



Durchbruch der breiten Anwendung von Vakuumverfahren beim Einsatzhärten

Teilprojekt 6 Sensoren



Problemstellung

Ziel

Durchgeführte Arbeiten, Ergebnisse

Ausblick

Vakuumaufkohlen



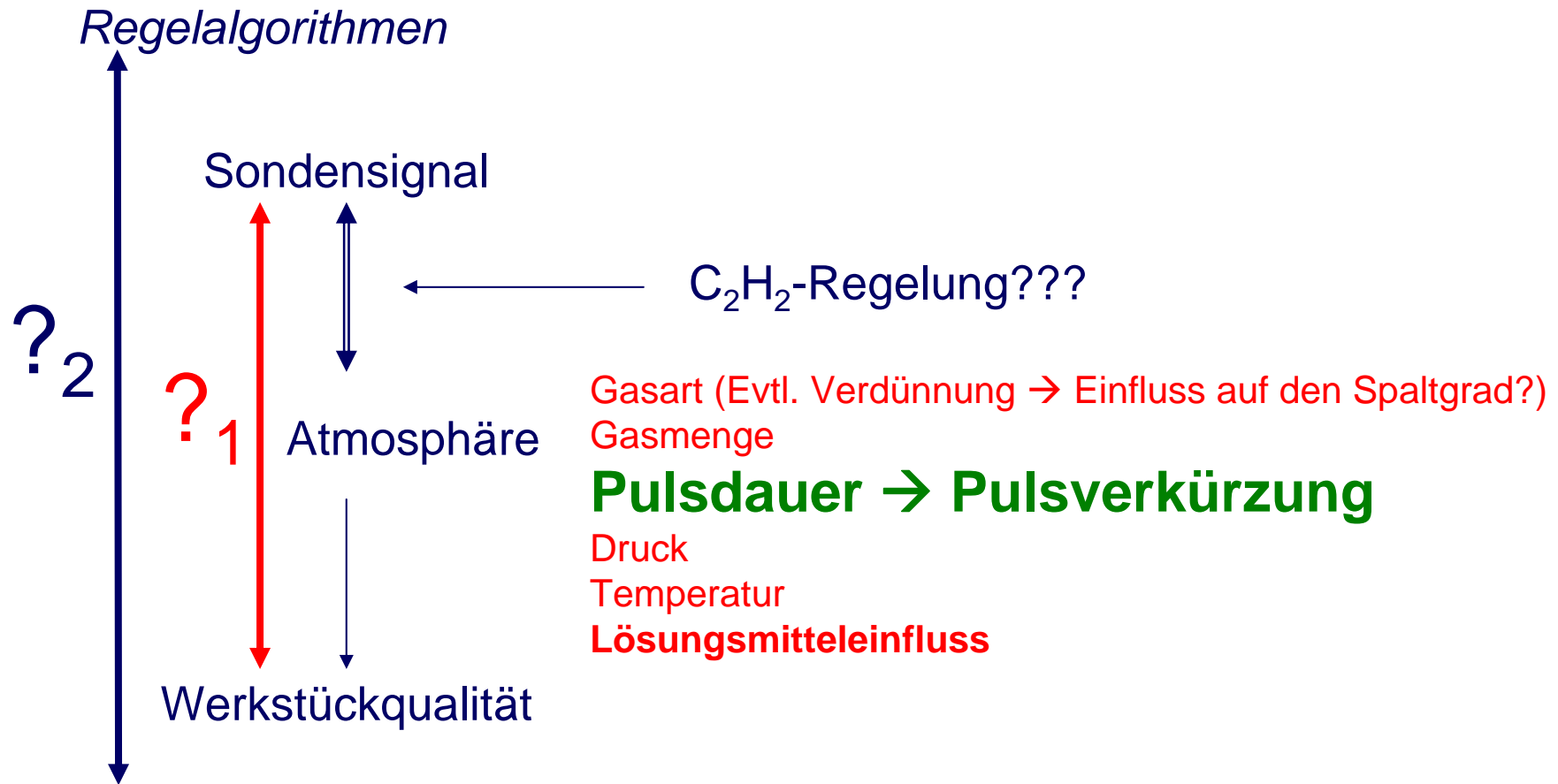
Warum genügt kein H_2 -Sensor?

Wenn $\text{C}_2\text{H}_2 \rightleftharpoons 2[\text{C}] + \text{H}_2$ vollständig,
dann H_2 -Messung vermutlich ausreichend

Aber: vollständiger Zerfall ist unwahrscheinlich
→ verschiedene Zersetzungsstufen des C_2H_2

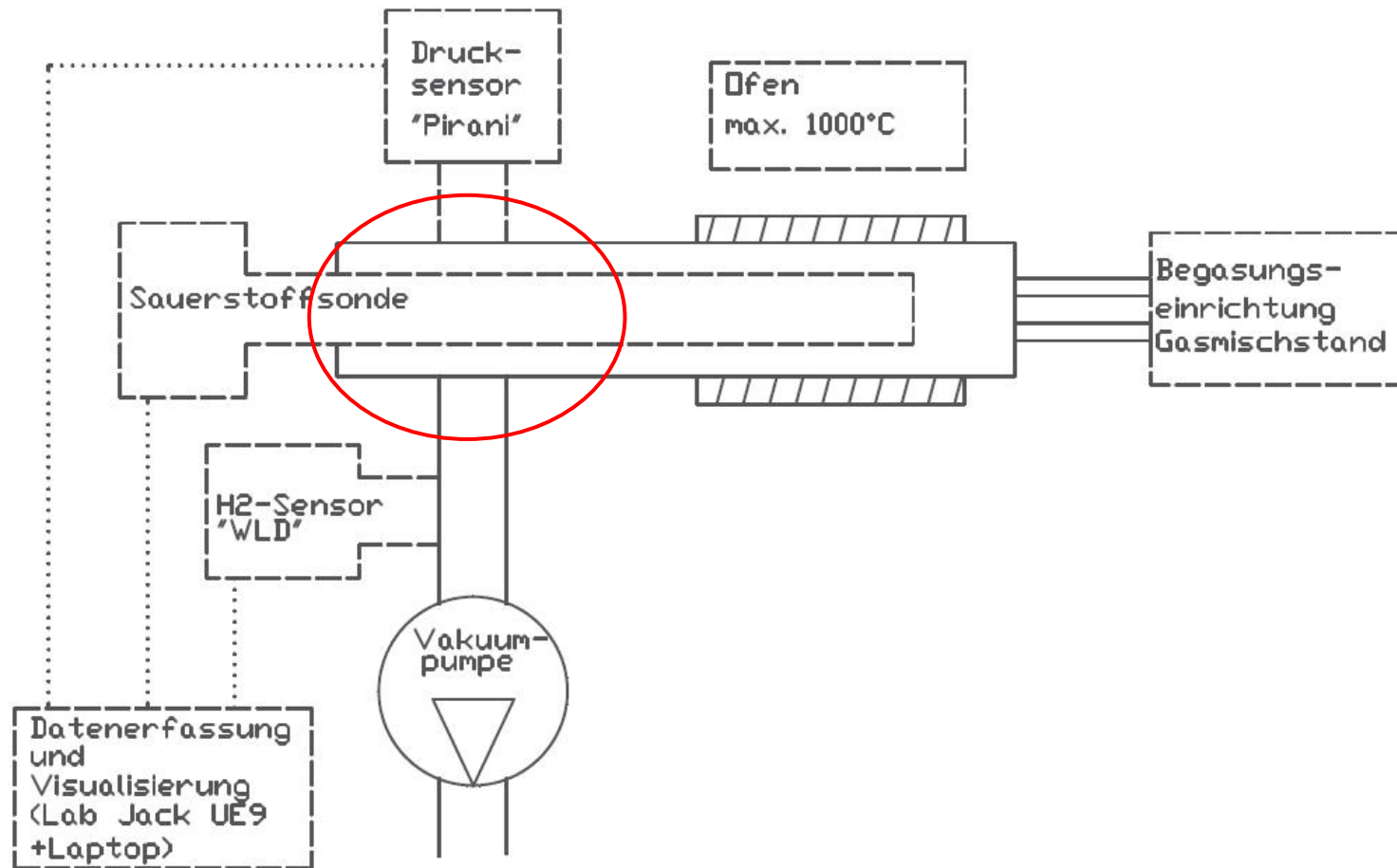
→ Tatsächliche Menge $[\text{C}]$?

Spalt- H_2 ist **nicht** zwingend ein Maß für den vom Werkstück aufgenommenen Kohlenstoff!

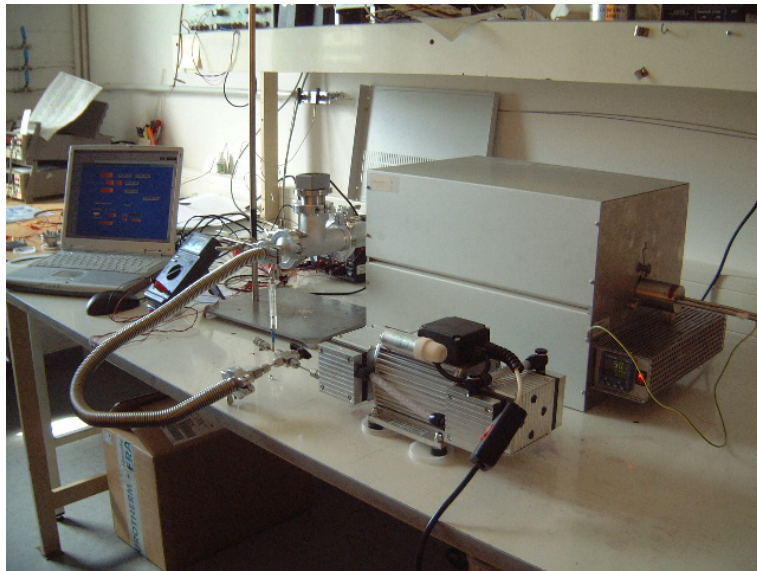


Welche Parameter beeinflussen die Werkstückqualität **UND** das Sondensignal? Welcher Zusammenhang besteht?

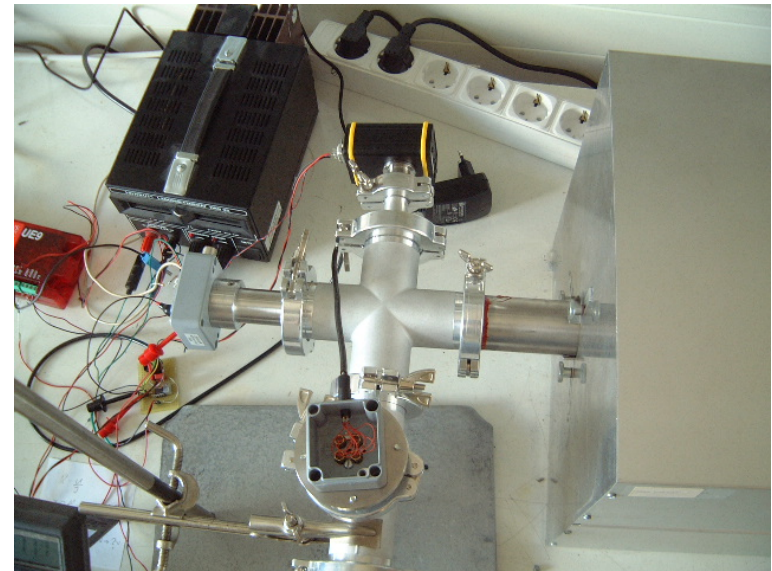
Wie kann der Prozess gastechnisch und zeitlich optimiert werden?



Prinzipskizze Vakuum-Teststand



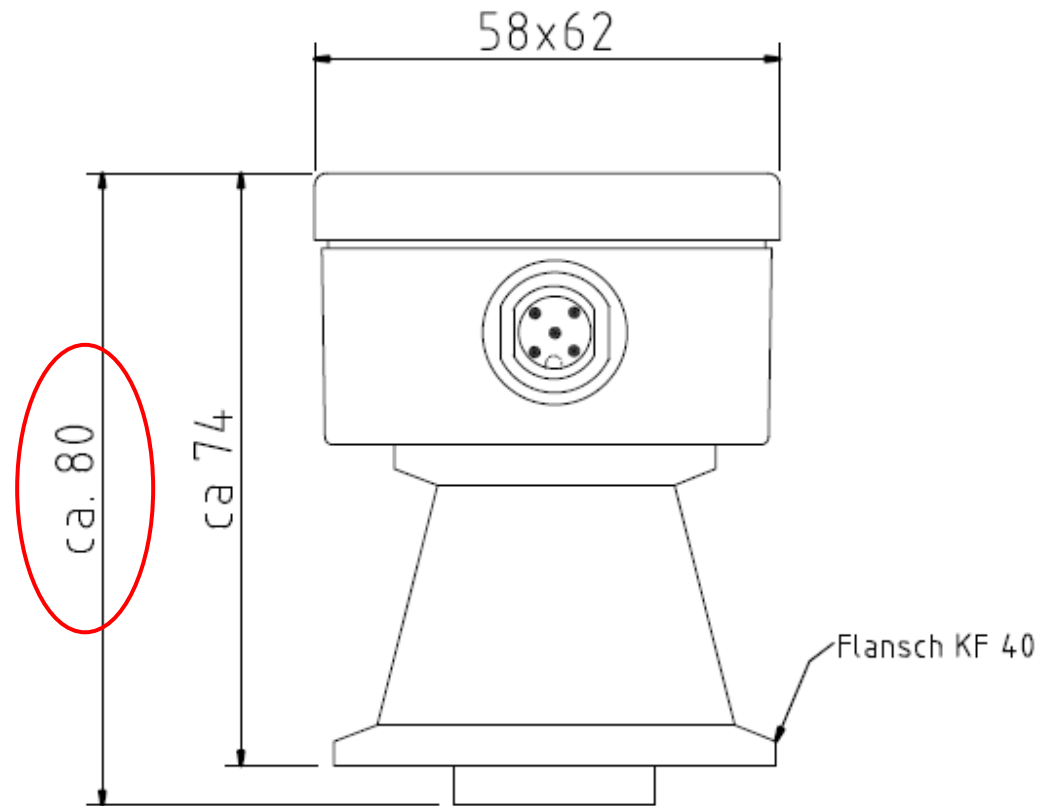
Versuchsaufbau (Gesamtansicht)



Anschlusskrenz mit Vakuumsone,
Pirani-Sensor und H₂-Sensor

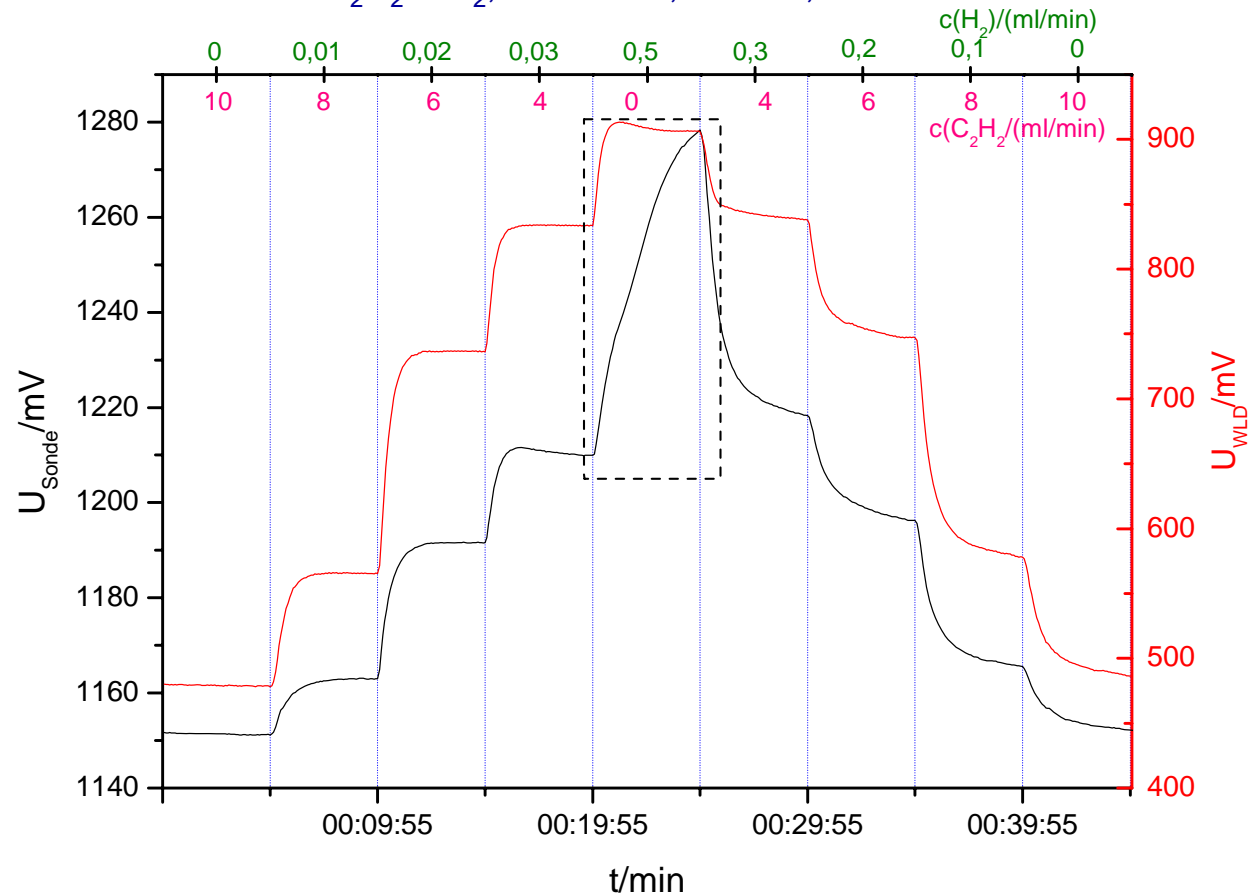


Vakuumfeste ZrO_2 -Sonde

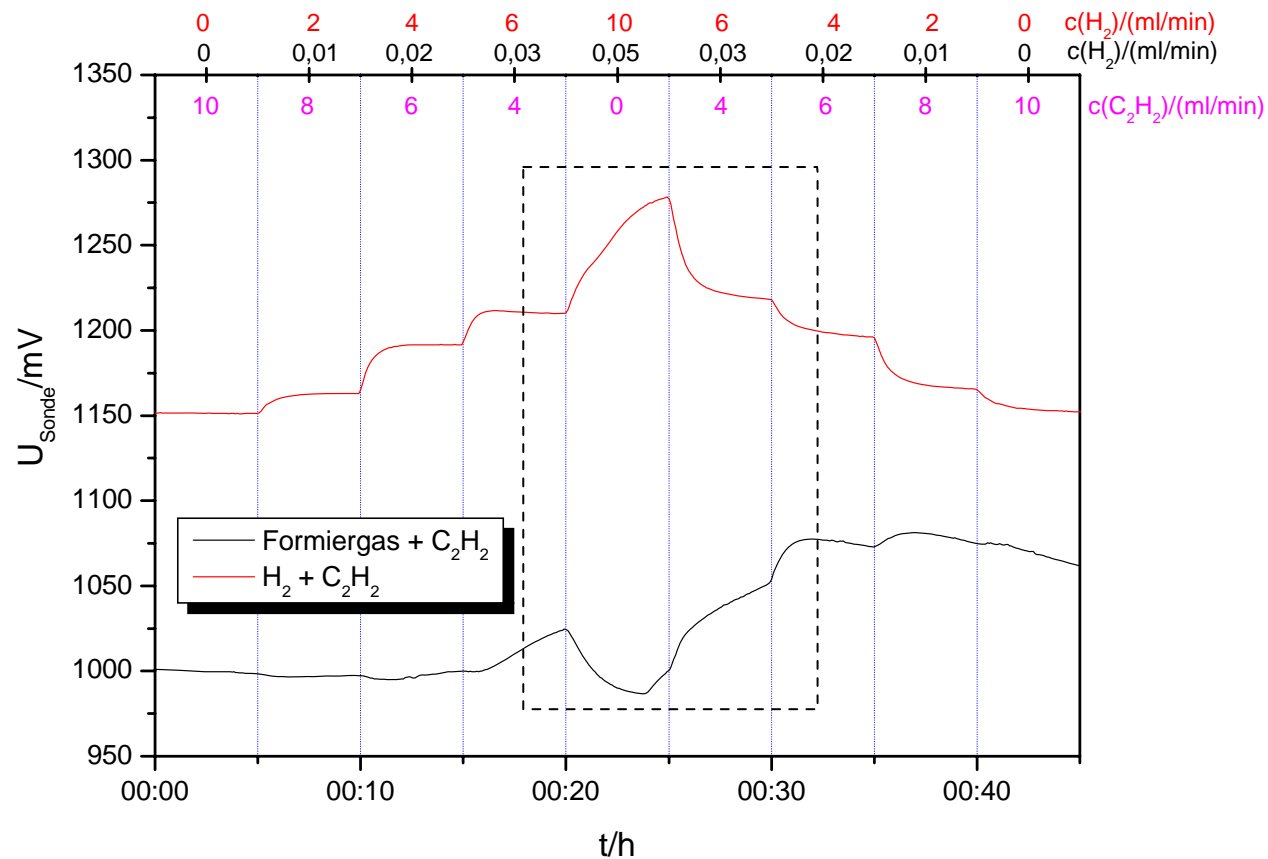


H₂-Sensor (Prinzip WLD)

$C_2H_2 + H_2$, 10 ml/min, 5 mbar, 950 °C



Sondensignal folgt nur langsam der H_2 -Konzentration trotz „ C_2H_2 -Abwesenheit“
 Reaktoreigenschaft? Nachlauf von Reaktionen?
 → Sensorsignal kann nicht ausschließlich von der H_2 -Konzentration abhängen!

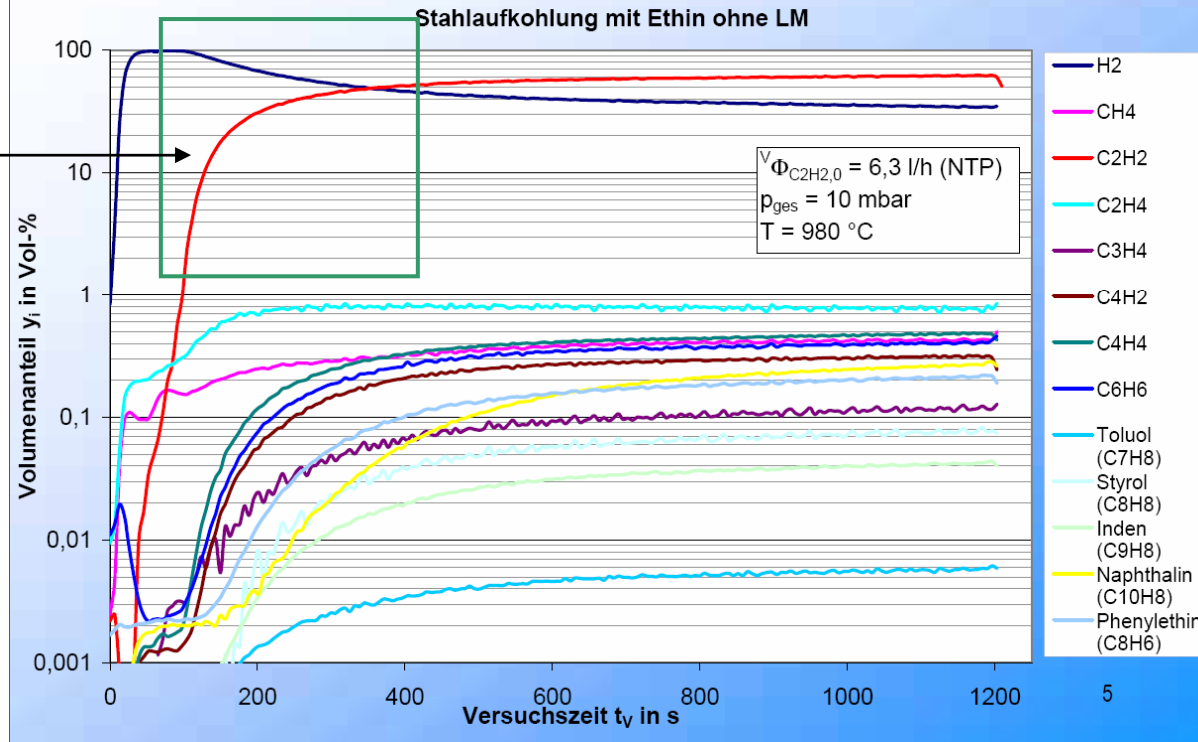
C_2H_2 + Formiergas bzw. H_2 , 10 ml/min, 5 mbar, 950 °C


Gleiche Mengen C_2H_2 , gleichgerichtete H_2 -Konz.-Änderung – aber bei „ C_2H_2 -Abwesenheit“ entgegengesetzter Signalverlauf

Hinweis auf unterschiedliches Verhalten in Abhängigkeit von der Verdünnung/Beimengung?!



Messung der Aufkohlungsproduktverteilung mit Online-MS

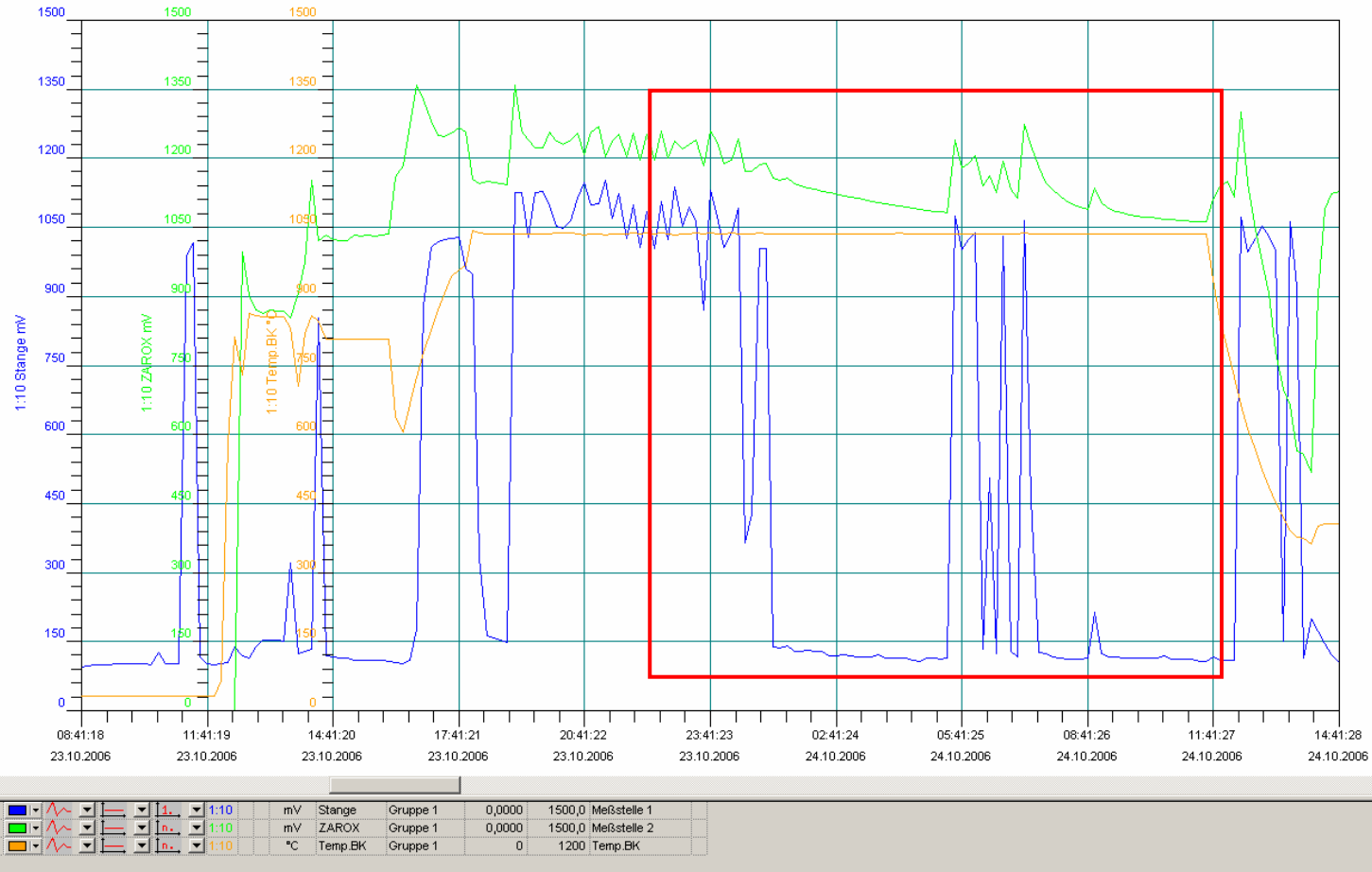


Geeignetes Regelfenster für mögliche Prozessoptimierung



Vakuumkohlungsanlage Fa. Wegener Härtetechnik, Homburg

Messdaten Fa. Wegener Härtetechnik 22.10.-02.11.06

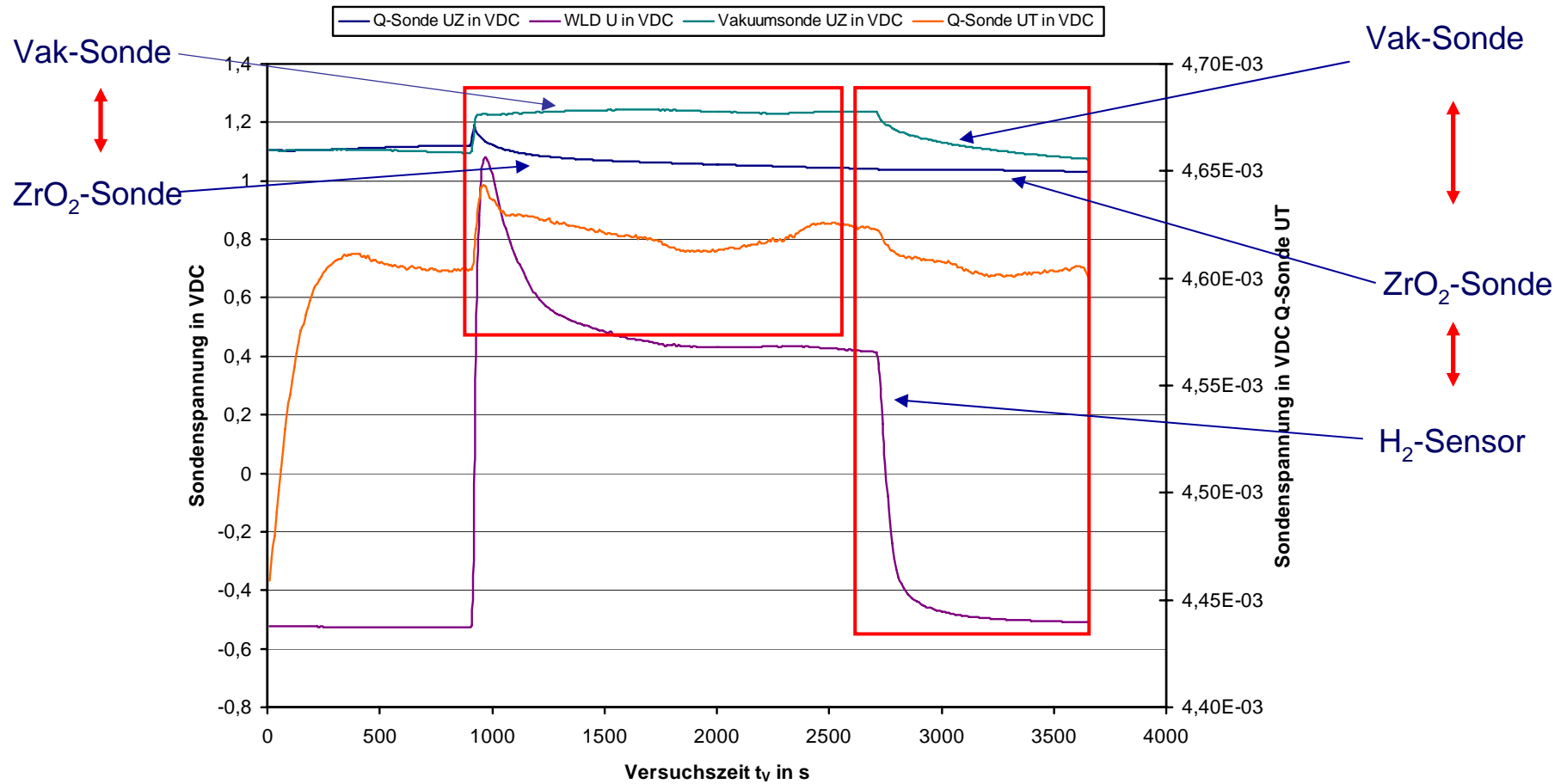


— Stange O₂-Sensor (extern)

— ZIROX O₂-Sonde (in situ)

Unterschiedliche Widerspiegelung der Verhältnisse im Ofen!

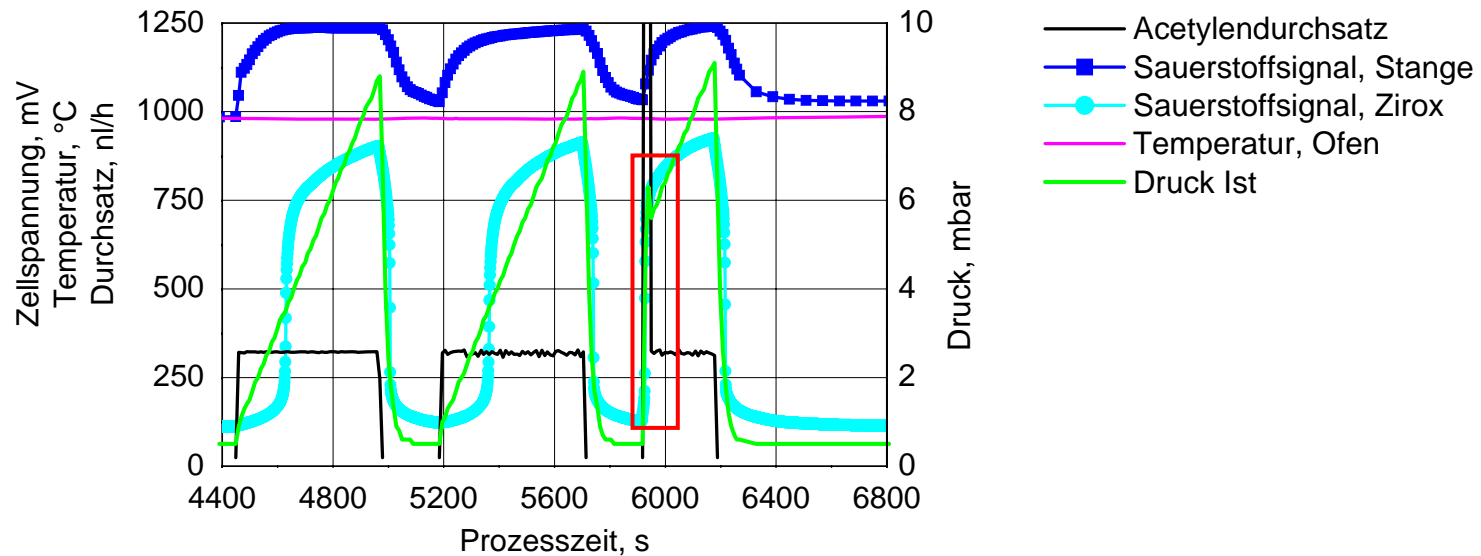
Messwerte EBI 6.11.06, Pyrolyse 980 °C



Ebenfalls unterschiedliche Darstellung der Verhältnisse im Reaktor!
 Externer Sensor vs. Interner Sensor, wie bei Wegener Härtetechnik



Einkammerversuchsofen, Fa. BOSCH, Schwieberdingen



Einfluss des Acetylenangebots auf das Sondensignal (am Anfang des dritten Pulses wurde für 20 s ein Acetylendurchfluss von 4000 statt 300 nl/h angeboten)

(Messung mit einer 1,35m langen! vakuumfesten ZrO_2 -Sonde)

Zentrale Aussage:

Die ZrO_2 -Sonde spiegelt eine Ofenatmosphäre wider, die nach H_2 -Signal und O_2 -Signal (externe Sonde) so nicht zu erwarten wäre!

Fragestellungen für Praxis:

Technische und wirtschaftliche Prozessoptimierung
Signal bzw. Signalverknüpfung für verbesserte Prozesssteuerung

Zusätzliche Informationen aus dem ZrO₂-Sonden-Signal?

Bestimmung **Startzustand** des Prozesses

Monitoring hinsichtlich:

Leckagen (O₂-Einbrüche)

Gasart (Lösungsmiteleinfluss, evtl. Verdünnung → Einfluss auf den Spaltgrad?)

Gasmenge

Pulsdauer

Druck

Temperatur

Unterstützung durch H₂-Sensor (WLD),
Druckkompensation bzw. Druckmessung durch kapazitiven
Sensor (kein Pirani-Sensor – dadurch kein Einfluss des H₂)

Meilenstein	Nicht abgeschlossene Arbeiten
1	Untersuchung der Signalverknüpfungsmöglichkeiten der Einzelsensoren ZrO₂-Sonde und WLD (technisch umsetzbar, sinnvoll erst bei abgesichertem Regelkonzept)
3	Entwicklung eines Sondentransmitters und einer Reglerbaugruppe zur Signalverarbeitung Hardwareentwicklung ist abgeschlossen, aber: Reglerbetrieb nur dann, wenn zusätzlich zur Überwachung eine aktive Regelung auf Grundlage der Messwerte möglich ist!
4	Entwicklung Regelalgorithmen

Vorteil des ZIROX-Systems wird die individuelle Anpassbarkeit auf verschiedenen Ofengrößen und Prozessabläufe sein

Kostengünstige Varianten dürften besonders für kleine Härtereietriebe interessant sein → Absatzmarkt für ZIROX

Das Niederdruckaufkohlen wird sich weiter durchsetzen → Wachstumschancen für ZIROX

Es ist abzusehen, dass sich die Technologie des Niederdruckaufkohlens mittelfristig auch außerhalb Deutschlands durchsetzen wird → steigende Exportchancen

Ende