

# Stickoxidminderung durch oszillierende Verbrennung am Beispiel der Verbrennung von Altholz

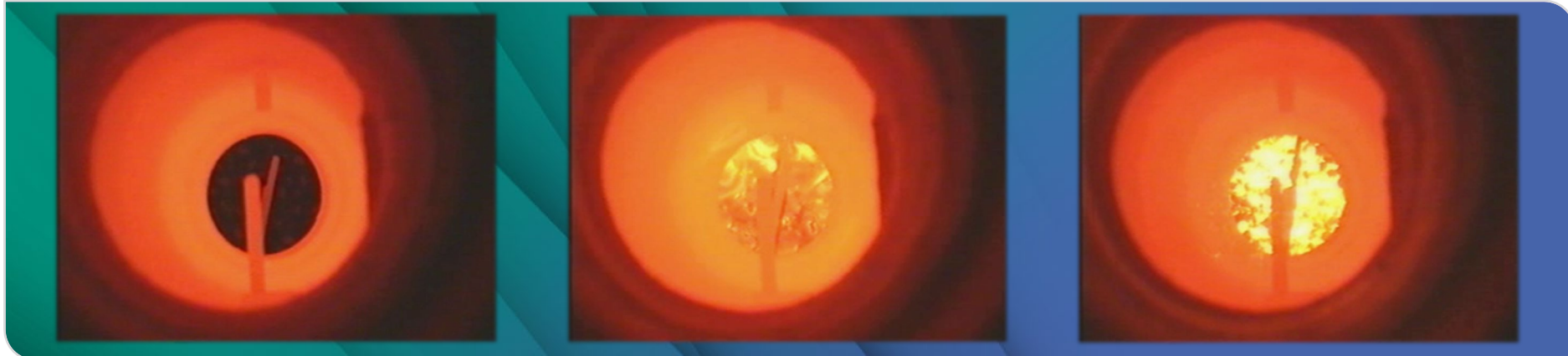
**Dr. Hans-Joachim Gehrman**<sup>1</sup>, **Dr. Krasimir Aleksandrov**<sup>1</sup>, **Manuela Hauser**<sup>1</sup>, **Prof. Dr. Dieter Stapf**<sup>1</sup>, **Philipp Danz**<sup>2</sup>  
**Bo Jaeger**<sup>3</sup>, **Dr. Siegmart Wirtz**<sup>3</sup>, **Prof. Dr. Viktor Scherer**<sup>3</sup>, **Gregor Pollmeier**<sup>4</sup>

<sup>1</sup>KIT - Karlsruher Institut für Technologie, Karlsruhe, Deutschland

<sup>2</sup>b&d Energie- und Umwelttechnik GmbH, Weimar, Deutschland

<sup>3</sup>Lehrstuhl für Energieanlagen und Energieprozesstechnik, Universität Bochum, Deutschland

<sup>4</sup>POLZENITH GmbH & Co. KG, Schloß Holte-Stukenbrock, Deutschland

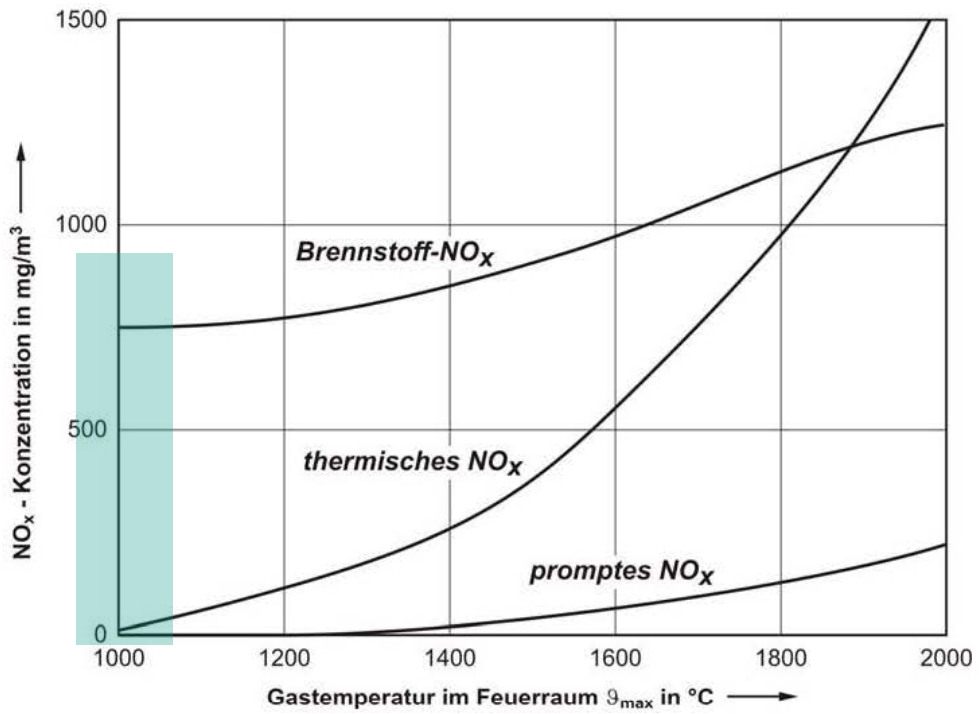


# Einführung



- Entstehungspfade von  $\text{NO}_x$
- Primär- und Sekundärmaßnahmen zur Minderung von  $\text{NO}_x$
- Versuchsanlage Festbettreaktor KLEAA
- Untersuchungen zur Minderung von  $\text{NO}_x$  durch Oszillation
- Umsetzung und weiteres Vorgehen

# Entstehungspfade $\text{NO}_x$



Quelle: UBA-Studie „Beschreibung unterschiedlicher Techniken und deren Entwicklungspotentiale zur Minderung von Stickstoffoxiden im Abgas von Abfallverbrennungsanlagen und Ersatzbrennstoff-Kraftwerken hinsichtlich Leistungsfähigkeit, Kosten und Energieverbrauch“; Texte 71/2011; Prof. Dr. Michael Beckmann, ISSN 1862-4804

# Primär- Sekundärmaßnahmen



**Primärmaßnahmen** greifen in den Feuerungsprozess ein, z.B.

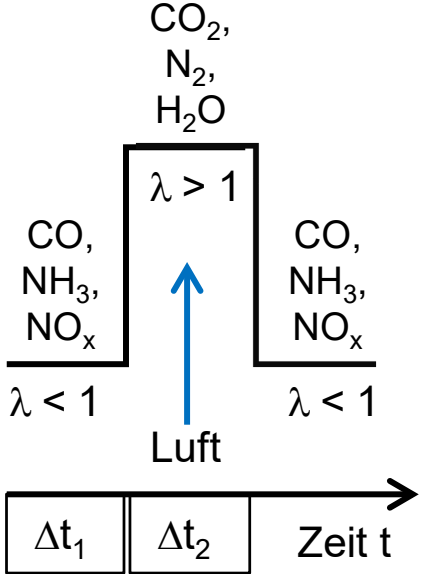
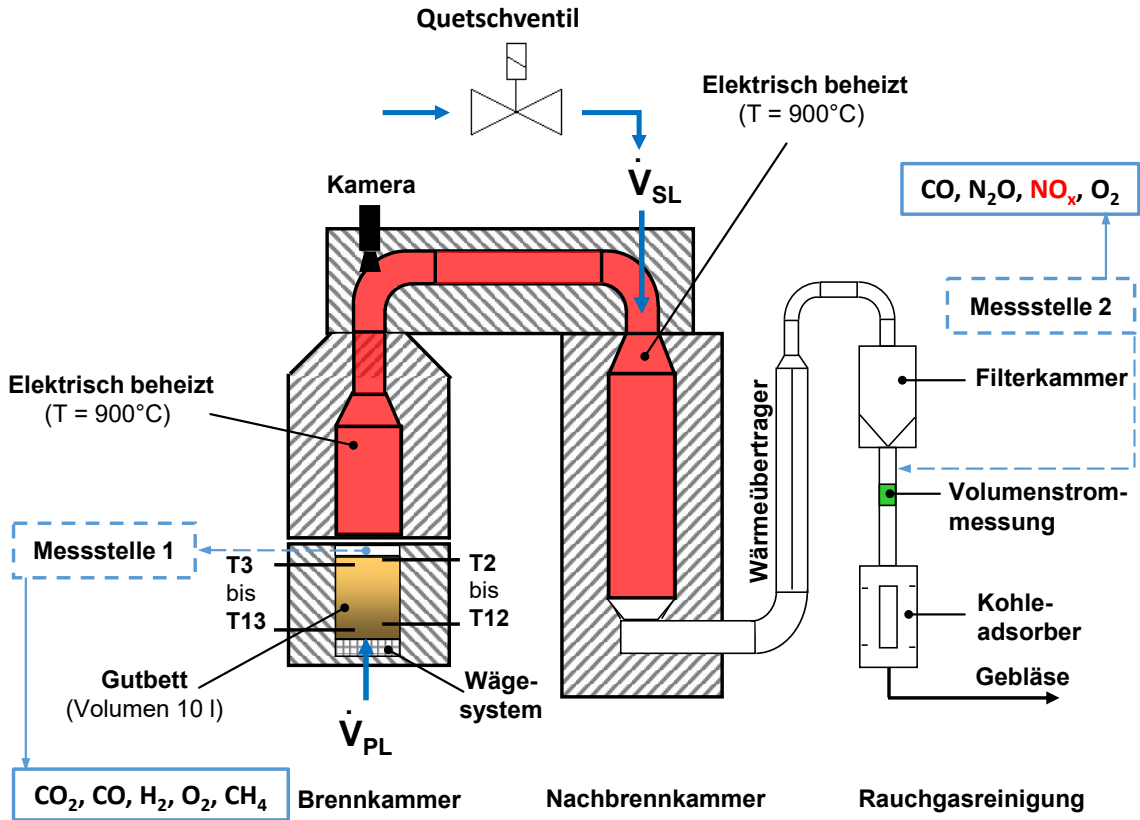
- Luftstufung/ Brennstoffstufung
  - In mehreren Stufen wird der Brennstoff partiell oxidiert (z.B. Vergasung)
  - Vollständige Verbrennung in Sekundärzone
  - **Neu\***: zeitliche Stufung, koppelbar mit lokaler Stufung
- Rauchgasrückführung
  - Zirkulieren des Rauchgases → Senken von  $O_2$ - Konzentration, geringere Temperatur (Maßnahme bei thermischem NO)
- Reduktion der Verweilzeit in Bereichen hoher Temperaturen
- Quenchen
  - Eindüsung von Wasser zur Temperaturabsenkung (Motorentchnik)

**Sekundärmaßnahmen** reduzieren gebildetes NO entweder nicht katalytisch (SNCR) oder katalytisch (SCR)

\*Patent Nachverbrennung mit pulsiertem Reaktionsgas DE 10 2015 117 718.8



# Oszillationsuntersuchungen an KLEAA



# Brennstoffdaten / Versuchsprogramm



■ Altholz der Firma POLZENITH



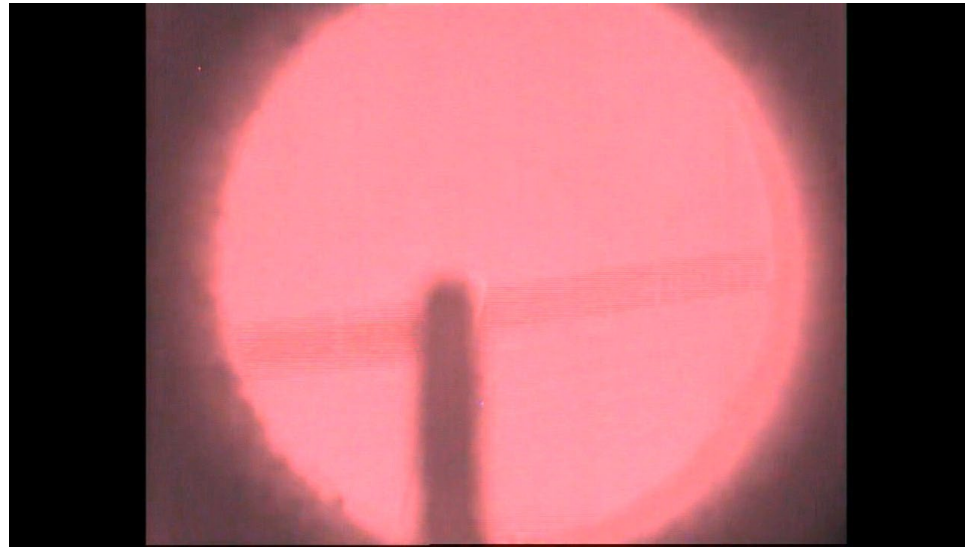
	Wassergehalt [Ma.-%]	Schüttdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Stickstoffgehalt [Ma.-% wf]
Altholz	5,20	250	4,22
Pellets	16,80	160	



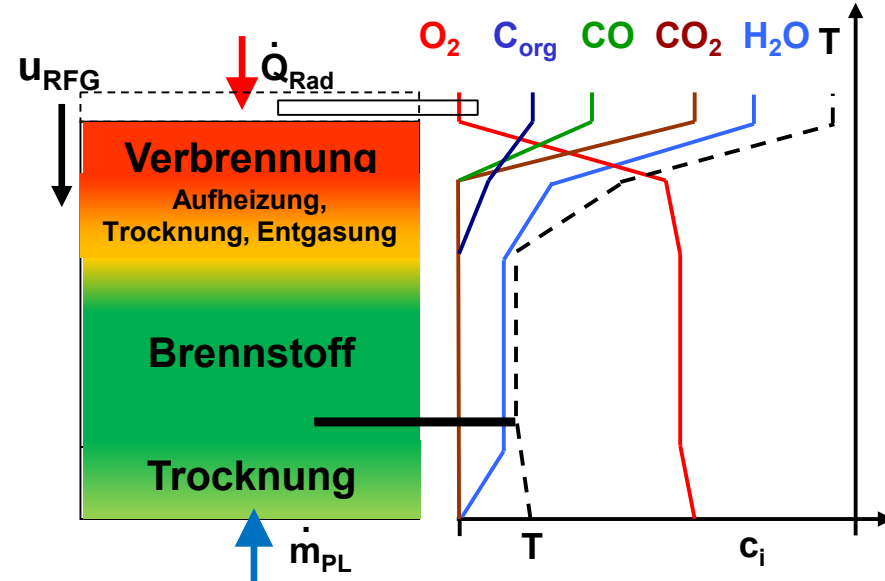
- Beginn der Oszillation bei Erreichen der quasistationären Abbrandphase
- Temperatur in der Nachbrennkammer: 900°C
- Verweilzeit zwischen 1,5 s und 1,6 s

Versuchsbezeichnung	Brennstoff	Primärluft	Sekundärluft	Frequenz Sekundärluft
Altholz1	Altholz	10 Nm <sup>3</sup> /h	25 Nm <sup>3</sup> /h	0
Altholz2				1
Pellet1	Pellets aus Altholz (Länge 10 mm, ø 6 mm)			0
Pellet2				0,25

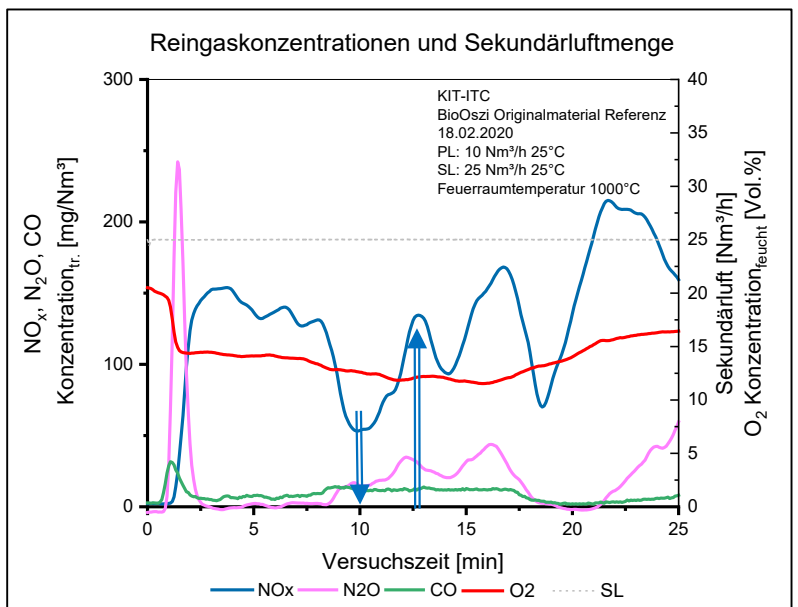
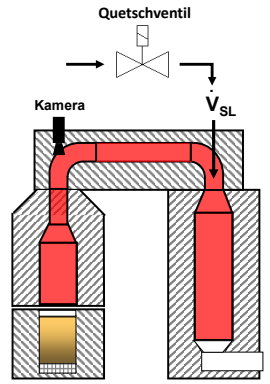
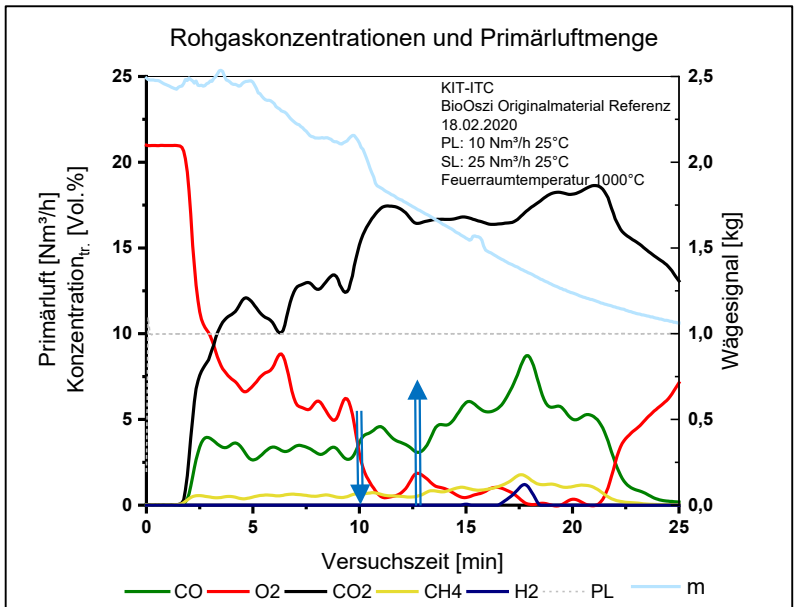
# Abbrandverhalten im Festbett



Versuch „Pellets2“

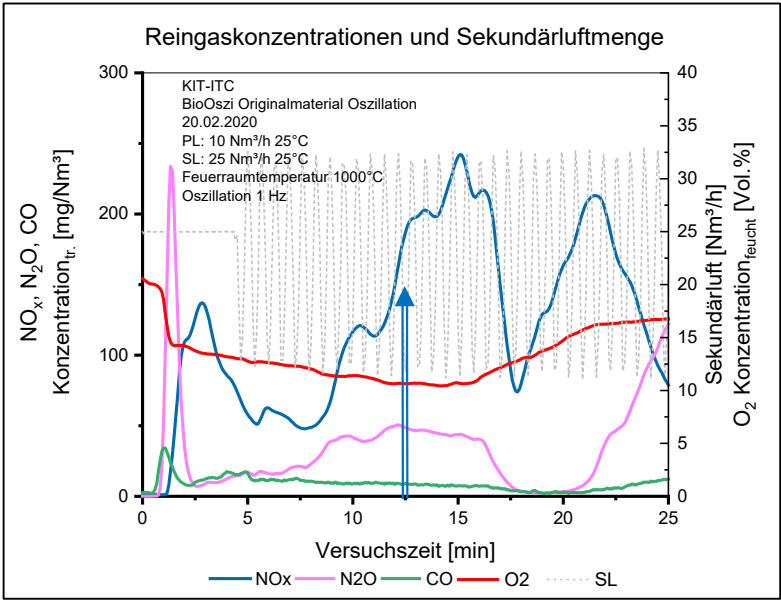
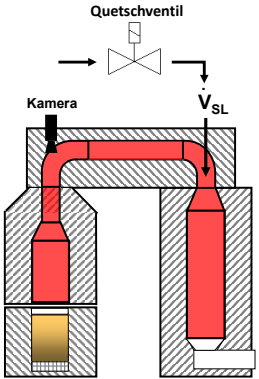
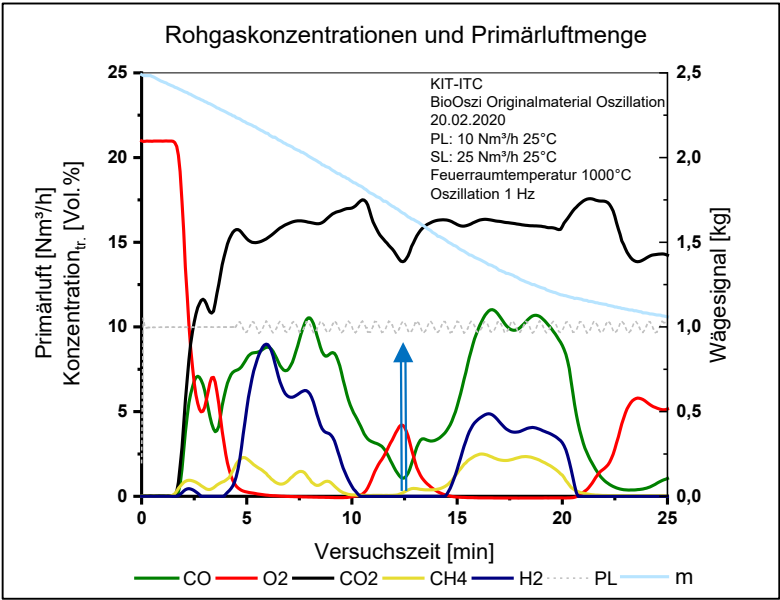


# Referenzversuch – „Altholz1“





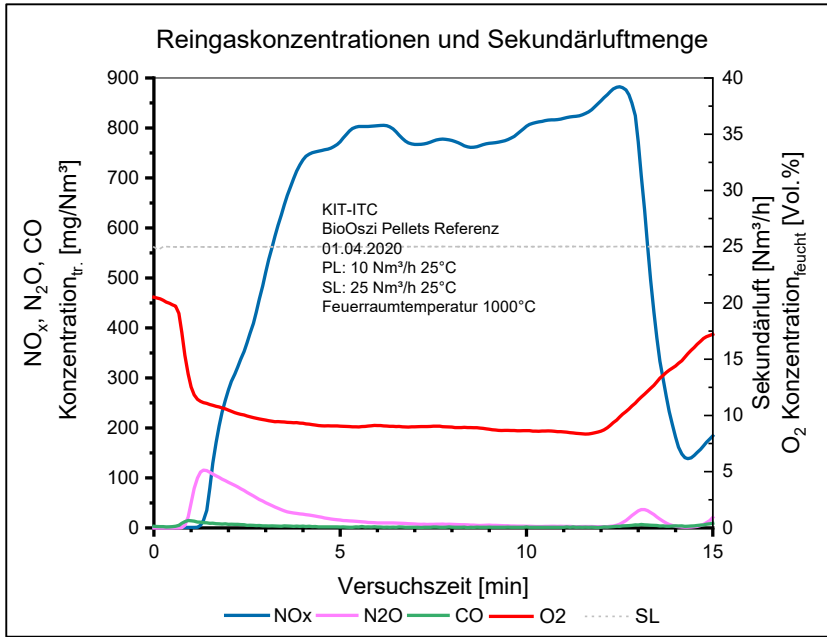
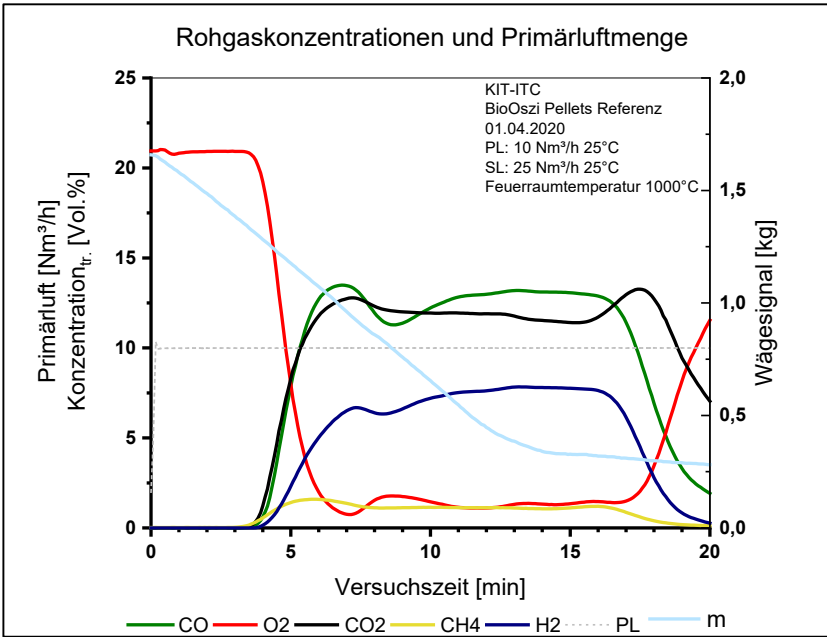
# Oszillationsversuch – „Altholz2“



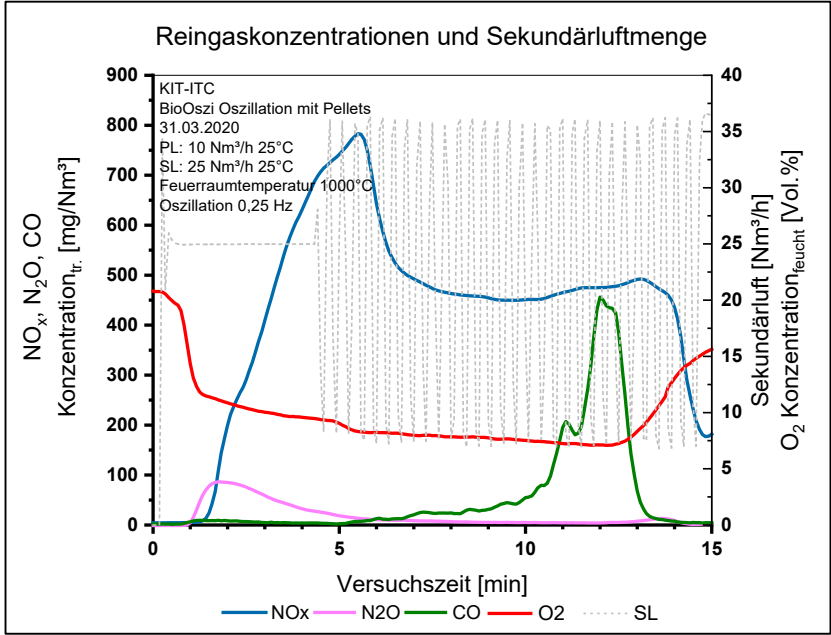
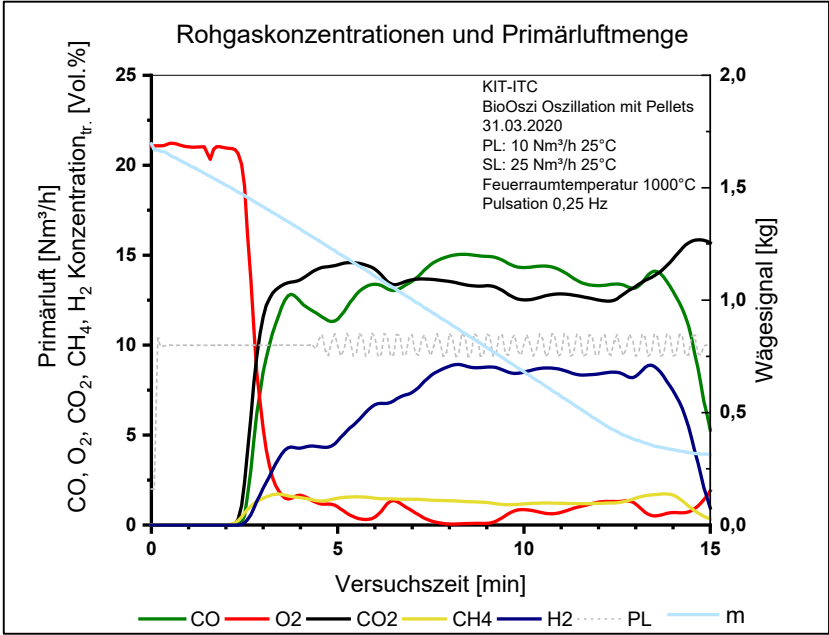
Sehr inhomogener Abbrand, keine quasi-stationären Bedingungen → Pelletierung



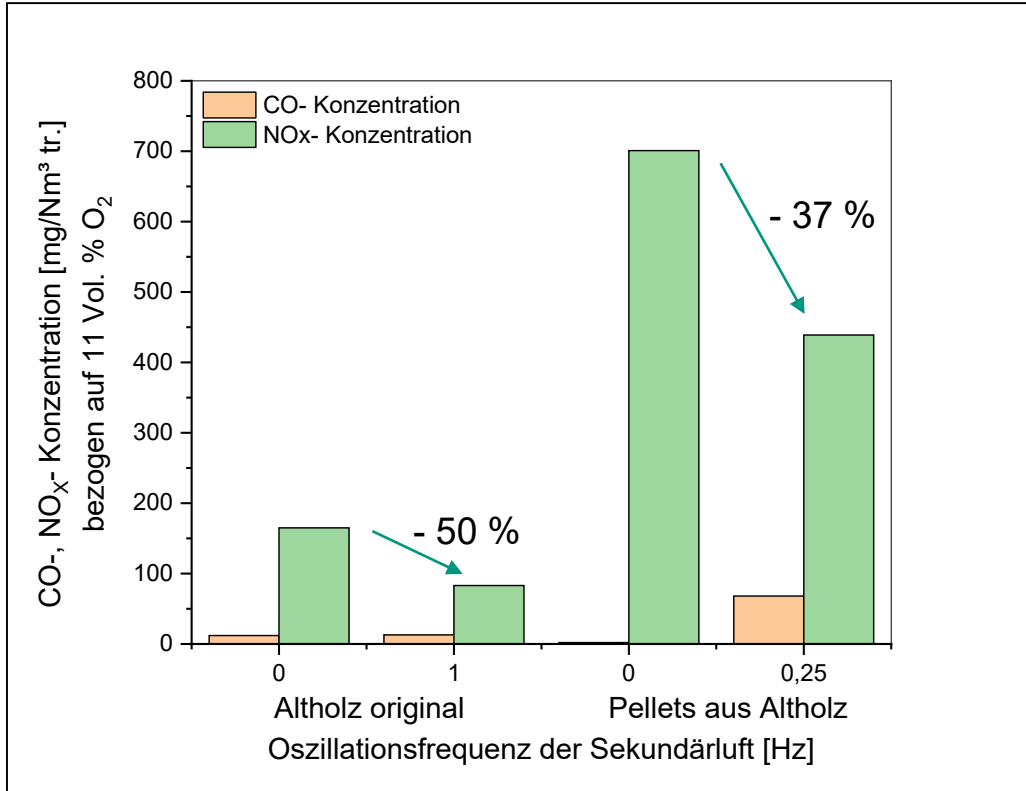
# Referenz – „Pellet1“



# Oszillation – „Pellet2“



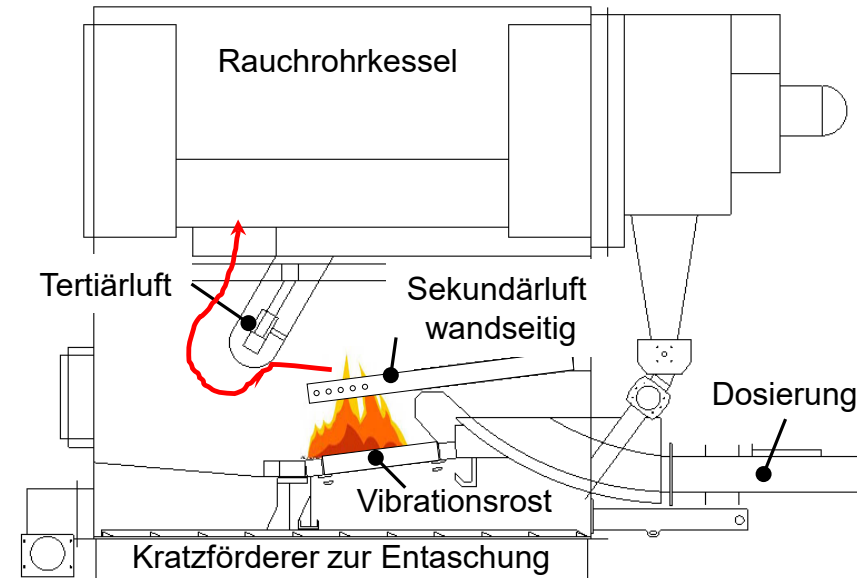
# Zusammenfassung



- Oszillation erzeugt lokal unterstöchiometrische Zonen in der Nachverbrennung und reduziert auf diese Weise  $\text{NO}_x$
- (zu) hohe Frequenzen führen zwar zu intensiverer Durchmischung von Rohgas und Luft, reduzieren aber gleichzeitig die „Lebensdauer“ unterstöchiometrischer Zonen, der Reduktionseffekt für  $\text{NO}_x$  ist kleiner
- Kompromiss zwischen CO und  $\text{NO}_x$ -Reduktion erforderlich

# Übertragung auf eine Rostfeuerung

- Entwicklung eines geeigneten Oszillators für hohe Betriebszeiten und Volumenströme (Prototyp ist gebaut)
- Auswirkungen auf Gebläse und Peripherie
- Weitere Parametervariationen an KLEAA erforderlich und Vergleich mit Modellierungsergebnissen
- Vorbereitungen der Versuchskampagne an der Anlage von POLZENITH (400 kW)



# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

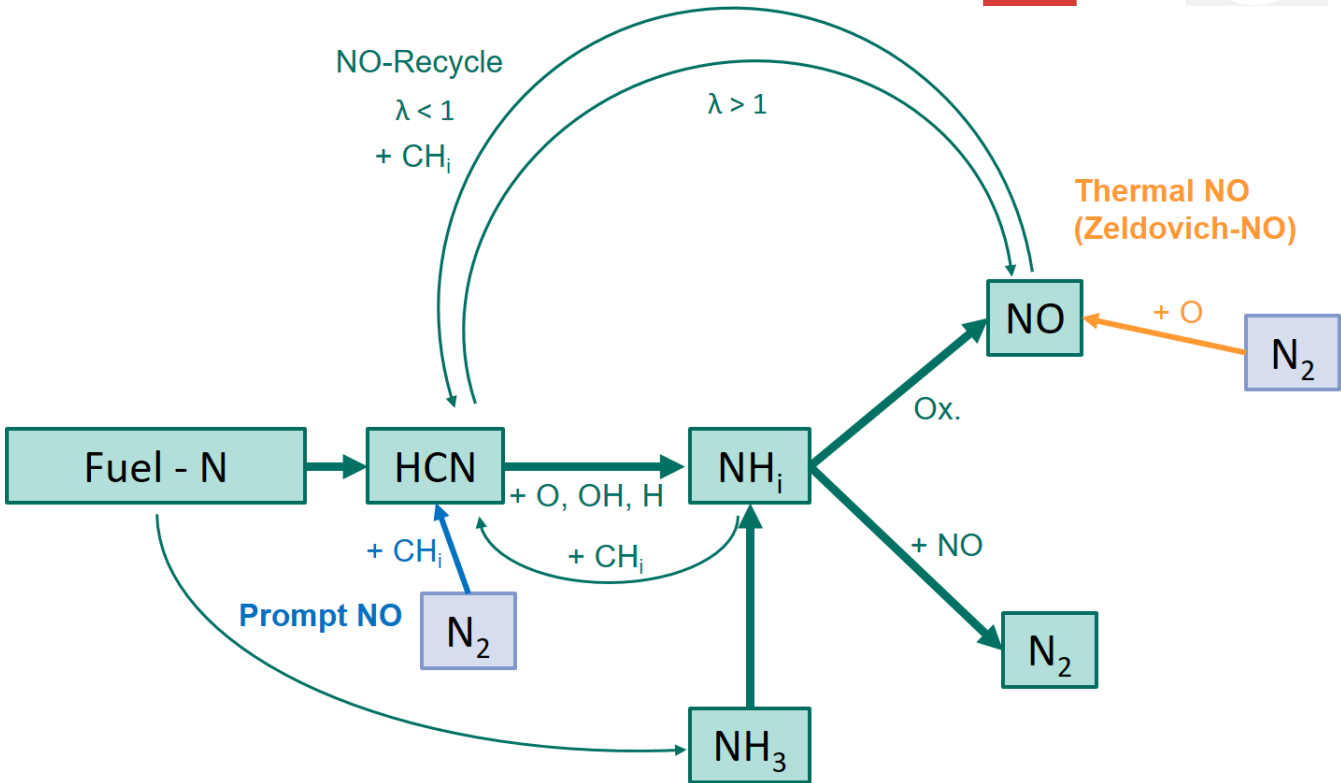
GEFÖRDERT VOM



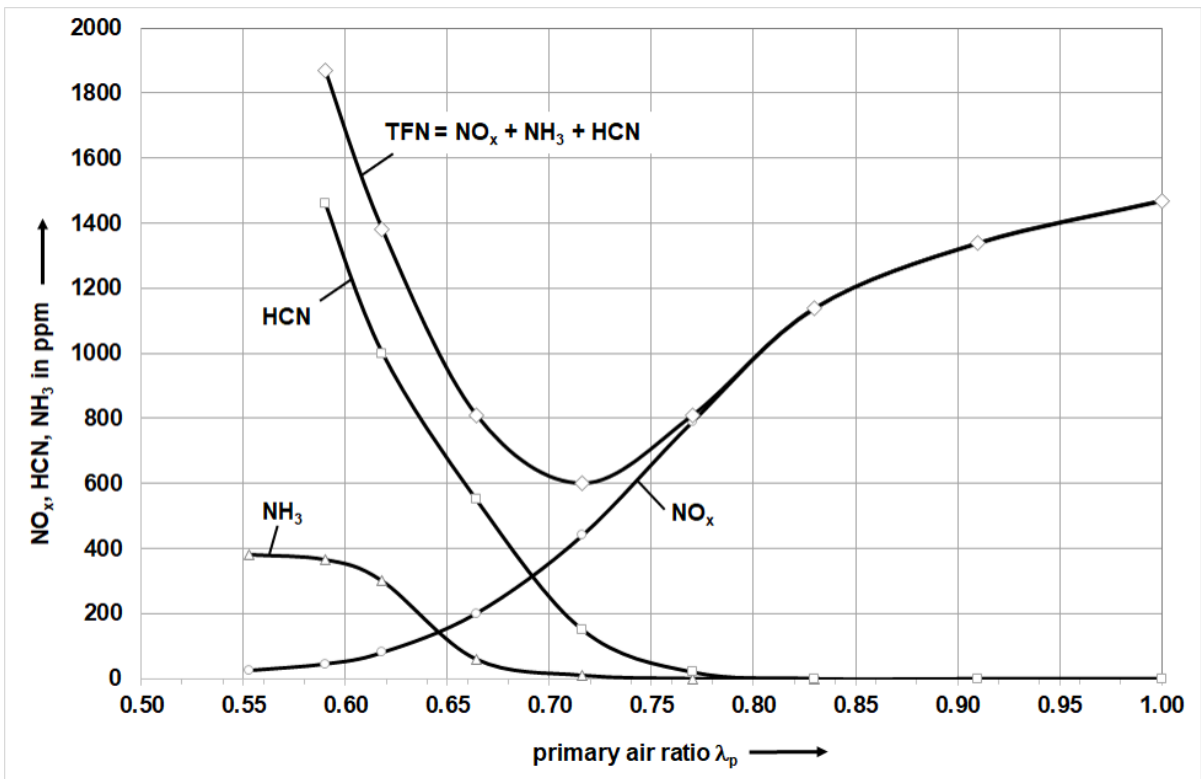
Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



# Backup



Stapf, D. Experimentell Basierte Weiterentwicklung von Berechnungsmodellen der NOx-Emission Technischer Verbrennungssysteme; VDI-Verl.: Düsseldorf, Germany, 1998.



Eberius, H.; Just, T.; Kelm, S. NO<sub>x</sub>-Schadstoffbildung aus Gebundenem Stickstoff in Propan/Luft-Flammen, Vergleich mit Kinetischen Modellen; VDI-Berichte: Düsseldorf, Germany, 1983; Volume 498, pp. 183–192.