
Dr.-Ing. Matthias Werschky

Energieanalysen von Thermoprozessanlagen- schlummernde Potenziale zur Energieeinsparung

59. Berg- und Hüttenmännischer Tag in Freiberg

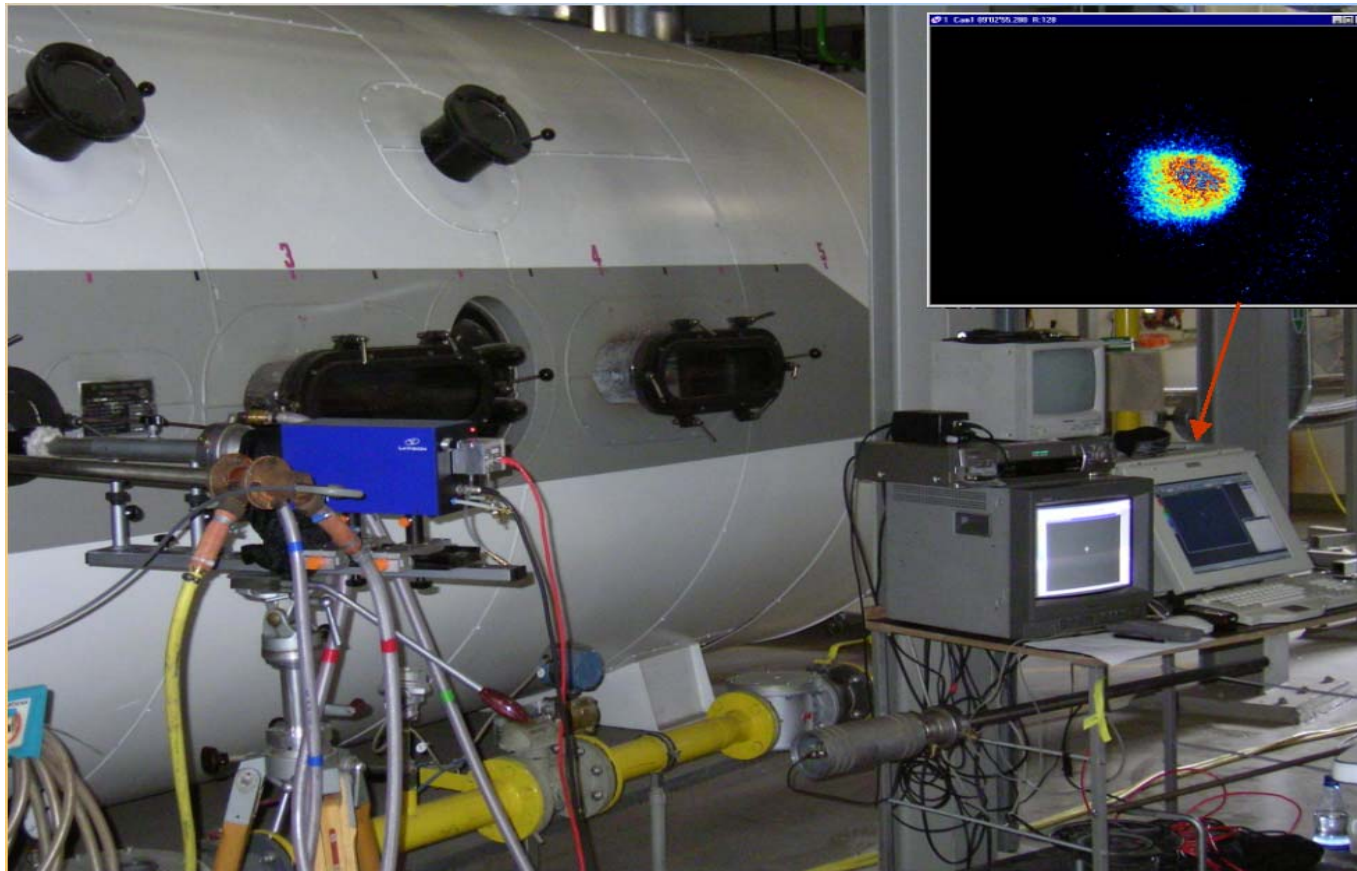
11. bis 13. Juni 2008

- Motivation
- Methodik
- Optische Schlüssellochdiagnostik mit OPTISOS®
- Grundlagen optischer, thermischer und chemischer Analysen mit OPTISOS®
- Beispiele für Energieanalysen an Thermoprossessanlagen
- Ergebnisse und Effekte von Energieanalysen an Thermoprossessanlagen

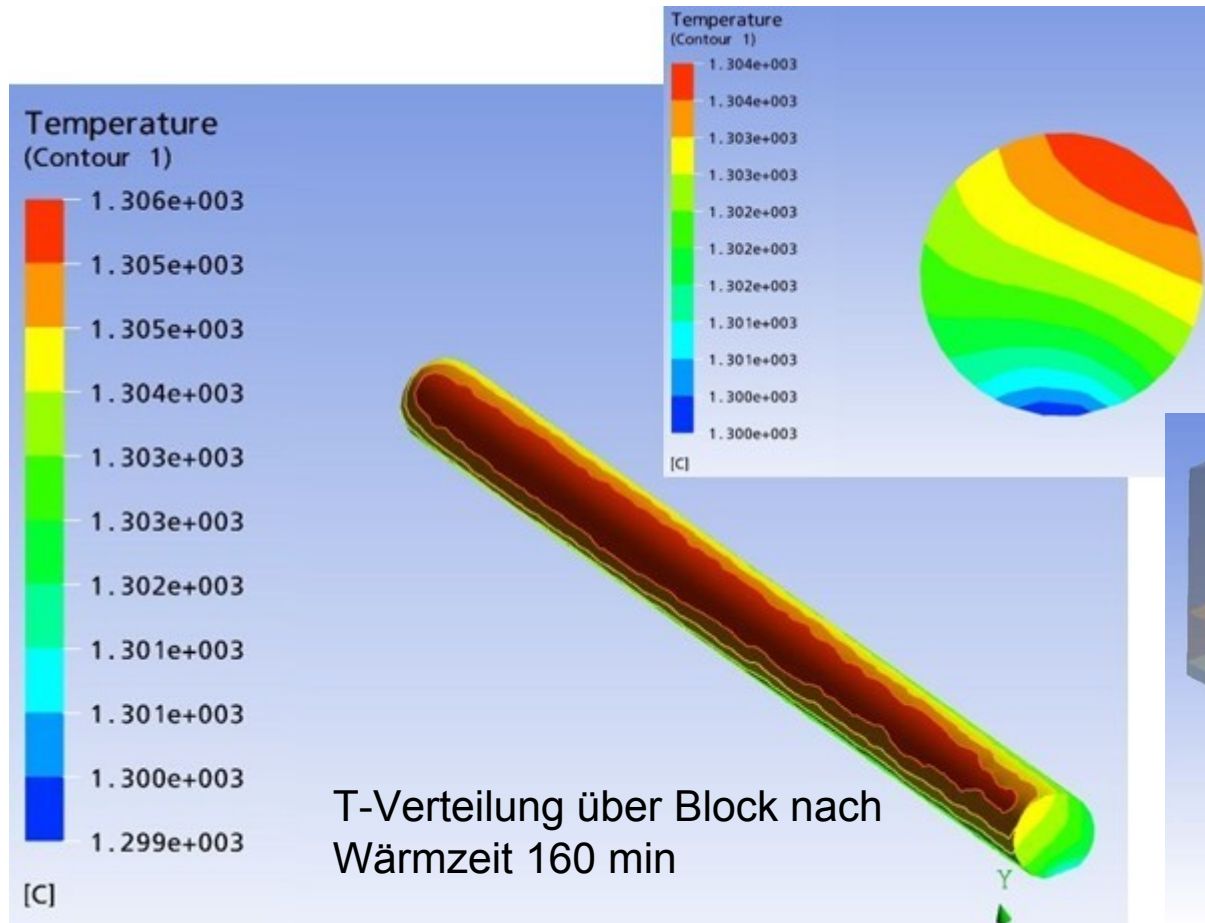
- Eingebunden in einen straff organisierten Produktionsprozess werden viele Thermoprozessanlagen über lange Zeit nicht analysiert.
- Durch Änderungen im Produktionsprogramm, schwankende Durchsatzleistungen und eine fortschreitende Alterung entfernen sich die Anlagen von ihrem Auslegungszustand.
- Den Betreibern fehlen Zeit und Manpower, um gezielte Untersuchungen an den laufenden Anlagen durchzuführen. Auf diese Weise schleichen sich Fehler ein oder das Effizienzsteigerungspotential wird nicht ausgeschöpft.

- Optische Schlüssellochdiagnostik durch Schaulöcher in einem breiten Spektralbereich mit OPTISOS®: Visualisierung, Thermografie und Flammenanalyse im Ofenraum.
- Infrarotthermografie für die Thermoprozessanlage von außen, z. B. zum Aufdecken von Schwachstellen und Wärmebrücken in der Ausmauerung.
- Analyse der Brenngaszusammensetzung und des Gasverbrauches während der Messung für die Energieanalysen und Bewertung der Verbrennung.
- Abgasanalytik zur Analyse der Emissionswerte und des Einsparungspotentials im Feuerungssystem. Punktuelle Bestimmung der Abgaszusammensetzung (O_2 , CO_2 , CO , NO_x) durch die Messöffnungen im Ofenraum in der Umgebung der Brenner für Einzelbewertungen hinsichtlich der korrekten Brennereinstellung, der Flammenlage- und -form.
- Energiestromanalyse in der Thermoprozessanlage, die eine Übersicht zu den größten Energieverbrauchern gibt und die Potenziale für Energieeinsparungen darlegt.
- Simulation der Produkterwärmung zur Steigerung der Qualität oder zur Ermittlung des Potenzials für Leistungssteigerungen.

■ Punktuelle Bestimmung Abgaszusammensetzung: O_2 , CO_2 , CO , NO_x

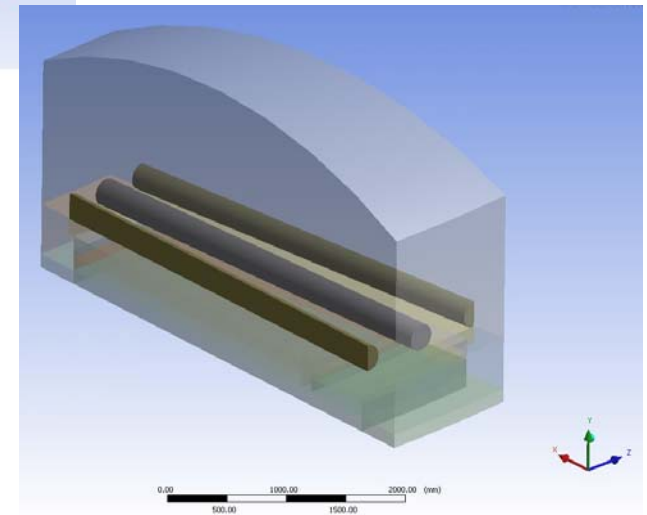


Simulation von Erwärmungsvorgängen



Thermische Modellierung

Ergebnis: Temperaturfeld



Strategische Zielstellung

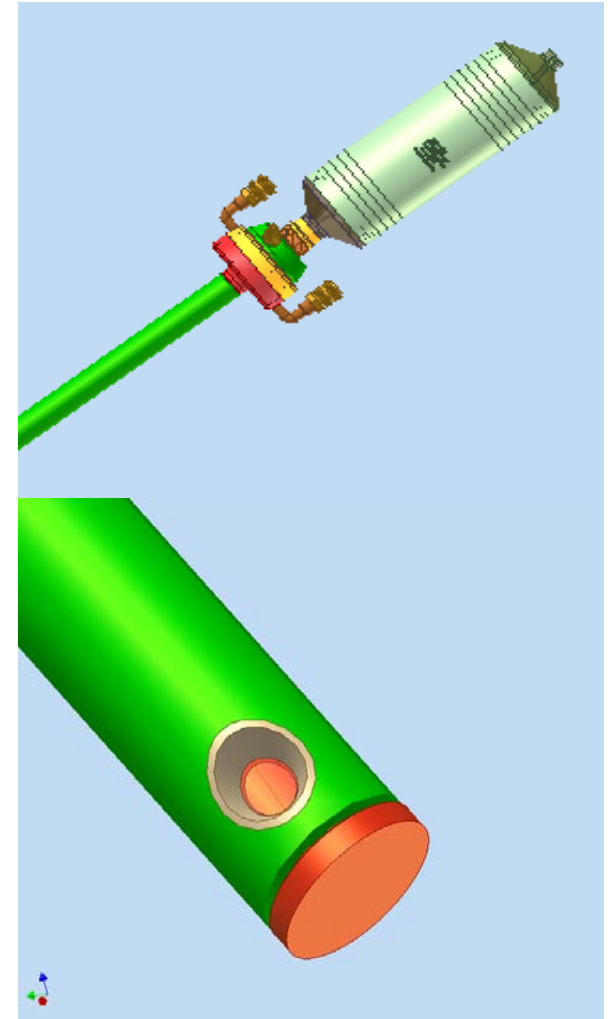
- Kostensenkung, Energieeffizienz,
- Verbesserung Verbrennungsprozess, Senkung Emissionen durch spektrale Flammenanalyse CO, NO_x, SO_x, CO₂,
- Produktionssteigerung.

Operative Zielstellung

- Zustandsorientierte Planung von Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen,
- Vorbereitung Investitionsentscheidungen,
- Lösung verfahrenstechnischer Problemstellungen.

Baugruppen:

- Hochtemperatursonde mit Optik (Endoskopie mit Stabliniensystemen, Glasfasern, Objektiven, Filtern) und Elektronik (Kameras),
- Medienaufbereitung und Medienüberwachung (Temperatur, Druck, Mengen) für Kühlwasser- und Spülgasversorgung,
- ggf. Sondenverfahreinheit mit SPS und Sicherheitsausrüstung,
- Systemkabel bis 100 m,
- Kamerafernbedienung und Industrie-PC mit Software für Darstellung, Speicherung, Thermografie, UV-Flammenanalyse und geometrische Analysen.



Prozessraumbedingungen:

- Temperaturen bis 2000 °C
- Aggressive und staubbeladene Ofenatmosphären
- Drücke > 100 bar

Technische Daten:

- Blickrichtungen: 0° - 90°
- Bildöffnungswinkel: 22° - 90°
- Hohe Bildqualität in verschiedenen Spektralbereichen:
- Ultraviolett-Bereich (250 – 400 nm, ohne Winkeloptik)
- Sichtbarer Bereich (400 - 800 nm)
- Nahes Infrarot (bis ca. 1050 nm)
- Schlüssellochdiagnostik, Sondendurchmesser ab 32 mm
- Mobile und fest eingebaute Systeme

Optische Schlüssellochdiagnostik mit OPTISOS® Mobiles System, Normaldruckvariante



Glasschmelzwanne (Behälterglas)

Optische Schlüssellochdiagnostik mit OPTISOS® Fest eingebautes System, Normaldruckvariante



Sensorik

Pendelofen



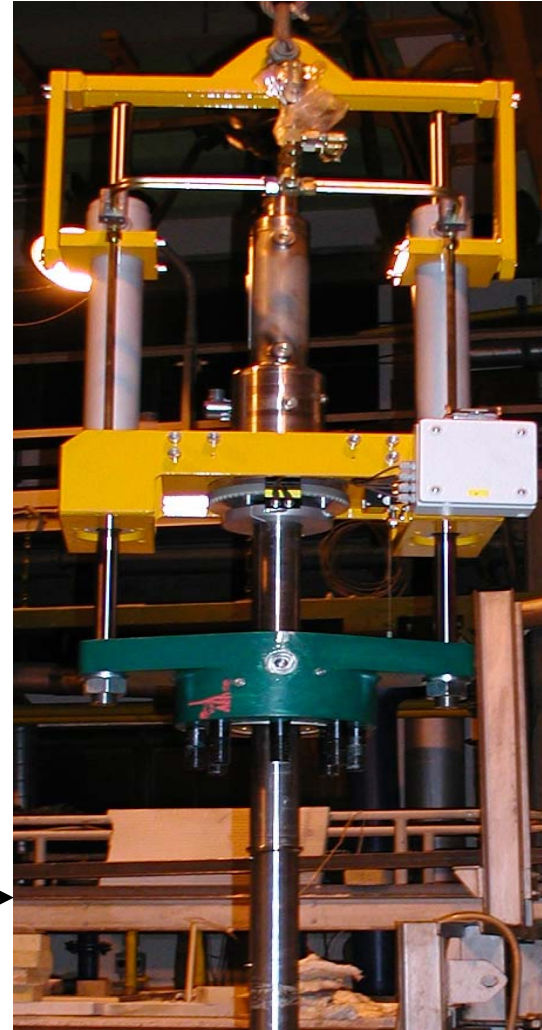
periphere Technik

Optische Schlüssellochdiagnostik mit OPTISOS® Fest eingebautes System, Hochdruckvariante



↑
SPS – Schaltschrank
(Überwachung, Notrückzug,
Bewegung)

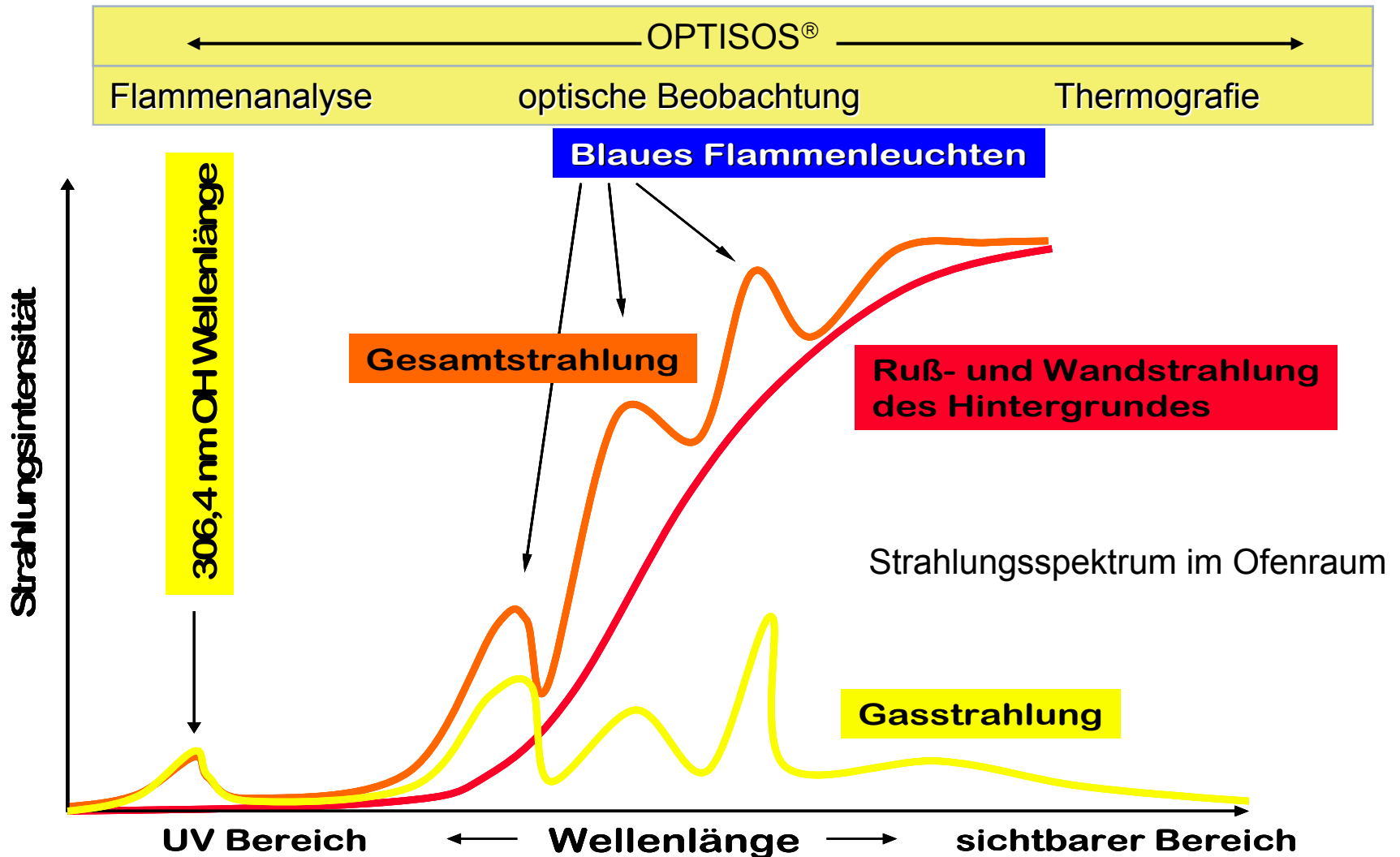
→
OPTISOS-Drucksonde mit
Flansch für Reaktoranschluss und
Hydraulikzylindern



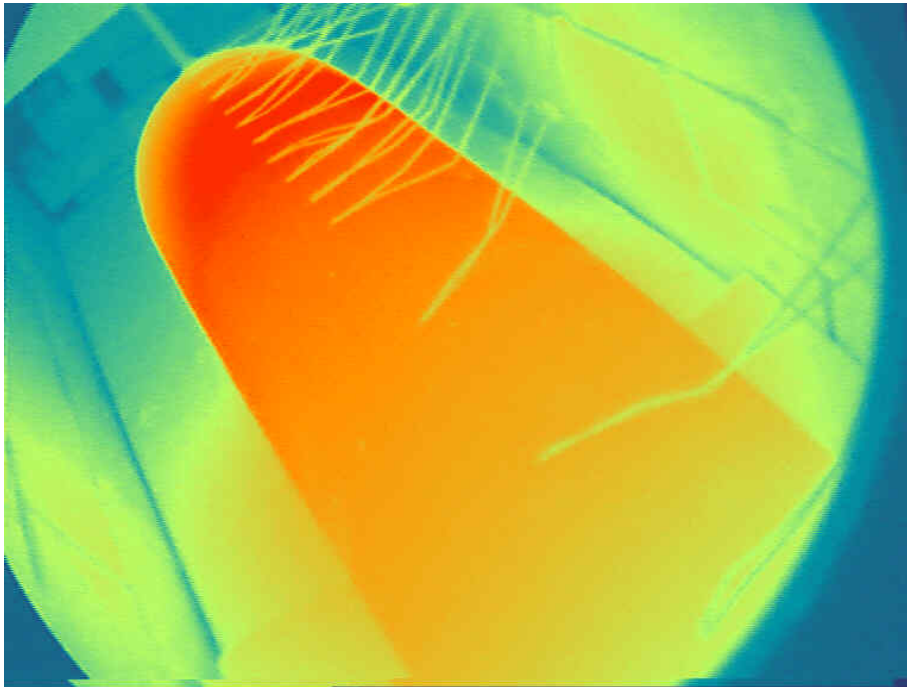
↑
Sonde im
Versuchsstand

mechanische und
thermische
Simulationen mit:
FLOW WORKS,
ANSYS,
FLUENT

Grundlagen optischer, thermischer und chemischer Analysen mit OPTISOS®



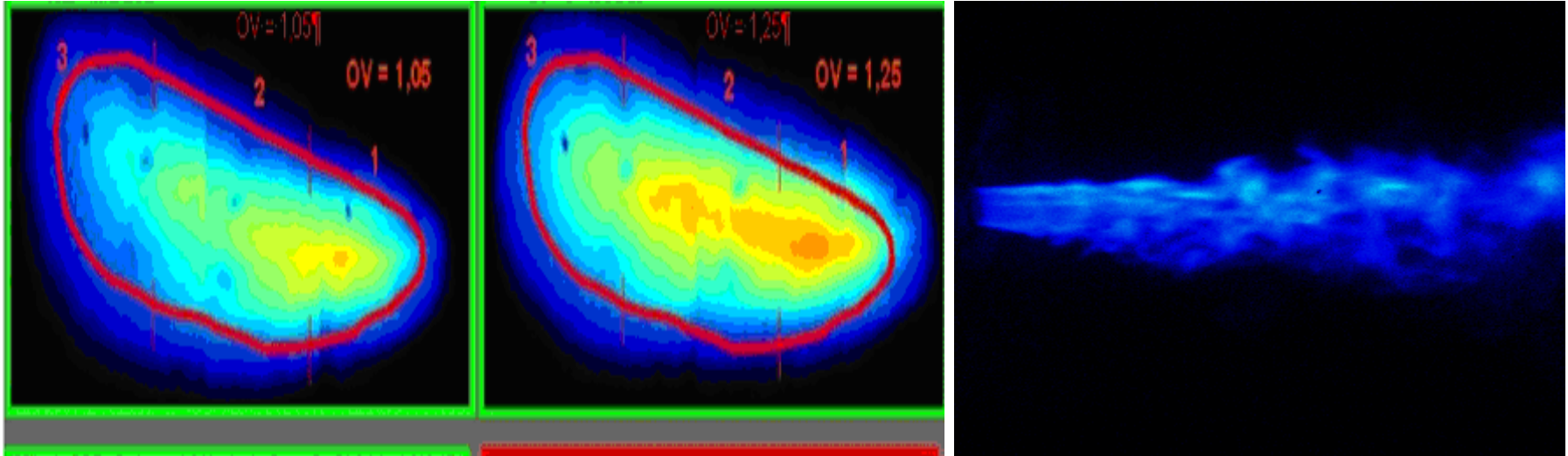
Thermografie



Anteil der Temperaturstrahlung der Messobjekte im sichtbaren Wellenlängenbereich, Bedingungen $T > 800^{\circ}\text{C}$ und schwarzer Strahler

Temperaturkalibrierung mit Thermografie-Software:

- Berücksichtigung der konkreten Emissionsverhältnisse in den Feuerräumen
- Punktweises Kalibrieren nach bekannten Temperaturen
- Kalibrierung im Feuerraum
- Absolutwerte können fehlerbehaftet sein
- Temperaturunterschiede und Temperaturveränderungen sehr genau feststellbar

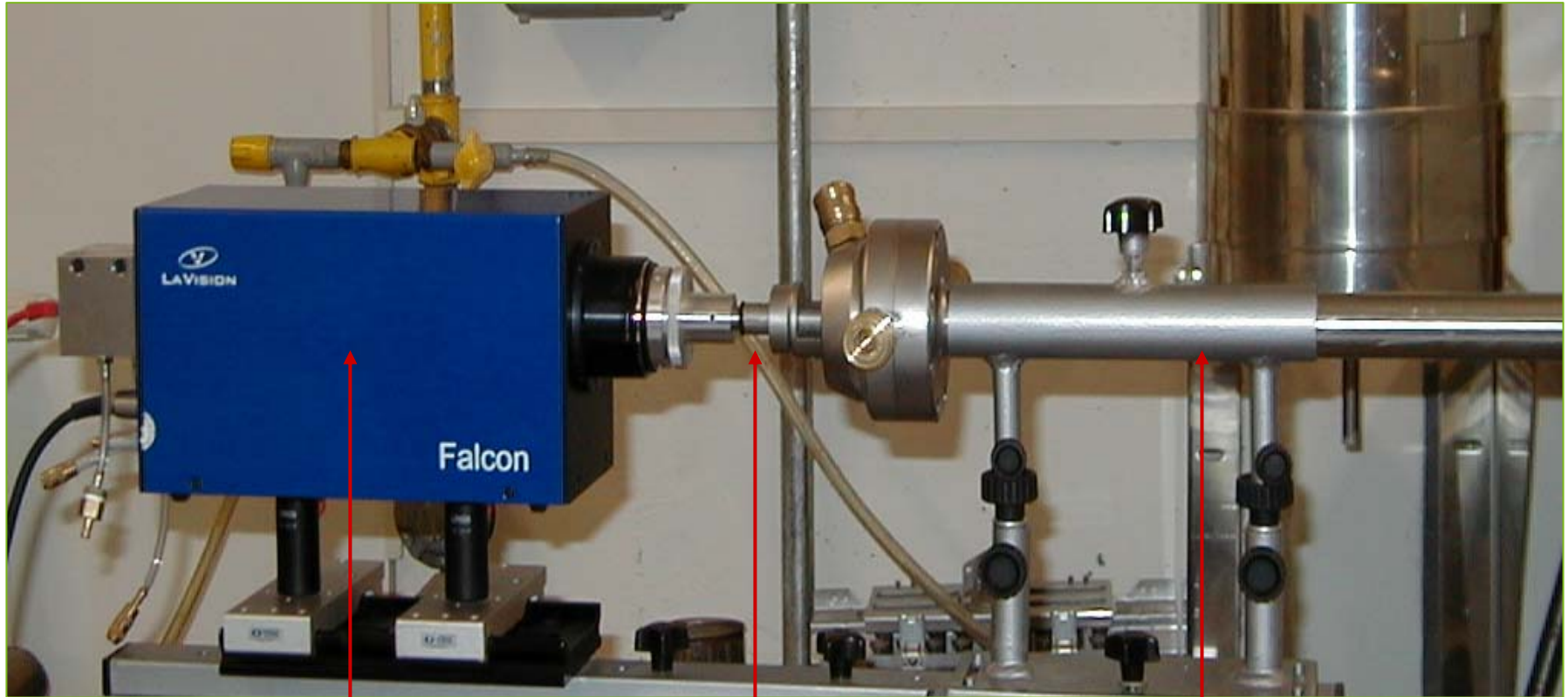


- Erdgasflammen lassen sich im sichtbaren Wellenlängenbereich nur schwer bzw. überhaupt nicht visualisieren (geringe Eigenstrahlung, störende Hintergrundstrahlung).
- Nachweisbar sind Erdgasflammen im UV-Bereich, z. B. durch das Detektieren der OH-Radikale bei 306,4 nm.

Hochtemperaturdissoziation: $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow$ Detektion von „Hot Spots“

Abbau und Aufoxidation von CO: $\text{CO} + 2 \text{OH} \leftrightarrow \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow$ Flammenlänge,

Flammenkontour



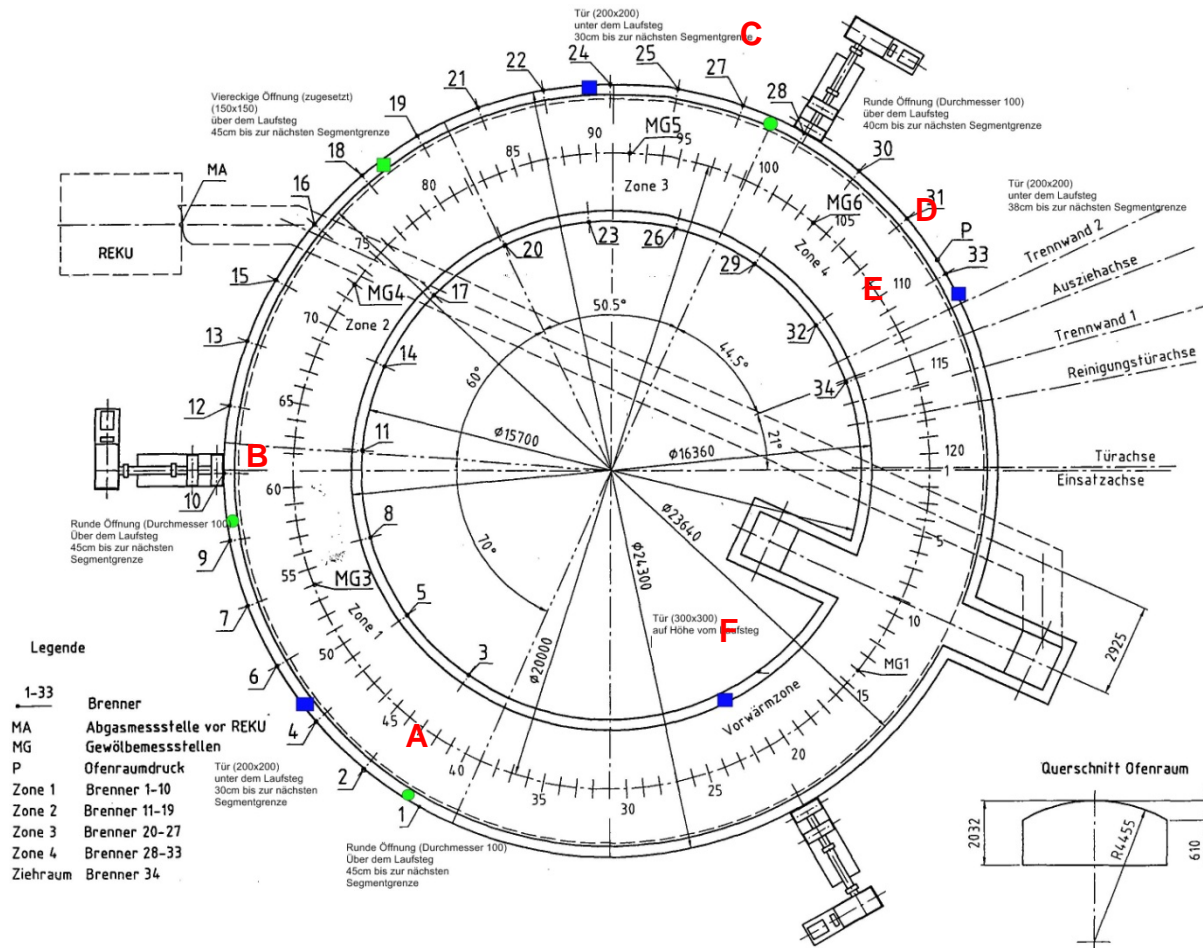
Kamera, Bildverstärker

Filter

UV-Endoskop im Kühlmodul

UV- Sensorik für Flammvisualisierung

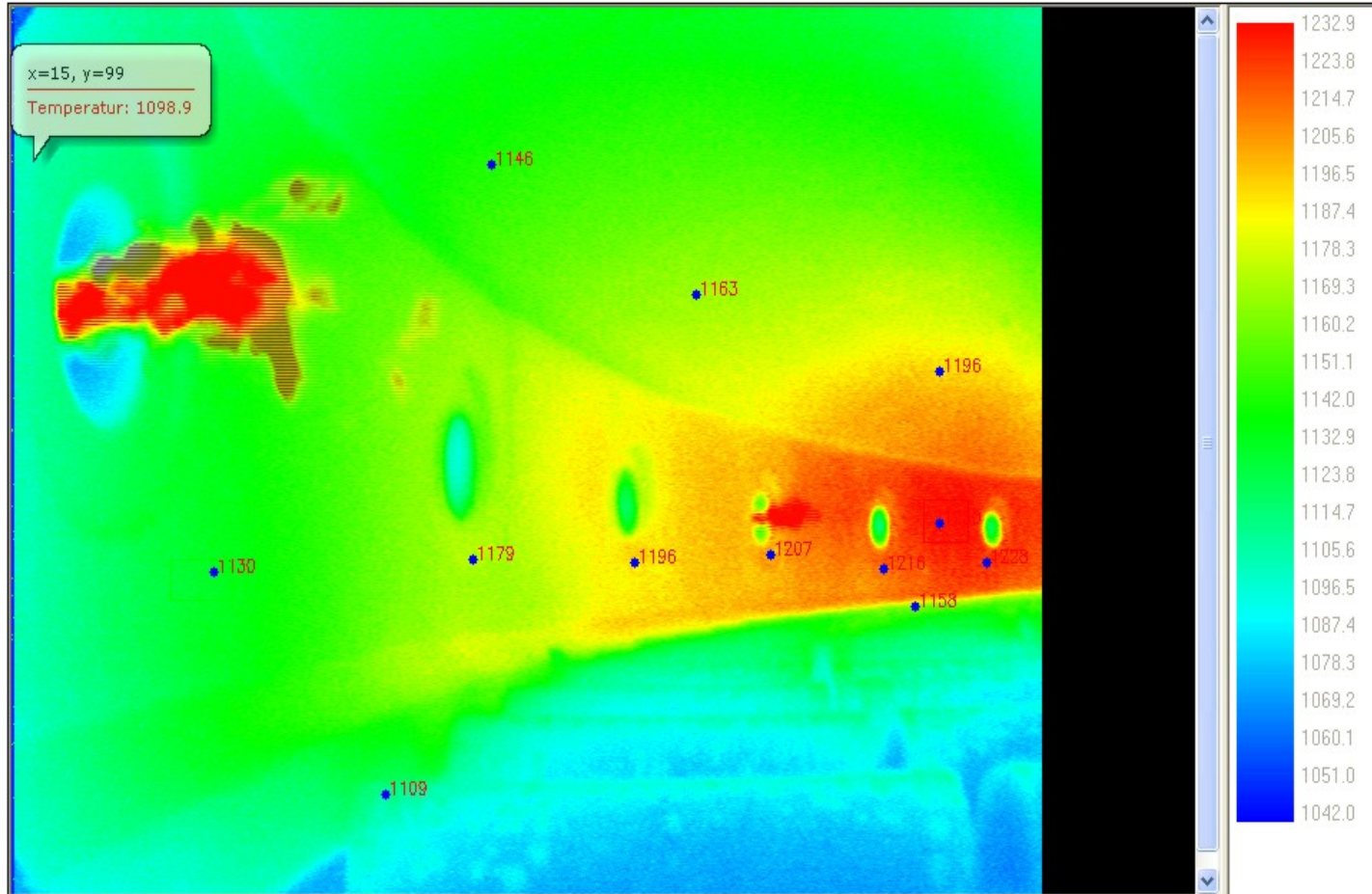
Drehherdofen



Aufnahme T-Verlauf der Ofenmessstellen

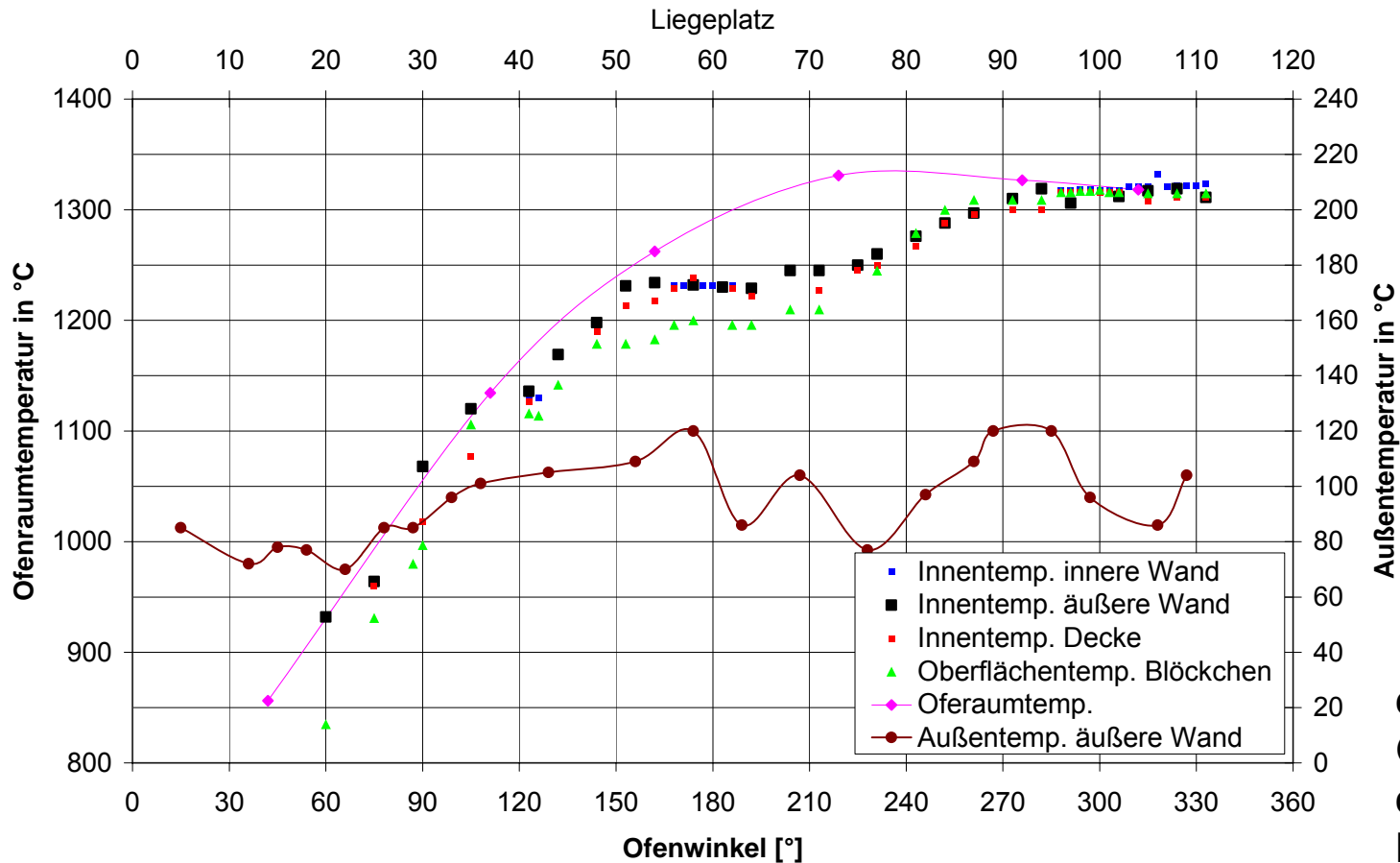
Einbau der optischen Schlüssellochsensoren über die Messstellen A-F und Realisierung aller Messungen an einem Tag

Drehherdofen



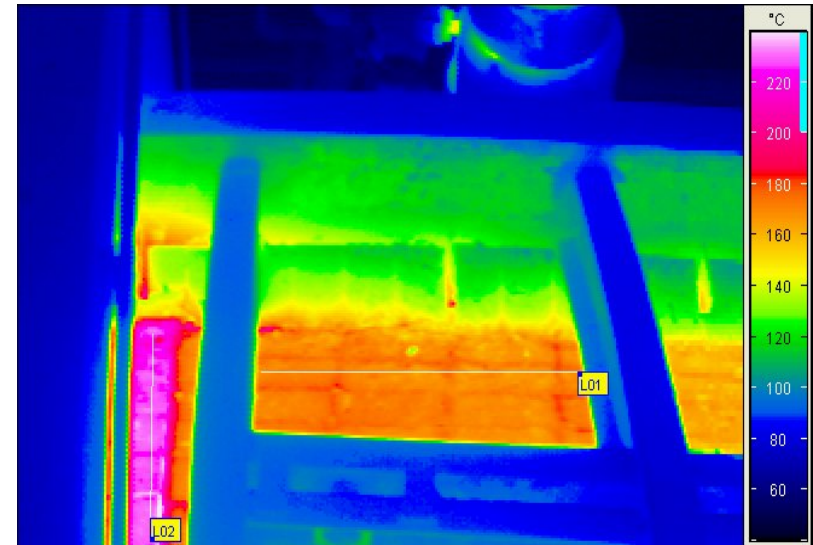
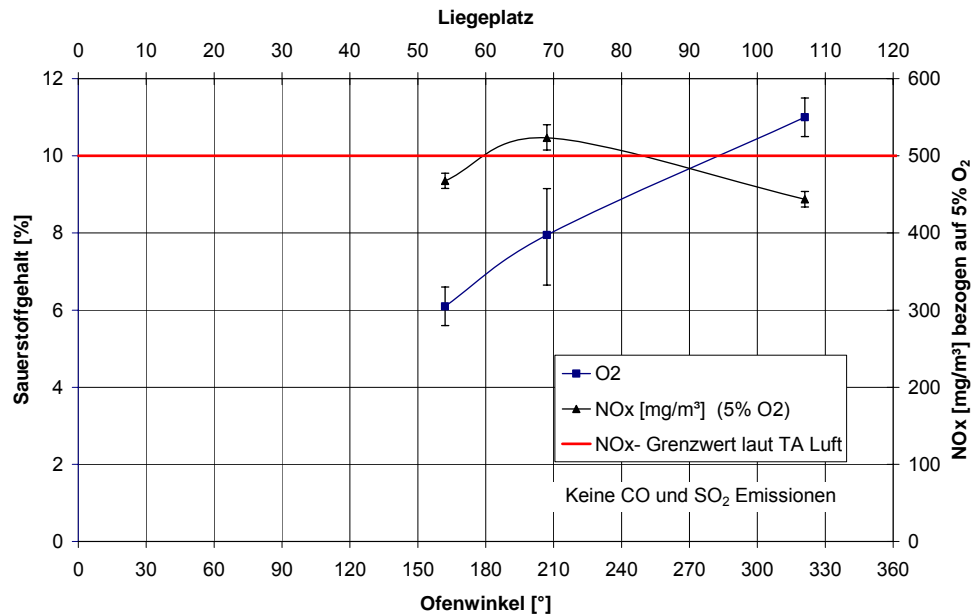
- Thermografische Ermittlung der Ofenraumtemperaturen
- Keine Rußbildung bei Brennern
- Keine Risse oder Beschädigungen der Ofenausmauerung
- unterhalb des Brenners 31 (Außenwand) Kaltlufteinbruch

Drehherdofen: Temperaturprofil des Ofeninnenraumes



erstellt auf Grundlage der optischen Messungen

Drehherdofen: Analyse Beheizungssystem, Thermografie außen



O₂-Gehalt im Abgaskanal: 5,9 % (Verzunderung ↑ , Abgasverluste ↑) Ziel 2,1-3,8%
 Lambda: 1,36 Ziel λ 1,1 bis 1,2;
 NOx-Gehalt im Ofenraum: 450 – 550 ppm
 Fazit: hohe Abgasverluste, hohe Emissionen

Drehherdofen: Energiebilanz

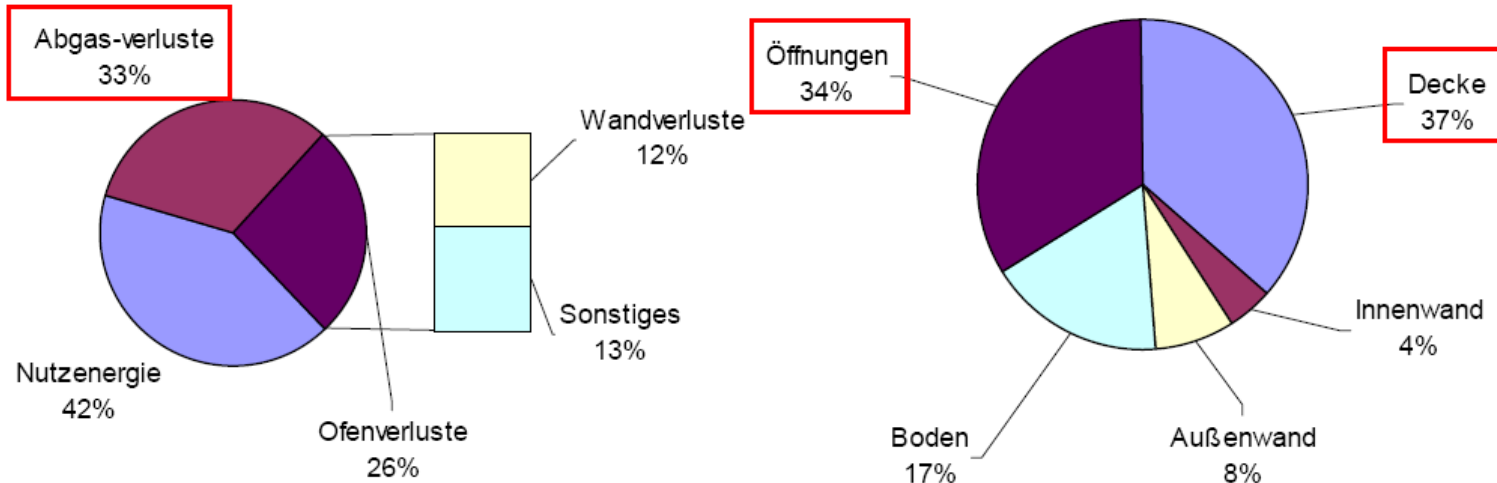
Ermittelte Energiebilanz

Ofenleistung: 43,8 t/h (72%)

Energieverbrauch: 20,2 MW (58%)

Gesamtbilanz:

Wandverluste:



DHO muss optimiert werden

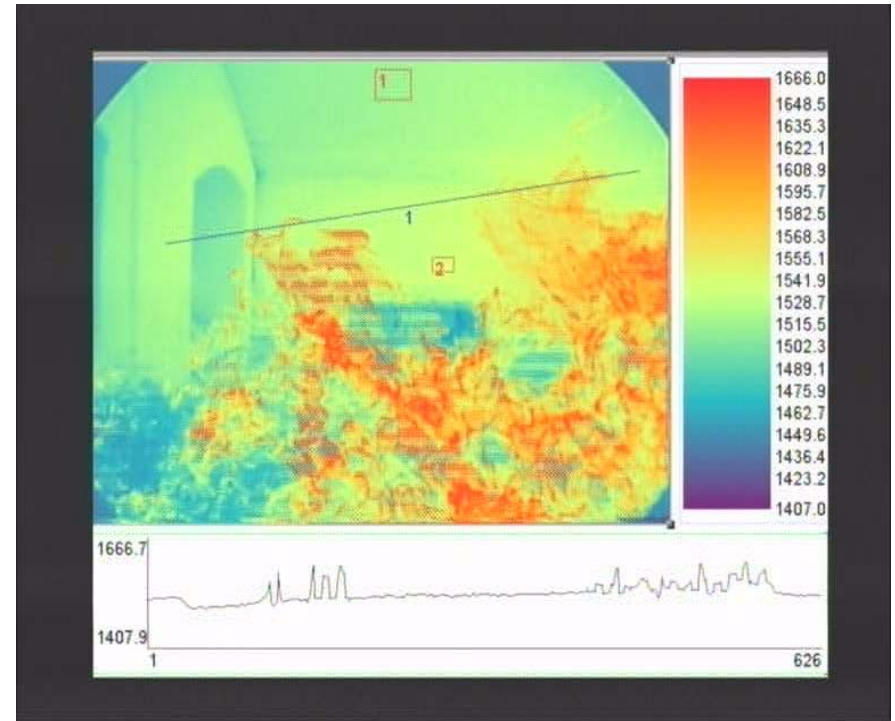
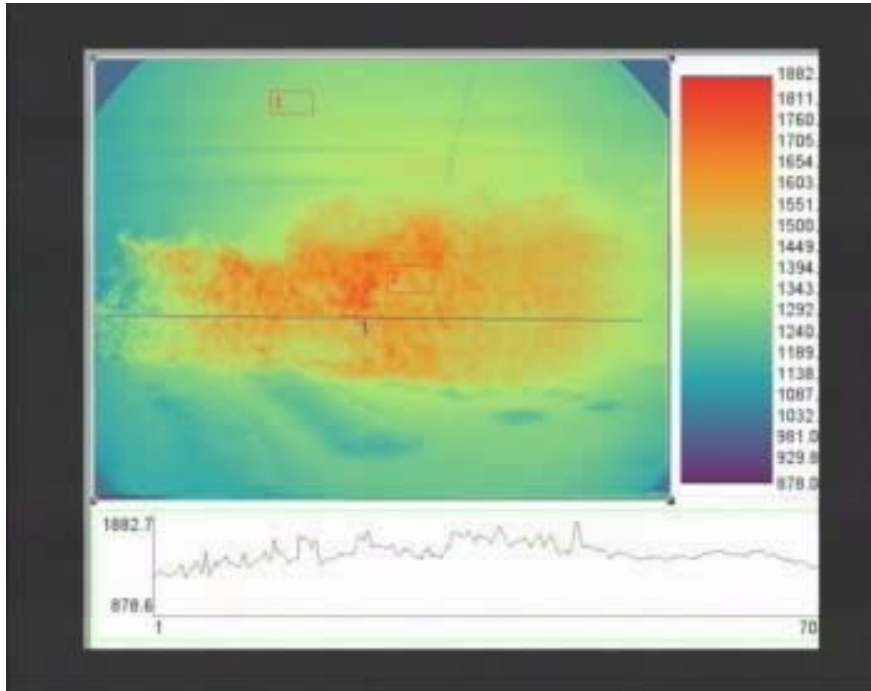
Energieeinsparung bis 13 % möglich (Prognose)

Energieeinsparung wurde erreicht

Beispiele für Energieanalysen an Thermoprozessanlagen

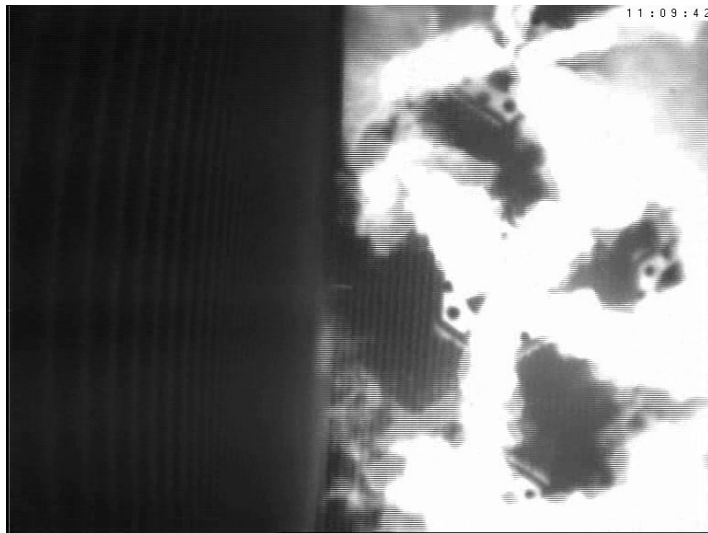
Glasschmelzwanne

- Brenneinstellung für optimalen Wärmeübergang
 - Flammenlage zum Glasbad
 - Flammengeometrie



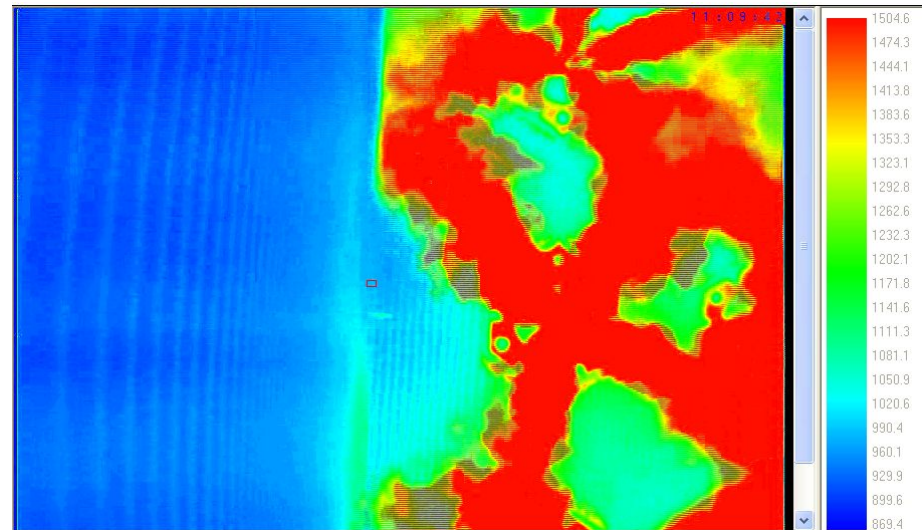
- Temperaturverteilung Gewölbe, Seitenwand zur Vermeidung von Überhitzungen

Industriekraftwerk: Bewertung Flammenbilder Brenner Dampfkessel

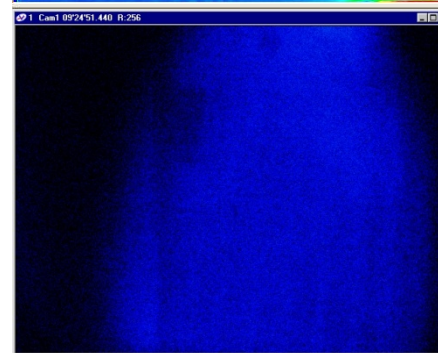


Sichtbarer Bereich

Analyse: Flammenausbrand und Berührung der Flammenspitzen mit den Brennkammerseitenwänden

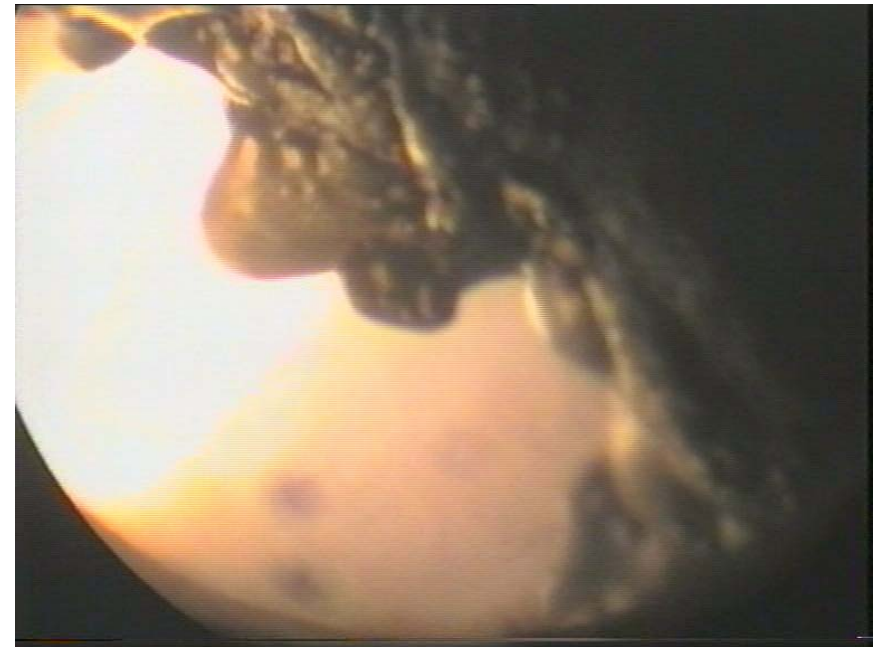
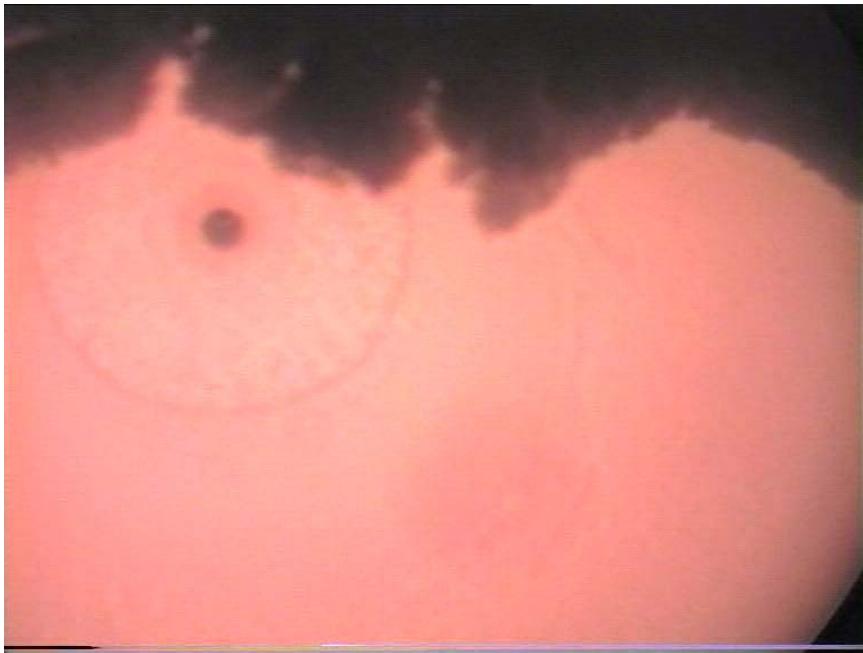


NIR



UV

Hochtemperatur-Vergasungsreaktor (> 100 bar, > 1400 °C)



Visualisierung, Vermessung, Thermografie

Optimierung der Verbrennung

- Bewertung der Thermoprossanlage aus energetischer und technologischer Sicht.
- Empfehlungen für Steigerung der Energieeffizienz, Senkung von Schadstoffemissionen, Verbesserung der Produktqualität.
- Vergleich mit ähnlichen Thermoprossanlagen, der es dem Betreiber erlaubt, seine spezifischen Kosten zu bewerten.
- Bei Bedarf können Wirtschaftlichkeitsanalysen für bestimmte Maßnahmen durchgeführt werden.
- Effekte:
 - Senkung Energieverbrauch der Anlage,
 - Einsparung von Energie- und Wartungskosten,
 - Qualitätsverbesserung am Produkt,
 - Senkung Schadstoffemissionen, Verlängerung Laufzeiten.