



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



UNIVERSITÄT LEIPZIG



Institut für Energie-
und Umwelttechnik e.V.

Herzlich Willkommen

Institut für Technische Chemie,
Universität Leipzig



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



UNIVERSITÄT LEIPZIG



Institut für Energie-
und Umwelttechnik e.V.

Entwicklung eines energieeffizienten Verfahrens zur katalytischen Niedertemperatur-Entfernung von NO_x aus industriellen Abgasen

1. Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses des IGF-Vorhabens Nr. 18515N

Marcus Kasprick

Wladimir Suprun

Roger Gläser

Institut für Technische Chemie,
Universität Leipzig

Margot Bittig

Sabine Kreckel

Institut für Energie und Umwelttechnik e. V.,
Duisburg

29. Juli 2015, Leipzig

Einführung in das Projekt

Drei Aufgabenstellungen des Projekts

1.

Entwicklung maßgeschneiderter Katalysatoren und Laboruntersuchungen zur Umsetzung von NO_x in Anwesenheit von NH_3 und **hoher Gasfeuchte** bei **niedrigen Temperaturen** ($< 200^\circ \text{C}$)

UNIVERSITÄT LEIPZIG

2.

Aufbau und Betrieb einer Laboranlage zum messtechnischen Nachweis der Leistungsfähigkeit



3.

Optimierung des verfahrenstechnischen Konzepts auf Basis der Versuchsergebnisse



Projektbegleitenden Ausschuss

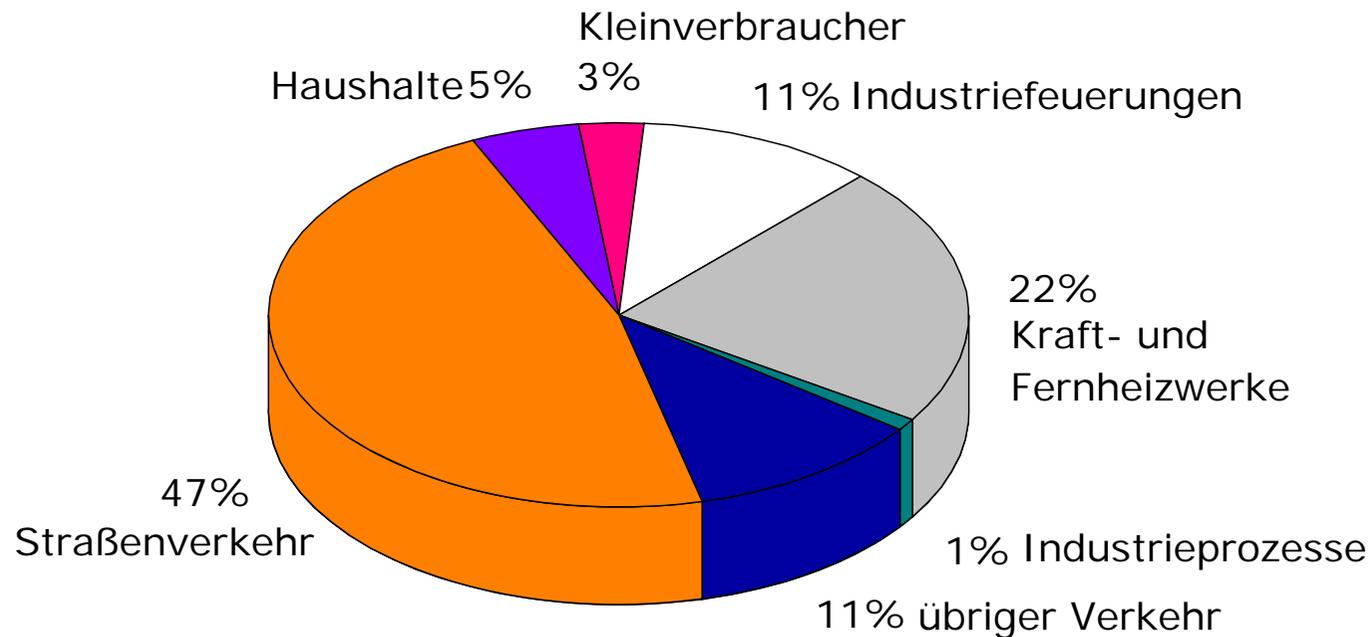
- ADSOR-TECH GmbH, *Premnitz*
- Blücher GmbH, *Erkrath*
- *CarboTech AC GmbH, Essen*
- CRI Catalyst Leuna GmbH, *Leuna*
- Eproplan GmbH, *Stuttgart*
- ete.a GmbH, *Lich*
- *GEA Deutschland*
- *Huntsman Pigments and Additives*
- LÜHR FILTER GmbH Co. KG, *Stadthagen*
- M&C TechGroup Germany GmbH, *Ratingen*
- Nederman Filtration GmbH, *Friesenheim*
- Palas GmbH, *Karlsruhe*
- Rheinkalk GmbH, *Wülfrath*
- *Tiede- & Niemann Ingenieurgesellschaft mbH*

Inhalt

- **Projekt-Schwerpunkte: Anforderung an NT-NH₃-SCR**
- **Stand der Technik**
- **Katalysatorsynthese**
- **NH₃-SCR Aktivität: MnO_x/TiO₂, CuO_x/Al₂O₃, CuO_x/AC**
- **NH₃-TPD-, NO_x-TPD-, DRIFT-Untersuchungen**
- **Zusammenfassung**
- **Ausblick**

NO_x-Emittenten

NO_x berechnet als NO₂
BRD, 2010, Gesamt = 2470 kt



90 % der Emissionen als NO

Brennstoff NO: aus organischen N-haltigen Verbindungen und Luftsauerstoff

Thermisches NO: bei hoher O₂-Konz. und > 1000°C aus Luftstickstoff

<http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/stickstoffoxide> (25.07.2015; 9.30)

Forschungsthema

Institut für Technische Chemie, Universität Leipzig

Ziel:

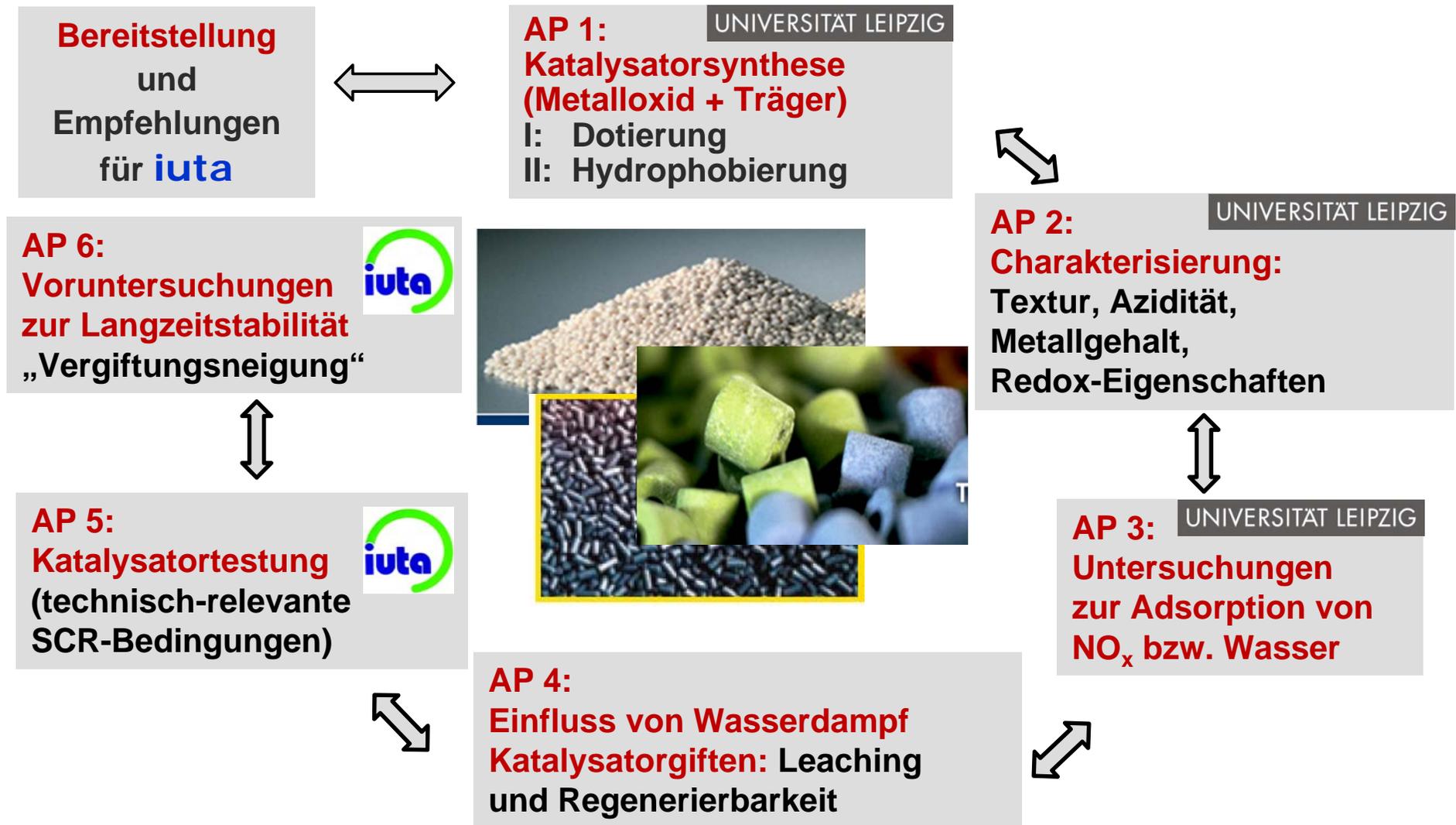
Entwicklung von maßgeschneiderten Niedertemperatur-Katalysatorsystemen, die in Anwesenheit von NH_3 zu einer quantitativen Umsetzung von NO_x aus Abgasen führen.

Diese sollen im Bereich $< 200 \text{ }^\circ\text{C}$ und bei Gasfeuchten bis ca. 25 Vol.-% aktiv sein.

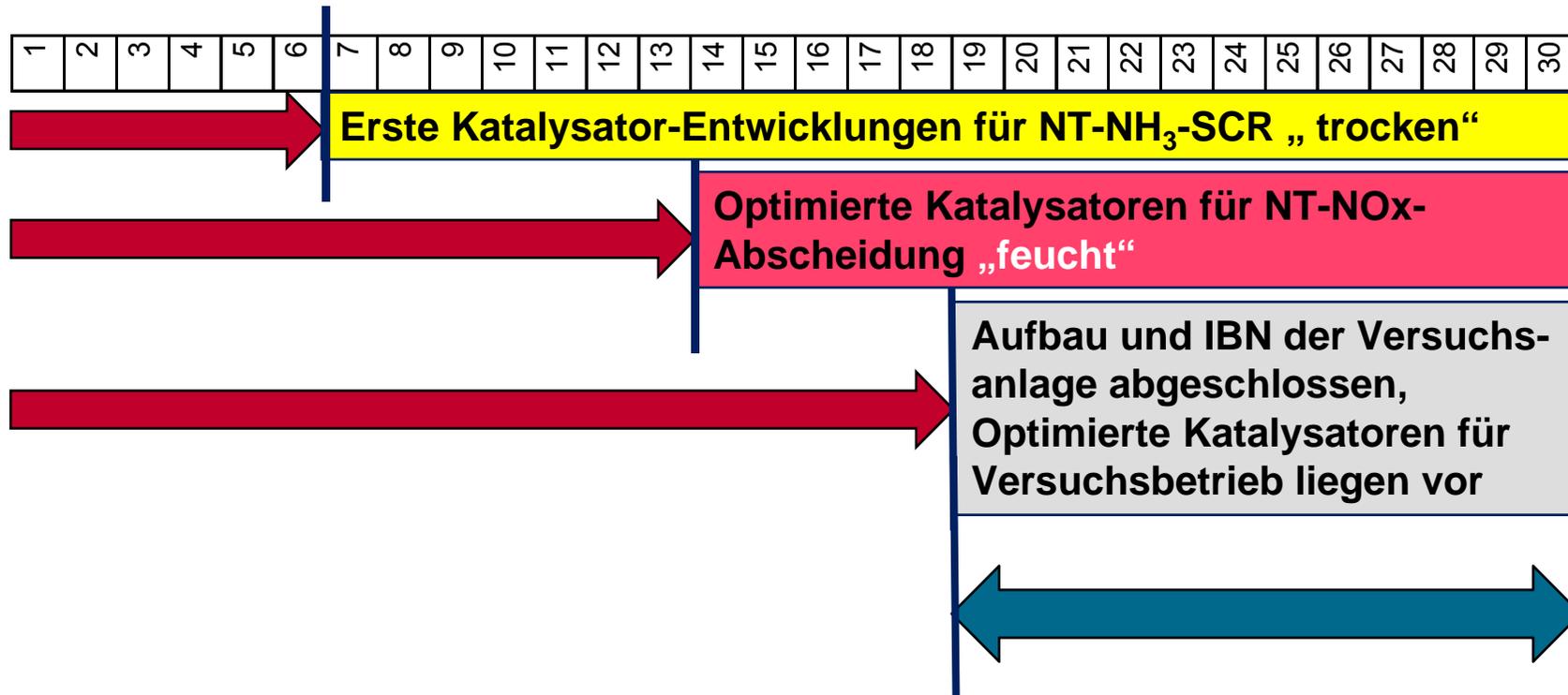
Parametervergleich der konventionellen NH₃-SCR und zu entwickelnder Niedertemperatur (NT-)NH₃-SCR

Prozessparameter	Stand konventionell	Projektgegenstand
Temperatur / °C	280 – 380	< 200
Trägermaterial	TiO ₂	Aktivkohle, TiO ₂ , Al ₂ O ₃ Zeolithe
Aktive Komponente	V ₂ O ₅ + MoO ₃ (+ WO ₃)	MnO_x / CuO_x + MgO
Oberflächenbehandlung	Nein	Hydrophobisierung durch (Me) _n -Si bzw. Modifizierung von Aktivkohle
Ausführung	Monolith	Partikel: Staub / Pellets Applikation als Monolith möglich

Arbeitsschwerpunkte und Strukturplan



Projektplanung - Arbeits- und Zeitplan



Testung der vorausgewählten Materialien hinsichtlich:

- mechanischer Dauerstabilität
- Abreinigungsverhalten und Handling
- Desaktivierung aufgrund von Feuchte als $f(T^\circ)$
- Desaktivierung aufgrund von Katalysatorgiften als $f(T^\circ)$
- Verbesserung der NO_x-Umsetzung durch nachgeschaltete Behandlung
(Speicherung ↔ SCR-Reaktion)

DeNO_x: Stand der Technik

**SNCR
Verfahren**

Selektive nicht-katalytische Reduktion
850 – 1100 °C

**SCR
Verfahren**

Selektive katalytische Reduktion
300 – 450 °C

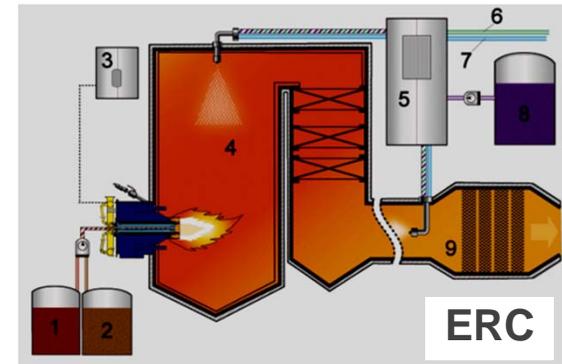
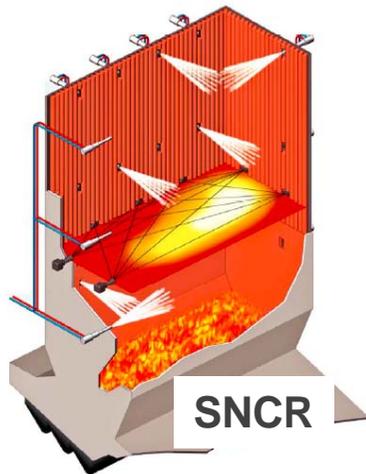
**Kombi-
Verfahren**

Verbindung der SNCR- und SCR-Verfahren
z. B. ERC-Verfahren

Kann konventioneller NH₃-SCR-Katalysator für die NT-NH₃-SCR-angepasst werden?

Leider nein!

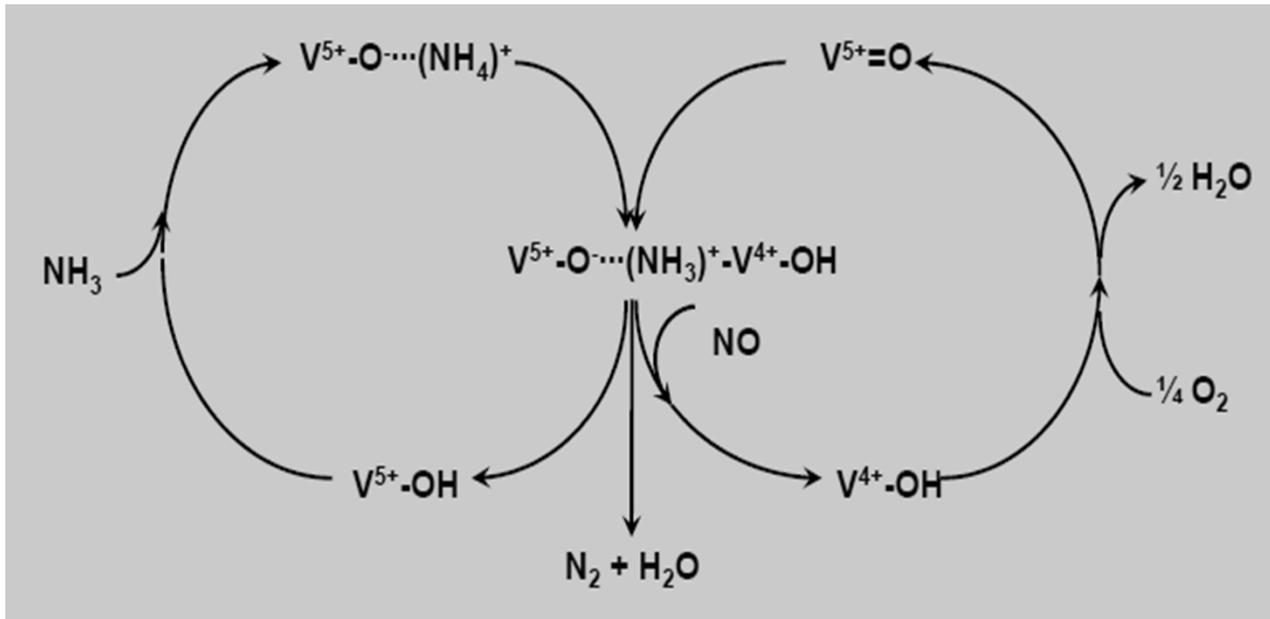
Konventioneller SCR-Katalysator:
V₂O₅/MoO₃/TiO₂



Reduktionsmittel:
NH₃ oder „Carbamin 5722“

<http://www.erc-online.de/> (25.07.2015, 09.00)

Mechanismus der NH₃-SCR-Reaktion an V₂O₅/WO₂/TiO₂



0,5-3 Ma.-% VO_x
 5-10 Ma.-% MoO_x/WO_x
 A_{BET}: 50-100 m²/g



“standard SCR”

NO_x/NH₃ 1:1



“fast SCR”

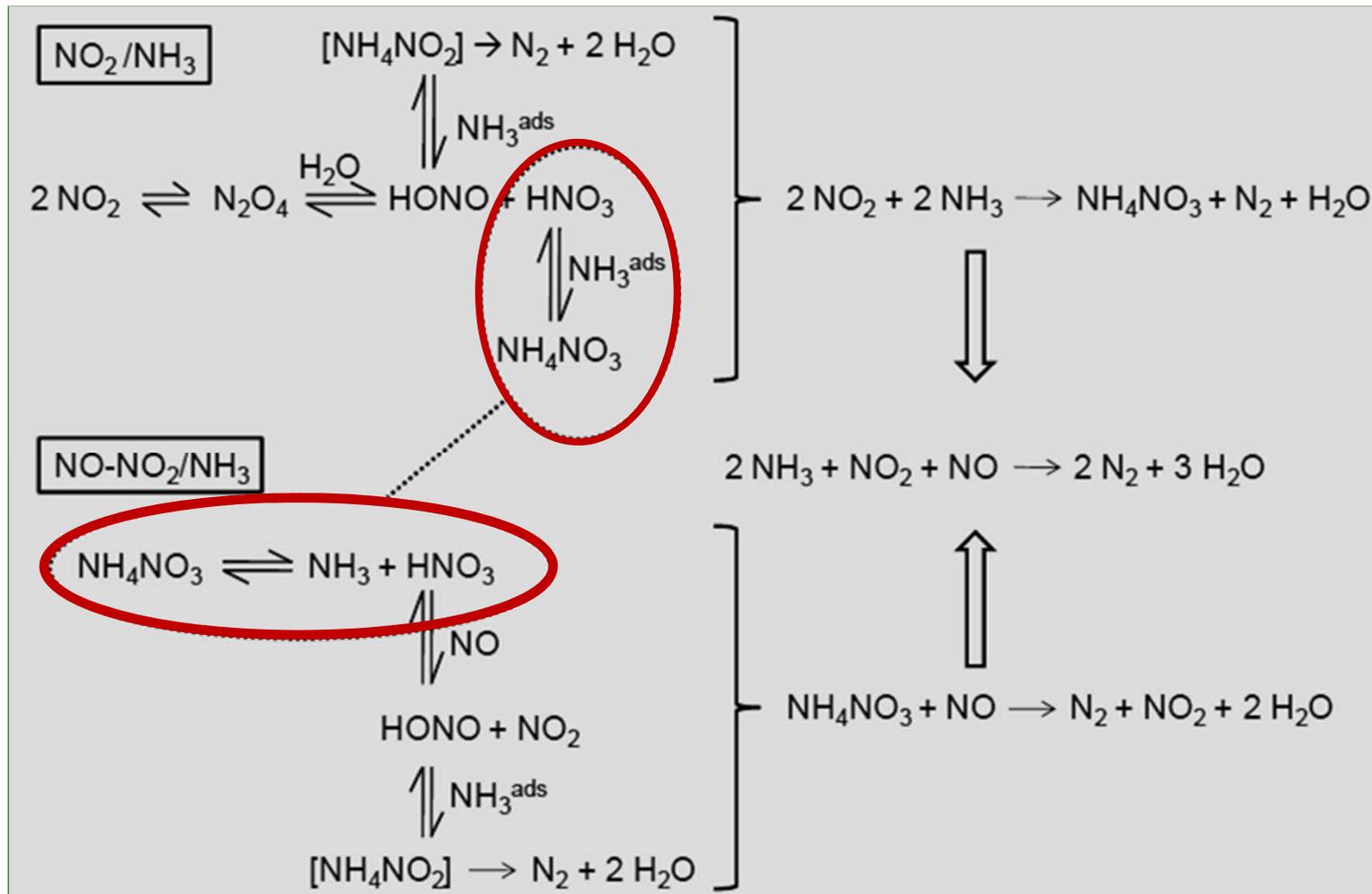
NO_x/NH₃ 1:1



“NO₂-SCR”

höherer NH₃-
Verbrauch

„Fast-SCR“ als Summe der verschiedenen Teilreaktionen



Q. Sun, Z.-X. Gao, B. Wen, W. M. H. Sachtler, *Catal. Lett.*, 78 (2002) 1.

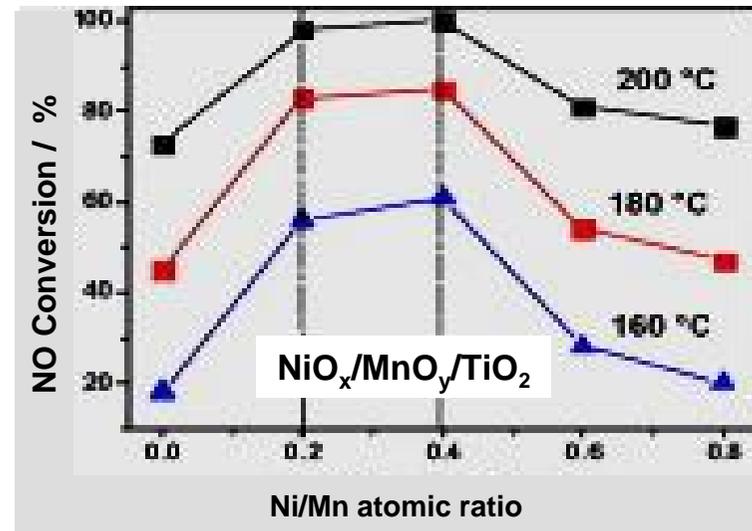
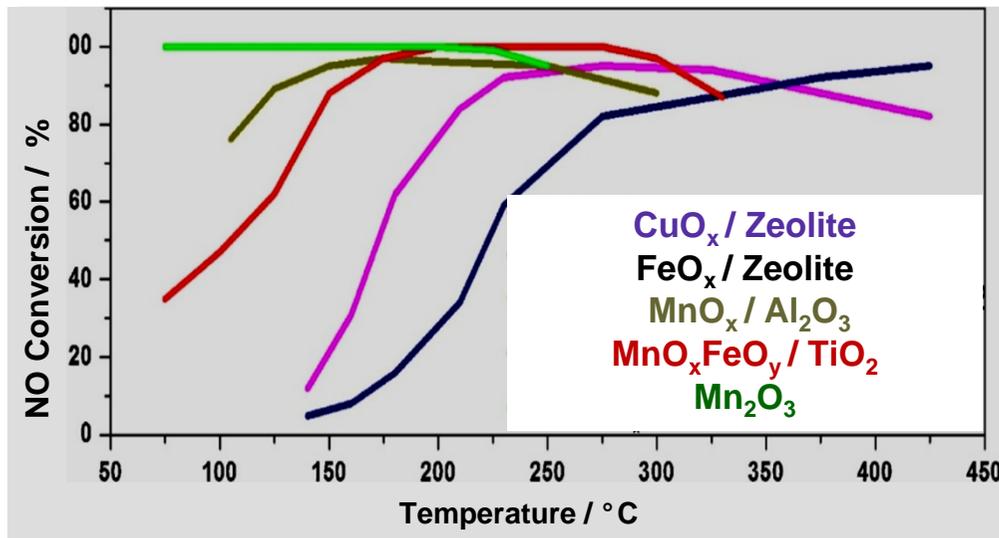
C. Ciardelli, I. Nova, E. Tronconi, D. Chatterjee, B. Bandl-Konrad, M. Weibel, B. Krutsch, *Appl. Catal. B*, 70 (2007) 80.

C. Ciardelli, I. Nova, E. Tronconi, D. Chatterjee, T. Burkhardt, M. Weibel, *Chem. Eng. Science* 62 (2007) 5001.

A. Grossale, I. Nova, E. Tronconi, D. Chatterjee, M. Weibel, *J. Catal.* 256 (2008) 312.

Stand der Forschung zu „NT-NH₃-SCR“

DeNO_x/-NH₃-SCR-Aktivitäten von Übergangsmetalloxiden



Begrenzte Angaben zur Bildung von Nebenprodukten, Dauerstabilität und Vergiftung durch Wasserdampf bzw. SO_x

Y. Zheng, A. D. Jensen, J. E. Johnsson, J. R. Thogersen, *Appl. Catal. B* 83 (2008) 186.

J. Li, H. Chang, H. Chang, L. Ma, J. Hao, R. T. Yang, *Catal. Today* 175 (2011) 147.

B. Thirupathi, P. G. Smirniotis, *J. Catal.* 288 (2012) 74.

Bekannte Folgen während NH₃-SCR unter 200°C am konventionellen V₂O₅/MoO₃/TiO₂-Katalysator

- **Unvollständige Entstickung ($X_{\text{NO}_x} < 50\%$)**
 - begrenzte Oxidation von NO zu NO₂ (limitierender Schritt)
- **„Verstärkte“ Adsorption von NO₂, Wasser und SO_x**
 - Ausbildung von Metallsulfaten
 - Hydratisierung der Oberfläche (Inhibierungseffekt)
- **Sekundäre Ausbildung von adsorbierten Säuren: HNO_x und H₂SO_x**
 - Dealuminierung bzw. Gerüst-Erosion
 - Korrosion und Verstopfung durch Ammoniumsulfate

Y. Zheng, A. D. Jensen, J. E. Johnsson, J. R. Thogersen, *Appl. Catal. B* 83 (2008) 186.

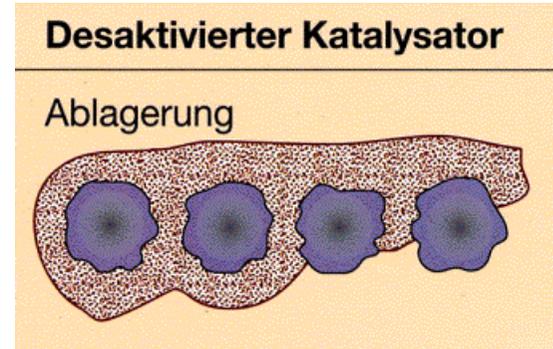
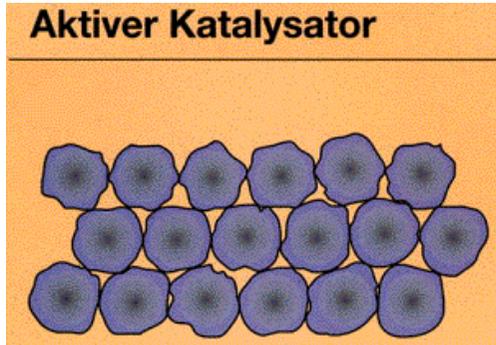
M. Iwasaki, H. Shinjoh, *Appl. Catal. A*: 390 (2010) 71.

A. Grossale, I. Nova, E. Tronconi, *J. Catal.* 265 (2009) 141.

U. Deka, I. Lezcano-Gonzalez, S. J. Warrender, A. Lorena Picone, P. A. Wright, B. M. Eckhuysen,

A. M. Beale, *Microporous Mesoporous Mater.* 166 (2013) 144

Potentielle Katalysatorgifte bei DeNO_x-SCR bei Temperaturen unter 200° C



„konventionelle“ Gifte: SO_x, PO₄, Cl⁻, K, N, Ca-, Hg-, Pb ...



„niedertemperatur“ Gifte: NO₂ (HNO₃), Wasserdampf



Eigene Ergebnisse

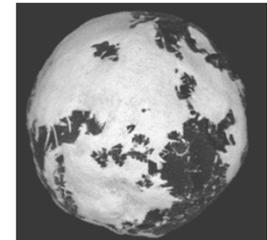
CuO_x- und MnO_x-haltige Katalysatoren

Träger

Alumina (γ -Al₂O₃): CRI (Leuna) und Alfa Aesar, jeweils Pellets

Titanoxid (TiO₂): P-25 (Degussa/Evonik) und Hombikat UV100 und 8602 (Sachtleben Chemie GmbH)

Aktivkohle: ADSOR-TECH (Blücher= B) und GRYFSCAND (PI)



Excess Solution Imprägnierung (nach Shimizu*)

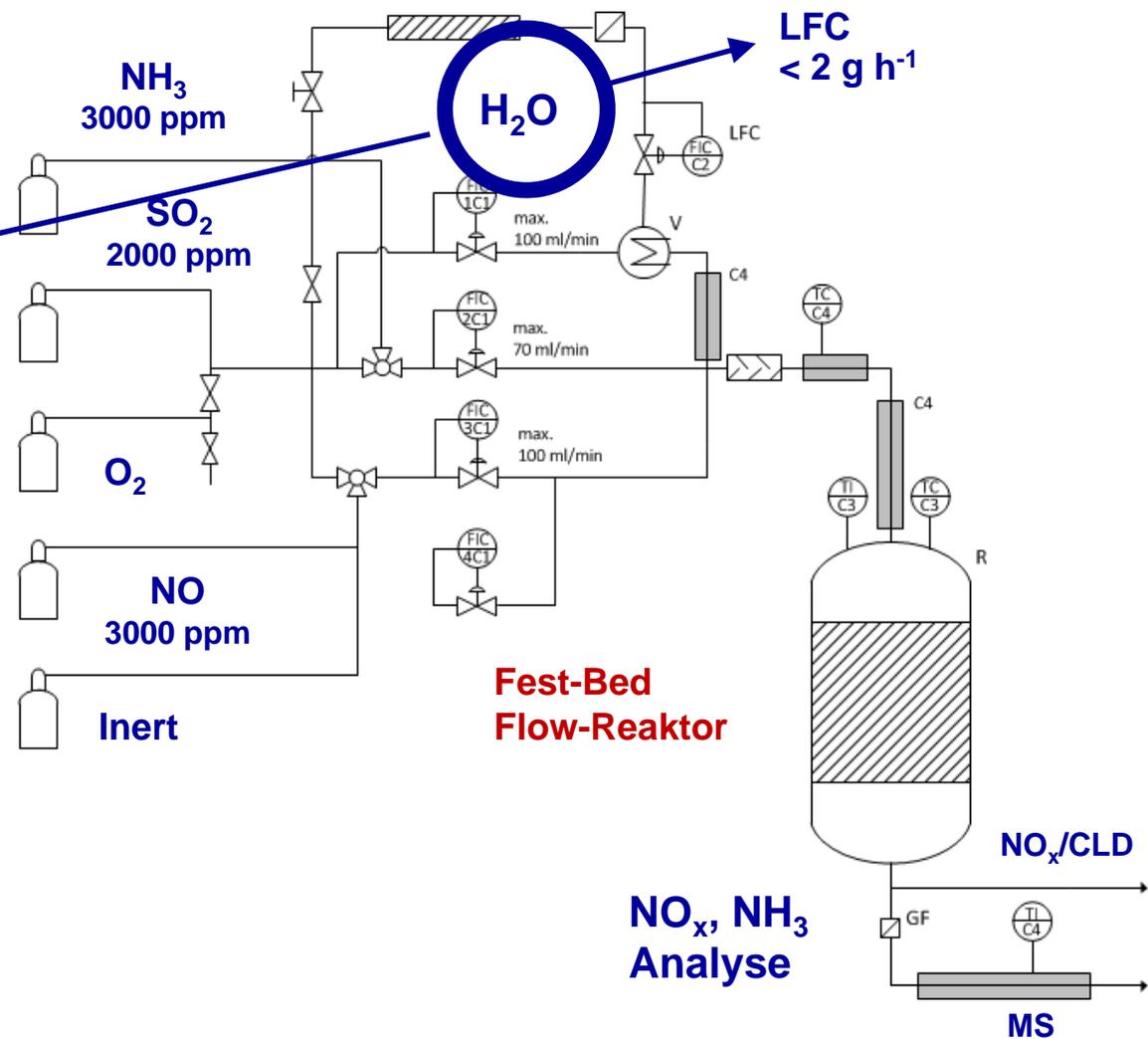
- mit wässrigen Lösungen von Cu- bzw. Mn-Nitraten und -Acetaten
- Massenanteil: 17 Ma.-%
- 90 min bei 50 °C (Rührer oder Ultraschallbad)
- 14 h Trocknung bei 120 °C
- Calzinierung: 6 h bei 550 °C unter Luft oder 4 h bei 450 °C unter N₂ (für AC)

* K. Shimizu, J. Shibata, H. Yoshida, A. Satsuma, T. Hattori, *Appl. Catal. B* 30 (2001) 151.

Verwendete NH₃-SCR-Apparatur



Ofen
120-800° C



Prozess-Grenzbedingungen und -Analytik

- **Festbett-Flow-Reaktor** (Quarzglas, $d_{in} = 6 \text{ mm}$)
- **Katalysatormenge:** 50 – 300 mg
- **Partikelgröße:** 100 – 300 μm
- **Temperatur:** 120 – 800 $^{\circ}\text{C}$
- **Total-Gasflow:** 300 ml min^{-1}
- **GHSV:** $\leq 70.000 \text{ h}^{-1}$
- **Wasserdampf:** $\leq 35 \text{ Vol.-%}$
- **Edukte:** $\leq 2000 \text{ ppm NO (oder NO}_2\text{)}, \leq 1000 \text{ ppm NH}_3, \leq 25 \text{ Vol.-% O}_2$

Analytik von Prozess-Gas

- **NDIR** (URAS-10E, Hartmann & Braun/ABB)
(NO, N₂O, CO₂, max. 2000 ppm, mit NO₂/NO Konverter)
- NO_x: **Chemiluminiszenz Detektor** (CLD 70S, Ecophysics)
(mit NO₂ und Amin-Konverter)
- **MS (Quadropol)**, Omi-Star GSD 301
(N₂, NO_x, NH_x, CO_x, HNC, HNCO, SO_x, H₂O)

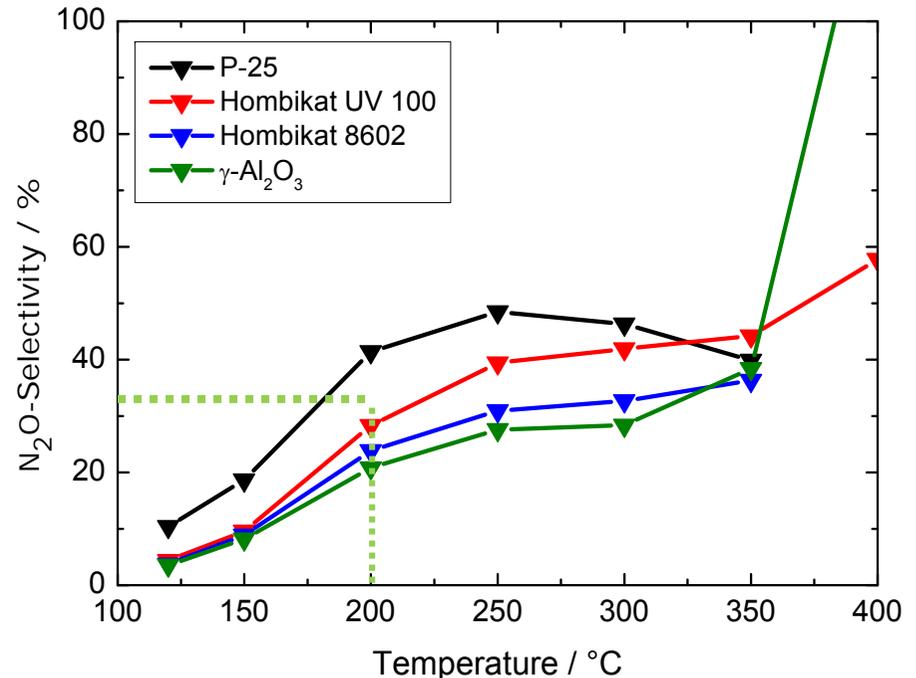
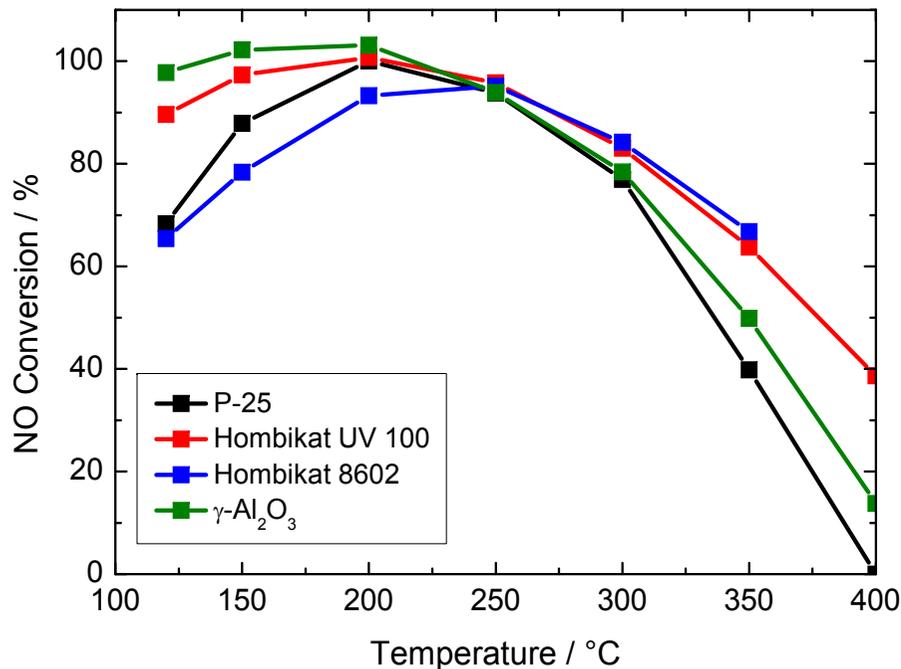
Texturelle und physico-chemische Eigenschaften der untersuchten MnO_x-haltigen Katalysatoren

	$A_{\text{BET}} / \text{m}^2 \text{g}^{-1}$	$\text{GPV} / \text{cm}^3 \text{g}^{-1}$	$\text{Mn} / \text{Ma.-%}$	$\text{Mn-Dichte} / \text{mg cm}^{-2}$	$\text{Azidität} / \mu\text{mol g}^{-1}$
TiO₂-P-25	32	0,16			88
20/TiO ₂ -P-25	35	0,22	22	2,60	46
TiO₂-HK UV100	91	0,33			273
17Mn/TiO ₂ -HK-UV100	92	0,31	17	1,85	113
TiO₂ HK 8602 SL	83	--			264
17Mn/TiO ₂ HK 8602 SL	75	0,28	17	2,30	84
γ-Al₂O₃	222	0,59			90
17Mn/ γ -Al ₂ O ₃	156	0,43	24	1,57	60

NH₃-SCR-Aktivität von MnO_x-haltigen Katalysatoren auf Basis von TiO₂ und γ -Al₂O₃

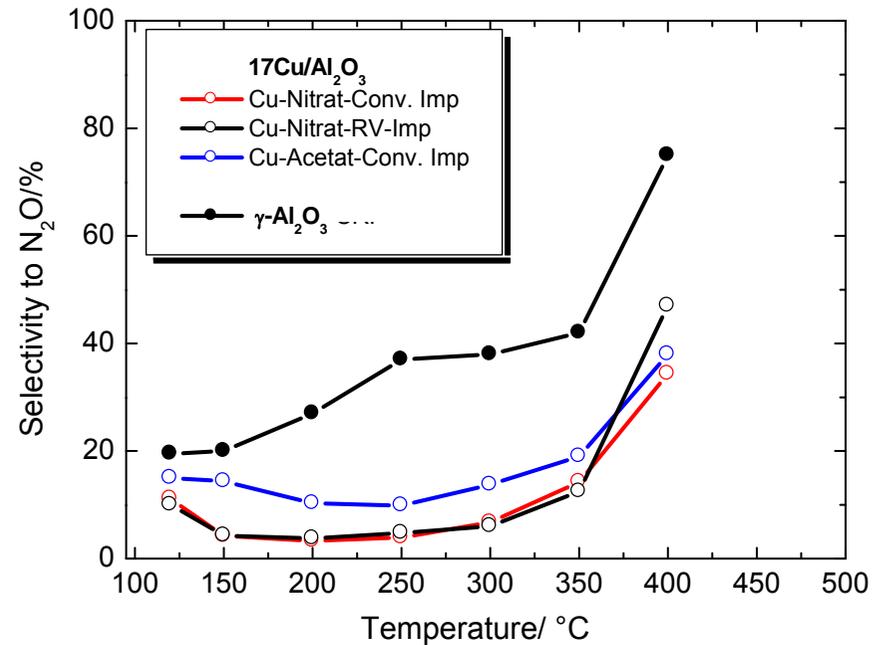
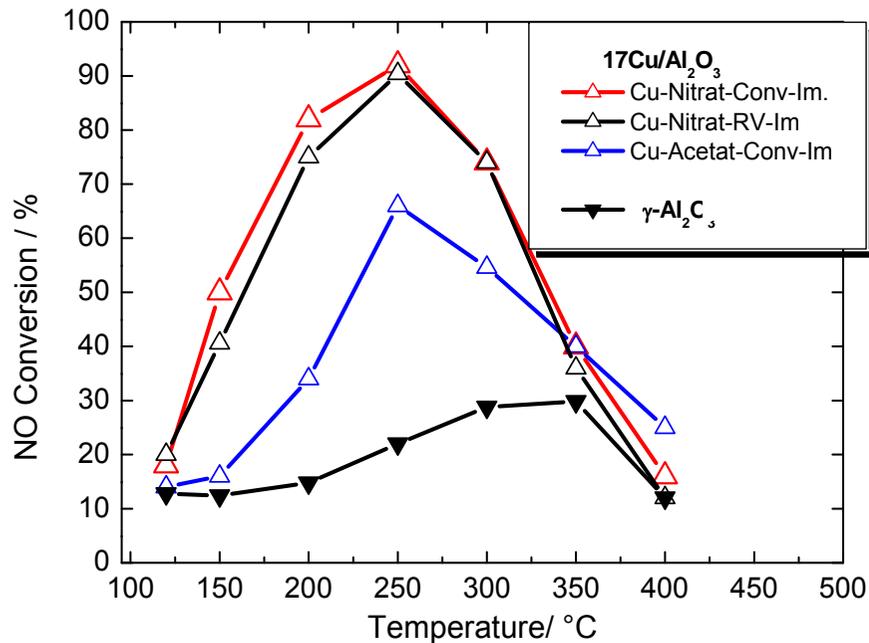
Mn-Gehalt: 17 Ma.-% (für Titanoxid), 22 Ma.-% (für Alumina)

500 ppm NO, 575 ppm NH₃, 4 % O₂, Trocken-Flow: 120 ml min⁻¹ GHSV: 18.000 h⁻¹



- 75-100 % NO-Umsätze im Temperaturbereich von 150 bis 200 °C
- hohe (> 30 %) Selektivität für N₂O-Bildung
- evtl. wird NH₃ zu N₂O oxidiert
- höherer MnO_x-Gehalt (> 17 mas.-%) verursacht verstärkte N₂O-Bildung

SCR-Aktivität von $17\text{Cu}/\text{Al}_2\text{O}_3$ Katalysatoren hergestellt nach verschiedenen Imprägnierungsmethoden



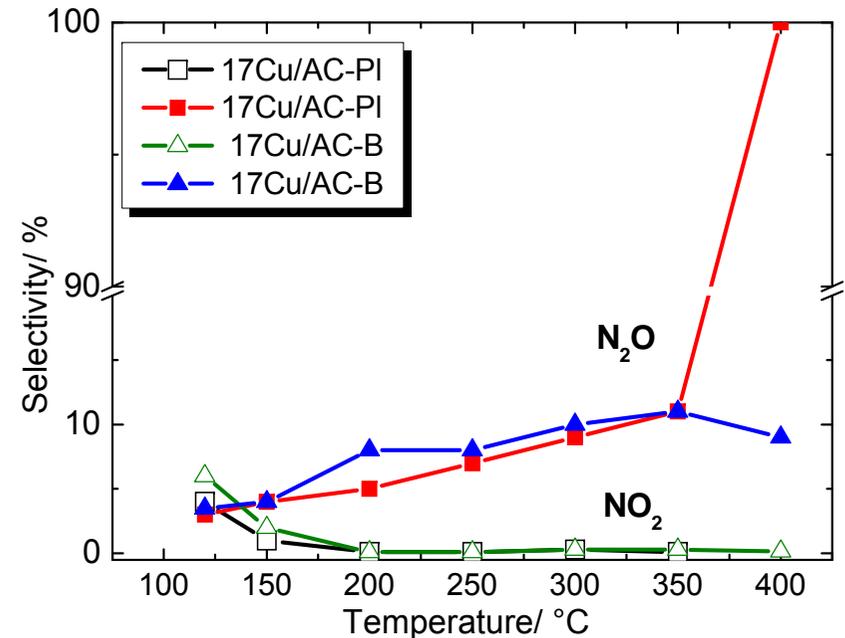
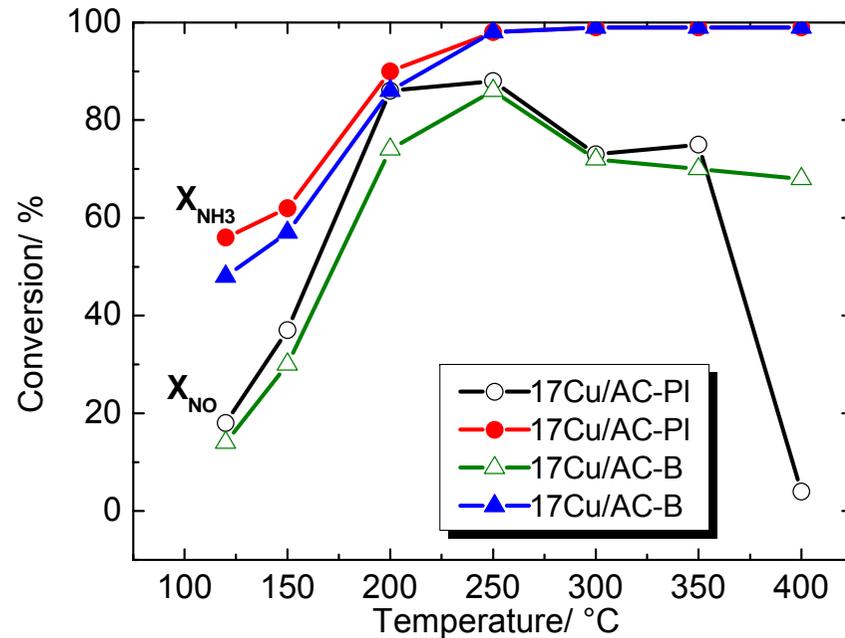
Konv. Imprägnierung von Pulver (0,1 - 0,3 mm) mit Cu-Nitrat

RV: Vakuum-Imprägnierung von Pellets (1,5 x 8,0 mm) mit Cu-Nitrat

Konv. Imprägnierung von Pulver (0,1 - 0,3 mm) mit Cu-Acetat

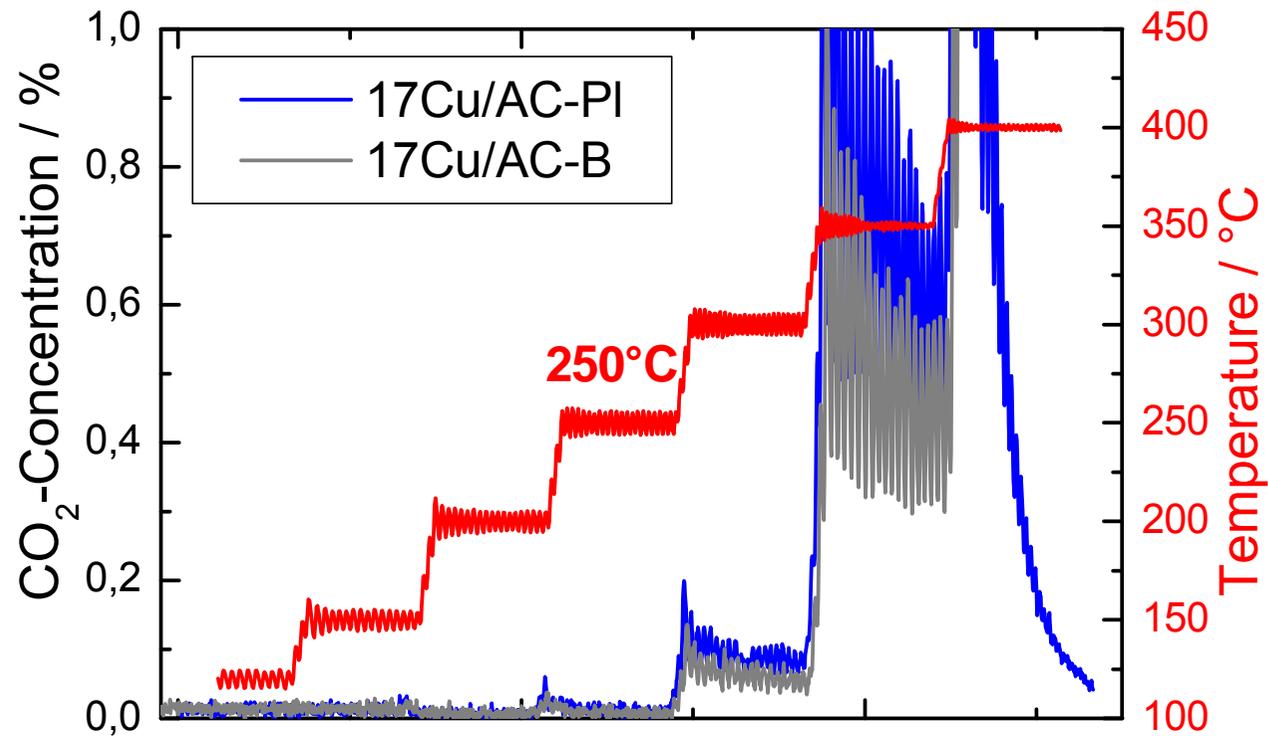
- **Cu-Acetat als Precursor führt zu geringerer Aktivität und höherer N_2O -Selektivität**

Vergleich NH₃-SCR-Aktivitäten von CuO_x auf verschiedenen Aktivkohlen



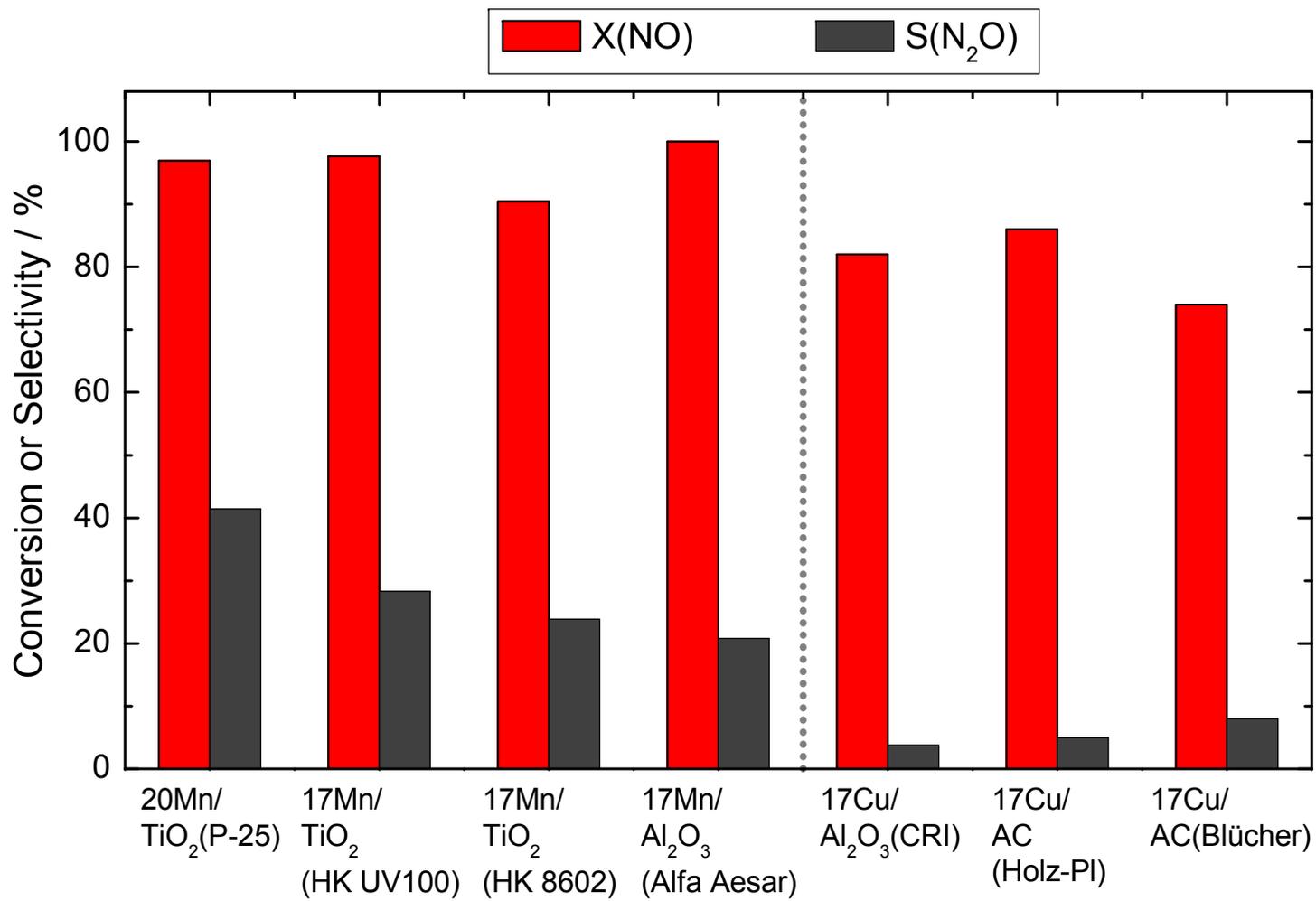
- NO-Umsatz bei 200 °C liegt bei ca. 70 – 85 %
- Vergleichbare NO-Umsätze auf synthetischer und konventioneller AC
- Relativ niedrige Selektivität für N₂O-Bildung (< 10 %)

CO₂-Bildung während SCR an 17Cu/AC-Katalysatoren



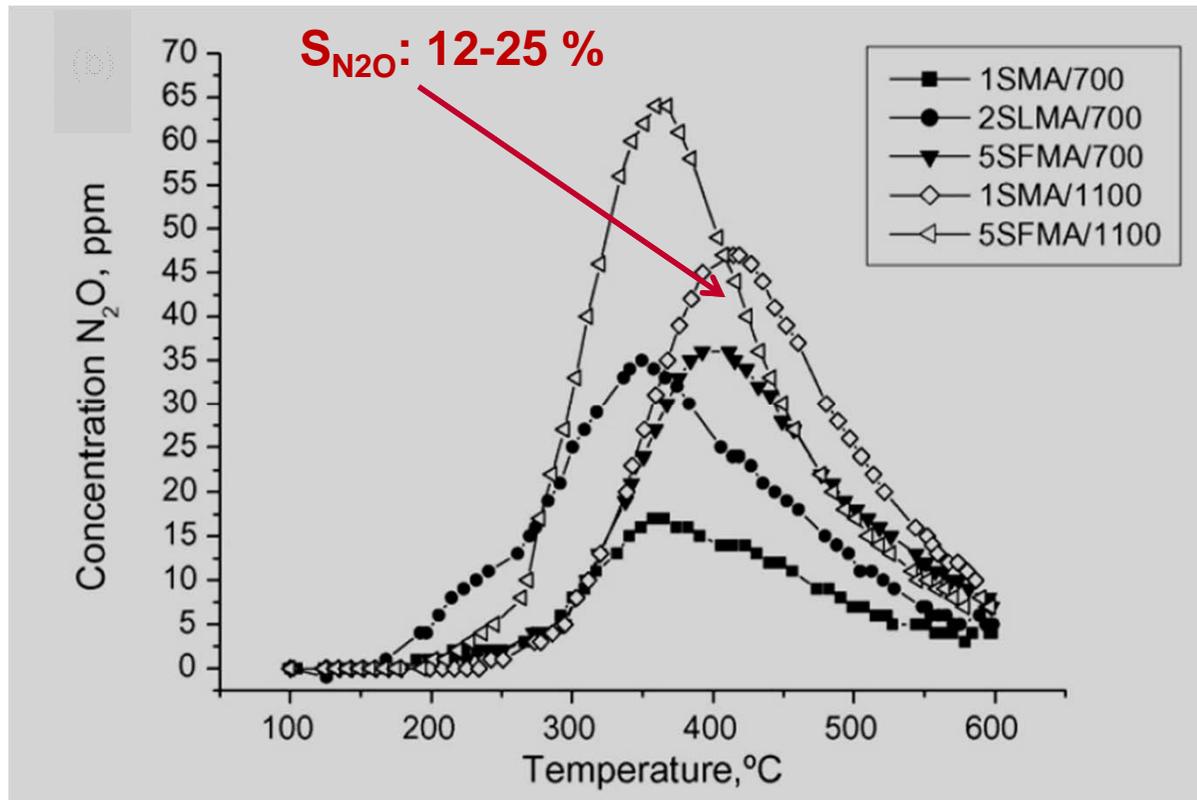
- mit Cu beladene Aktivkohle beginnt bei über 250°C merklich zu oxidieren
- evtl. Abbrennung von „shell“-Schicht über 250°C!

Vergleich SCR-Aktivität von Mn- und Cu-haltigen Katalysatoren (bei 200°C, trockener Gasfluss)



- Alumina basierte Katalysatoren zeigen 3-4 mal niedrigere N₂O-Selektivitäten

NH₃-SCR von NO_x an MnO_x(FeO_y)Sr(La)-Aluminaten



**max. X or S
at 350 °C**

**X_{NO}: 45-85 %
S_{NO2}: 40-55 %**

- je 350 ppm NO bzw. NH₃
- 14 vol.-% O₂, 4,5 vol.-% H₂O
- **GHSV: 120 000 h⁻¹**

A_{BET}: ca 25 m²/g
 SrO La₂O₃
 MnO Fe₂O₃
 (jeweils 11 mol.-%)

M. V. Bukhtiyarova, A. S. Aleksandra, L. M. Lyudmila, G. S. Litvak, V. A. Rogov, V. V. Kaichev, E. M. Slavinskaya, P. A. Kuzentsov, I. A. Polukhina, *Appl. Catal. A* 357 (2009) 193.

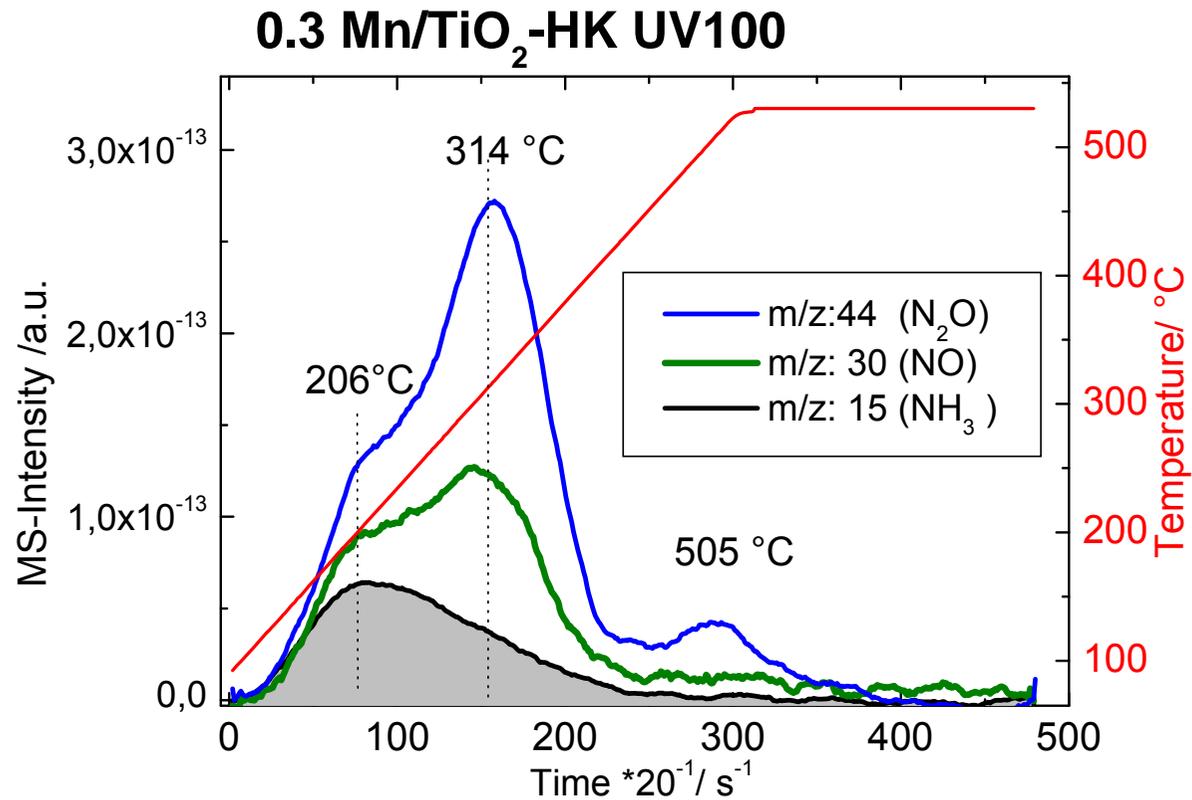
Katalysator-Charakterisierung:

NH₃-TPD

NO_x-TPD

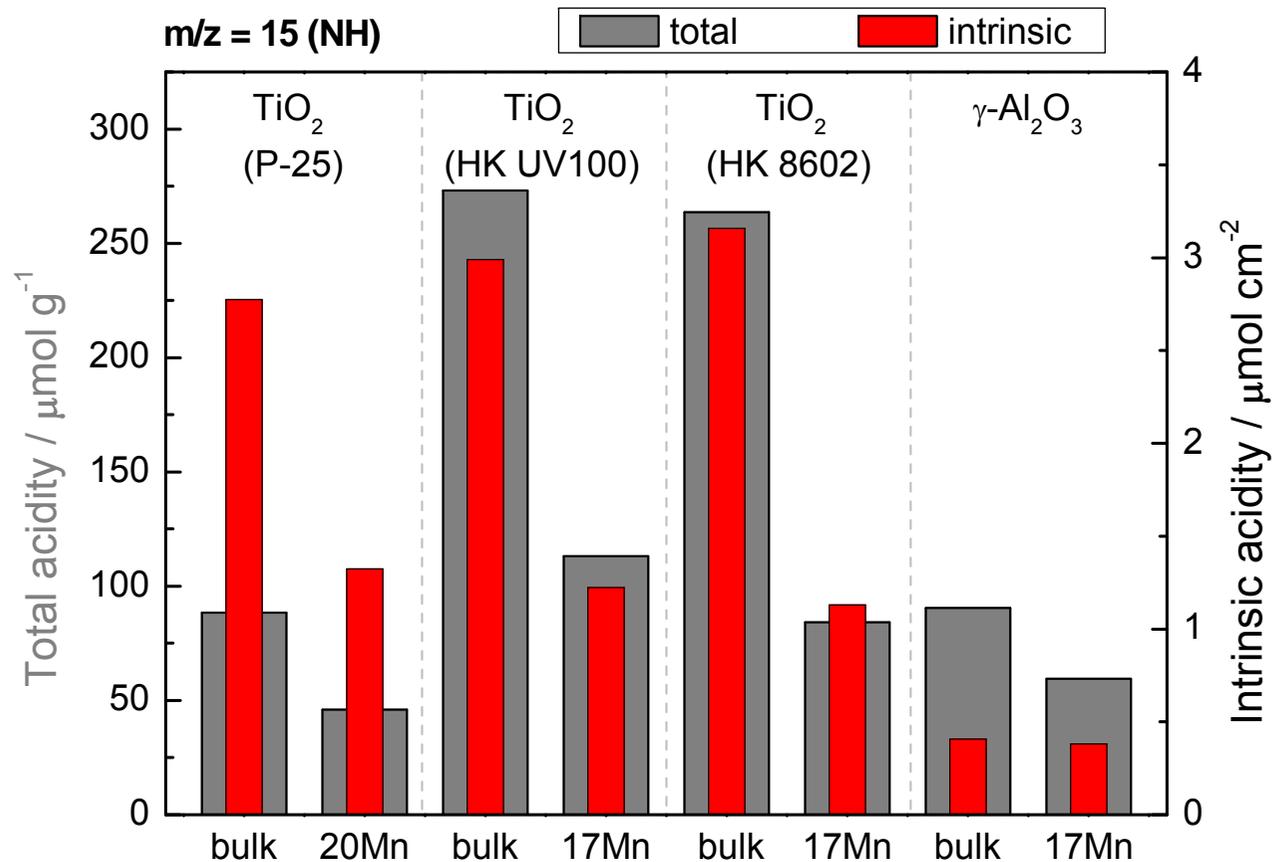
DRI FT

Aziditäts-Bestimmung durch NH₃-TPD: Desorption von Ammoniak und NO_x-Bildung



- ca. 3/4 des adsorbierten Ammoniak wird durch aktiven Gerüstsauerstoff (MnO_x) zu N₂O und NO oxidiert

Azidität von MnO_x -haltigen Katalysatoren



- Dotierung von Alumina und Titanoxid mit MnO_x verringert die Azidität?
- HK UV100 und HK 8602 Titanoxide besitzen höhere Azidität als P-25 (evtl. SO_4)

Katalysator-Charakterisierung:

NH₃-TPD

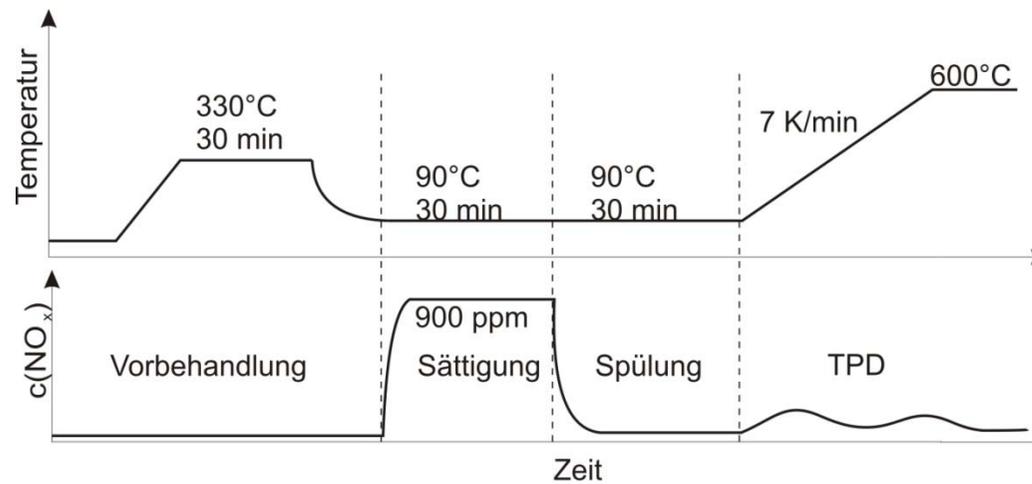
NO_x-TPD

DRIFT

NO_x-TPD-Apparatur



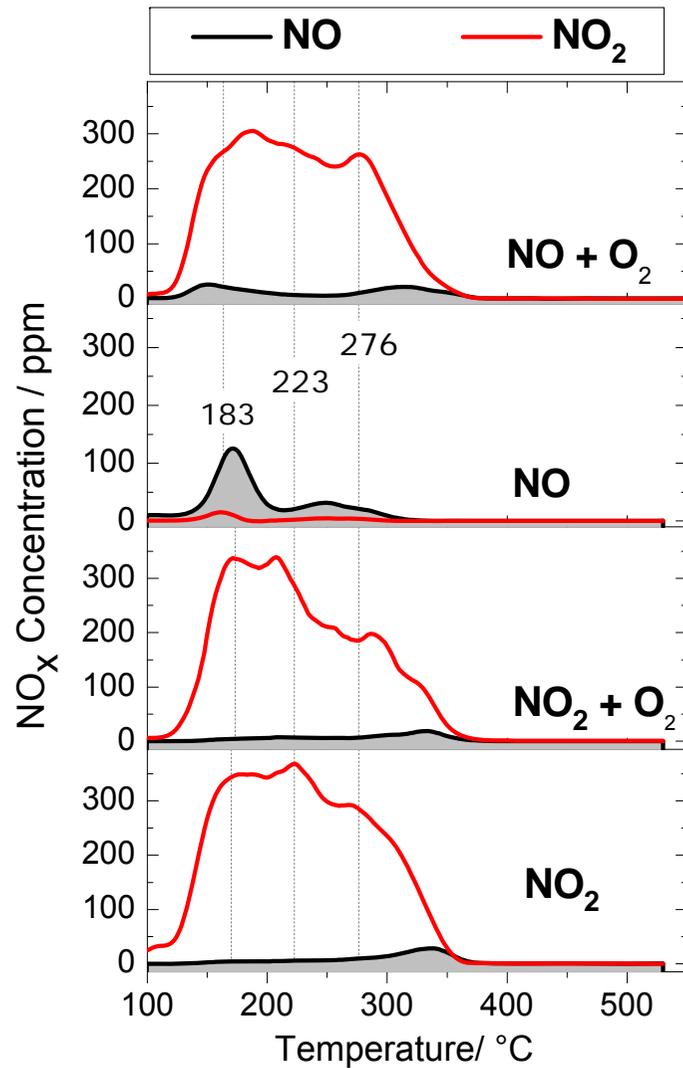
Temperatur-Zeit-Profile



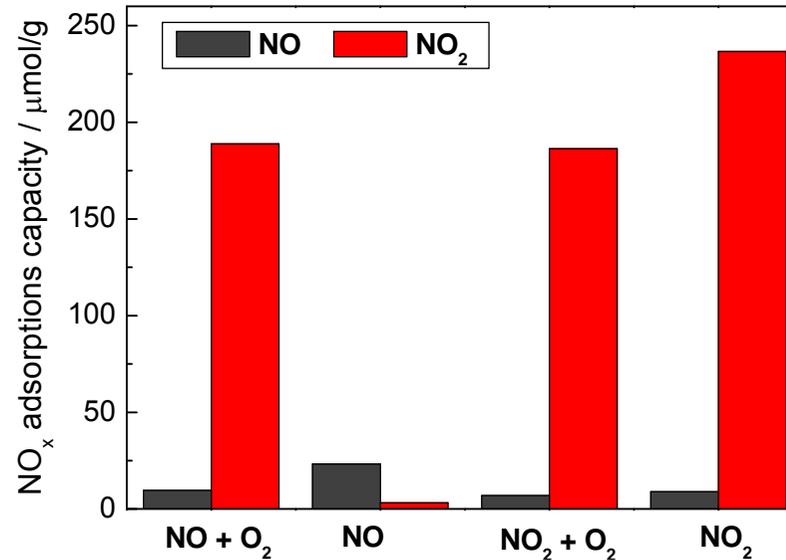
NO_x on-line Analyse

Chemilumineszenz-Detektor
(CLD 70S, Ecophysics)
(mit NO₂- und Amin-Konverter)

NO_x-TPD-Profile für 17Mn/TiO₂ HK UV100



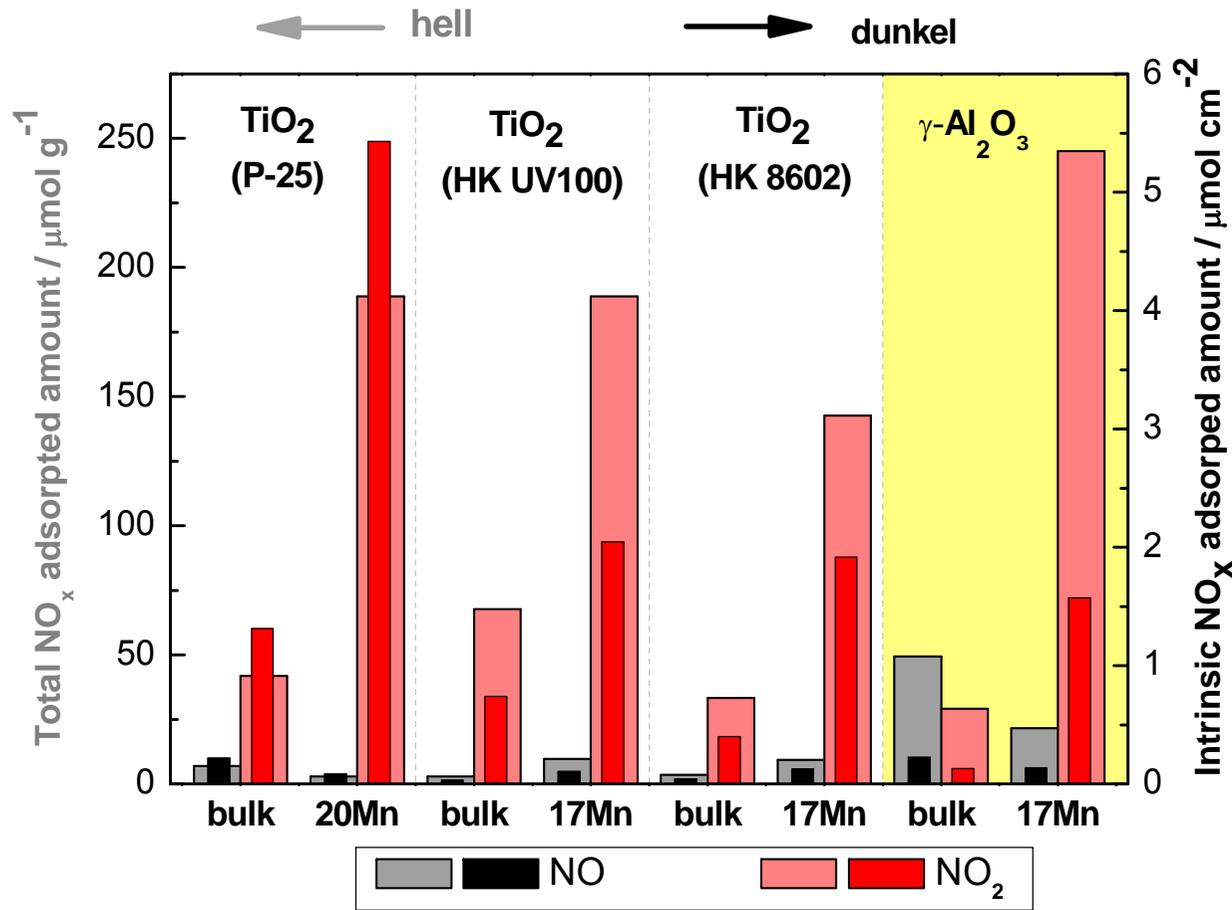
NO_x-Adsorptionskapazität



- 200 mg Katalysator
- Sättigung bei 90 °C
- 1000 ppm NO bzw. NO₂, 5 % O₂
- TPD: 90 – 530 °C, Heizrate: 7 K min⁻¹

- **Katalysator sehr aktiv zur NO-Oxidation und NO₂-Speicherung**

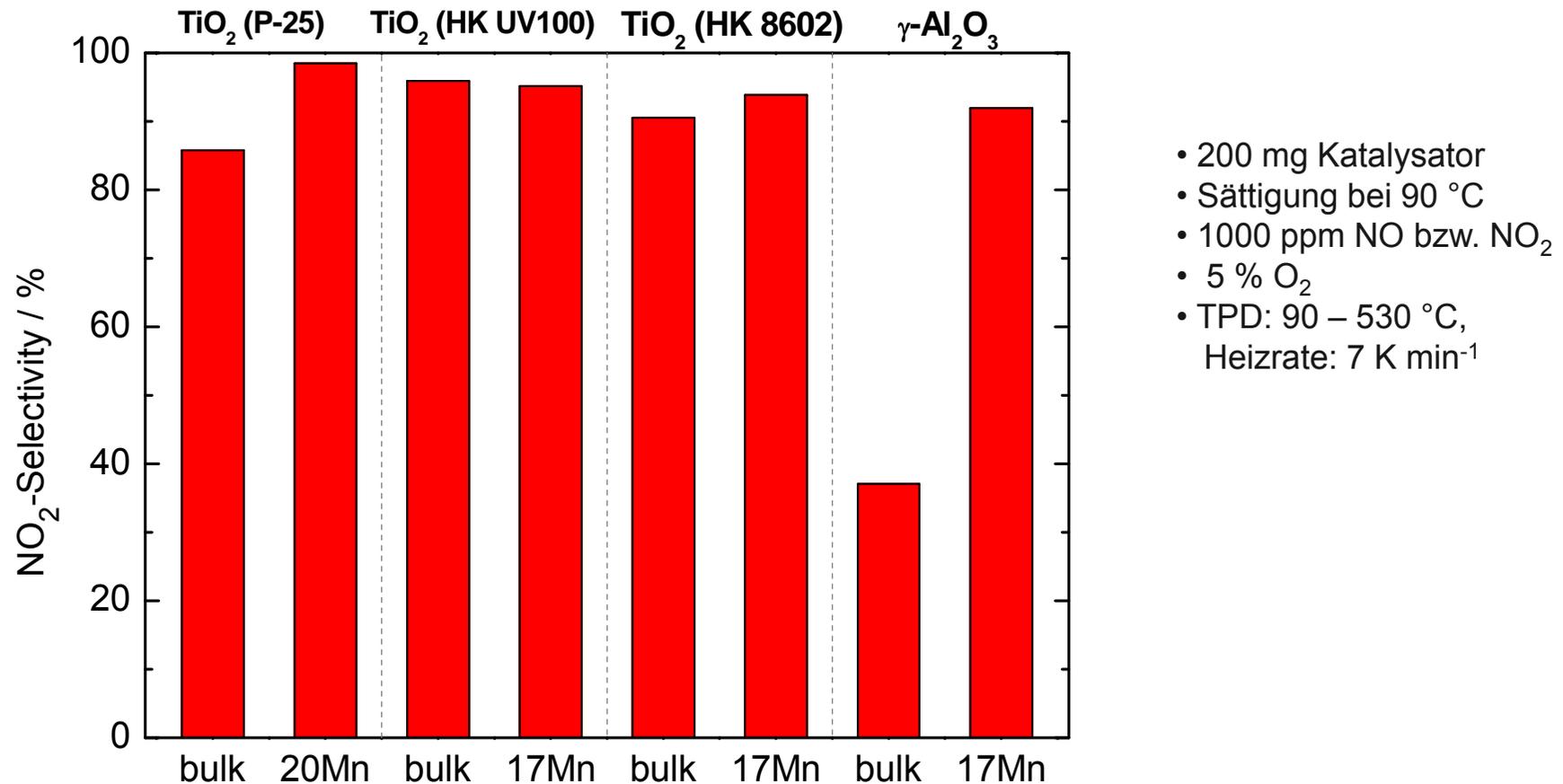
NO_x Adsorptionskapazitäten von MnO_x-haltigen Katalysatoren



- 200 mg Katalysator
- Sättigung bei 90 °C
- 1000 ppm NO bzw. NO₂, 5 % O₂
- TPD: 90 – 530 °C, Heizrate: 7 K min⁻¹

- Beladung mit Mn-Oxid begünstigt die NO_x-Speicherung
- MnO_x trägt zur Oxidation von NO zu NO₂ bei

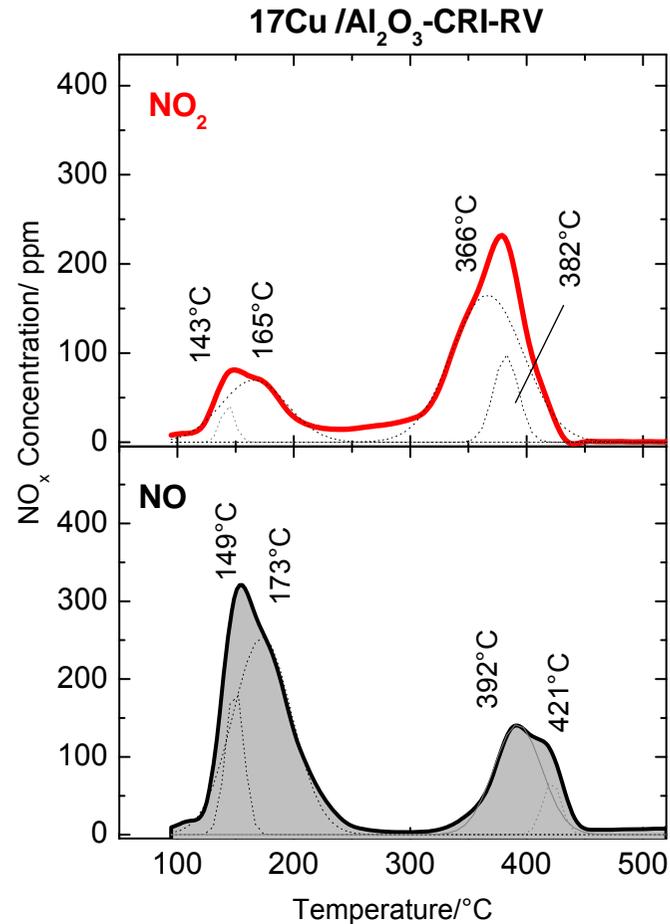
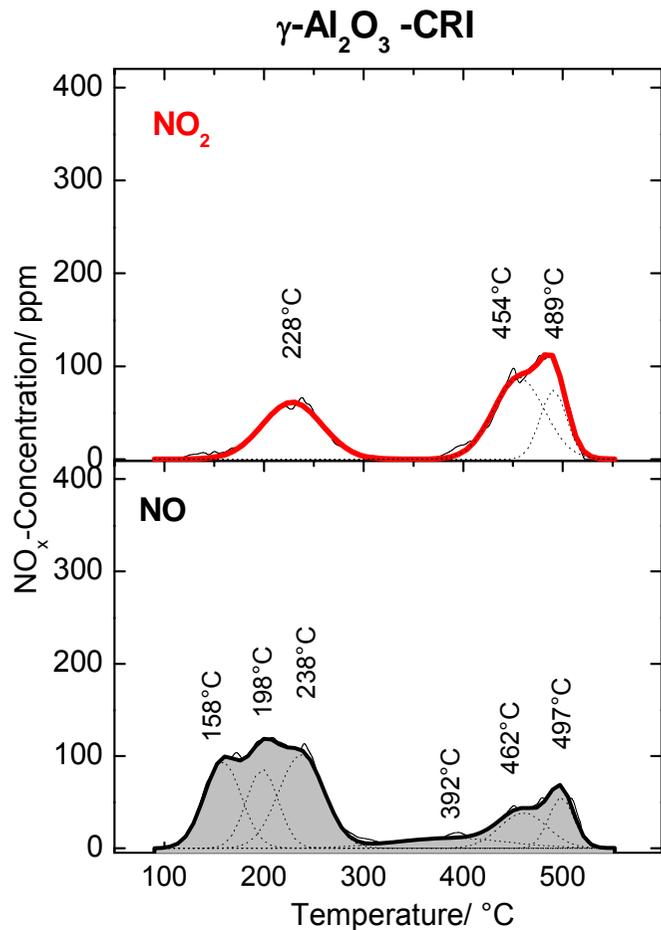
Selektivität zur NO₂-Bildung ermittelt durch NO_x-TPD



- 200 mg Katalysator
- Sättigung bei 90 °C
- 1000 ppm NO bzw. NO₂
- 5 % O₂
- TPD: 90 – 530 °C,
Heizrate: 7 K min⁻¹

- Selbst Ti-Oxide sind aktiv für die Oxidation von NO zum NO₂
- Dotierung mit Mn-Oxid trägt zur Oxidation von NO zum NO₂ bei

NO_x-TPD Profile für Al₂O₃-basierte Katalysatoren



- 200 mg Kat.
- Sättigung bei 90 °C
- 1000 ppm NO bzw. NO₂
- 5 % O₂
- TPD: 90 – 530 °C, Heizrate: 7 K min⁻¹

- Beladung mit 17 Ma.-% Cu erhöht (ca. 1,8-fach) die NO_x-Adsorption
- T_{max} Verschiebung um ca. 30-80 K zu niedrigeren Temperaturen
- Cu-Nitrate sind thermisch labiler als Ti-Nitrate
- CuO_x beschleunigt die Oxidation von NO zu NO₂

Katalysator-Charakterisierung:

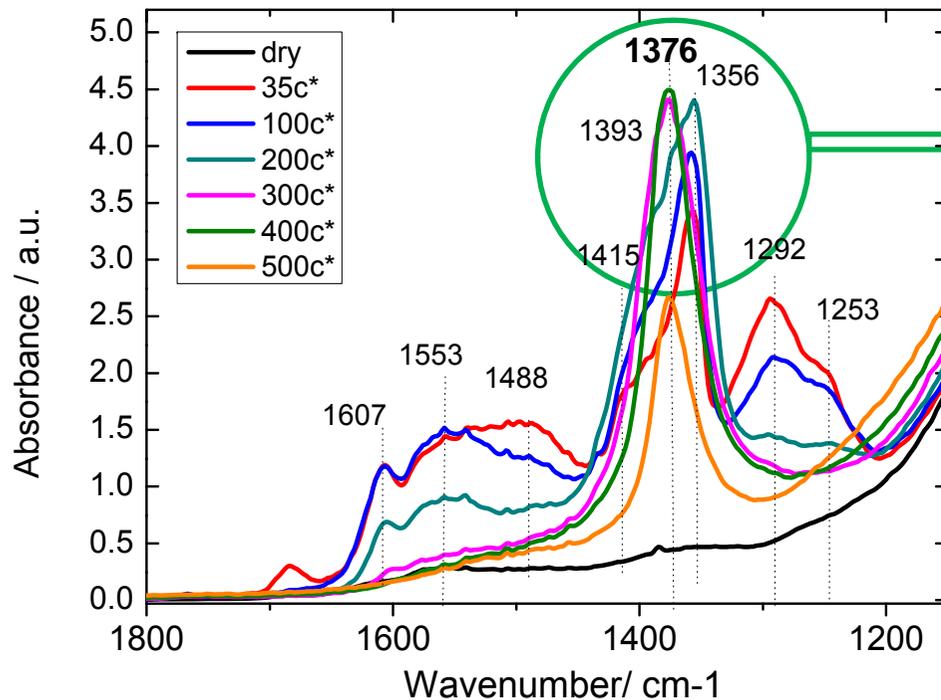
NH₃-TPD

NO_x-TPD

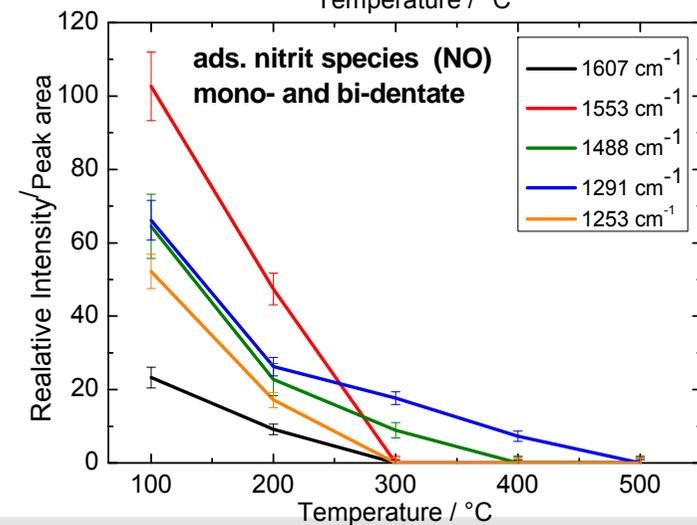
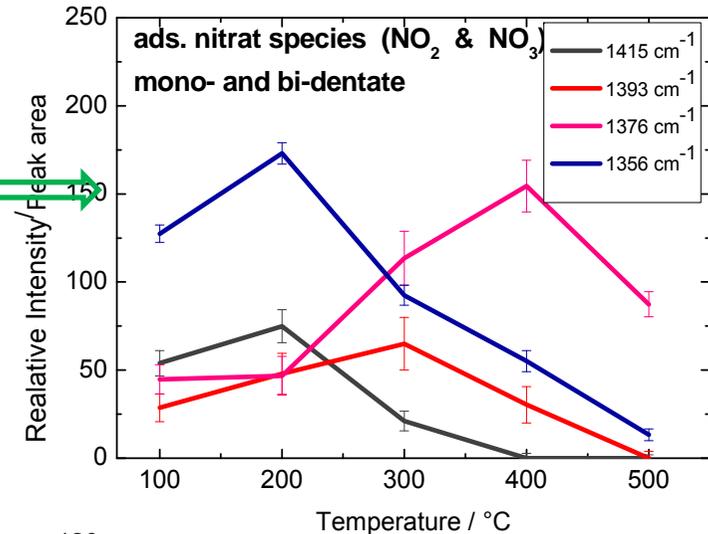
DRI FTS

DRIFTS-Spektren von 17Mn/TiO₂-HK UV100 in Gegenwart von NO und O₂ (Temp. 100 – 500 °C)

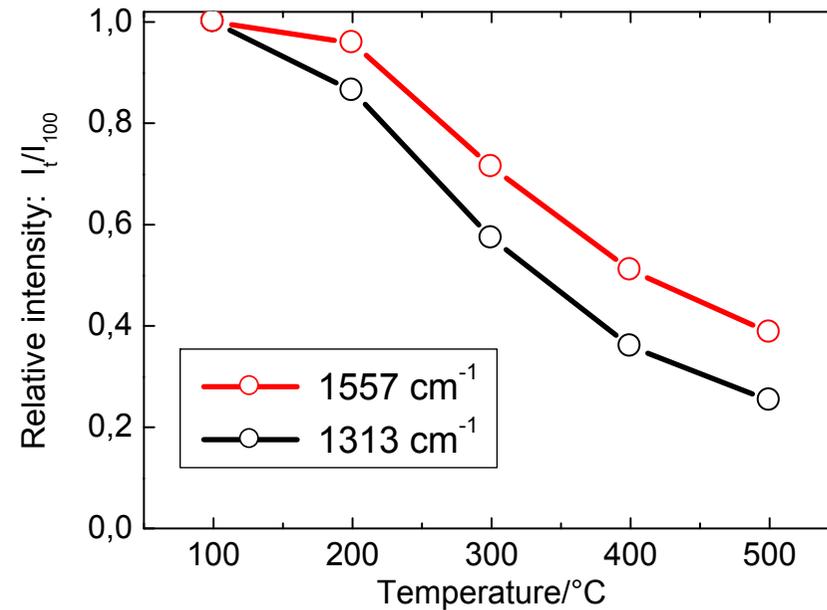
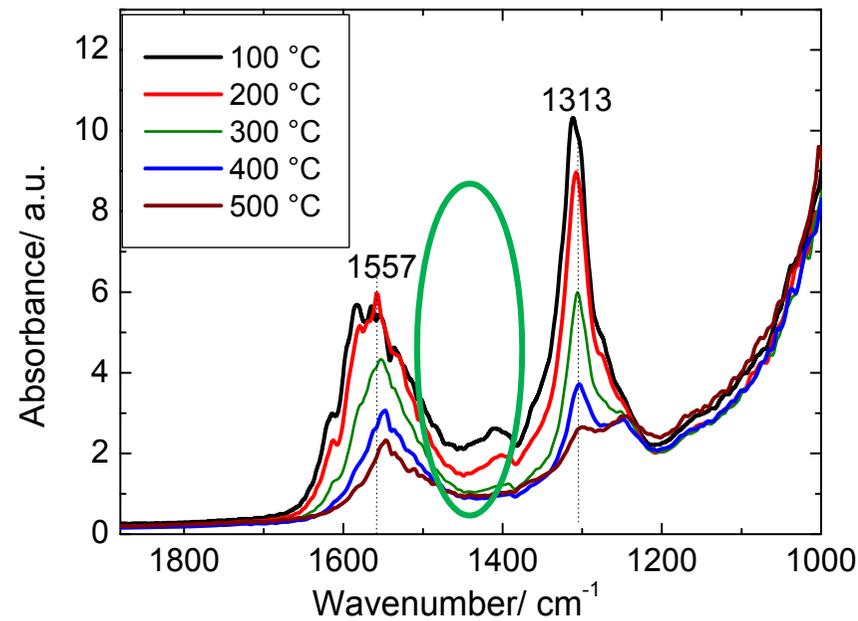
- Sättigung bei 35 °C
- 1000 ppm NO, 5 % O₂



- starke Adsorption von NO_x unter 200 °C
- NO wird zum NO₂ oxidiert
- adsorbierte NO₂-Spezies sind bis 400 °C stabil



DRIFTS-Spektren von 17Cu/Al₂O₃-CRI Gegenwart von NO und O₂ (Temp. 100 – 500 °C)



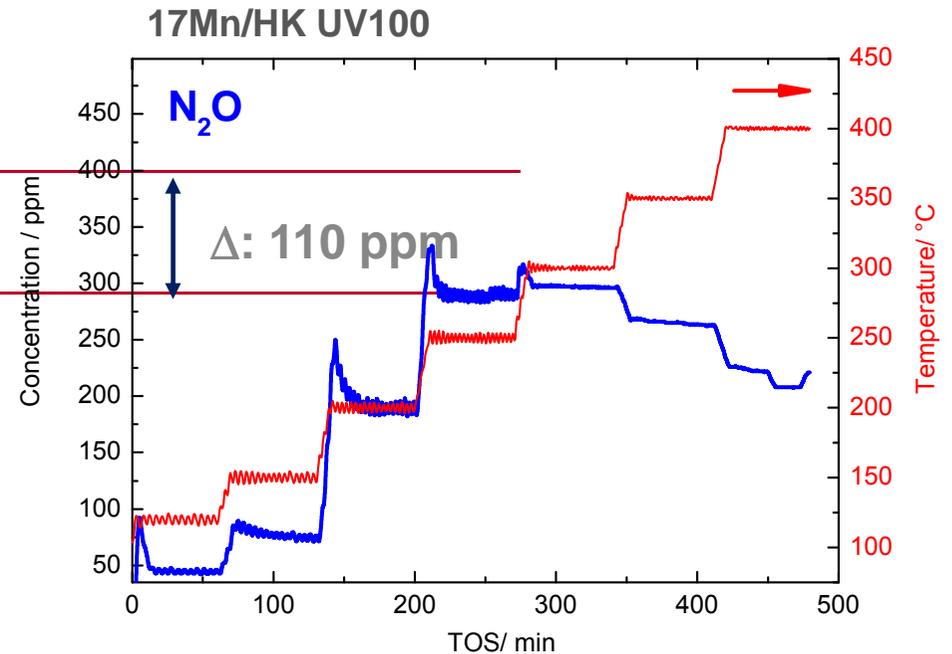
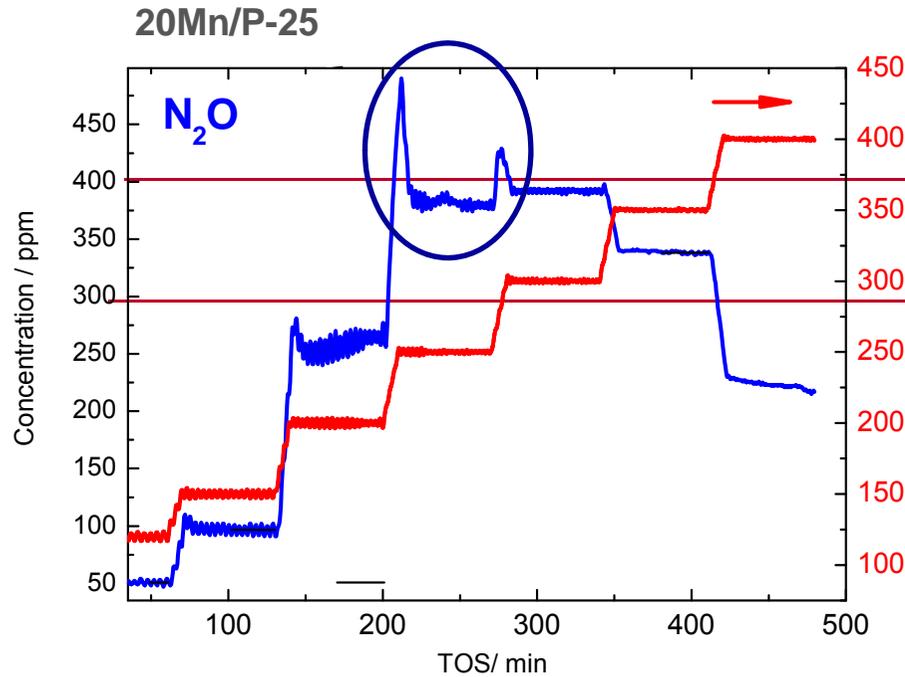
- geringere Ausbildung von adsorbierten Nitrat-Spezies

Diskussion zu mechanistischen Aspekten zur N₂O- und NO₂-Bildung

N₂O-Konzentration-Temperatur-Profile bei NH₃-SCR in Gegenwart von Mn/TiO₂ Katalysatoren

Mn-Dichte: 2,54 mg m⁻²

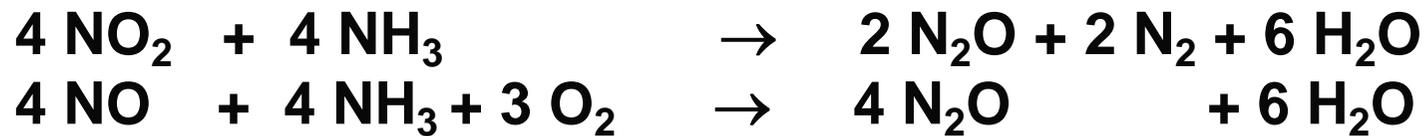
Mn-Dichte: 1,64 mg m⁻²



- Zerfall von „N₂O-Prekursor“ und Desorption von N₂O bei 200 - 300 °C
- Bildung von N₂O hängt stark von Gehalt bzw. Dichte von MnO_x ab

Unerwünschte N₂O-Bildung bei NH₃-SCR

Brutto-Reaktion (nach Tronconi et al.)



Thermische (> 300 °C) und katalytische Oxidation von Ammoniak



Bildung von ads. HNO₃ und thermischer Zerfall von Ammoniumnitrat



Thermischer Zerfall von Nitraten und Sulfaten

	T / °C	
	Nitrat ^{a)}	Sulfat ^{b)}
Cu	220 – 295	600
Mn	200 – 220	750
Fe	155 – 170	755
NH₄	170 – 175 ^{c, d)}	235
NH₄NO₂	71 ^{e)}	

a-e): Temperaturfenster der größten Geschwindigkeit der NO₂- und SO₃-Bildung, ermittelt durch TG/DTG-MS-Analyse.

a) K. Wieczorek-Ciurowa, A. J. Kozak, *J. Therm. Anal. Calorim.* 58 (1999) 647.

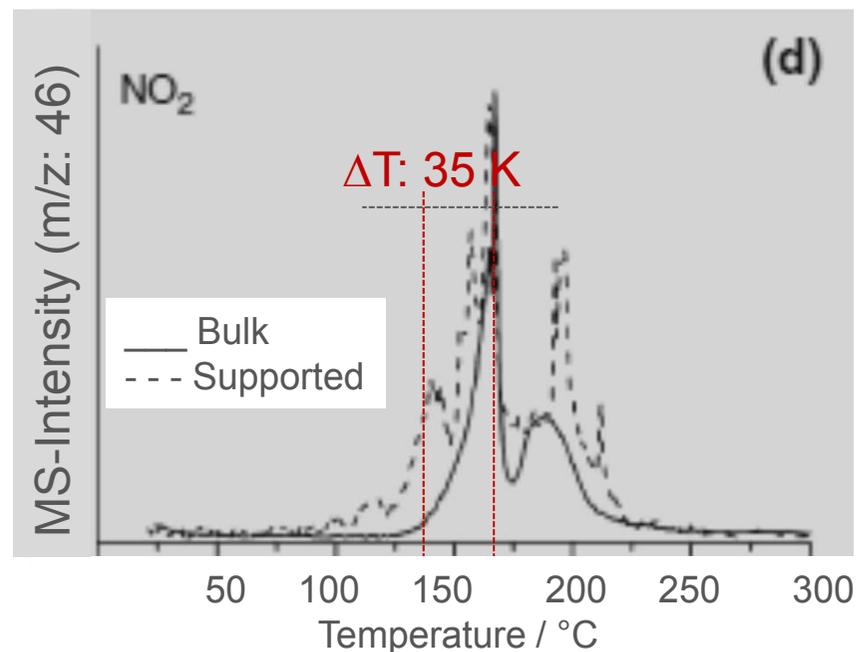
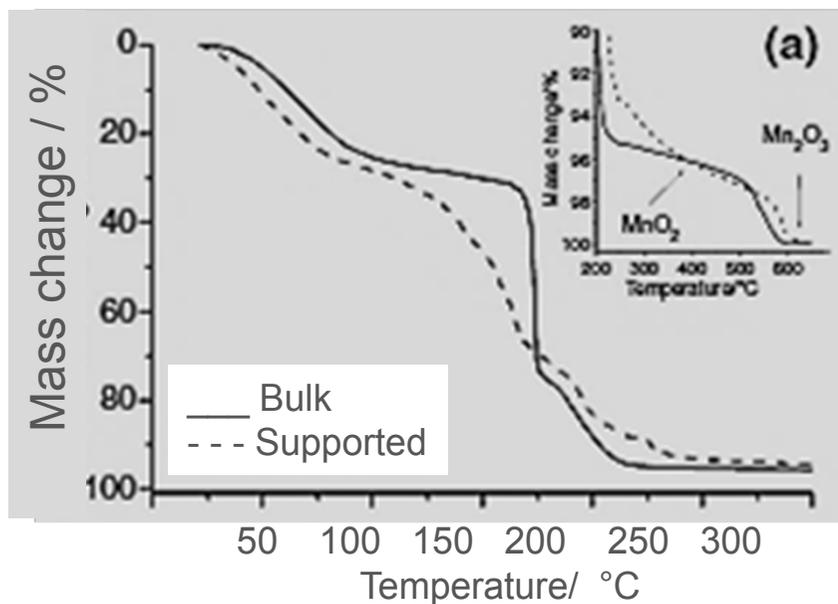
b) T. Cseri, S. Bekassy, G. Kenessy, G. Liptay, F. Figueras, *Thermochim. Acta* 288 (1996) 137.

c) R. V. Siritwandene, J. A. Poston Jr., E. P. Fisher, M.-S. Shen, A.L. Miltz, *Appl. Surf. Sci.* 152 (1999) 219.

d) K. R. Brower, J. C. Oxley, M. Tewari, *J. Phys. Chem.* 93 (1989) 4029.

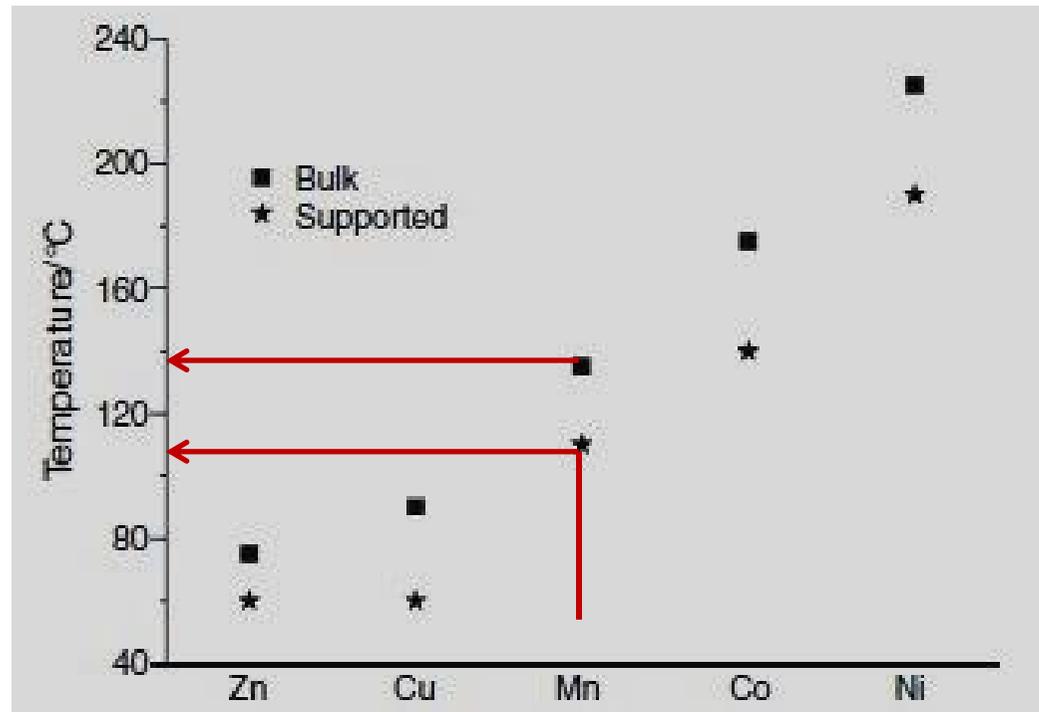
e) V. H. Veley, *J. Chem. Soc., Faraday Trans.* 83 (1903) 734.

TG/DTA- und NO₂-Profile des thermischen Zerfalls von Mn(NO₃)₂·3H₂O (Bulk und auf γ-Al₂O₃)



B. Małecka, A. Lacz, E. Drozd, A. Malecki, *J. Therm. Anal. Calorim.* 119 (2015) 1053.

Vergleich der Zersetzungstemperaturen von d-Metall-Nitraten (Bulk und auf $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$)



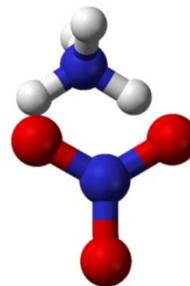
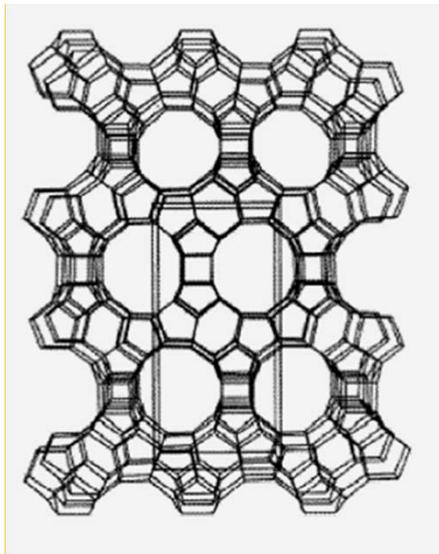
Frage: Kann die Speicherung und Bildung von Nitraten (und Sulfaten) während der SCR durch die Auswahl des Trägermaterials beeinflusst werden?

B. Małecka, A. Lacz, E. Drozd, A. Małecki, *J. Therm. Anal. Calorim.* 119 (2015) 1053.

N₂O-Bildung während SCR von NO_x mit NH₃ an Cu-haltigen Zeolith-Katalysatoren

- in kleineren Poren von Cu-SAPO-34 wird weniger N₂O gebildet als in größeren Poren von Cu-Beta
- N₂O bildet sich durch die Zersetzung von NH₄NO₃
- NH₄NO₃ ist stabiler an Cu-SAPO-34 als an Cu-BEA

Beta:
Poren-Ø
0.66 nm



Dynamisch
Ø 0.32 nm



SAPO-34:
Poren-Ø
0.46 nm

H. Y. Chen, Z. Wei, M. Kollar, F. Gao, Y. Wang, J. Szanyi, C. H. F. Peden, *J. Catal.* 329 (2015) 490.

Zusammenfassung

- Cu- und Mn-Oxide (mit 17 Ma.-% Metallgehalt) auf TiO_2 , Al_2O_3 und AC als Träger zeichnen sich durch unterschiedliche NH_3 -SCR Aktivität im Bereich 150-250 °C aus.
- Mn/ TiO_2 Katalysatoren bei 200 °C zeigen einen NO-Umsatz von 85-95 % und sehr hohe (25-35 %) Selektivität für die N_2O -Bildung.
- DRIFTS-, NO_2 - und NH_3 -TPD-Untersuchungen sprechen dafür, dass eine hohe N_2O -Selektivität von Mn/ TiO_2 -Katalysatoren durch eine ausgeprägte Aktivität von Ti- und Mn-Oxiden für die Oxidation von NO zu NO_2 und zur NO_2 -Speicherung von NO verursacht werden.
- CuO_x auf Al_2O_3 und AC zeigt im Vergleich zu $\text{MnO}_x/\text{TiO}_2$ bei 150-200 °C geringere (< 6 %) bzw. „akzeptable“ Selektivität für die N_2O -Bildung.
- Synthetische (Blücher) und konventionelle (Holz) Aktivkohle eignen sich als Katalysatorträger für Cu-Oxide. Die Verbrennung der AC-Träger setzt erst oberhalb von 300 °C ein.

Ausblick

- Variation des **Gehaltes an aktiver Komponente** (N_2O -Selektivität, Kostensenkung)
- **Dotierung** mit anderen Metallen, binäre Mischoxidsysteme (Mg, Cu, Ni, Co, Fe; z.B. Mn + Cu)
- Einfluss des **NO : NH₃ Verhältnisses**
- Einfluss von Kontaktzeit (**GHSV**)
- Einfluss von **Vergiftung** (H_2O , SO_2 , $\text{H}_2\text{O} + \text{SO}_2$) auf Aktivität und Erhöhung der Feuchte-Resistenz (Hydrophobisierung)

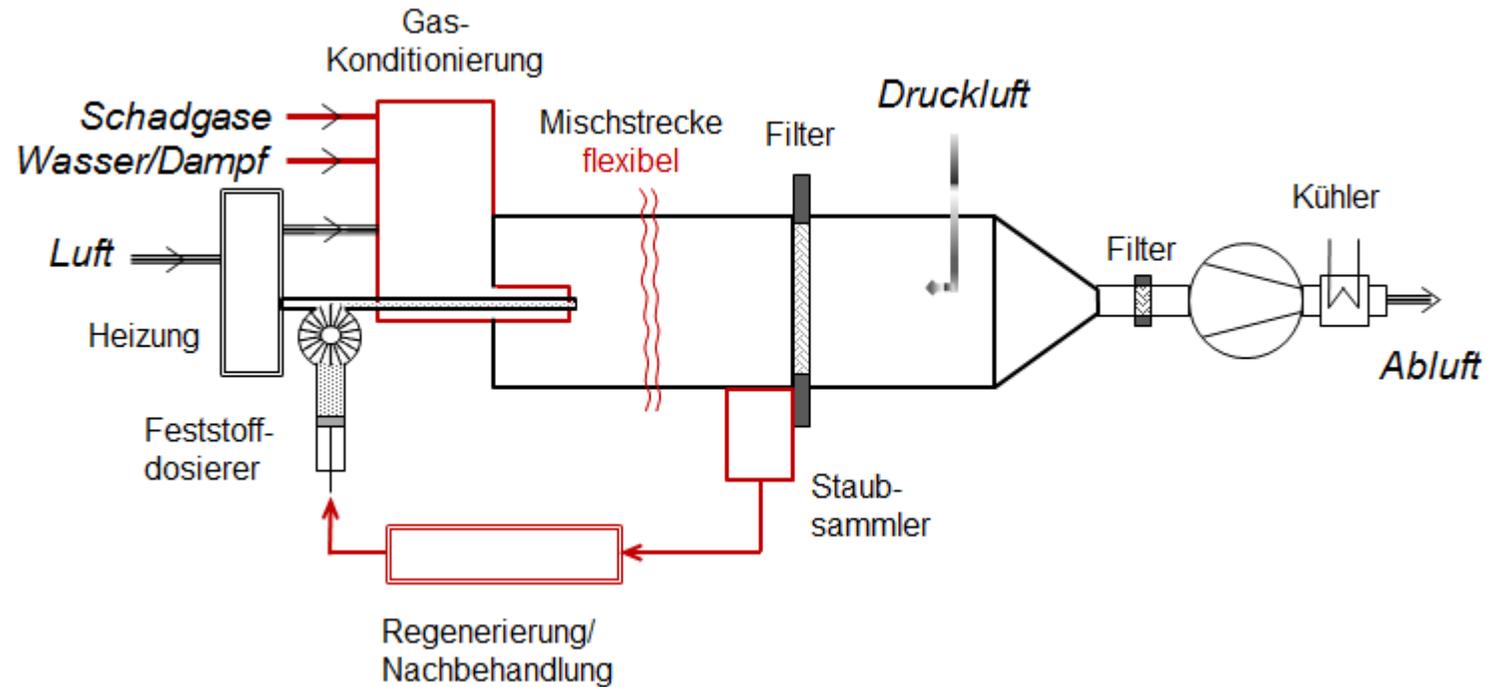
Bericht der Forschungsstelle IUTA

Aufgabenstellung IUTA

1. Entwicklung maßgeschneiderter Katalysatoren und Laboruntersuchungen zur Umsetzung von NO_x bei Anwesenheit von NH_3 und hoher Gasfeuchte bei niedrigen Temperaturen.
2. Aufbau und Betrieb einer Laboranlage zum messtechnischen Nachweis der Leistungsfähigkeit.
3. Optimierung des verfahrenstechnischen Konzepts auf Basis der Versuchsergebnisse
 - Leistungsfähigkeit / NO_x -Abscheidegrad
Temperatur, Feuchte, weitere Schadstoffe
 - Verhalten des Materials: im Flugstrom, auf dem Filter
beim Abreinigen, beim Transport
 - Einfluss von Rezirkulat
 - Möglichkeiten einer zyklischen Regenerierung

Versuchsstand: Konzept

Temperierbarer Versuchsstand

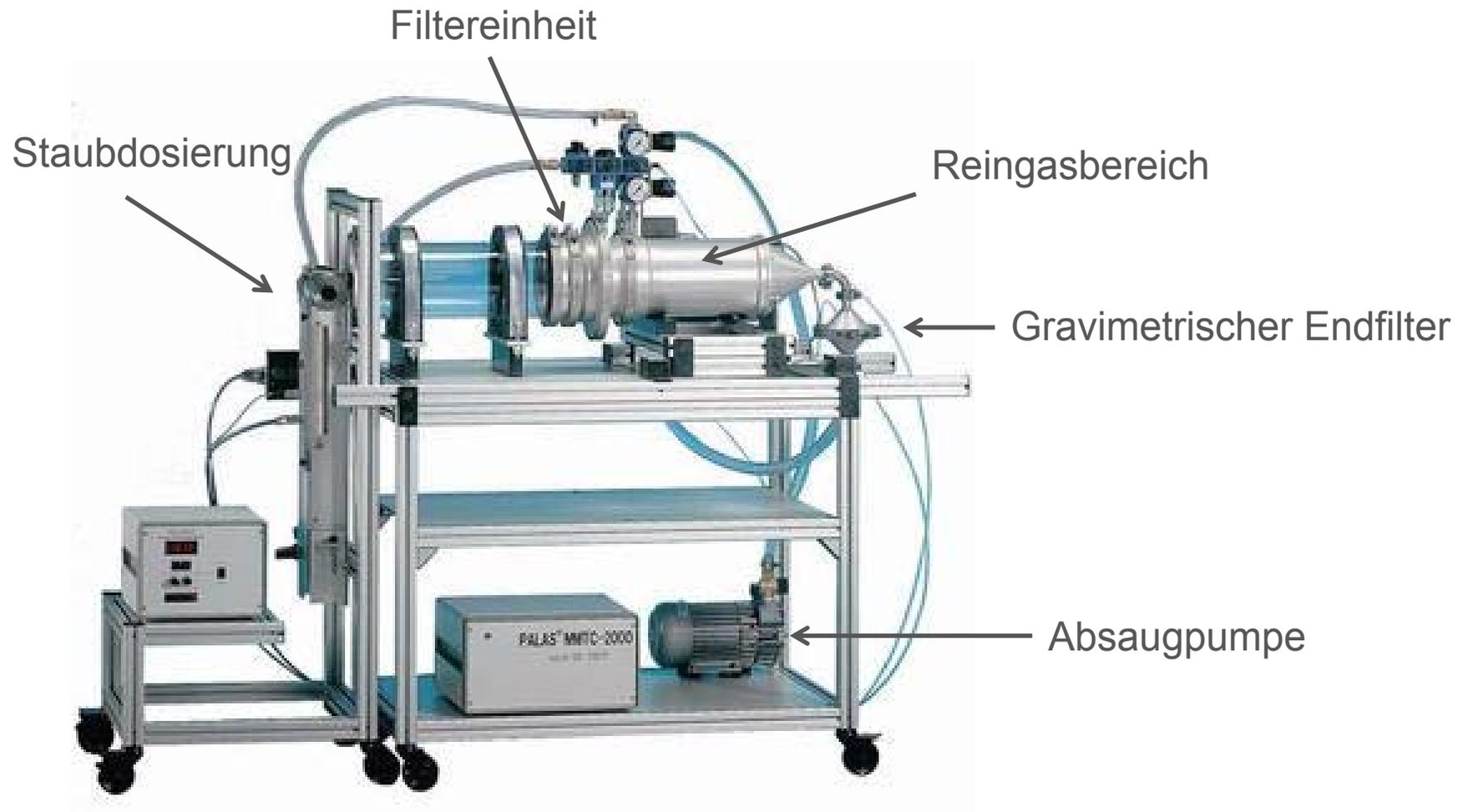


Parameter	Minimum	Maximum	Schrittweite
Gasgeschwindigkeit (m/min)	0,5	1,5	0,1
Betriebstemperatur (°C)	120	180	10
Beladung mg/ m3	100	200	10
Feuchte (Vol. %)	0	25	

Schadstoffe:

NO_x
 NH₃
 SO₂
 HCl

Filterprüfstand nach DIN 3926



Filterprüfstand nach DIN 3926 bis 250 °C

Gaskonditionierung: Temperatur und Feuchte



+ Staubsammelbehälter



+ zusätzliche Schadgasdosierung

+ zusätzliche Messstutzen

+ Aktivkohleschüttung für Schadgase

Weitere Vorgehensweise

Bestellung und Aufbau eines Laborraums in Halle 5

Lieferung des Prüfstandes in KW 43 (Mitte Oktober)

Ausrüstung des Prüfstandes mit der benötigten Messtechnik
und Einfahren der Anlage

Untersuchungen der am TCI entwickelten katalytischen Adsorbentien

Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit

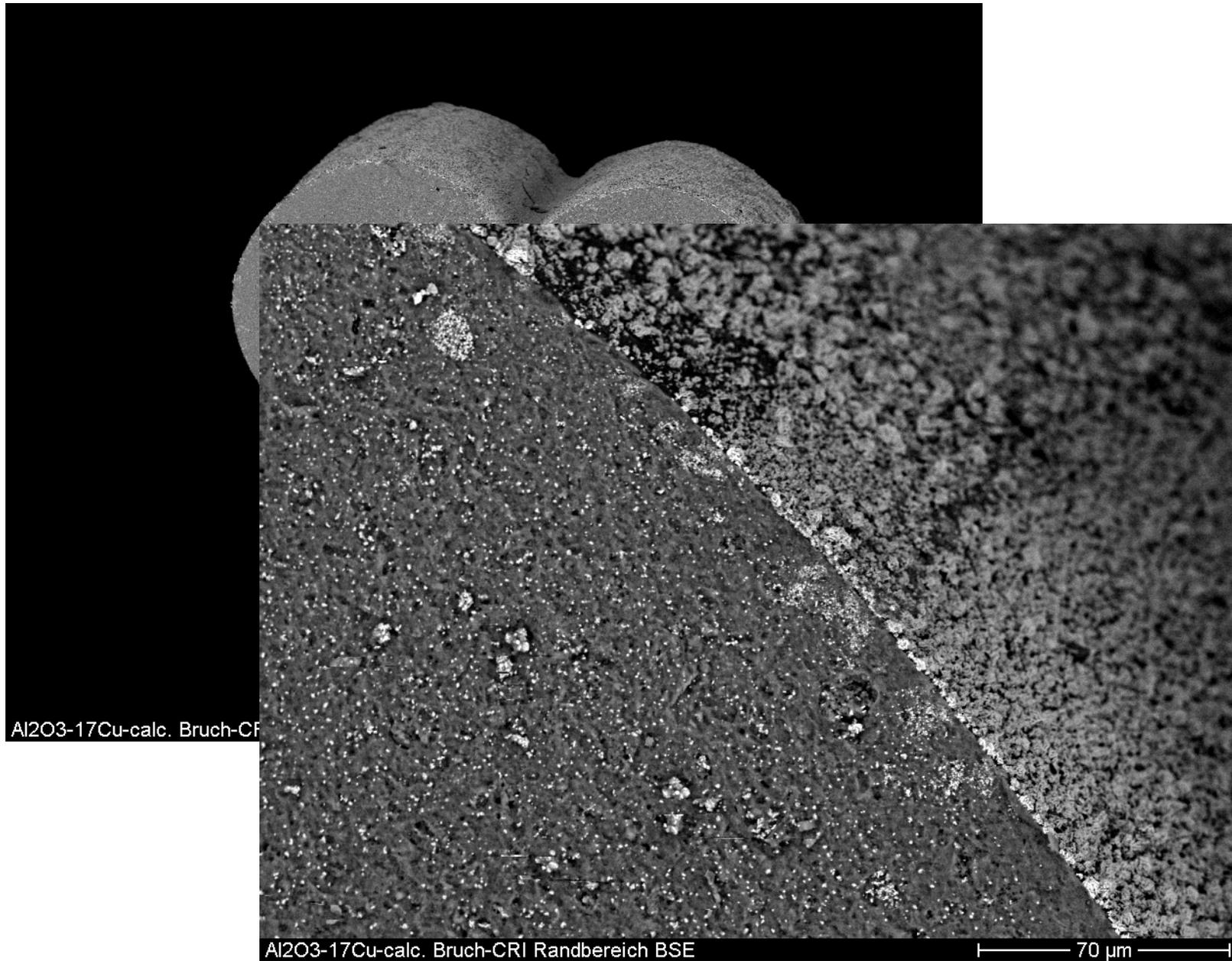
I. Sitzung des Projekt- begleitenden Aus- schusses

Roger Gläser
Marcus Kasprick
Wladimir Suprun

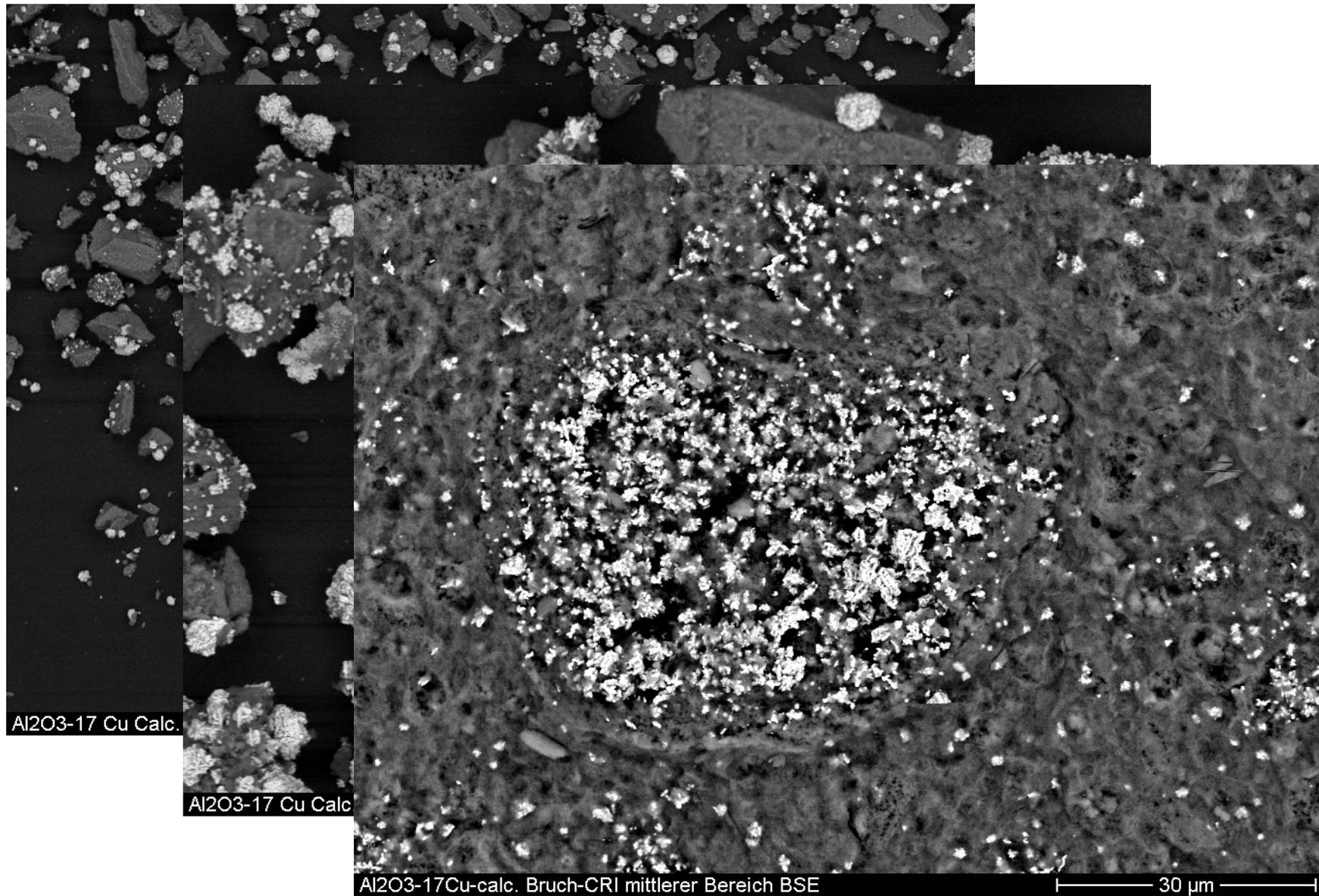
Institut für Technische Chemie
Universität Leipzig



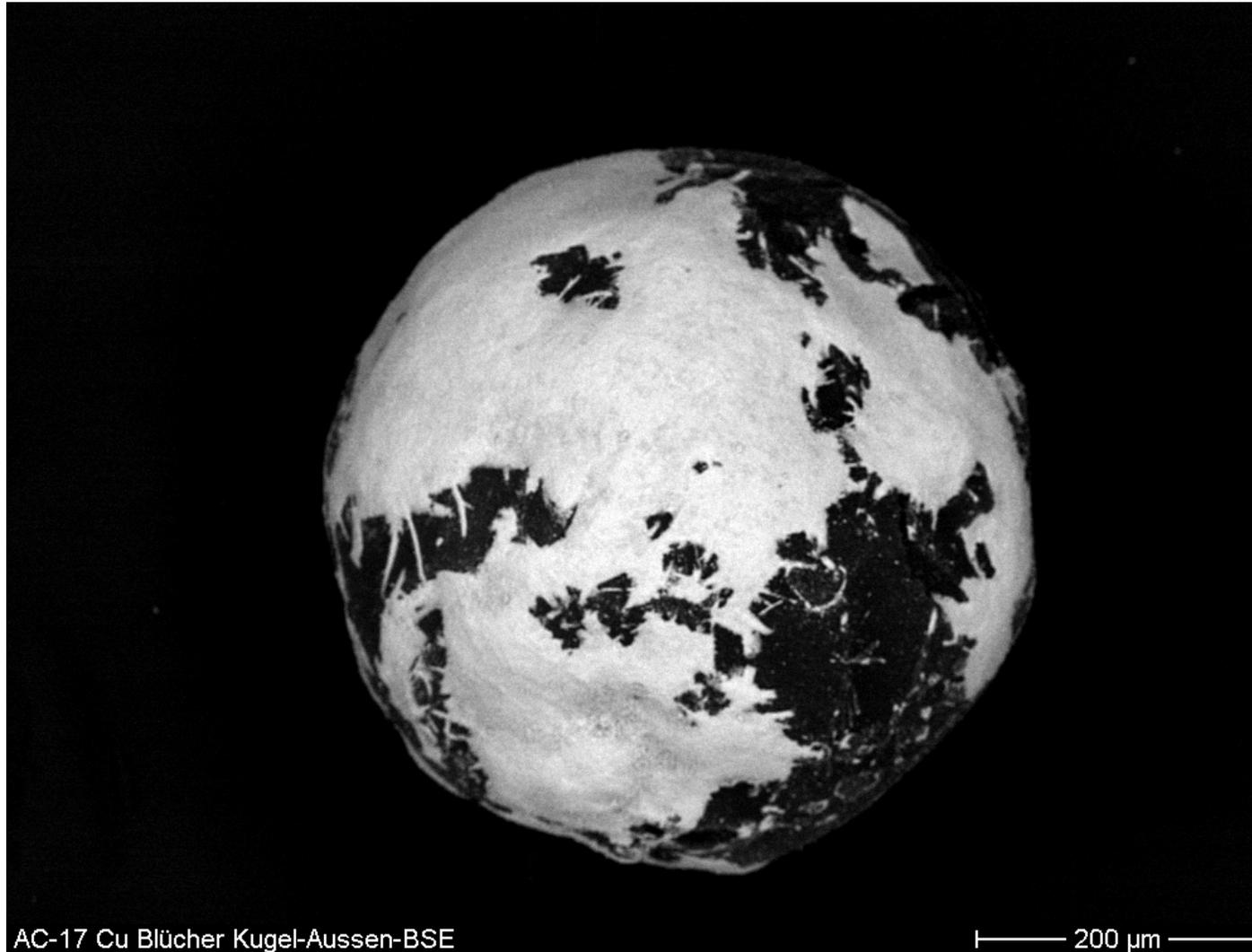
SEM-BSE 17Cu/Al₂O₃



SEM-BSE 17Cu/Al₂O₃



SEM-BSE 17Cu/AC Blücher



SEM-BSE 17Cu/AC Blücher

