



INBUREX

CONSULTING



Explosionsschutz



**Prozess-
Sicherheit**



Brandschutz



**Forschungs- und
Prüflabor**



**Lager- und
Transportsicherheit**



Fortbildung

INBUREX Consulting
August-Thyssen-Str. 1
59067 Hamm | Germany
fon: 02381 973 110
fax: 02381 973 1199
mail: infos@inburex.com

www.inburex.com

1

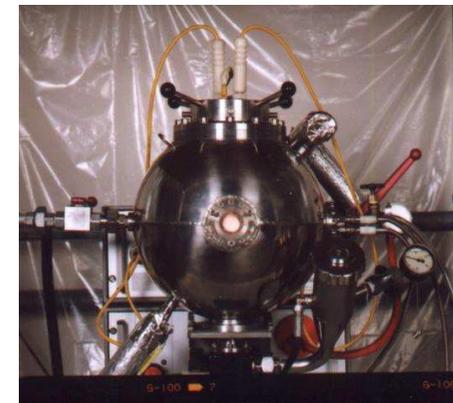
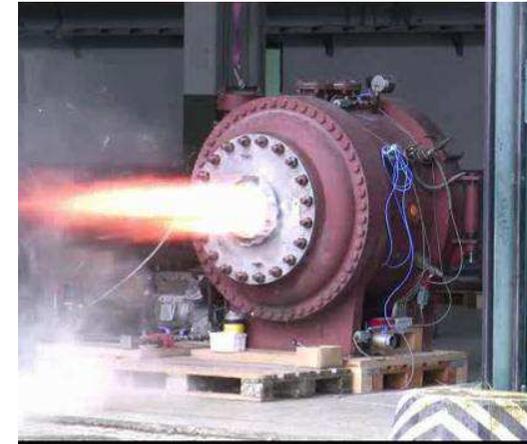
Tätigkeitsfelder der INBUREX Consulting

Sicherheit in der verfahrenstechnischen Industrie durch:

- **Ermittlung sicherheitstechnischer Kennzahlen**
- **Konzepterstellung bei Planung und Entwicklung**
- **Gefahren- und Risikoanalyse (HAZOP/PAAG, QRA)**
- **Sicherheitsberichte und sicherheitstechnische Prüfungen**
- **Gefahrenanalyse und Gefährdungsbeurteilung nach RL 2014/34/EU und RL 1999/92/EG**
- **Management (Sicherheit, Gefahrstoff, Genehmigung)**
- **Weiterbildungen / Schulungen**

WJI – Forschungs- und Prüflabor

- **Sicherheitstechnische Prüfung von Stäuben, Flüssigkeiten, Gasen und Dämpfen**
- **Elektrostatische Untersuchungen**
- **Untersuchung konstruktiver Explosionsschutzeinrichtungen**
- **Untersuchung chemischer Reaktionen**
- **Transport-Klassifizierung gemäß UN-Recommendations for the Transport of Dangerous Goods**
- **Durchführung industrieller Forschungsvorhaben**
- **Beratungsleistungen beim Inverkehrbringen von Gefahrstoffen (GHS und REACH)**
- **Durchführung von Schulungen und Seminaren (z.B. Experimentalvorträge)**



Prüfstand Flammensperre –

Prüfung von Schutzsystemen an Werkzeugmaschinen

M. Eng. Joachim Wandt
B.Sc. Svenja Wandt
Dipl.-Ing. Martin Gosewinkel

INBUREX Consulting
August-Thyssen-Str. 1
59067 Hamm | Germany
fon: 02381 973 110
fax: 02381 973 1199
mail: infos@inburex.com

www.inburex.com

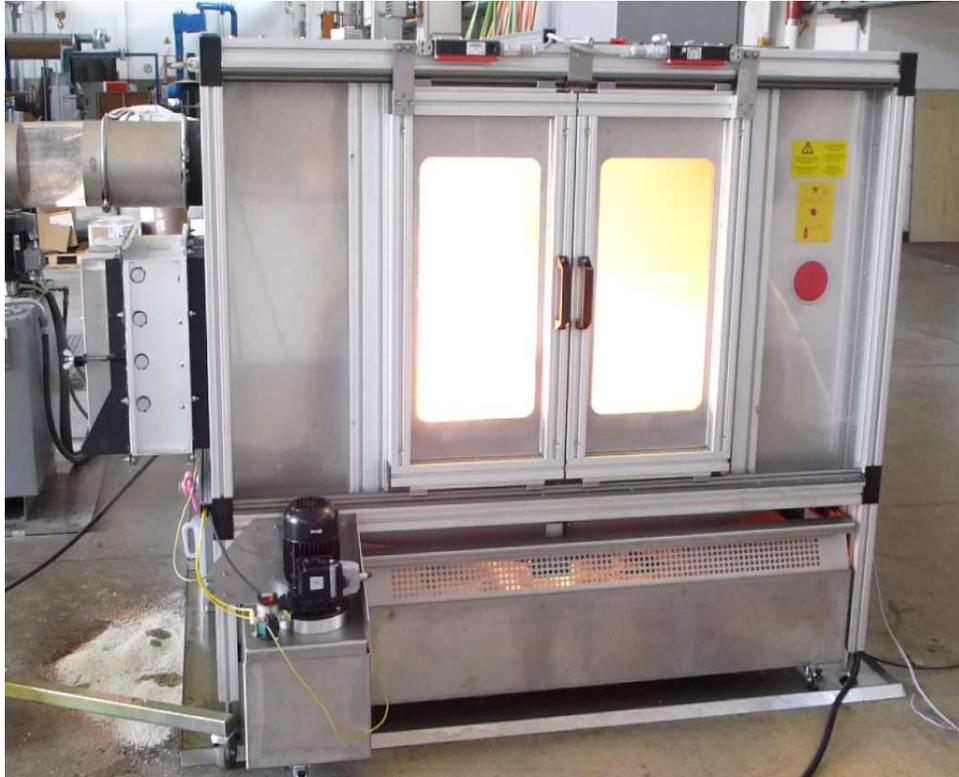
4

INBUREX Consulting GmbH
August-Thyssen-Str. 1
59067 Hamm
Tel. 02381 973 110
Fax 02381 972 1199

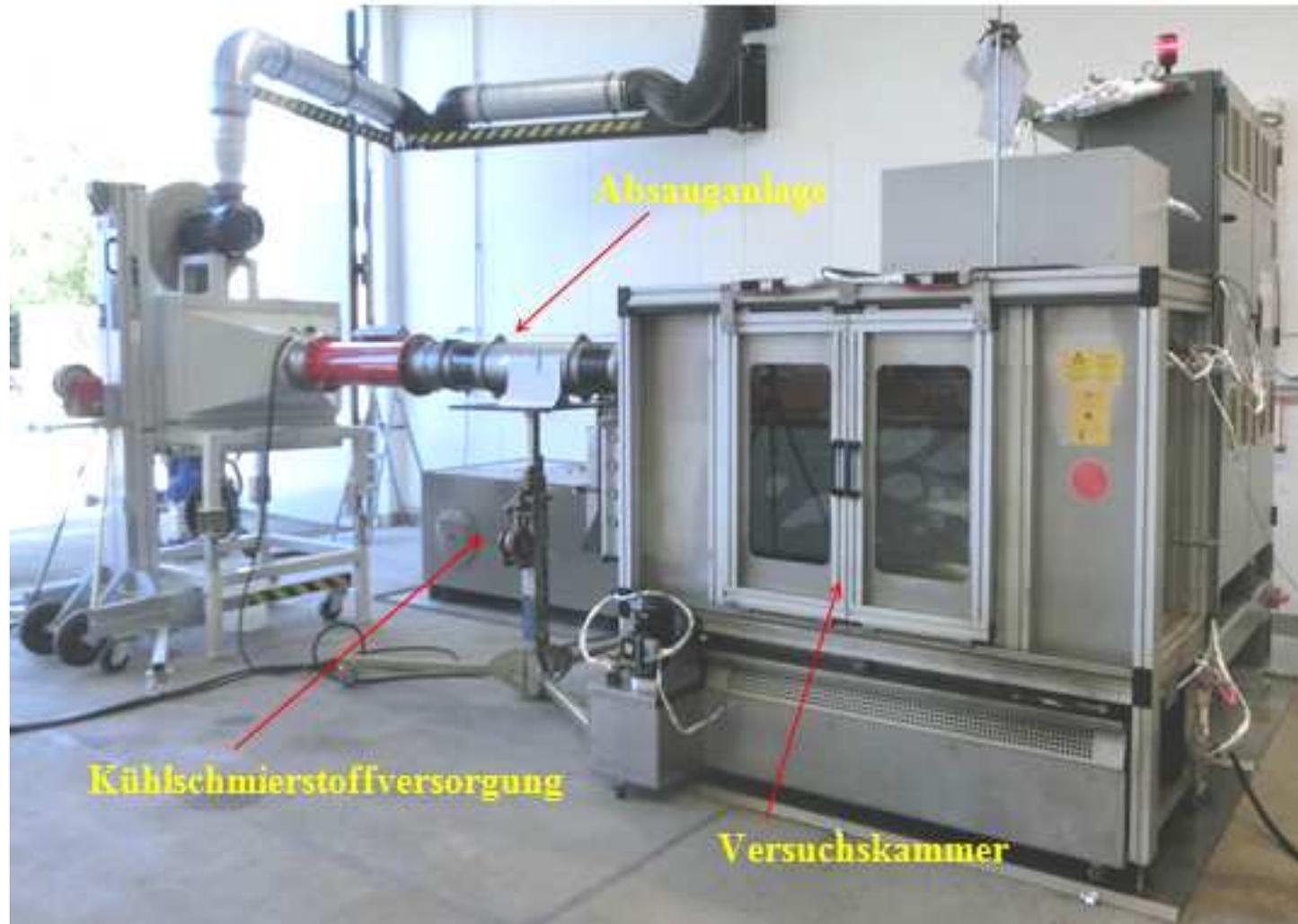
www.inburex.com
infos@inburex.com



Forschungsprojekt: Prüfstand Flammensperre



- Industrieprojekt:
- Erforschung Brand- und Explosionsgefahr bei der:
 - konventionellen Nassbearbeitung
 - Minimalmengenschmierung
- Auswirkungen von Zündereignissen unter praxisnahen Bedingungen
- Entwicklung und Prüfung wirksamer Schutzsysteme gegen Flammenaustritte (Flammensperren, Türlabyrinth)

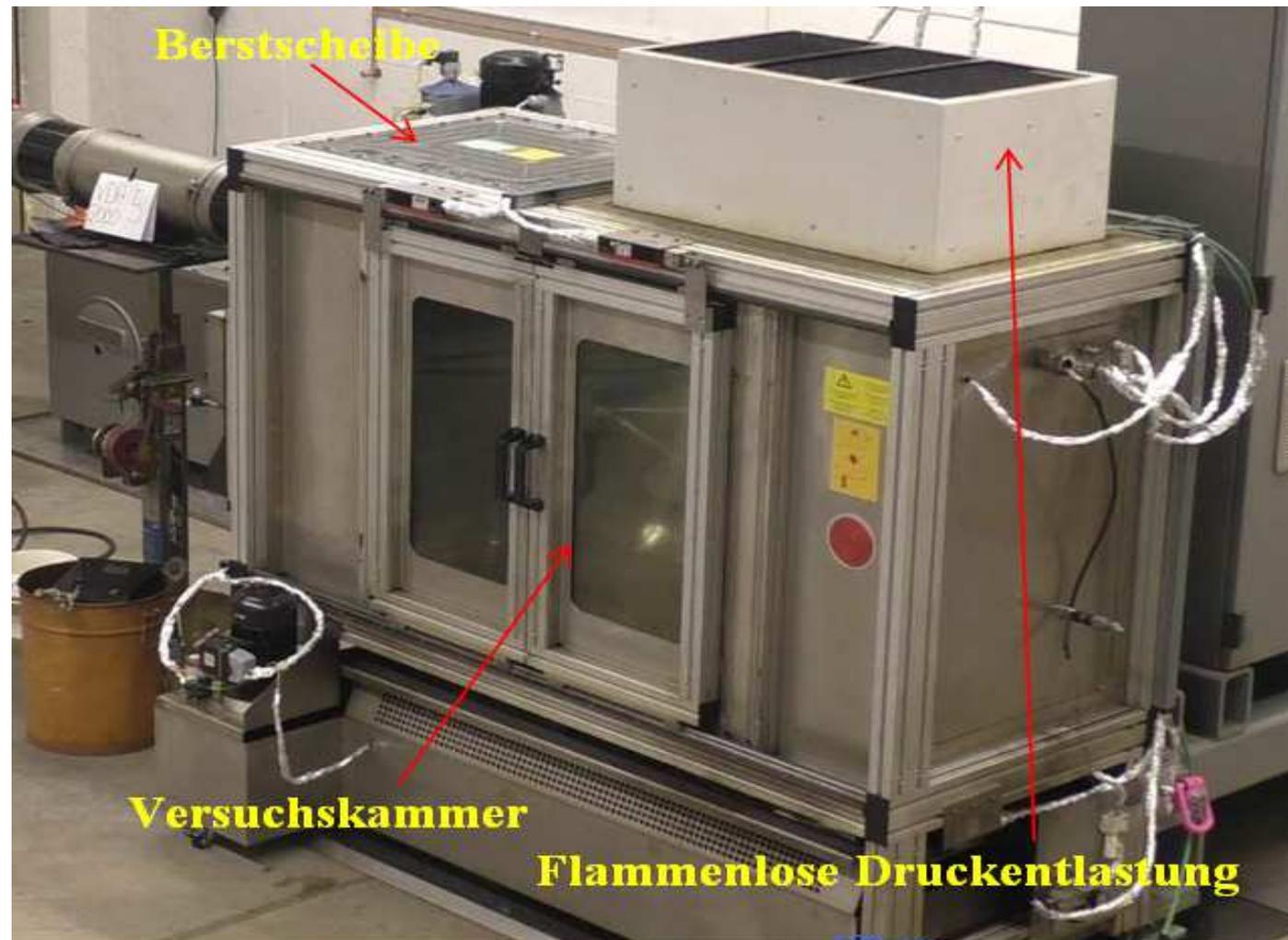


INBUREX Consulting
August-Thyssen-Str. 1
59067 Hamm | Germany
fon: 02381 973 110
fax: 02381 973 1199
mail: infos@inburex.com

www.inburex.com

6



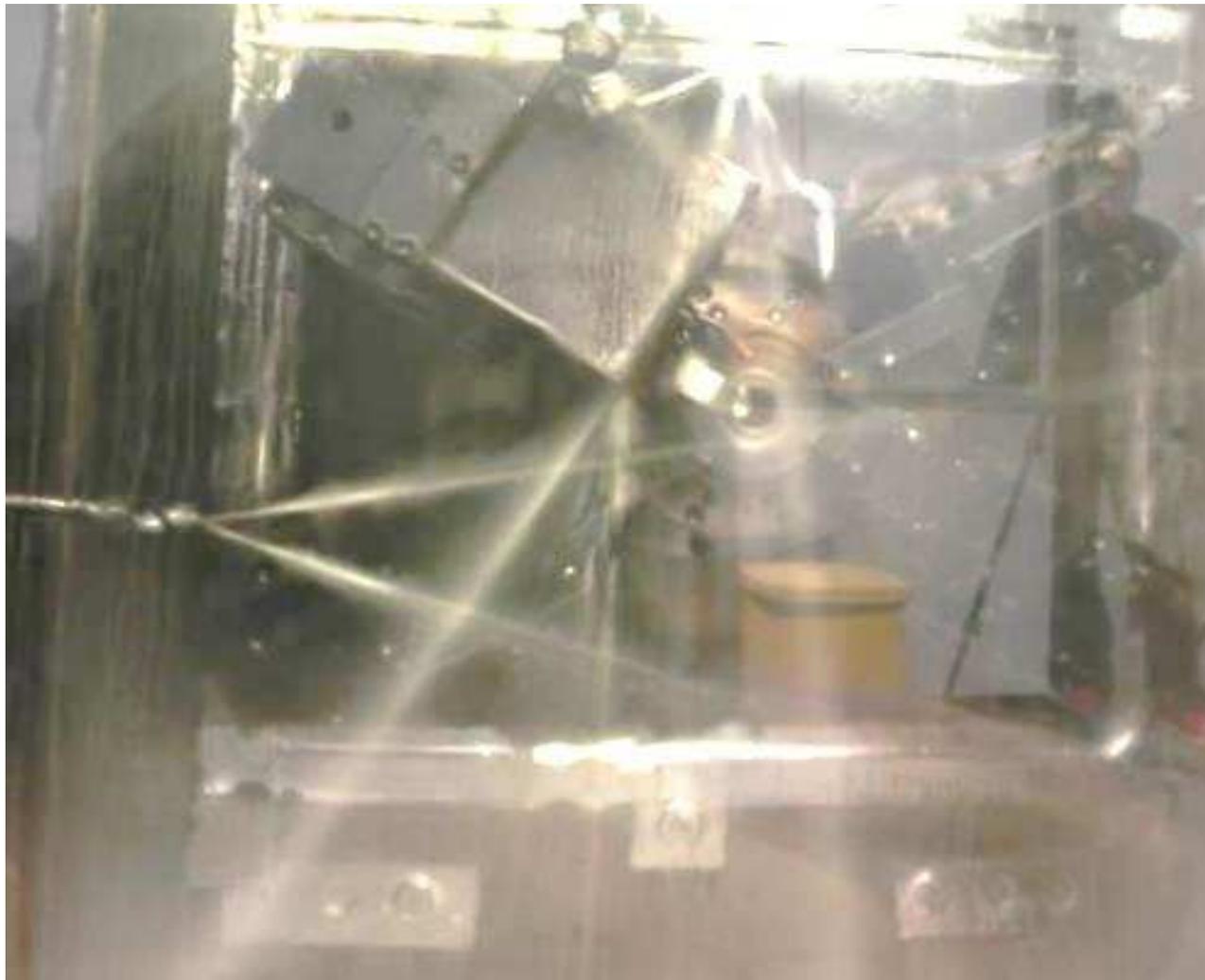


INBUREX Consulting
August-Thyssen-Str. 1
59067 Hamm | Germany
fon: 02381 973 110
fax: 02381 973 1199
mail: infos@inburex.com

www.inburex.com

7

- **Sprühbild Düsen**



INBUREX Consulting
August-Thyssen-Str. 1
59067 Hamm | Germany
fon: 02381 973 110
fax: 02381 973 1199
mail: infos@inburex.com

www.inburex.com

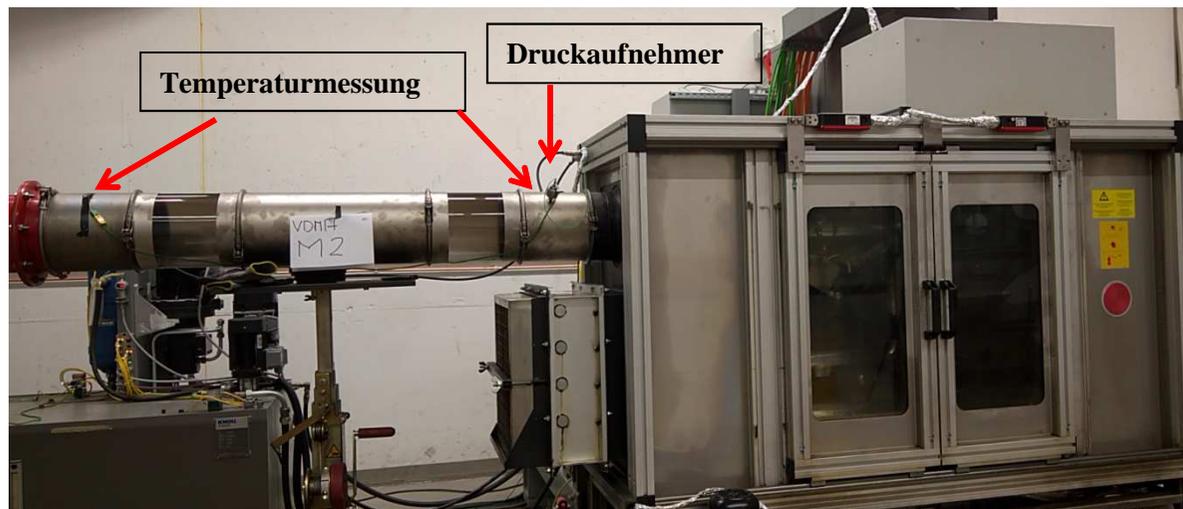
8



- **Stellventile Hochdruck / Niederdruck**
- **Realisierung verschiedener KSS-Volumenströmen von 30 ml/s – 300 ml/s**



**Druckaufnehmer,
Temperatur-
messung**



- **Ziel: optimale Prüfparameter ermitteln**
- **Mehr als 100 Einzelversuche durchgeführt**
- **Unterschiedliche Versuchsreihen mit Parametervariationen:**
 - **Absaugvolumenströme zwischen 700 m³/h und 2.000m³/h**
 - **Mit /ohne Werkstückbearbeitung**
 - **Variation der Kühlschmierstoffmenge**
 - **1 oder 2 Bearbeitungszyklen**



- **Identifikation von 3 kritischen Zuständen**

- Variation des KSS-Menge zum Erreichen der Zustände

- **Variation der Kühlschmierstoff-Menge**

- „langsame“ Reaktionen:

- **starke Flammenaustritte aus Türlabyrinth**

- **Maximaldrücke gering**



- **Variation der Kühlschmierstoff-Menge**

- „mittlere“ Reaktionen:

- „normale“ Flammerscheinungen ohne besondere Charakteristika

- **Maximaldrücke mittlerer Charakteristik**



- **Variation der Kühlschmierstoff-Menge**

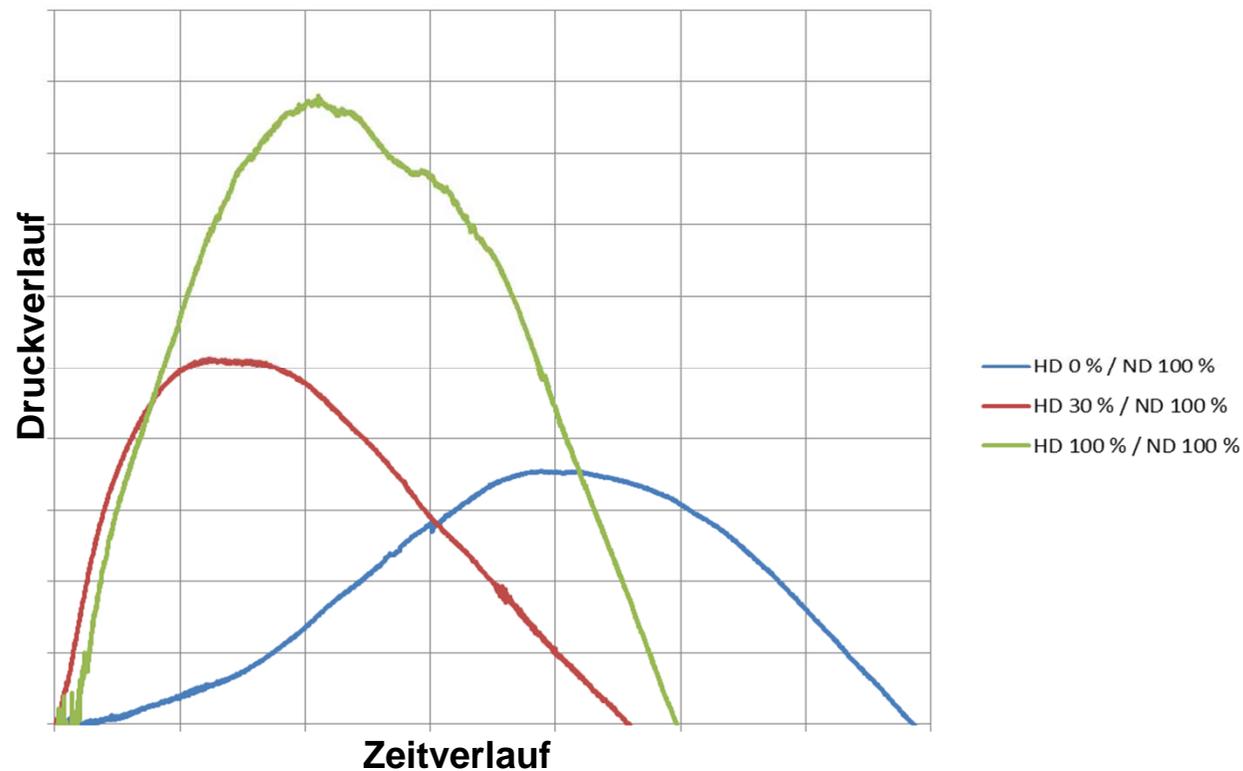
- „schnelle“ Reaktionen:

- hohe Maximaldrücke

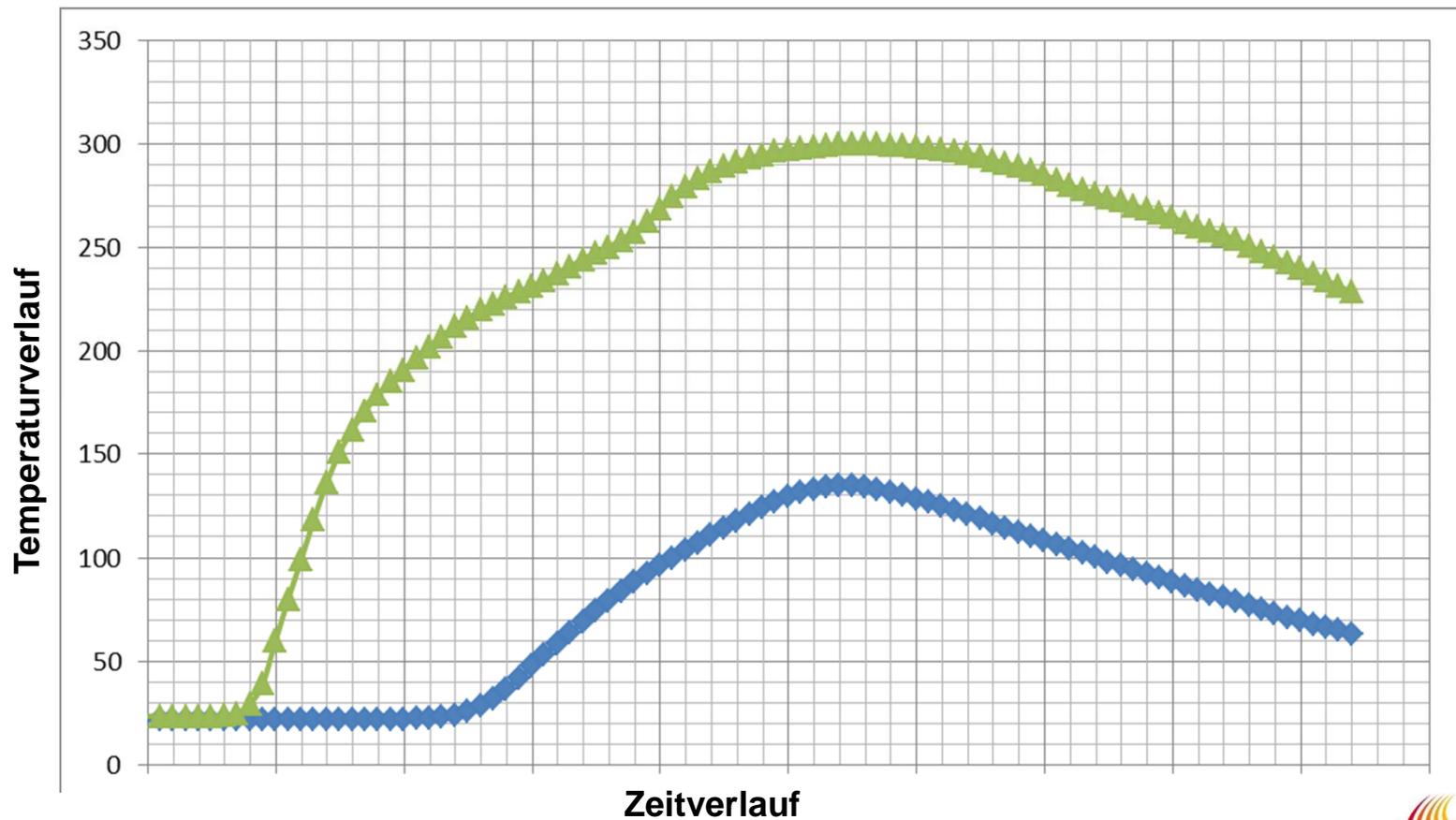
- aber weniger starke Flammenaustritte



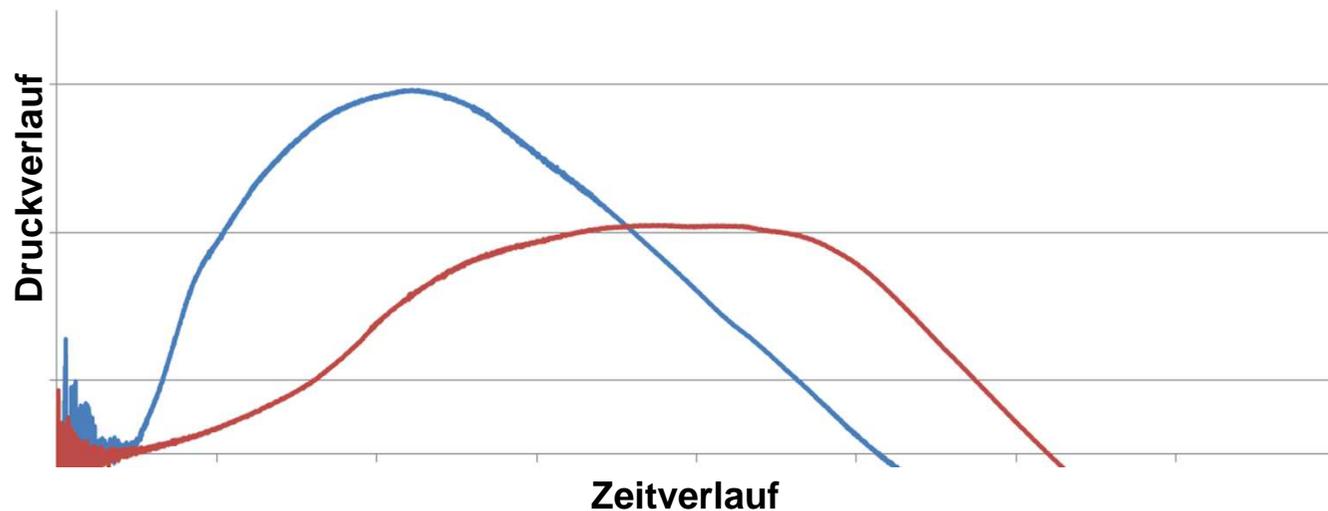
- **Variation der Kühlschmierstoff-Menge**
 - hohe KSS-Menge grün
 - mittlere KSS-Menge rot
 - niedrige KSS-Menge blau
- **Orientierender Zeit- und Druckverlauf:**



- **Vergleich Temperaturentwicklung Versuchskammer (grün) – Rohr (blau)**
- **Orientierender Zeit- und Temperaturverlauf**



- **Variation des Absaugvolumenstromes**
 - niedrige Absaugvolumenströme (blau) 700 m³/h
 - hohe Absaugvolumenströme (rot) 2.000 m³/h
- **Orientierender Zeit-und Druckverlauf**



- **2.000 m³/h – Löschen sehr schwer möglich**



- **Unterschiede im Zündungsverhalten**



- **1 s nach Ende des Eindüsens keine Zündung möglich (nur Zünder)**



- **0,2 s vor Ende des Eindüsens kurzer Brand**



- **1 s vor Ende des Eindüsens Durchzündung**

- **Verschlussklappe zum Sammelbehälter offen**



- **Gefahr der Rückzündung bei zu schnell zugeschalteter Lüftung**

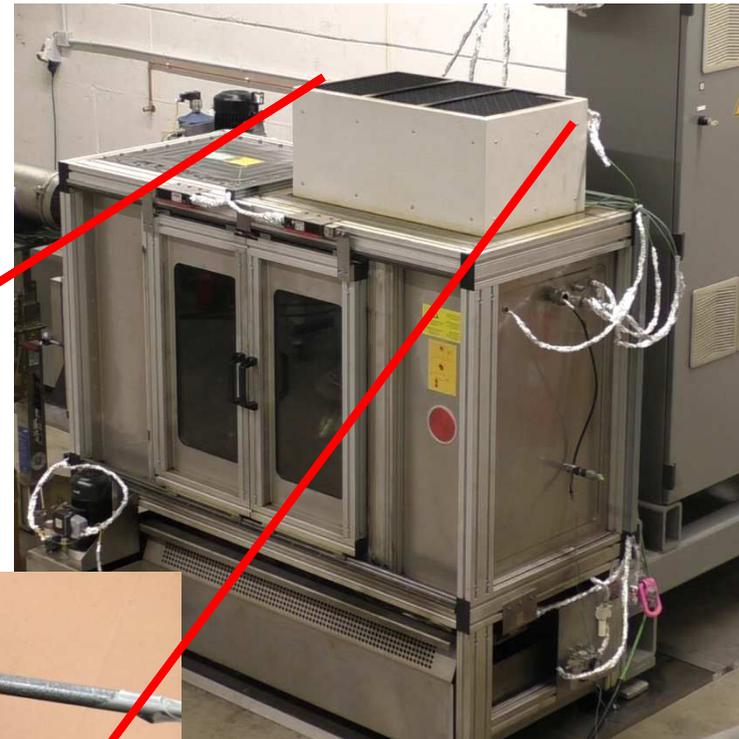


Ergebnisse:

- **mit Erhöhung der Kühlschmierstoffmenge steigt die Reaktionsheftigkeit an**
- **mit Absaugung erhöht sich die Reaktionsheftigkeit durch Turbulenz, mit Ausnahme von extrem hohen Absaugvolumenströmen**
- **mit Bearbeitung des Werkstückes steigt die Reaktionsheftigkeit auf Grund der höheren Temperaturen und der Erhöhung der Turbulenz an der Bearbeitungsstelle**
- **die Grenzfälle mit schnellen und langsamen Reaktionen können reproduzierbar nachgestellt werden**
- **Druckentlastungsklappen (DEK) limitieren den Maximaldruck. Ohne DEK: höhere Maximaldrücke**
- **Bei Brandereignissen starke Rauchgasbildung**

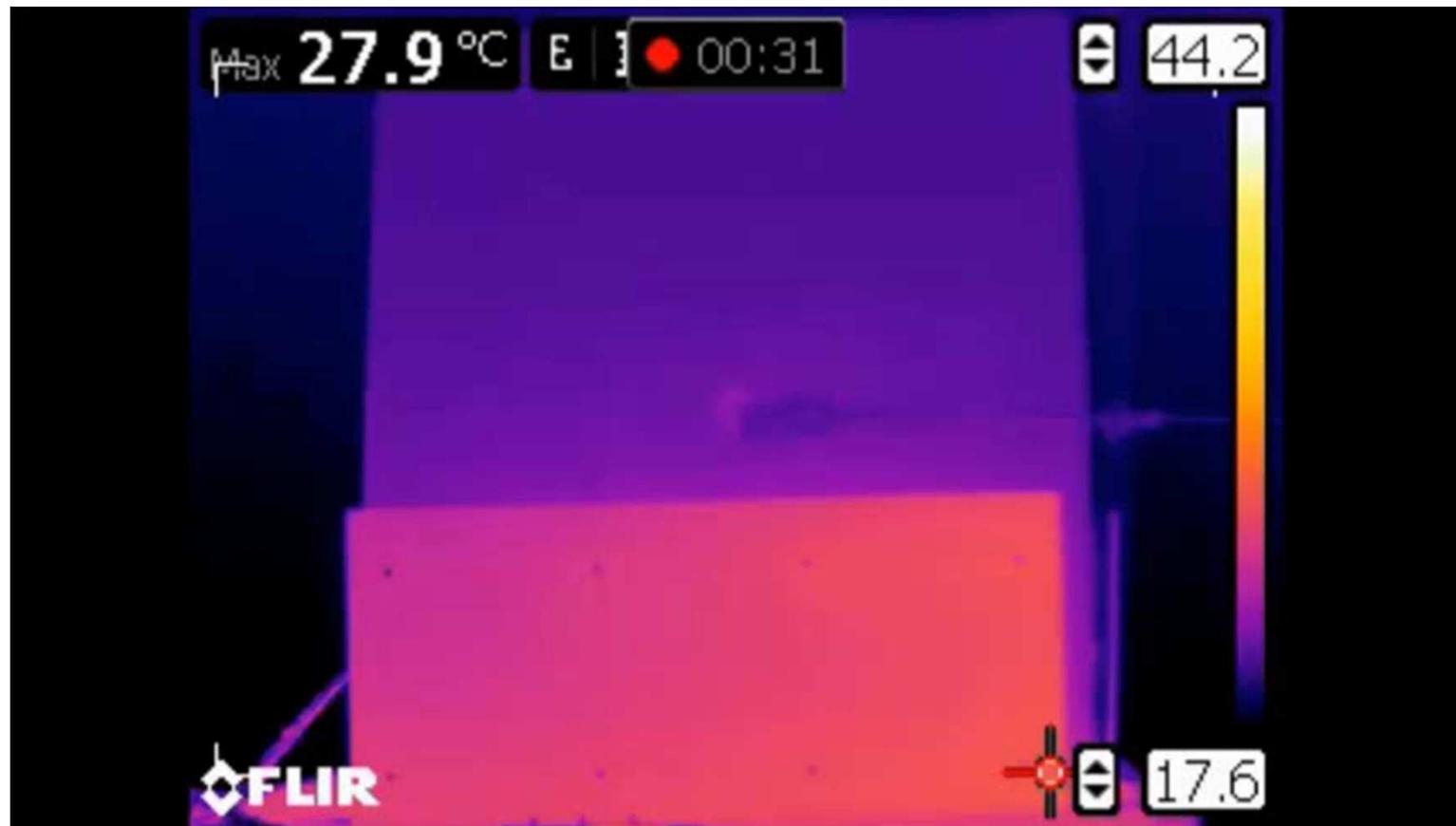


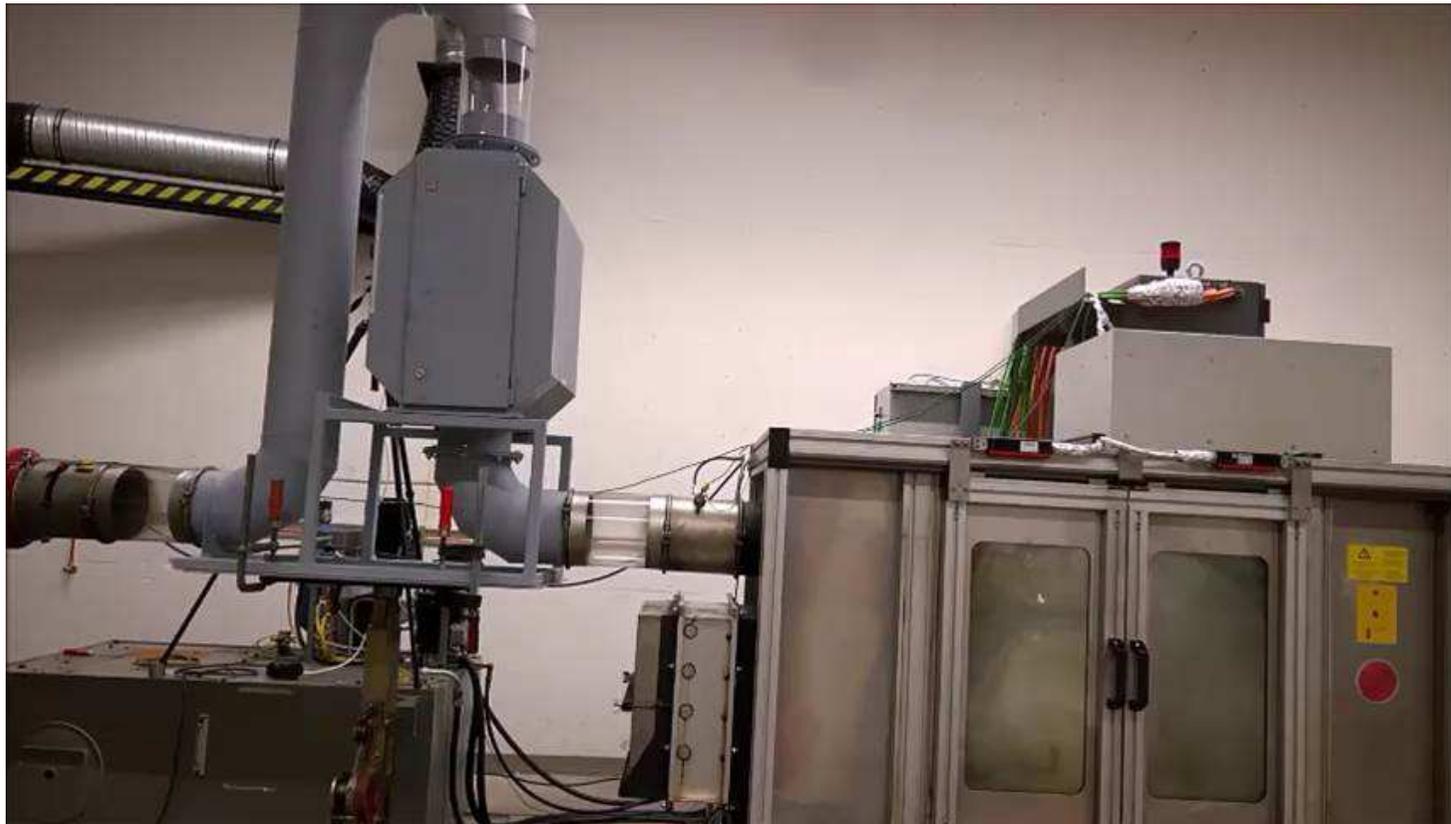
- **Flammenlose Druckentlastungsklappe**



- **Funkenaustritt (ohne Flammenaustritt) aus flammenloser Druckentlastung**





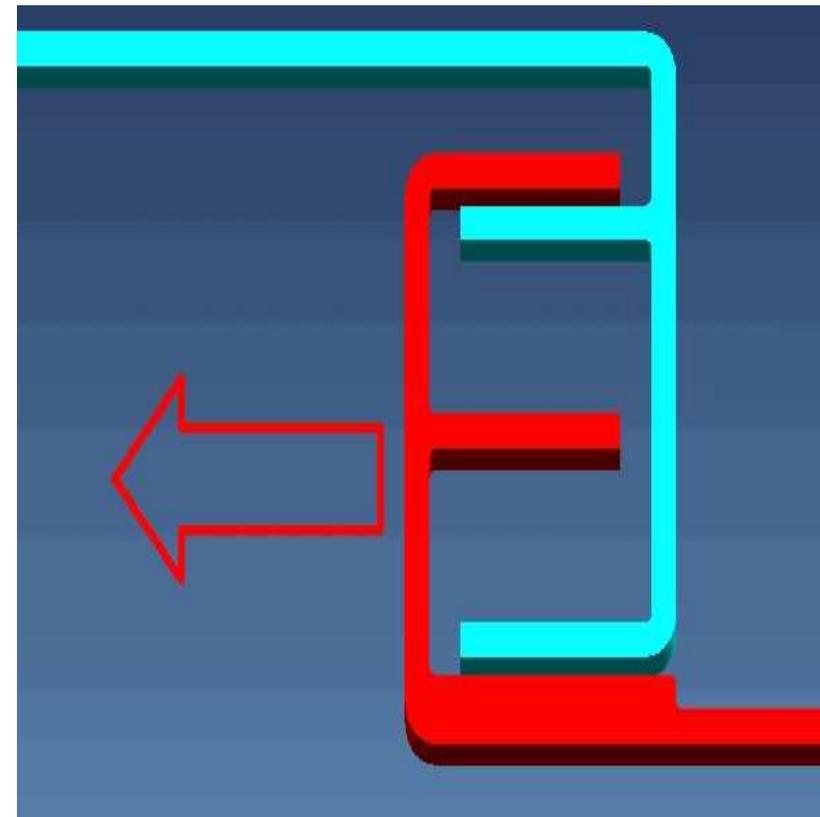


INBUREX Consulting
August-Thyssen-Str. 1
59067 Hamm | Germany
fon: 02381 973 110
fax: 02381 973 1199
mail: infos@inburex.com

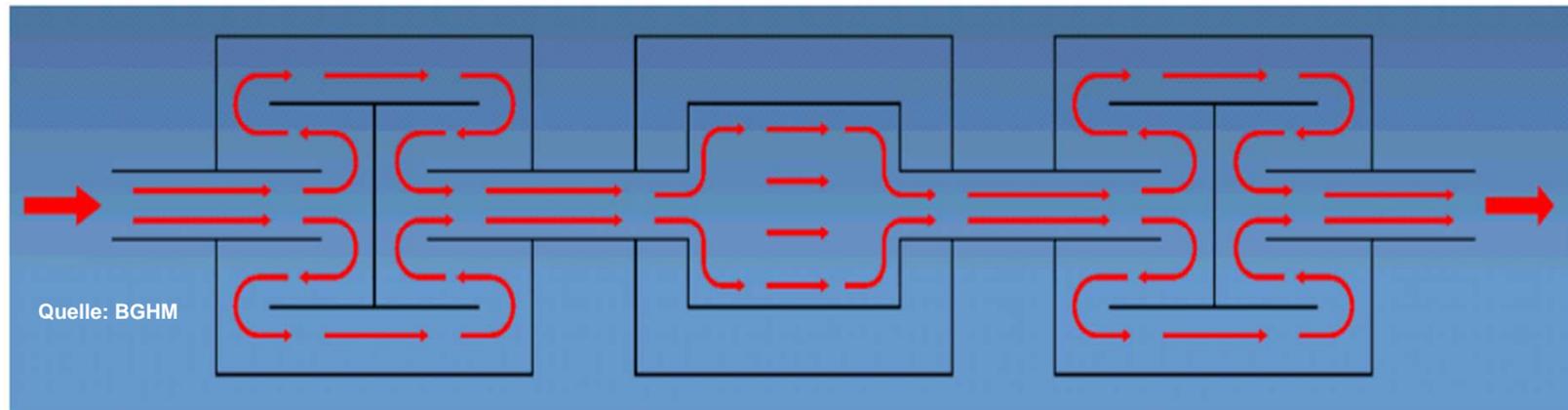
www.inburex.com

27

Prüfung und Optimierung: (Tür-) Labyrinth-Dichtungen gegen Flammenaustritt



Flammensperren



INBUREX Consulting

August-Thyssen-Str. 1
59067 Hamm | Germany
fon: 02381 973 110
fax: 02381 973 1199
mail: infos@inburex.com

www.inburex.com

29

Selbstentzündungsereignisse

im Kontext des

metallbearbeitenden Bereiches

M. Eng. Joachim Wandt
B.Sc. Svenja Wandt
Dipl.-Ing. Martin Gosewinkel

INBUREX Consulting
August-Thyssen-Str. 1
59067 Hamm | Germany
fon: 02381 973 110
fax: 02381 973 1199
mail: infos@inburex.com

www.inburex.com

30

INBUREX Consulting GmbH
August-Thyssen-Str. 1
59067 Hamm
Tel. 02381 973 110
Fax 02381 972 1199

www.inburex.com
infos@inburex.com



- **Selbstentzündung**
 - oxidative Reaktion eines Staubes mit Luftsauerstoff,
 - ohne Luft: Zersetzungsreaktionen
- **bei Naturstoffen (z.B.: Heu, Milchpulver) sind Reaktion biologischer Art möglich**
- **Einflussgrößen:**
 - Form der Schüttung (Volumen, Oberfläche)
 - Chemischer Aufbau des Stoffes, Korngröße, Feuchtigkeit
 - Wärmeleitfähigkeit
 - Umgebungstemperatur
 - Verunreinigungen....
- **Reaktion exotherm => Wärmeproduktion**
- **Wärmeverlust über Oberfläche der Staubschüttung=> Wärmeabfuhr**



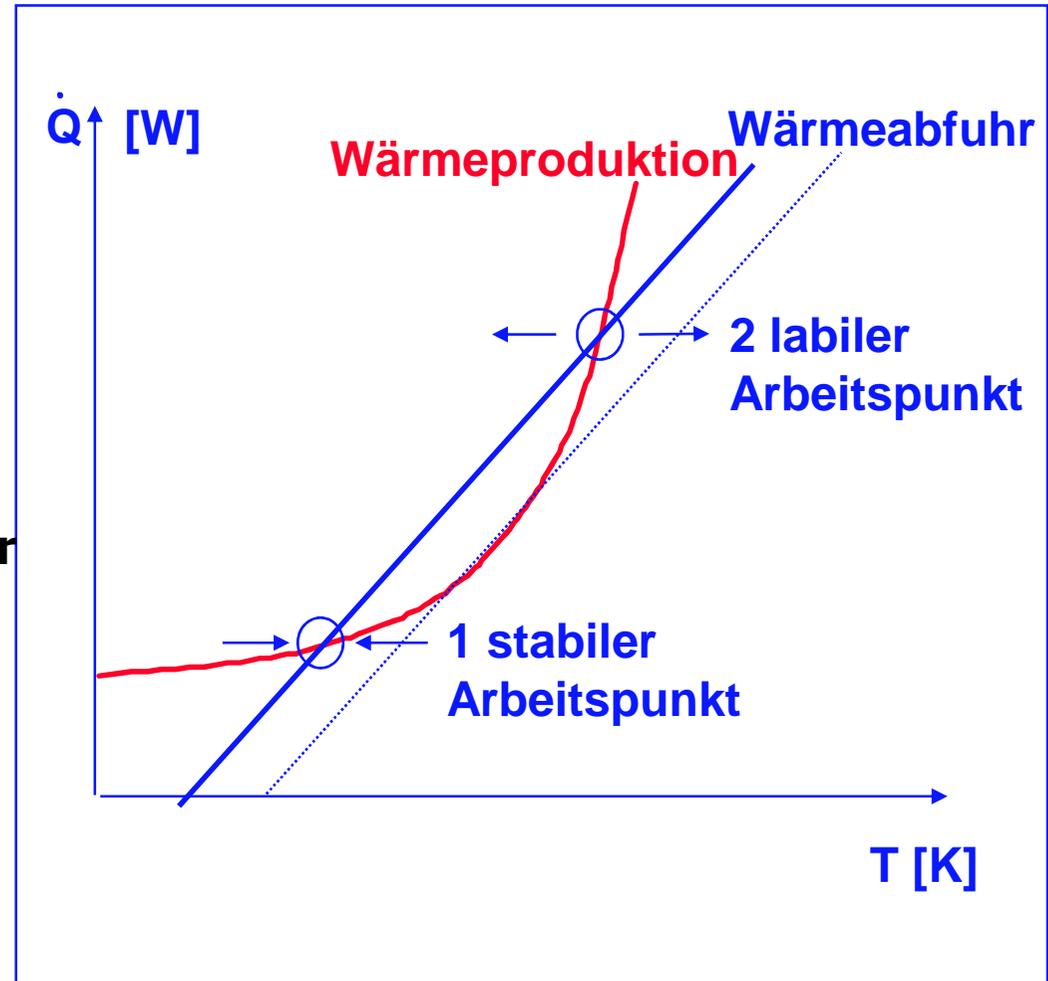
Wärmeproduktion <
Wärmeabfuhr

⇒ **System stabil**

Wärmeproduktion >
Wärmeabfuhr

⇒ **System *instabil***

⇒ **Beschleunigung der
Reaktion durch
Temperaturanstieg**



**„Durchgehen der
Probe“
(Selbstentzündung)**

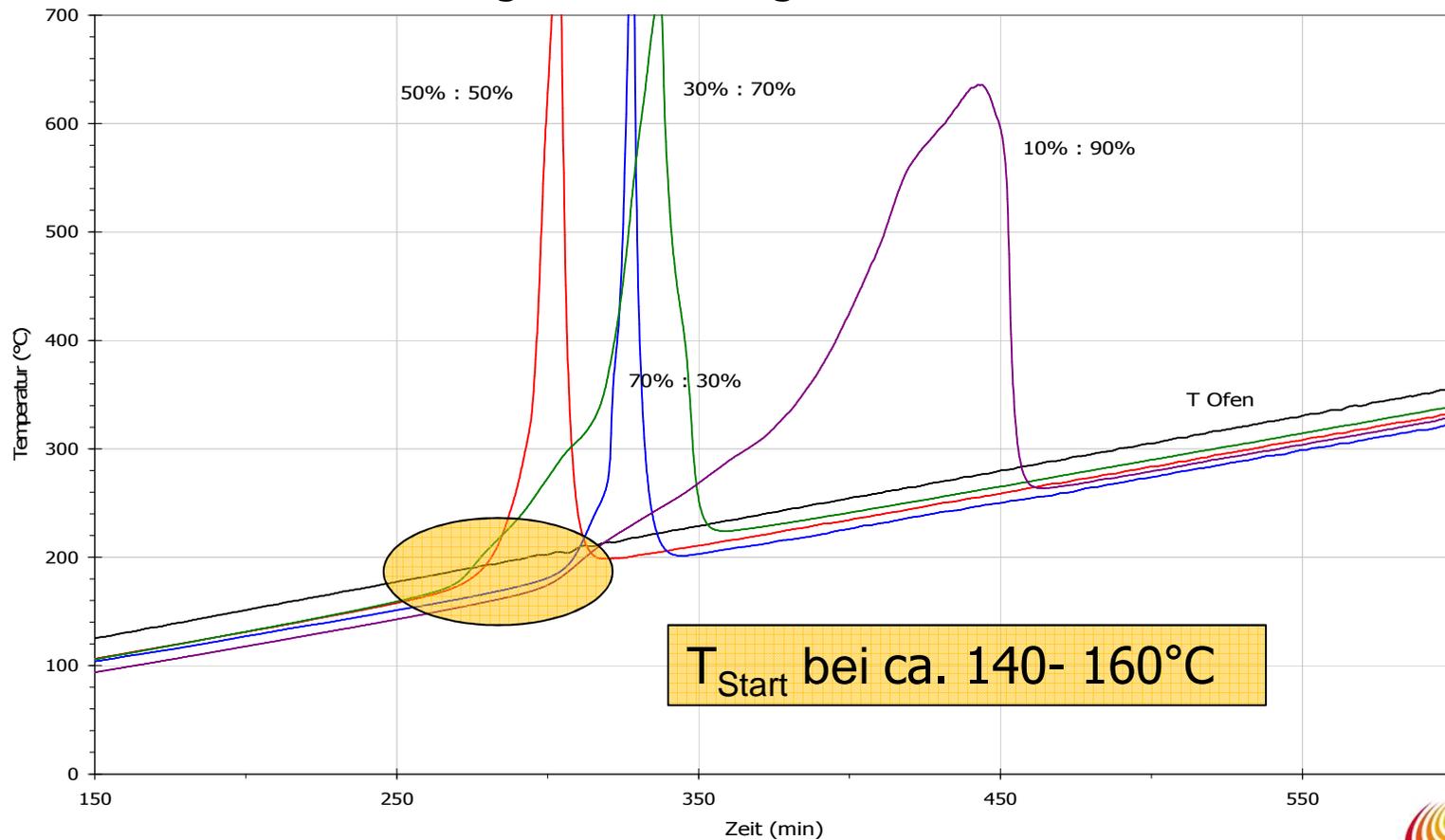
Offener Brand am Reaktor



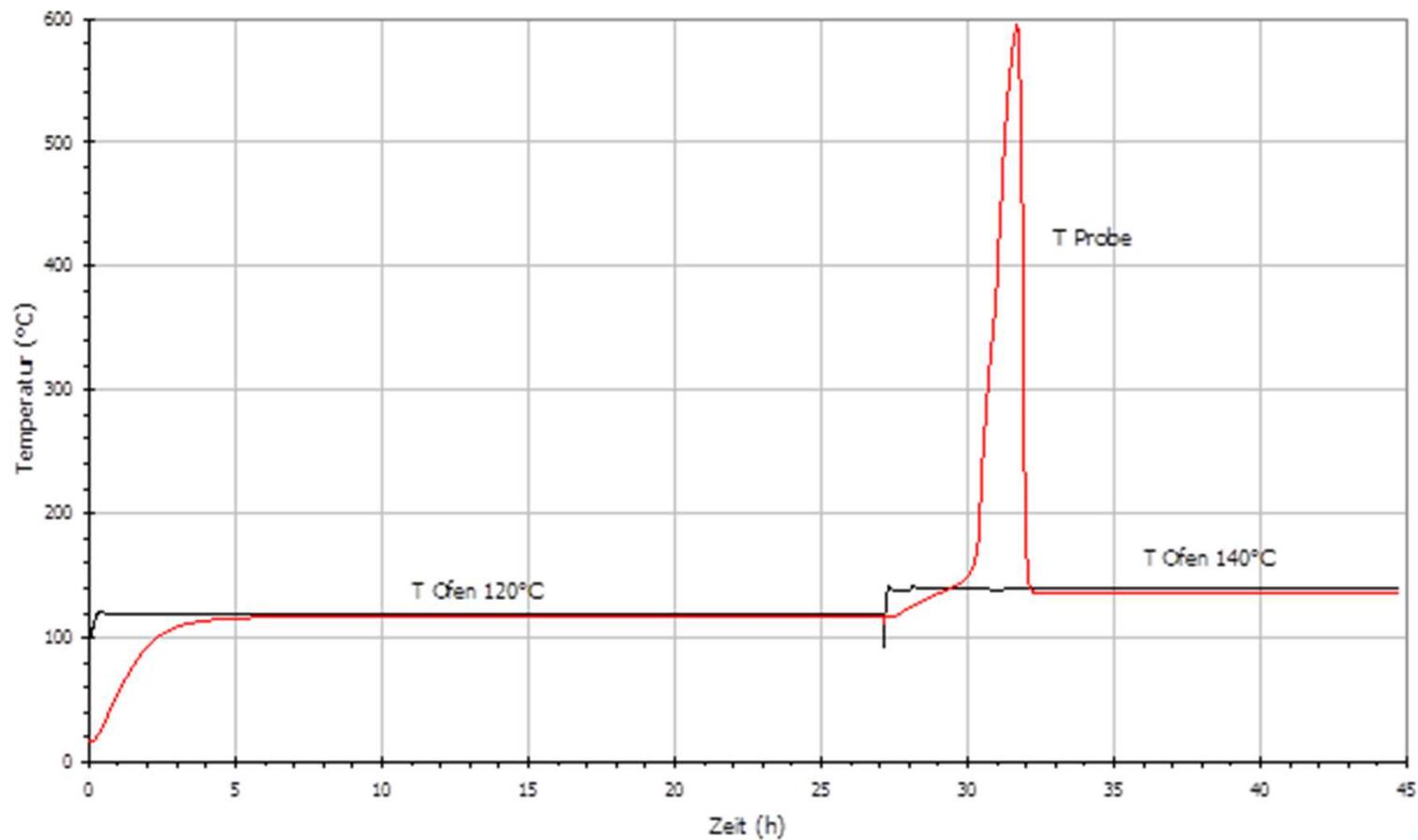
Produktaustritt über Leckage
aus Flanschverbindung in
Reaktorisolation



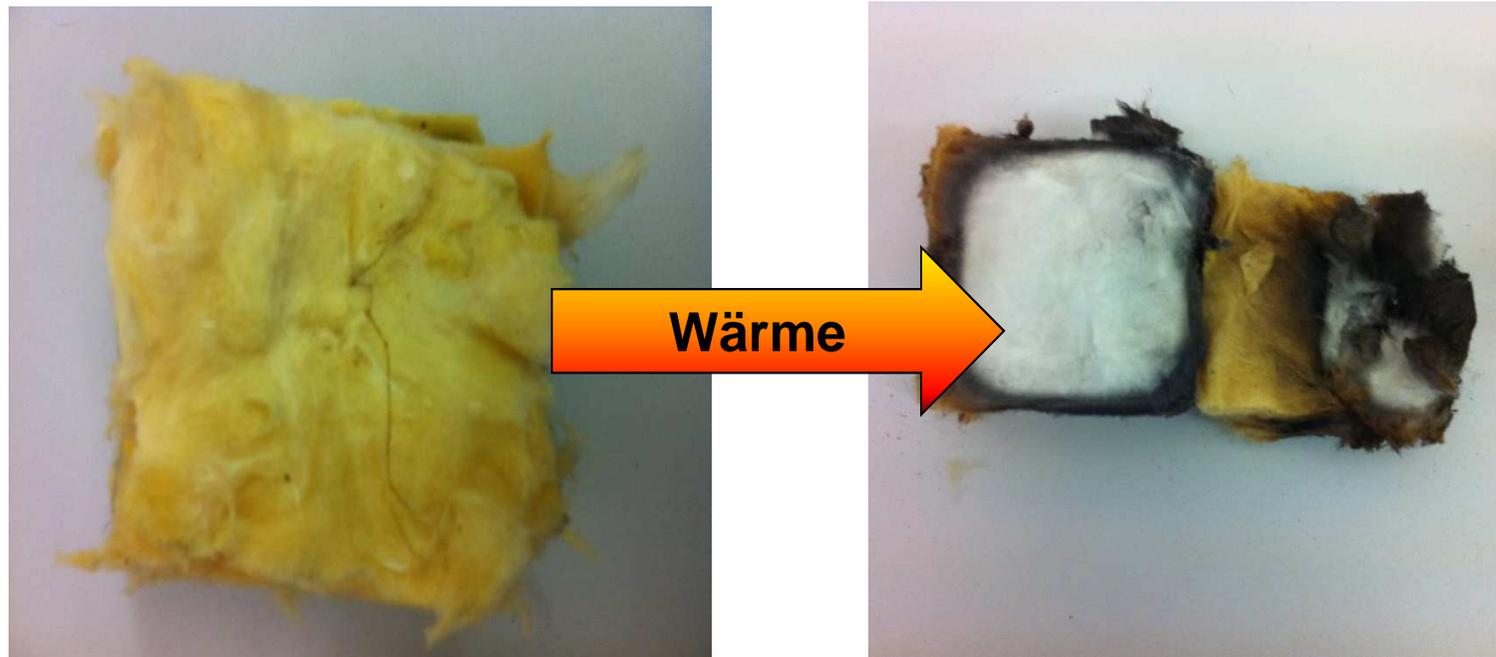
Warmlagerungsuntersuchung im 5 cm Drahtkorb mit ansteigender Temperaturbelastung (Screening) Unterschiedliche Flüssigkeitsbeladung der Mineralwolle



Warmlagerungsmessung im 10 cm Drahtkorb,
Beladung Mineralwolle mit Flüssigkeit: 15 : 85 %



Mineralwolle mit Fettsäure versetzt, frisch



- Absenkung der Selbstentzündungstemperatur des Reaktionsproduktes
 - Feinstverteilung der Flüssigkeiten auf den inneren Oberflächen der Mineralwolle (⇒ Kapillarwirkung)
 - Vor-Oxidationsreaktion der ungesättigten Kohlenwasserstoffe (hier Fettsäureester)
- Bildung lokaler Hot-Spots mit selbsttätiger Brandausbreitung durch „Dochtwirkung“ (⇒ Verringerung der Wärmekonvektion am Gesamtwärmetransport im Vergleich zur Wärmeleitung)
- Verminderung der Wärmeabfuhr
 - Geringe Wärmekapazität/ niedrige Wärmeleitfähigkeit der Mineralwolle

⇒ Ergebnis: Zündquelle *Selbstentzündung durch umgebungsbedingte Vor-Reaktion (Oxidation ungesättigter KW's)*



Offener Brand in Filteranlage

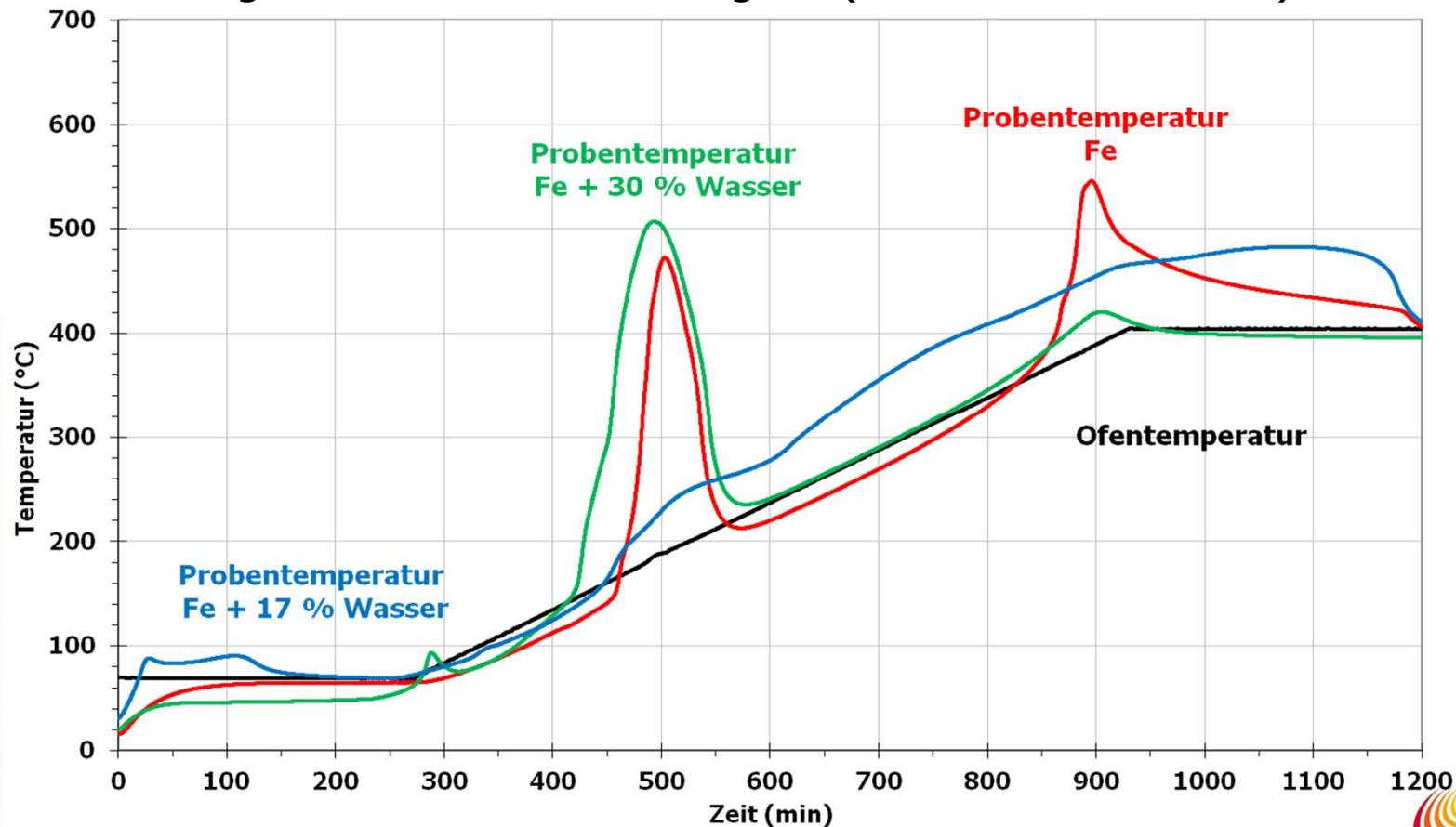


mit Hitzeeinwirkung in
der näheren Umgebung



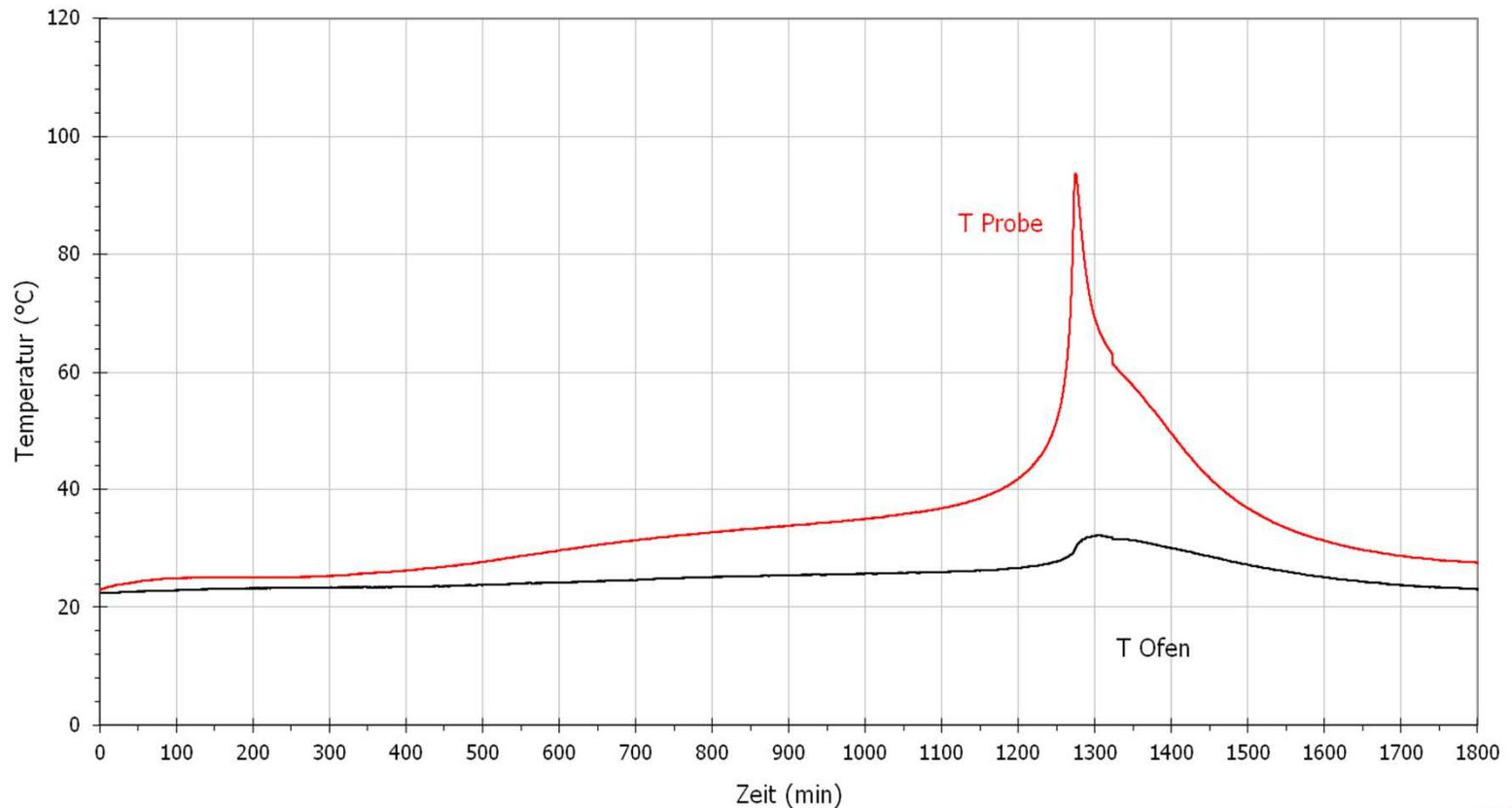
Beispiel: Metallstaub (Mischung Fe/ Al)

Warmlagerungsuntersuchung im 5 cm Drahtkorb mit ansteigender Temperaturbelastung (Screening):
Beladung Metallstaub mit Feuchtigkeit (\Rightarrow Korrosionsreaktion)



Beispiel: Metallstaub (Mischung Fe/ Al)

Warmlagerungsuntersuchung im 5 cm Drahtkorb
mit ansteigender Temperaturbelastung (Screening):
Korrosionsreaktion: Eisen + 17 % Wasser



Beispiel: Metallstaub (Mischung Fe/ Al)

- Mehrstufiger Zersetzungsmechanismus
- Initiierung der Zersetzungsreaktionen durch Feuchtigkeit (⇒ Kondensationseffekte, Luftfeuchtigkeit)
 - $2 \text{ Al} + 6 \text{ H}_2\text{O} \Rightarrow 2 \text{ Al(OH)}_3 + 3 \text{ H}_2 + \Delta H_{\text{Reaktion}}$
 - $2 \text{ Fe} + 3 \text{ H}_2\text{O} \Rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3 \text{ H}_2 + \Delta H_{\text{Reaktion}}$
- Erhöhtes Temperaturniveau durch lokale Hot-Spots mit hinreichender Induktionszeit

⇒ Ergebnis: Zündquelle *Selbstentzündung durch umgebungsbedingte Vor-Reaktion (Korrosionsreaktion durch Feuchtigkeitseinwirkung)*

Offener Brand in Abfallbehälter



- Unzureichende Befeuchtung des Staubes im Abfallbehälter
 - deutliche Gasentwicklung sichtbar
 - pH-Wert der Suspension: 9,2
- Initiierung der Zersetzungsreaktionen durch Vorreaktionen
 - $2 \text{ Al} + 6 \text{ H}_2\text{O} \Rightarrow 2 \text{ Al(OH)}_3 + 3 \text{ H}_2 + \Delta H_{\text{reaktion}}$, da Auflösung des Metallhydroxid durch Anwesenheit alkalischer Lösungen (Auflösen der Passivierung)
 - Elektrochemische Korrosion: Ausbildung eines Lokalelementes (beschädigte Stelle der verzinkten Stahlwandung + Aluminium)
- Erhöhtes Temperaturniveau durch lokale Hot-Spots mit hinreichender Induktionszeit

⇒ Ergebnis: Zündquelle *Selbstentzündung durch umgebungsbedingte Vor-Reaktion (Korrosionsreaktion des Metalls)*

- **Lagerung von Aluminiumresten**

- Ausgangssituation:
Bewässerung der Reste
durch Mitarbeiter

- Kreuzsprinklerung, unvollständige



- vollständige Bewässerung in der Behälter-Mitte erforderlich

- evtl. Austausch gegen Kunststoff-IBCs

- **Initiierung** von Schadensereignissen **durch** nicht berücksichtigte **Wechselwirkungen zwischen Stoff und Umgebung**
 - Korrosionsreaktionen (Metall – Feuchtigkeit)
 - Vor-Oxidationsreaktionen ungesättigter KW's (Organische Flüssigkeiten - saugfähige Materialien, benetzbare Trägerstoffe)
 - Biologische Oxidationsreaktionen
 - Physikalische Adsorption auf der Oberfläche brennbarer Feststoffe (z.B. Sauerstoff auf Aktivkohle oder Wasser auf Steinkohle)
- **Veränderung** der Wärmetransporteigenschaften eines Systems **durch Prozess- bzw. Verfahrensänderungen**



**Gibt es aus Ihrer Sicht
noch offene Fragen?**

**Vielen Dank
für Ihre Aufmerksamkeit**

