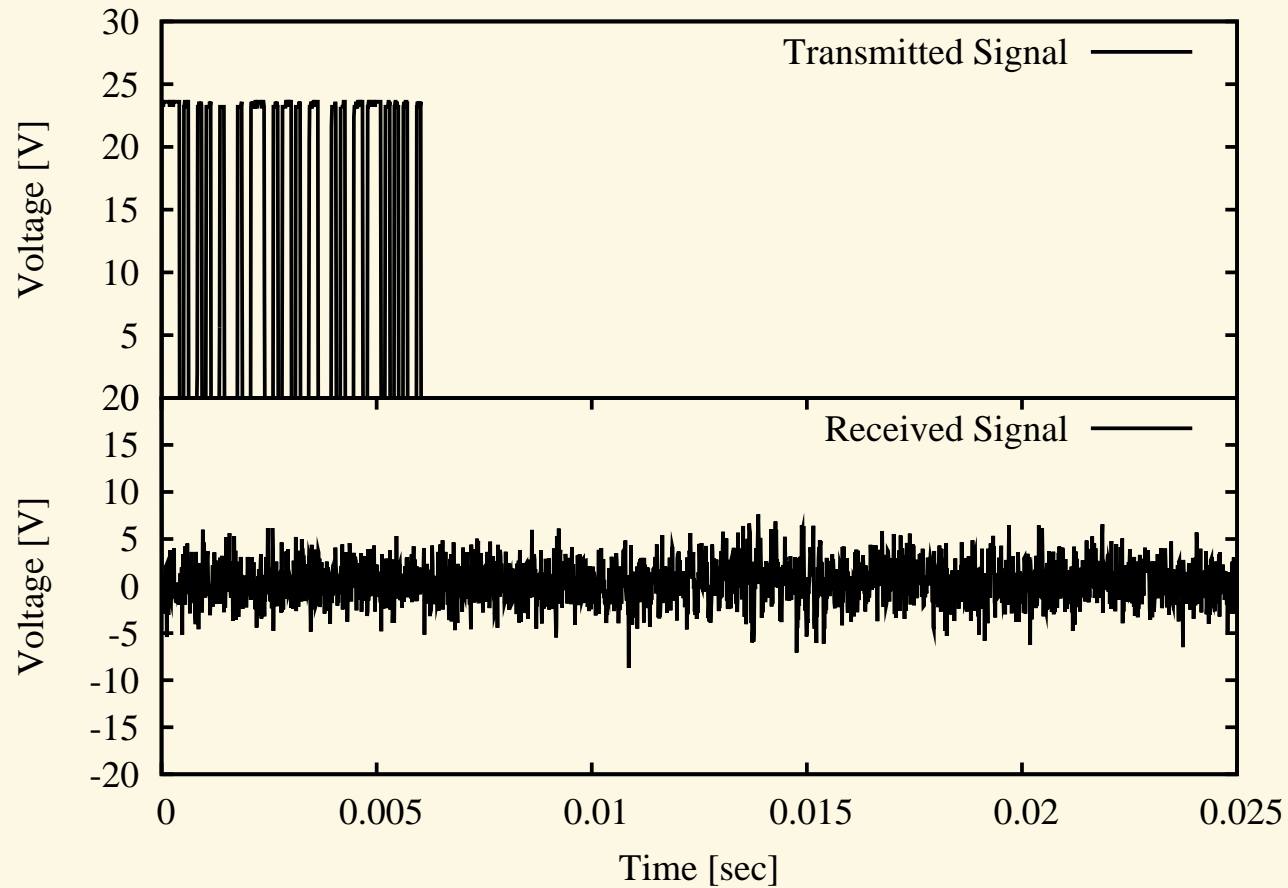
- Schallfrequenz
- Lufttemperatur
- Luftfeuchtigkeit

Dämpfung & Reichweite

Schallausgangspegel 120 dB



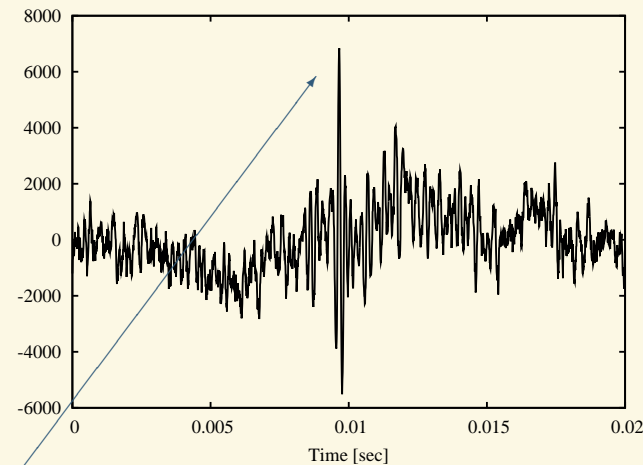
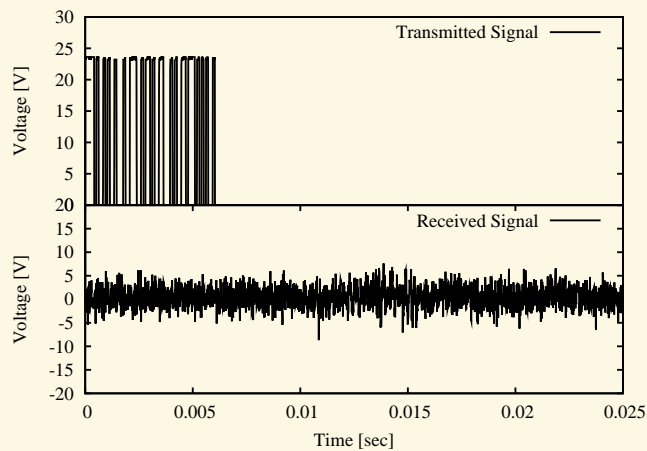
Signalerkennung mittels Autokorrelation I



Signalerkennung mittels Autokorrelation II

Sendesignal: Schall per Luft

Referenzsignal: Elektromagnetisch per Kabel



Empfangsdetektierung des Messsignals
Unterdrückung von Störeinflüssen
Bestimmung der Signallaufzeit

Resultate für das 5 KHz Schall-Signal

- Reichweite 50 m
- Mittlerer Fehler 4 cm
- Maximaler Fehler 6 cm
- Realisierungskosten ca. 500 €
- Autokorrelation zur Signalerkennung und Erhöhung der Systemrobustheit gegenüber Störungen
- Periodische Burst gegen Multipath-Störungen
- Burst nur als kurzes „Klick“-Geräusch wahrnehmbar

Zusammenfassung & Ausblick

Zusammenfassend:

- Akustische Ortung mit 5 KHz Schallsignal
- Maximaler Fehler 6 cm
- Reichweite 50 m
- Kosten von ca. 500 €

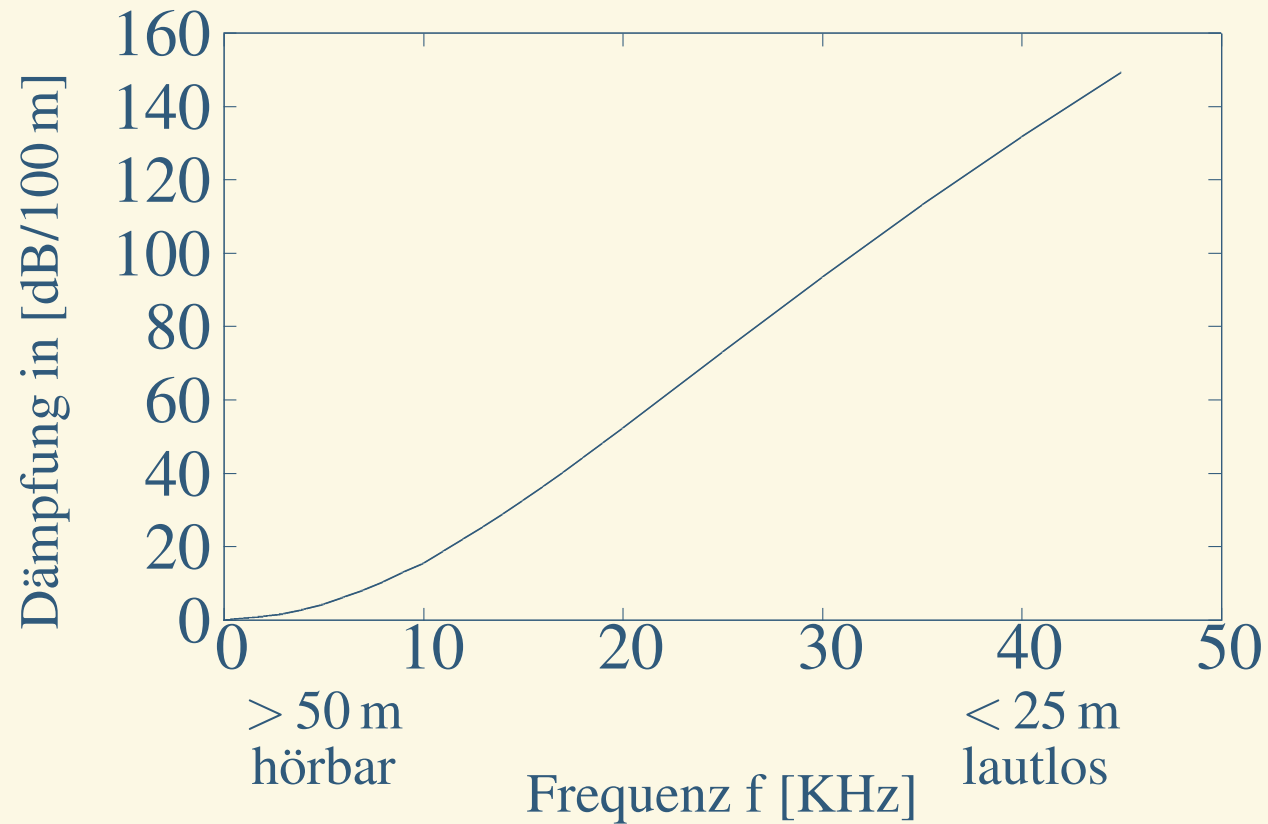
Ausblick:

- Serienreife
- Steuerung zur Kartographierung des Kornhügels
- Erweiterung um weitere Sensoren – Wärme/Feuchtigkeit



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Schalldämpfung



Frequenzauswahl

Signal	Vorteil	Nachteil
40 KHz	lautlos	$\leq 20\text{m}$
5 KHz	$> 50\text{ m}$	hörbar