

# Thermoakustische Optimierung einer gasbefeueerten Bolzenerwärmungsanlage

Fallstudie mittels Data-Mining Methoden

Elmar Pohl, Christoph Nailis, 09.10.2019

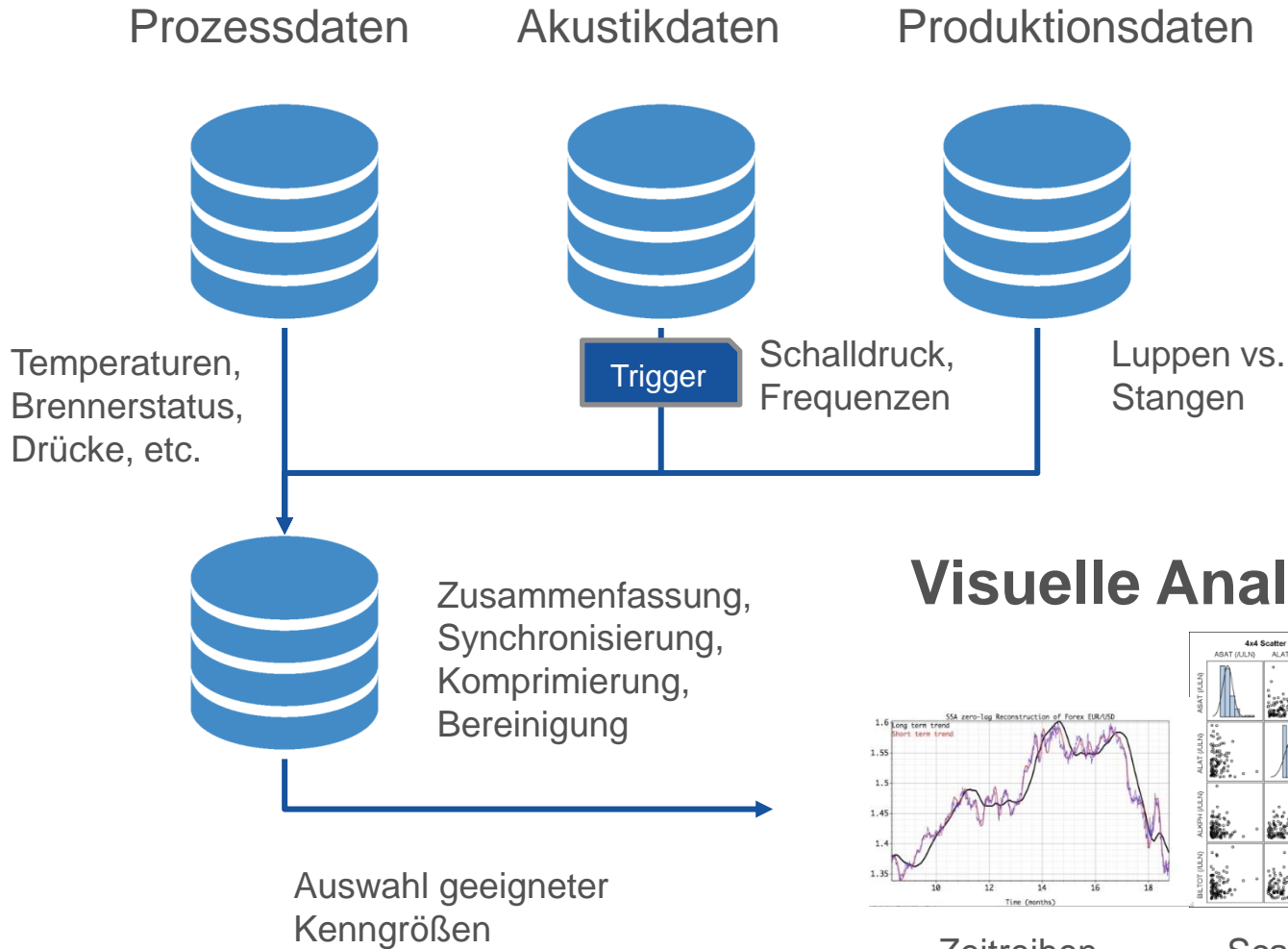
# Agenda

- Ausgangslage und Problemstellung
- Methodisches Vorgehen
- Auswertung
- Fazit

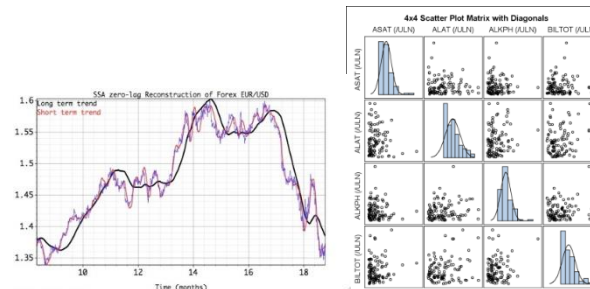
# Ausgangslage und Problemstellung

- Hintergrund
  - Gasbefeuerter Hubbalkenofen, ca. 40 m Länge. Diverse weitere Geräuschquellen.
  - Hohe Schallbelastung durch Ofengeräusche während einzelner Produktionsprogramme.
- Zielsetzung
  - Identifikation der Prozessgrößen, bei denen Ofengeräusche auftreten.
  - Identifikation der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge.
  - Erarbeitung von Lösungsvorschlägen (Prozessseite und/oder konstruktive Lösungen).
- Technisch-Wissenschaftliche Herausforderungen
  - Felduntersuchung, daher große Anzahl an Störgrößen.
  - Extrem große Datensätze (rund 80 GB Datenmaterial, überwiegend Akustikdaten).
    - Daraus resultierend hoher Rechenaufwand zur Datenaufbereitung und Auswertung.

# Methodisches Vorgehen



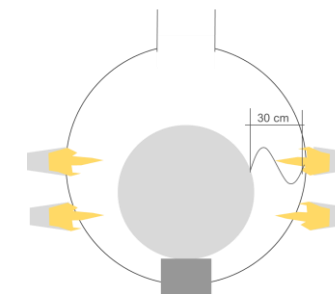
## Visuelle Analyse



Zeitreihen

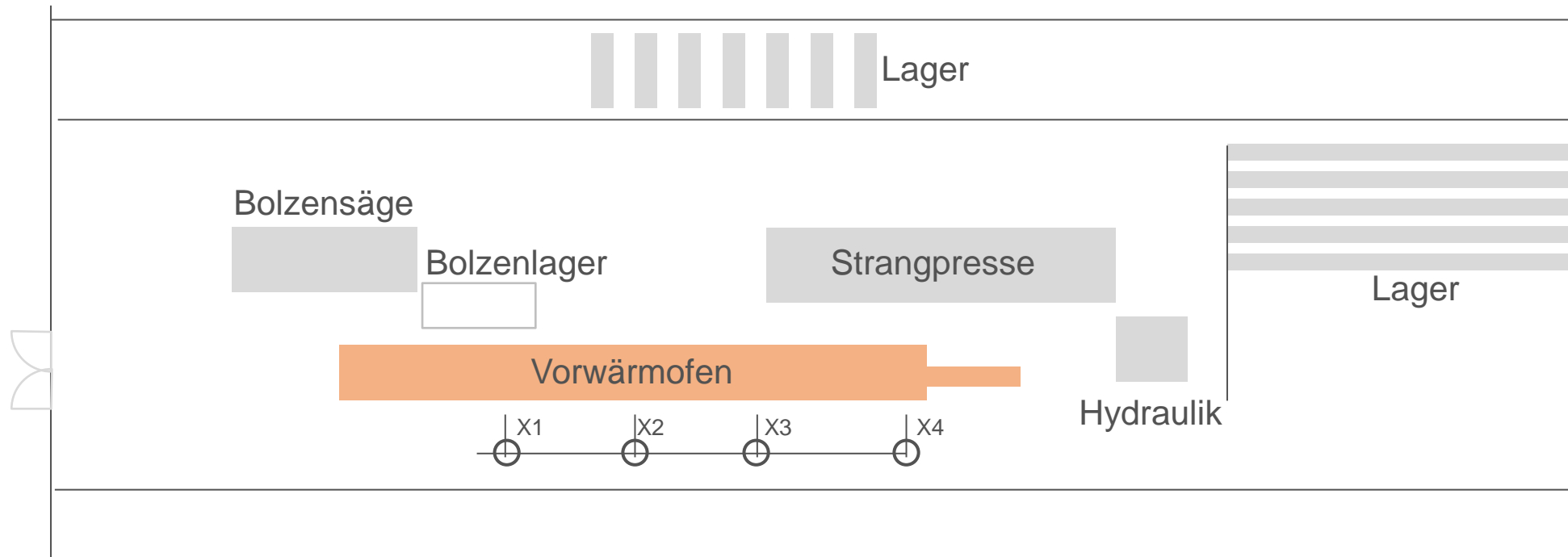
Scatterplots

## Physikalische Interpretation



Kritische Geometrie, Heizzonen, sowie Prozessdaten

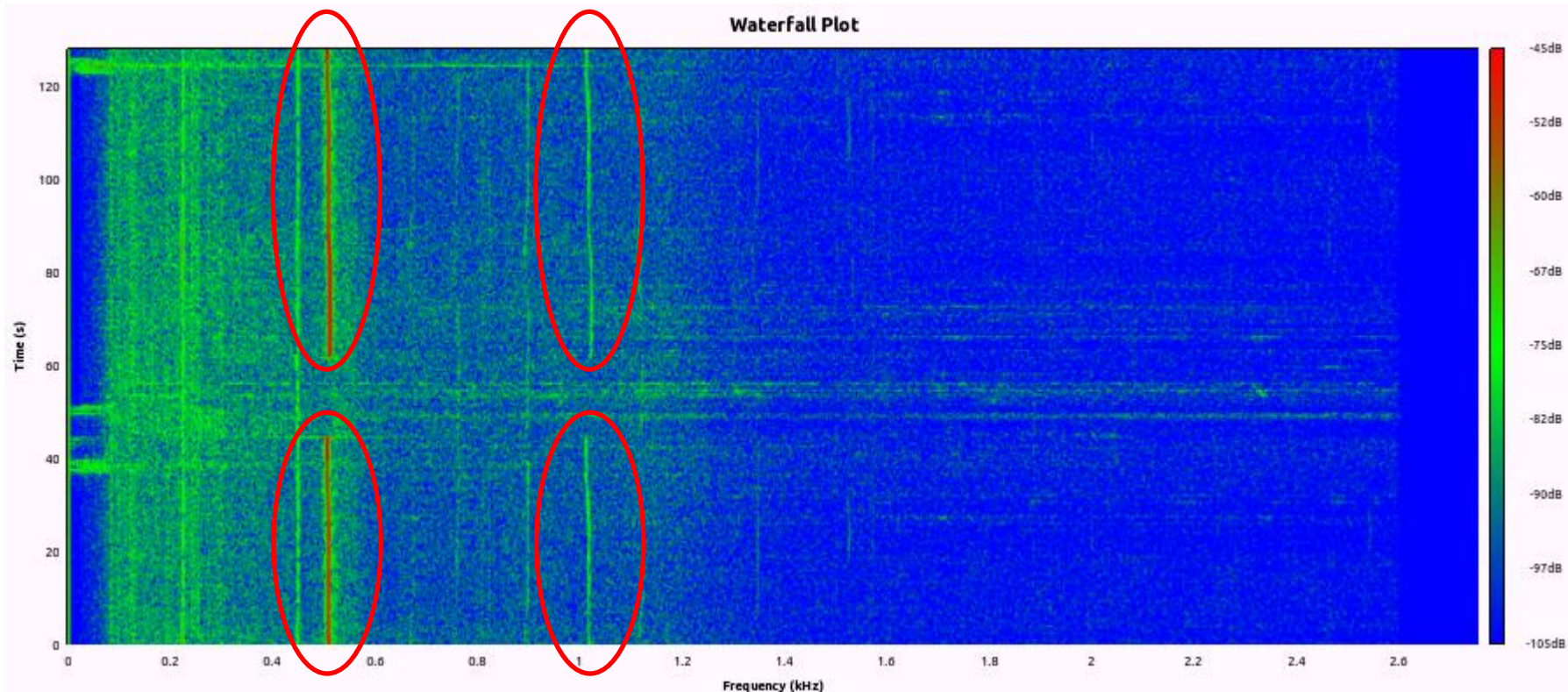
# Methodisches Vorgehen: Position der Messstellen



- Vor dem Aufbau der Messmikrofone wurde der Bereich um X3 als Bereich mit höchstem Schalldruckpegel identifiziert.
- Weitere Messmikrofone erlauben eine räumliche Auflösung (Ortung) der Geräuschquelle.



# Auswertung: Identifikation Verbrennungsgeräusch

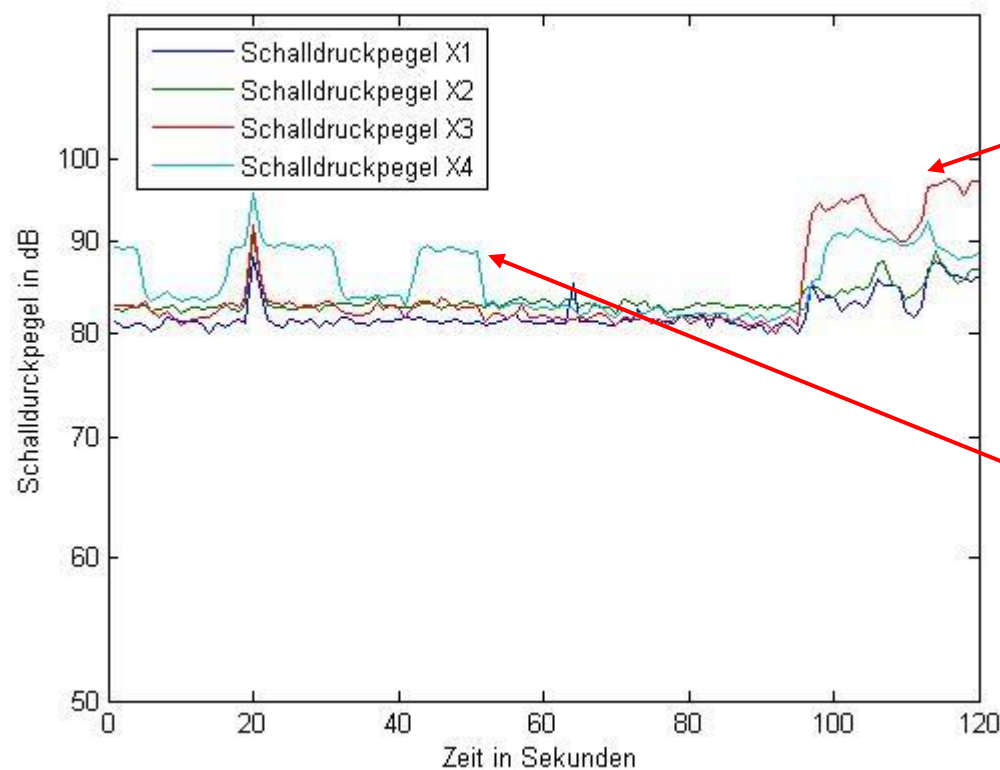


Die niedrigere Frequenz von 508 Hz ist wesentlich stärker als die höhere bei 1016 Hz. Die höhere Frequenz ist exakt die doppelte Frequenz, es handelt sich also um einen Grundton und die erste Oberschwingung.

Die Erkenntnis ist ein Indiz für eine selbsterregte Verbrennungsschwingung.

- Typische Frequenzen: 508 und 1016 Hz. **Identifikation: Geräusch dann, wenn Frequenz um 508 Hz das Maximum darstellt.**
- Dadurch werden möglichst viele Nebengeräusche von der weiteren Untersuchung gefiltert.

# Auswertung: Vergleich Schalldruckpegel

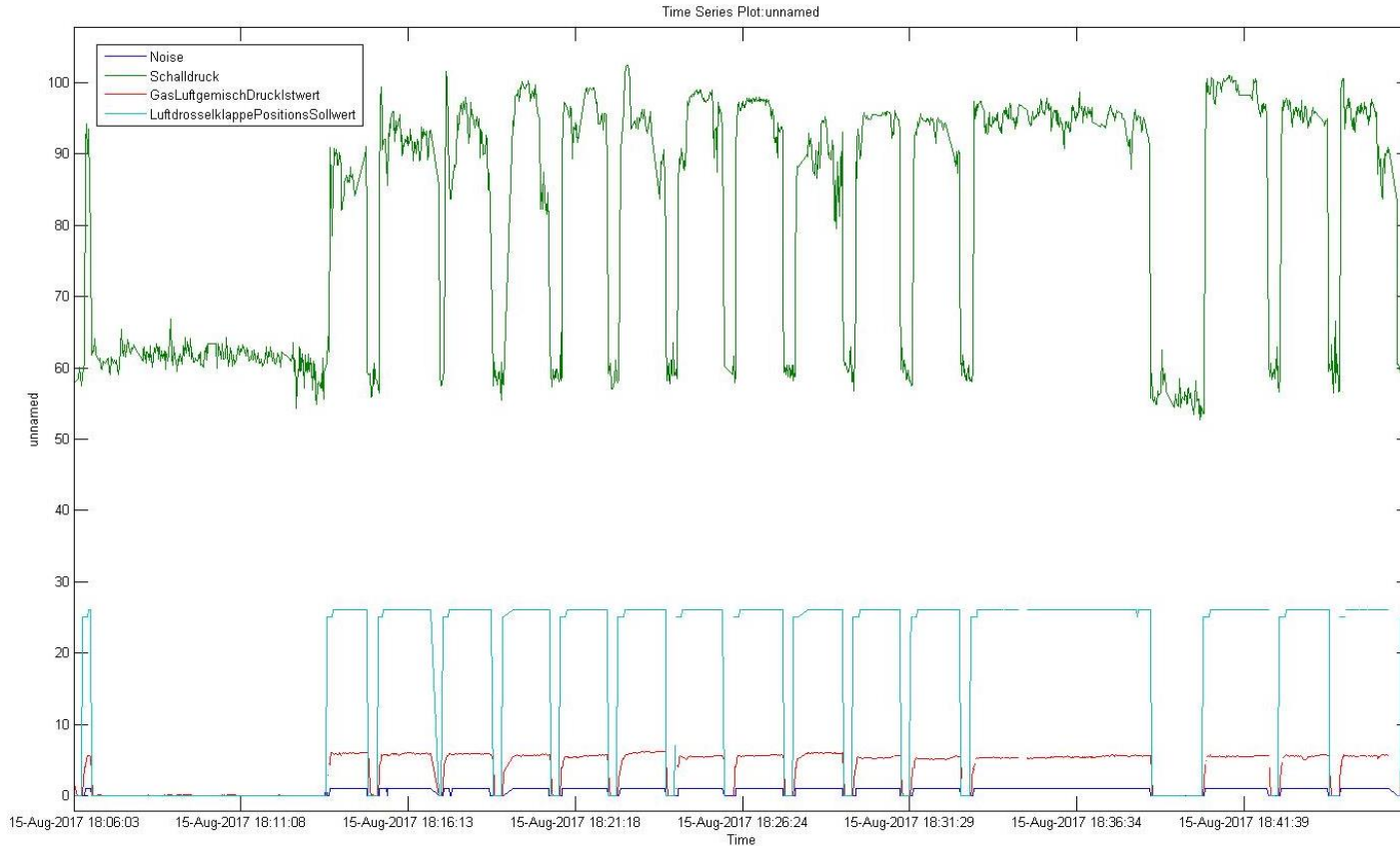


Schalldruck: **X3>X4**>X2>X1,  
typische Laustärkeverteilung  
Wenn Geräusch auftaucht

Schalldruck: **X4>X3**>X2>X1,  
typische Laustärkeverteilung  
Wenn Pyrometer senken

- Zwischen der Pyrometer, Positionen X4 und X3
- Geräuschquelle in der Nähe von X3 -> **Kritische Heizzone konnte identifiziert werden.**

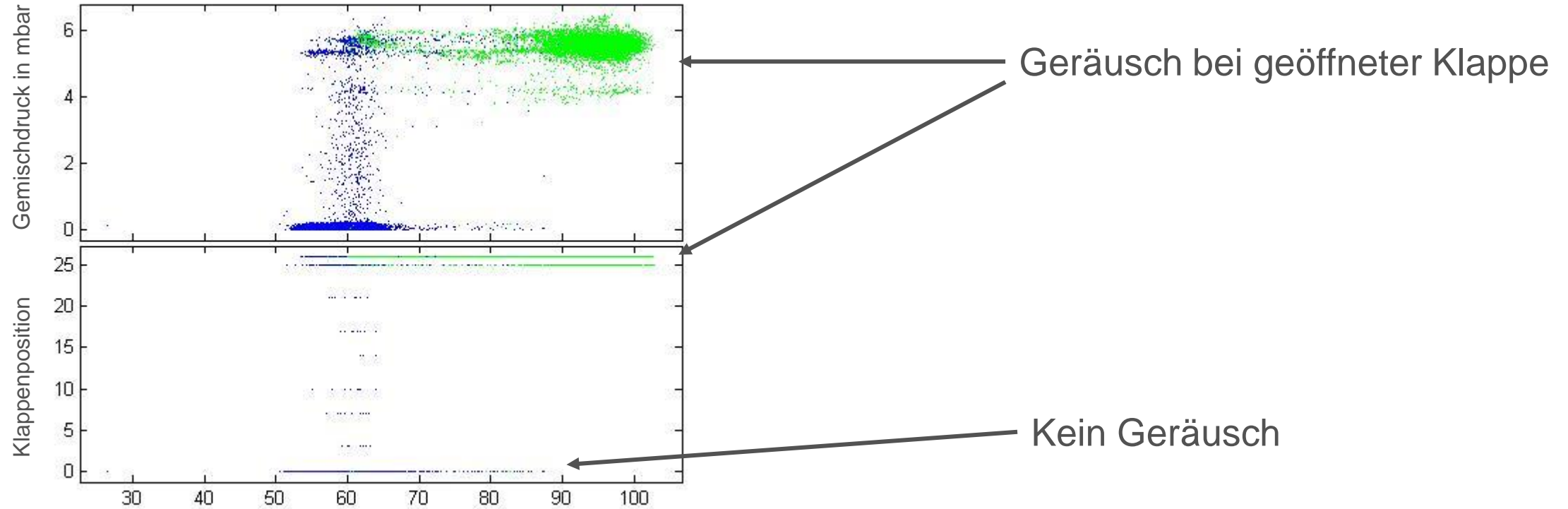
# Auswertung: Korrelationsanalyse



- Geräusch (blaue Linie) tritt dann auf, wenn Luftklappe in kritischer Zone offen ist.
- Schalldruckpegel korreliert mit der Luftklappenstellung in kritischer Zone

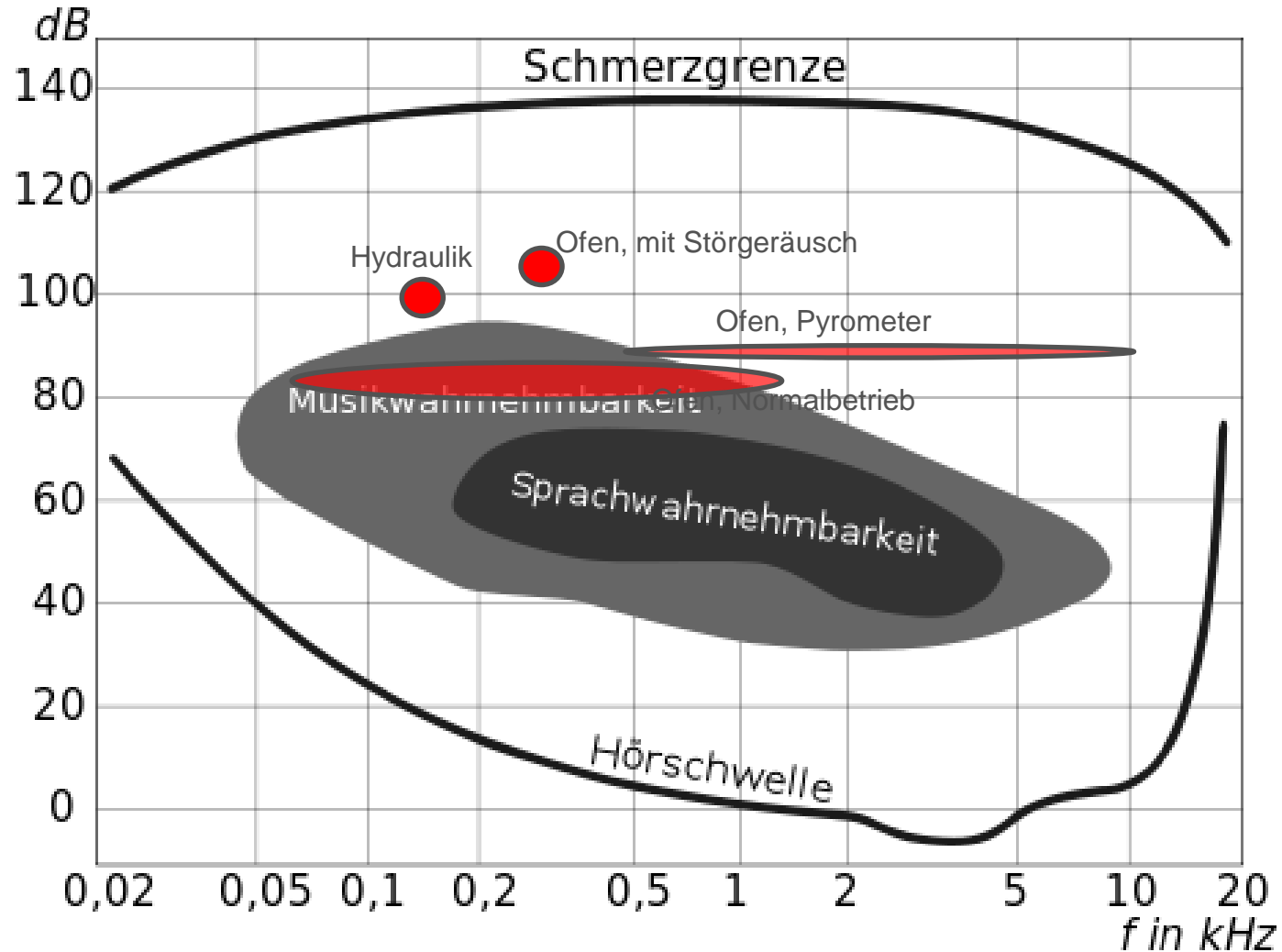


# Auswertung: Korrelationsanalyse



- Scatterplot stellt Schalldruckpegel, Klappenposition und Gemischdruck gegenüber, ohne zeitliche Auflösung.
- Geräusch (grün) nur dann, wenn Klappe in **kritischer Heizzone** auf und damit der Gemischdruck steigt.

# Auswertung: Schalldruckpegel



- Ofengeräusch liegt im Bereich der höchsten Hörempfindlichkeit
- Arbeitsbereiche befinden sich teilweise an den lautesten Stellen in der Halle (Vermesseinrichtung, Ofenausgang bzw. Hydraulikaggregat).

# Fazit: Zusammenfassung der Untersuchung

- Identifikation der Prozessgrößen, bei denen Ofengeräusche auftreten
  - Das Geräusch konnte durch Ortung einer Heizzone eindeutig zugeordnet werden.
  - Verursachendes Produktionsprogramm und Prozesseinstellungen konnten identifiziert werden.
- Identifikation der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge
  - Selbsterregte Verbrennungsschwingung mit stehender Welle.
- Erarbeitung von Lösungsvorschlägen (Prozessseite und/oder Konstruktiv)
  - Prozessseitig wurde eine Änderung der Verbrennungstemperatur durch Anpassung der Stöchiometrie vorgeschlagen, dies hat unter anderem Einfluss auf die Schallgeschwindigkeit und damit der Resonanzgeometrie.
  - Konstruktiv wurde eine Änderung der Brennerposition vorgeschlagen.

# Fazit: Problemlösung und Nutzen der Methodik

- Problemlösung
  - Der Hersteller konnte durch die Untersuchung gezielte Maßnahmen zur akustischen Optimierung durchführen.
- Als Nebenuntersuchung wurden weitere Schallquellen in der Produktionshalle identifiziert
  - Vorschläge zum Schallschutz an Hydraulikaggregaten, Sägen und Pyrometern wurden erarbeitet.
- Vorteile der vorgestellten Herangehensweise
  - Trotz diverser Schallquellen (Störgrößen) lassen sich einzelne Emittenten durch geeignete Kriterien identifizieren und eindeutig abgrenzen.
  - Schalluntersuchung ist auch ohne Sichtprüfung der Ofengeometrie im Produktionsbetrieb möglich.
  - Visuelle Darstellung der Zusammenhänge erlaubt „Sehen mit den Ohren“!

# Herzlichen Dank!



## Kontakt Daten:

Elmar, Pohl

OWI – Oel-Waerme-Institut gGmbH

Kaiserstraße 100

52134 Herzogenrath

Tel.: +49 2407 9518 100

E-Mail: [e.pohl@owi-aachen.de](mailto:e.pohl@owi-aachen.de)