Grenzwertverschärfung für Stickoxide(NOx)

Einfluss auf Emissionsminderungsmaßnahmen

Was sind Stickoxide? - Wie entstehen Sie und wer sind die Verursacher?
- Möglichkeiten der Stickoxidreduzierung -
Auswirkungen der Grenzwertverschärfung auf die Kraftwerkswirtschaft

Dipl.-Ing. Andreas Wiedl
Dipl.-Ing. Rudi Karpf
ete.a GmbH, Lich

VDI – KUT
FH Gießen-Friedberg, Wiesenstraße 14,
35390 Gießen; Hörsaal G3
15.01.2009; 17:30

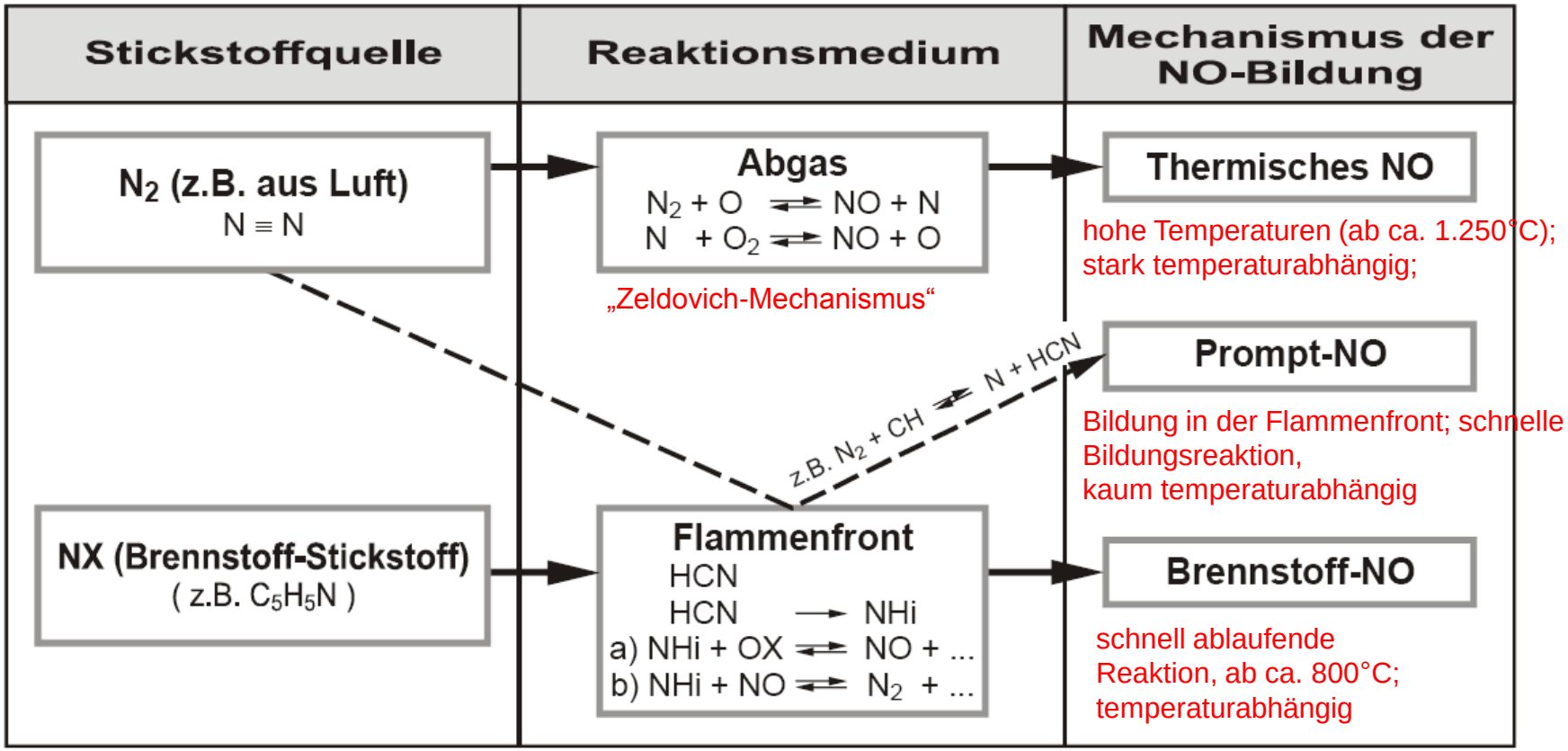
ete.a

Ingenieurbüro für Energie- und Umweltengineering & Beratung

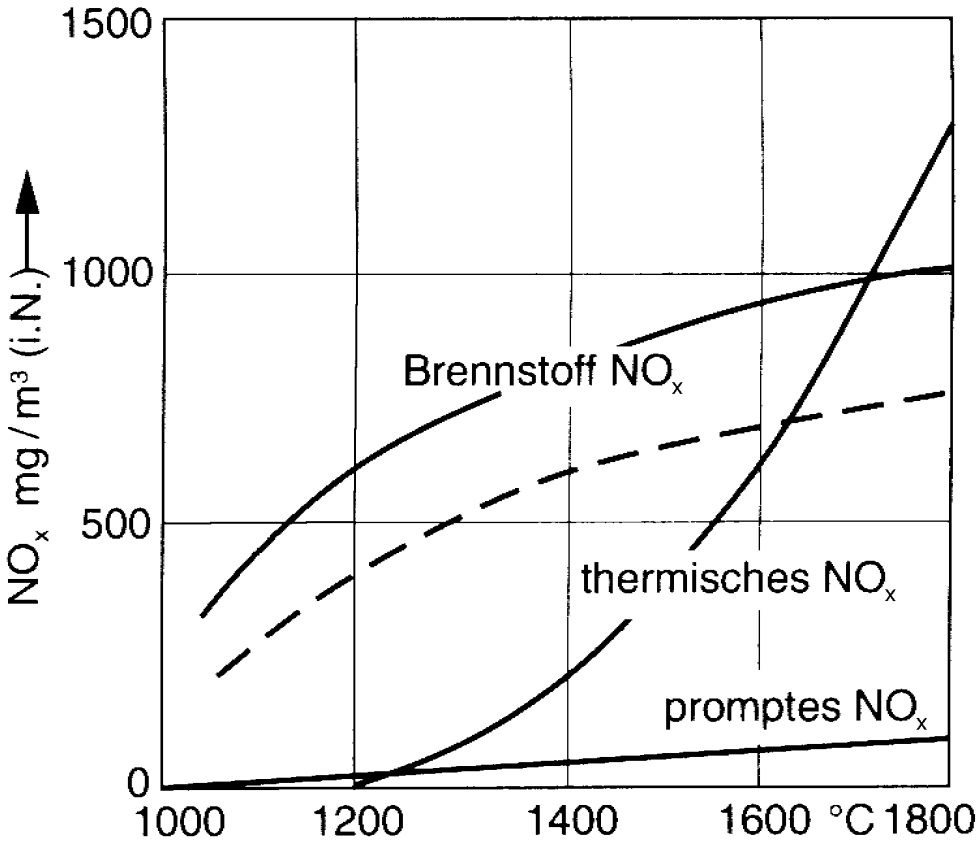
Inhaltsverzeichnis

- Was sind Stickoxide?
- Wie entstehen Stickoxide? Warum eine Stickoxidreduzierung?
- Möglichkeiten der Stickoxidminderung
- Auswirkungen der Grenzwertverschärfung auf die Kraftwerkswirtschaft

Drei wesentliche Mechanismen der NO_x- bzw. NO-Bildung:



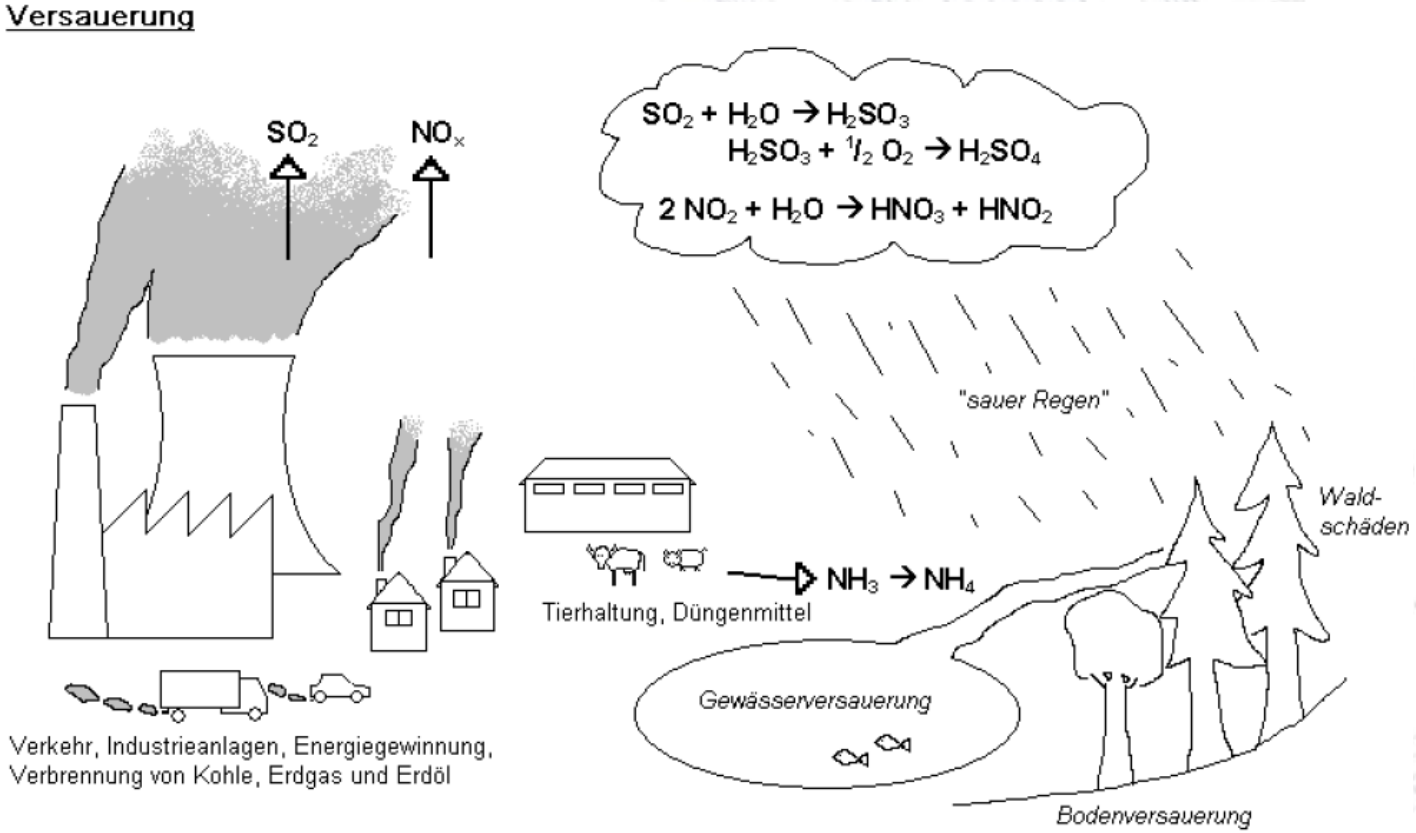
Mechanismen der NO_x- bzw. NO-Bildung als f (T)



Anteilige NO_x- Bildung in Abhängigkeit vom Brennstoff [%]

Brennstoff	therm. NO_x	BS-NO_x aus flüchtigen Bestandteilen	BS-NO_x aus Koks	Prompt-NO_x
Diesel/Benzin Innermotorisch	90-95	-	-	5-10
Gas	100	-	-	-
Schweröl	40-60	60-40	-	-
Steinkohle Trockenfeuerung	10-30	50-70	20-30	-
Steinkohle Schmelzfeuerung	40-60	30-40	10-20	-
Braunkohle	<10	>80	<10	-

Einfluss der NOx-Emissionen auf Mensch und Umwelt (vereinfachte Darstellung), (1 - Versauerung)



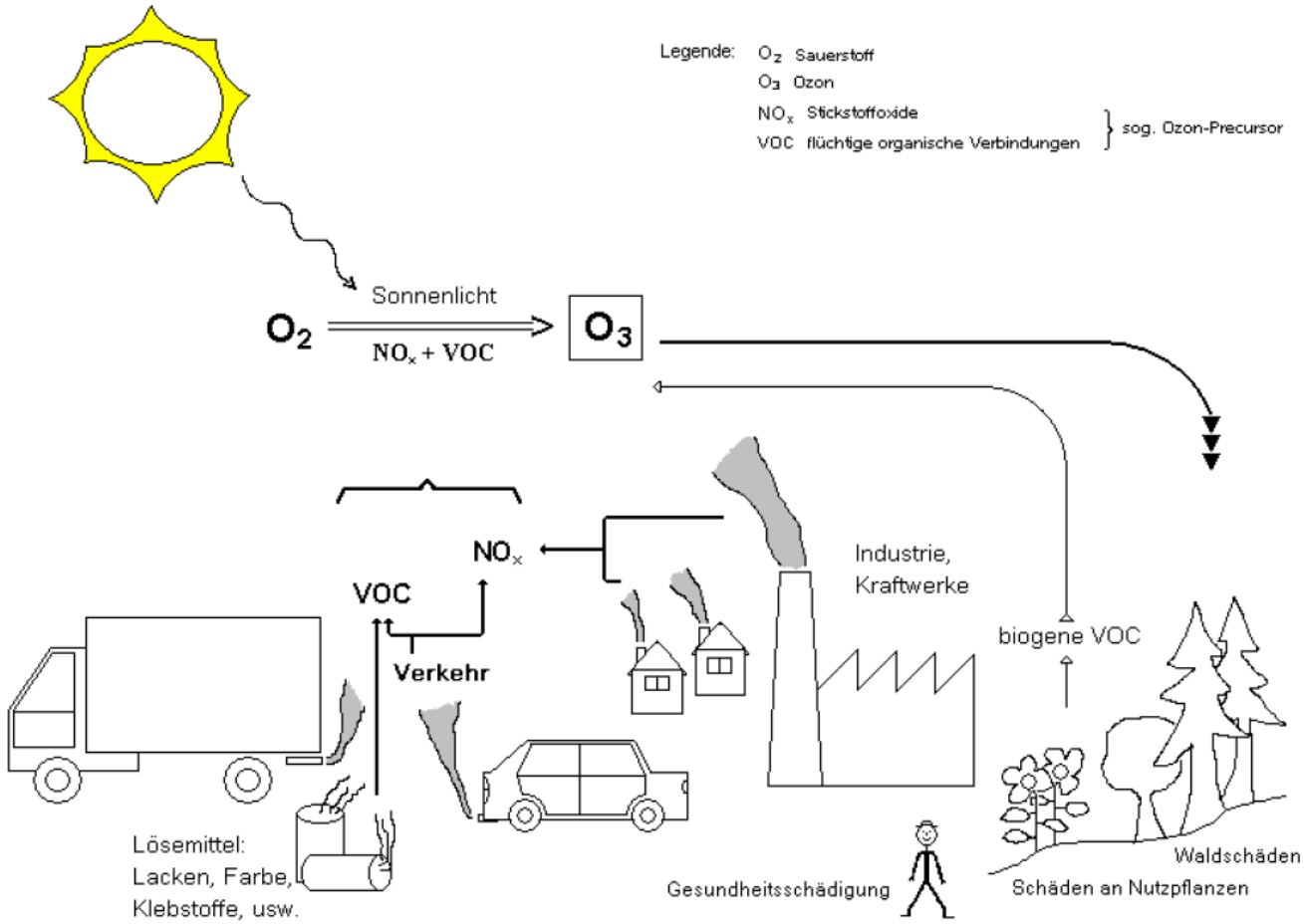
Legende:

SO_2	Schwefeldioxid	NH_3	Ammoniak	H_2SO_3	schweflige Säure
NO_x	Stickstoffoxide	NH_4	Ammonium	H_2SO_4	Schwefelsäure
NO_2	Stickstoffdioxid	HNO_2	salpetrige Säure	O_2	Sauerstoff
H_2O	Wasser	HNO_3	Salpetersäure		

Quelle: BMU

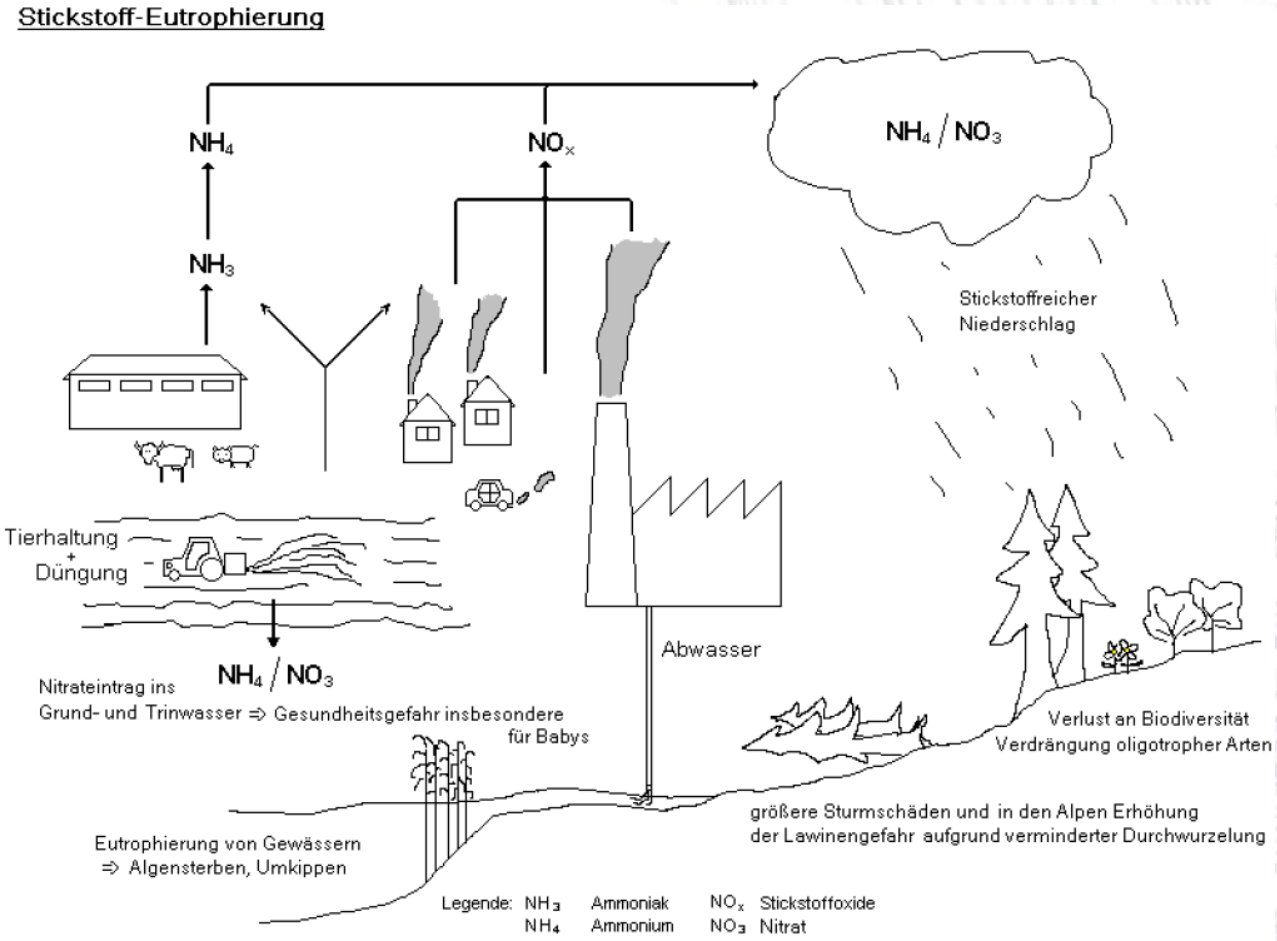
Einfluss der NOx-Emissionen auf Mensch und Umwelt (vereinfachte Darstellung), (2 - Ozon)

Ozon - Smog



Quelle: BMU

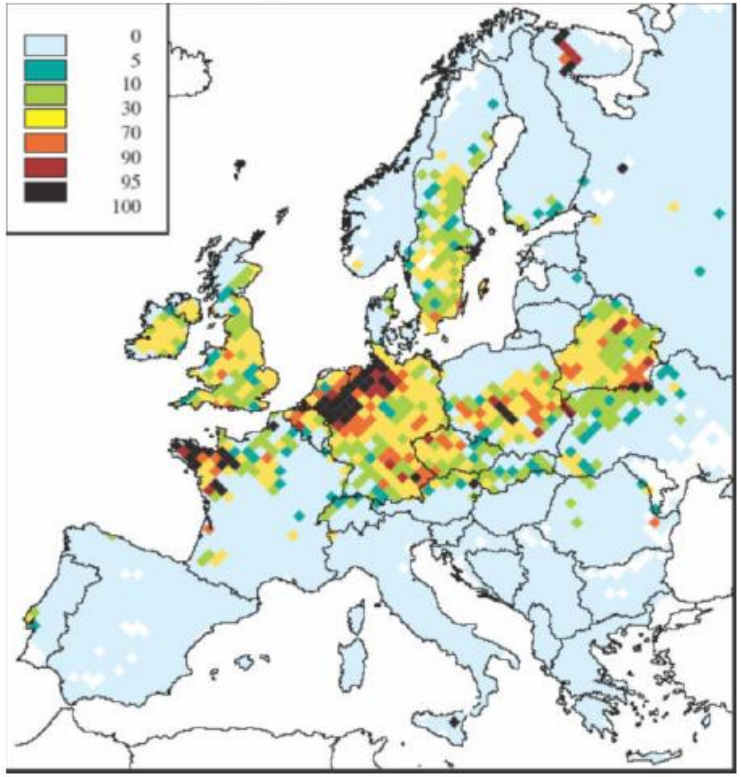
Einfluss der NOx-Emissionen auf Mensch und Umwelt (vereinfachte Darstellung), (3 - Eutrophierung)



Quelle: BMU

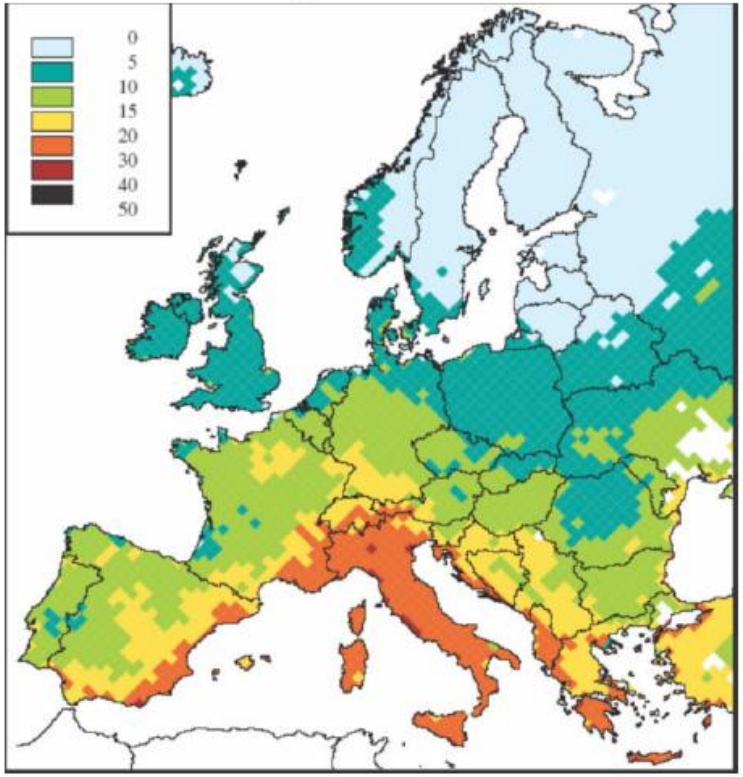
Warum NOx-Minderung

- Versauerung von Wäldern 2020



Belastung [%] über dem kritischen Wert

- Ozonbelastung von Wäldern 2020



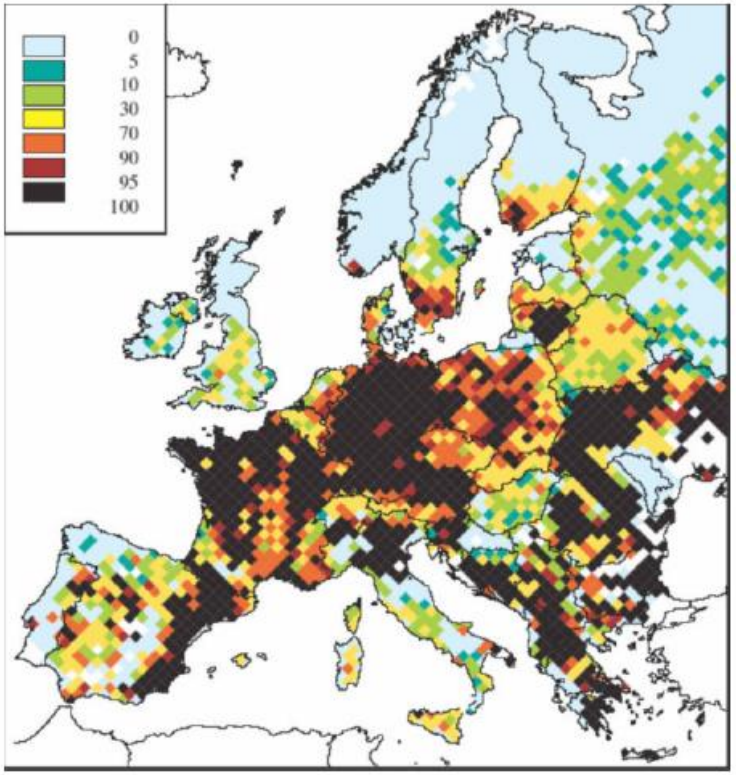
Luftbelastung [ppm/h] über kritischem Wert AOT40

Quelle: Szenario „Gesetzeseinhaltung“, Clean Air For Europe CAFE, Baseline Analysis 2000-2020, AEA Technology, 2005

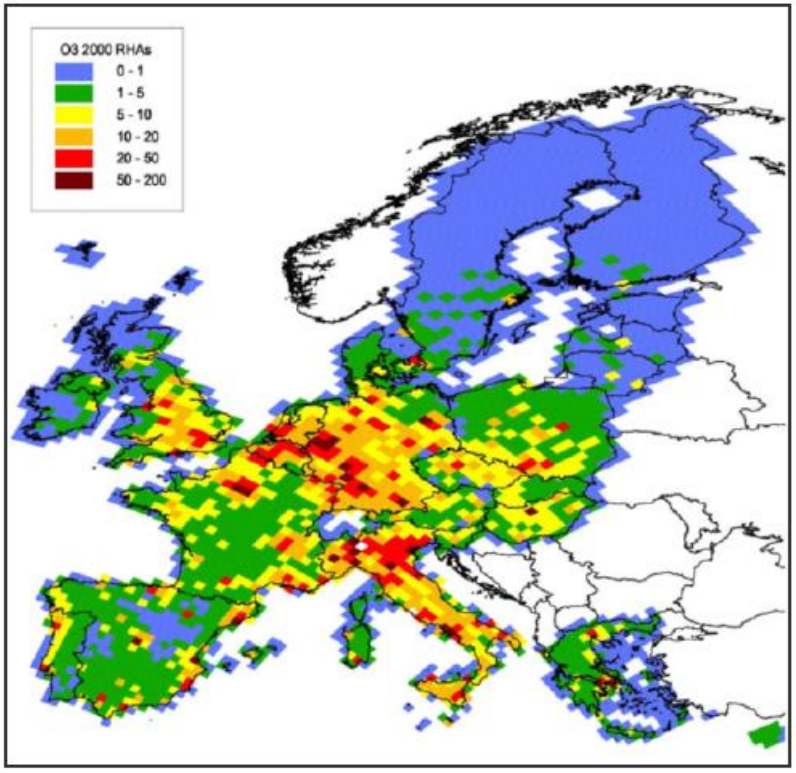
Quelle: VDI Technikforum: EBS für Industrieanlagen, 28./29.4.2008 - Tebert

Warum NOx-Minderung

- Überdüngung v. Ökosystemen 2020
- Atemwegserkrankungen durch Ozon 2020



Erwartete Überschreitung der kritischen Belastung [%]



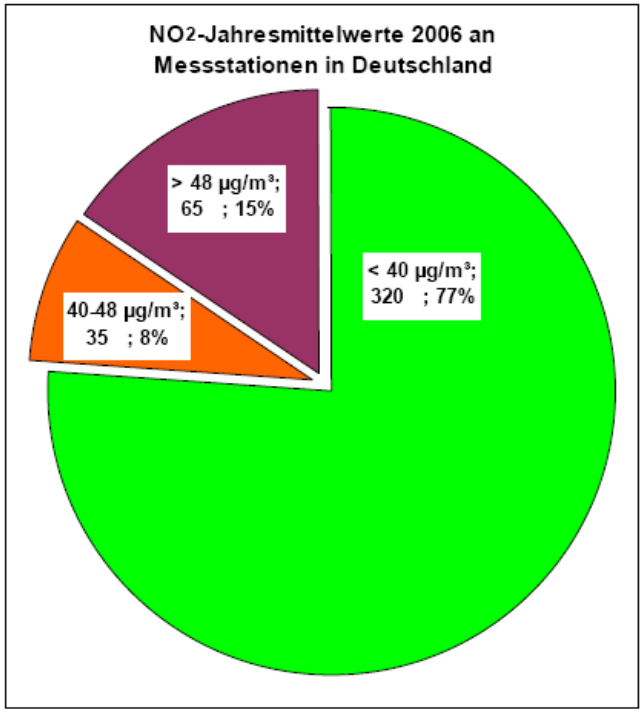
Erwartete Krankenhauseinweisungen [Anzahl pro Jahr]

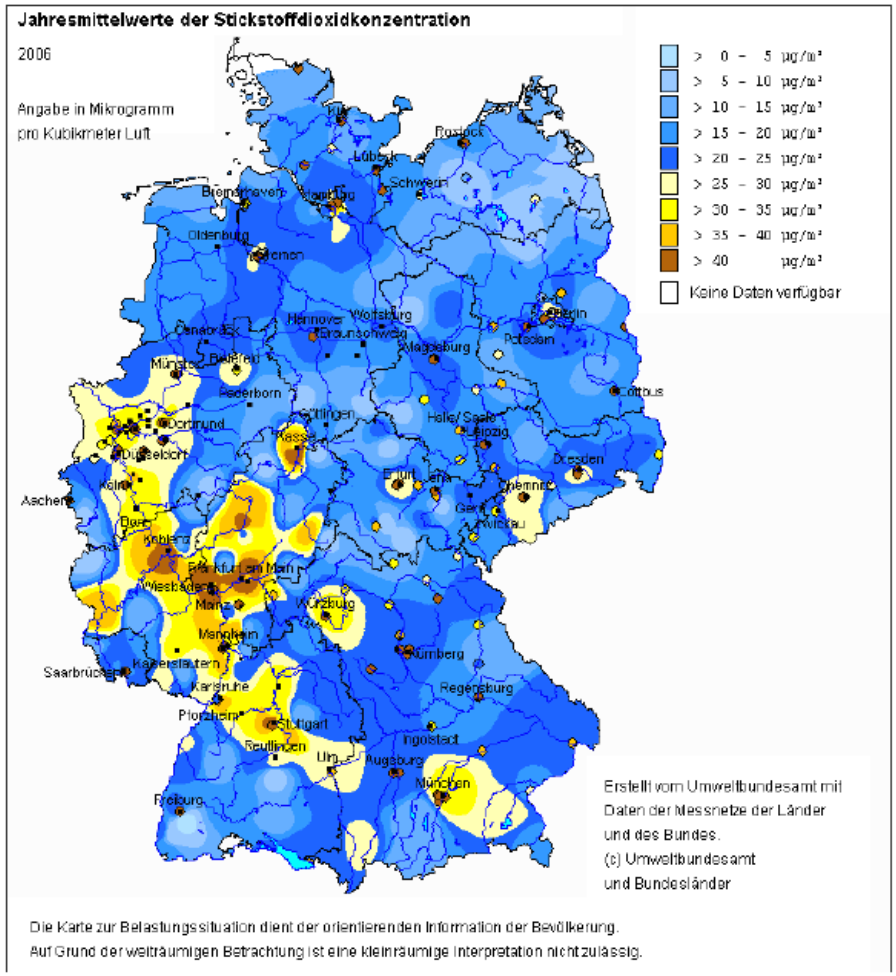
Quelle: Szenario "Gesetzeseinhaltung", Clean Air For Europe CAFE, Baseline Analysis 2000-2020, AEA Technology, 2005

Quelle: VDI Technikforum: EBS für Industrieanlagen, 28./29.4.2008 - Tebert

NOx in Deutschland

- Gesundheitsgefährdung
- Versauerung/Überdüngung

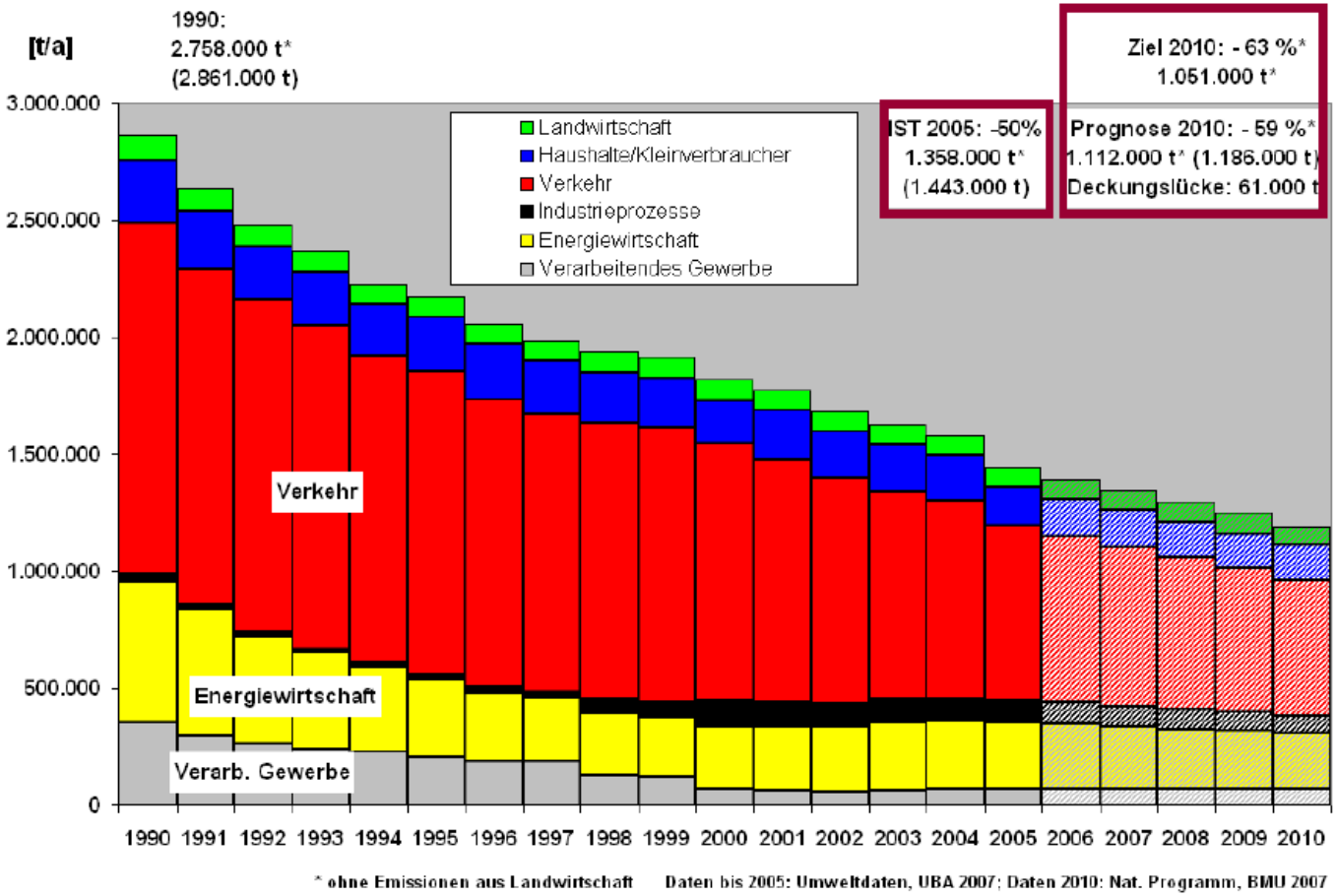




- Überschreitung in fast allen Großstädten (i.d.R. bei verkehrsnaher Messung)

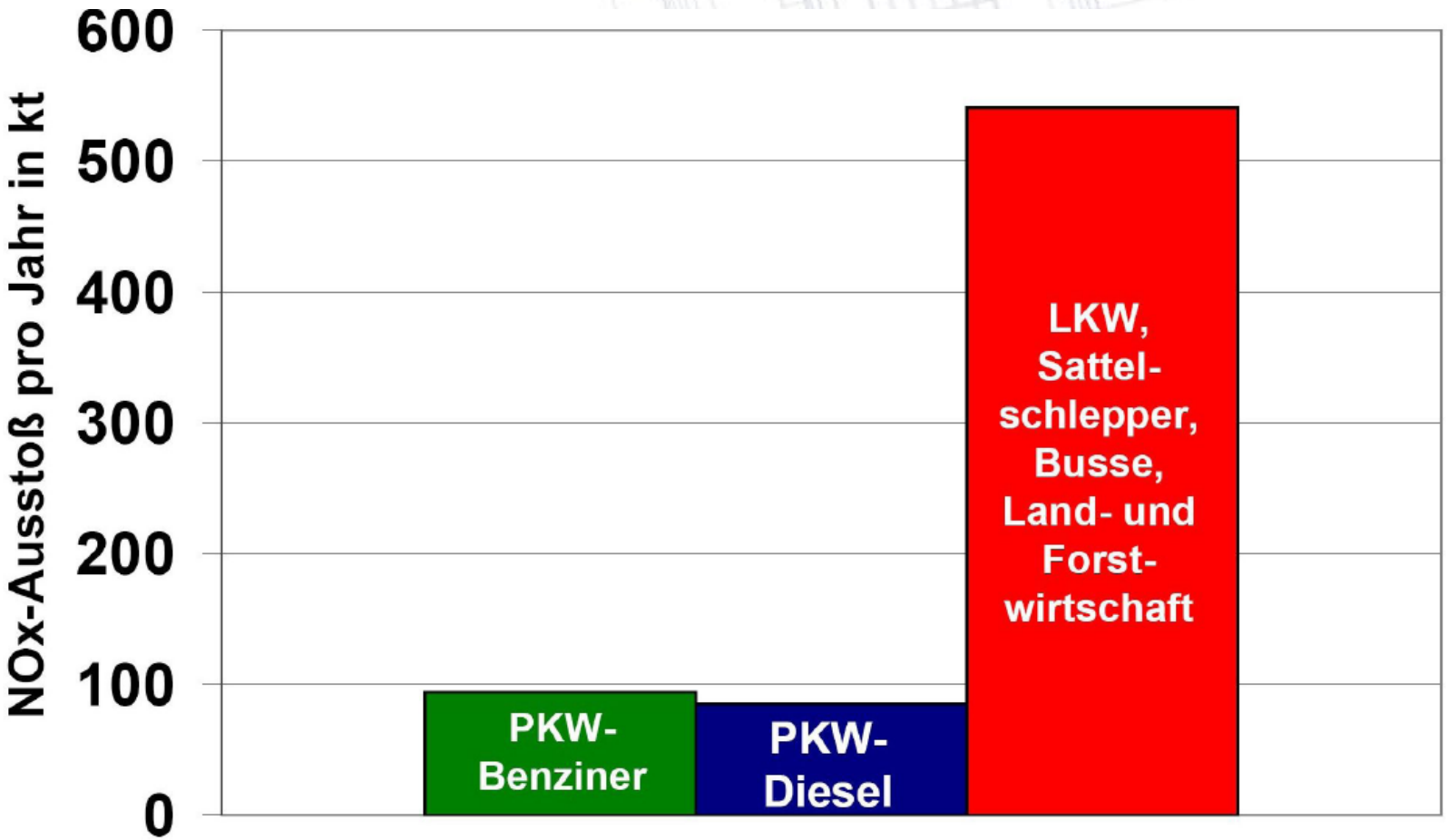
Quelle: VDI Technikforum: EBS für Industrieanlagen, 28./29.4.2008 - Tebert

NOx-Emissionen in Deutschland bis 2005 und Prognose



Quelle: VDI Technikforum: EBS für Industrieanlagen, 28./29.4.2008 - Tebert

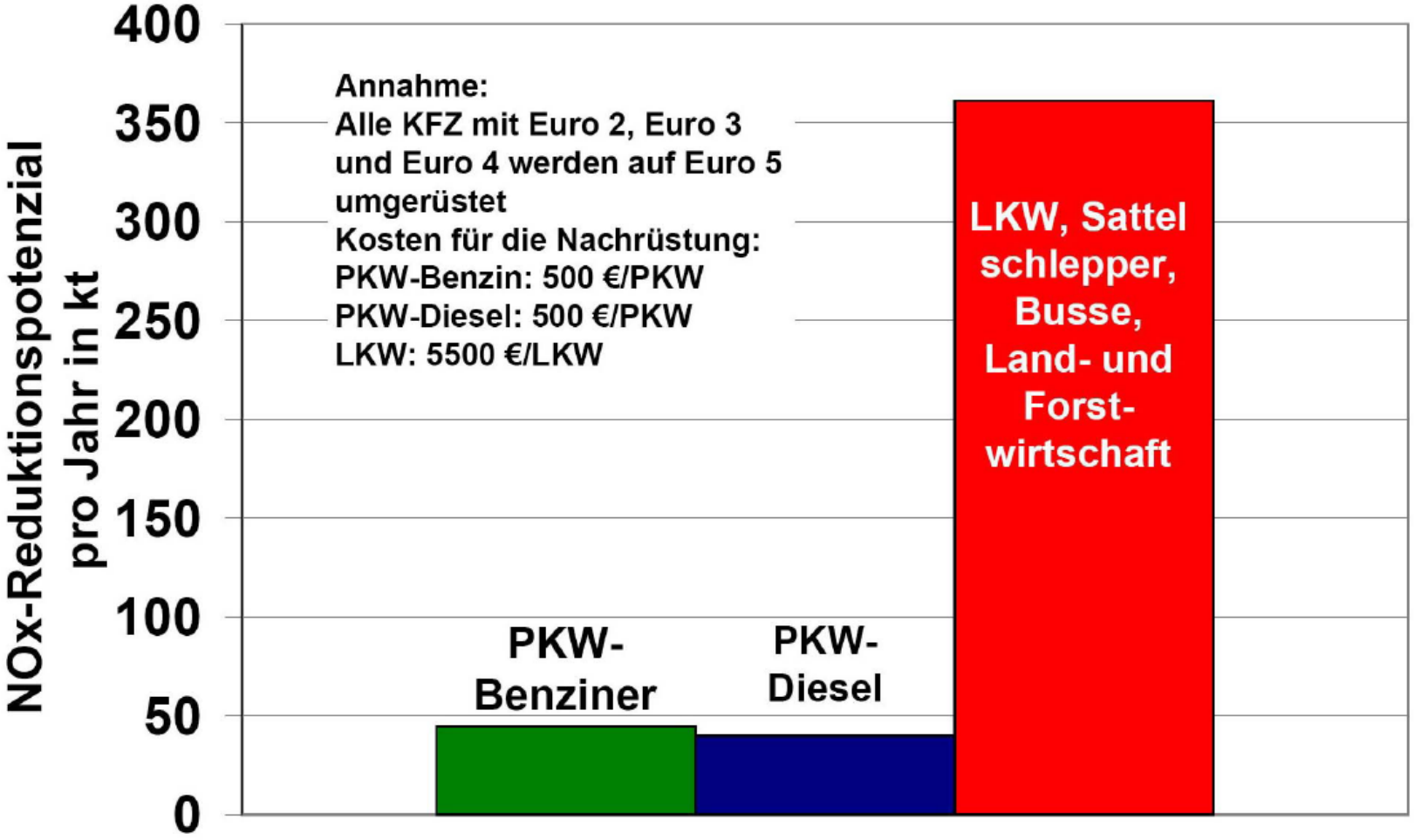
Stickoxide im Straßenverkehr – NOx-Ausstoß



[Kraftfahrt-Bundesamt, 2007]

Quelle: Prof. Beckmann, TU Dresden

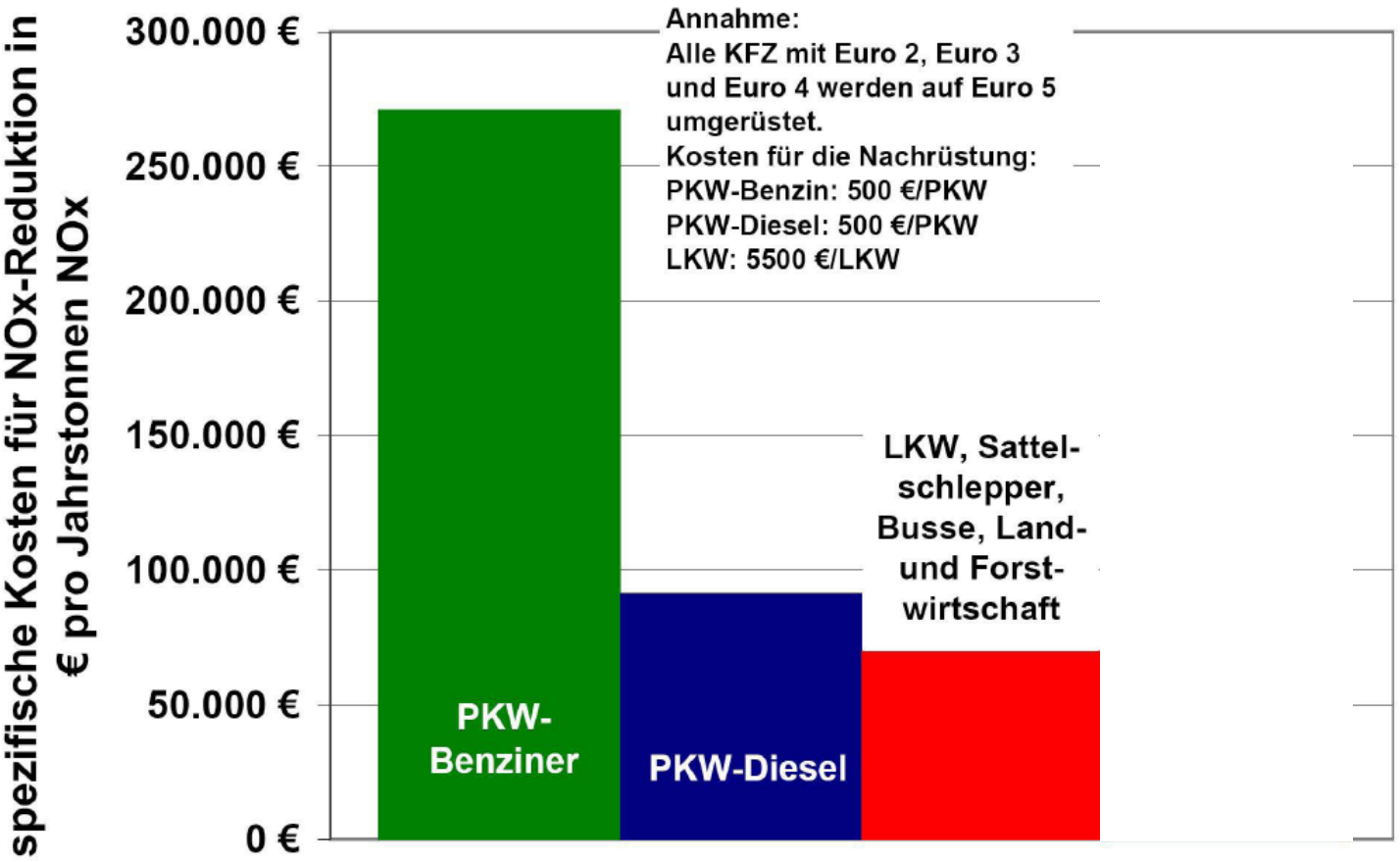
Stickoxide im Straßenverkehr – NOx-Minderungspotentiale



[Umweltbundesamt, 2003]

Quelle: Prof. Beckmann, TU Dresden

Kosten für NOx – Minderung / Straßenverkehr



[Umweltbundesamt, 2003]

Quelle: Prof. Beckmann, TU Dresden

Maßnahmen zur NOx-Minderung

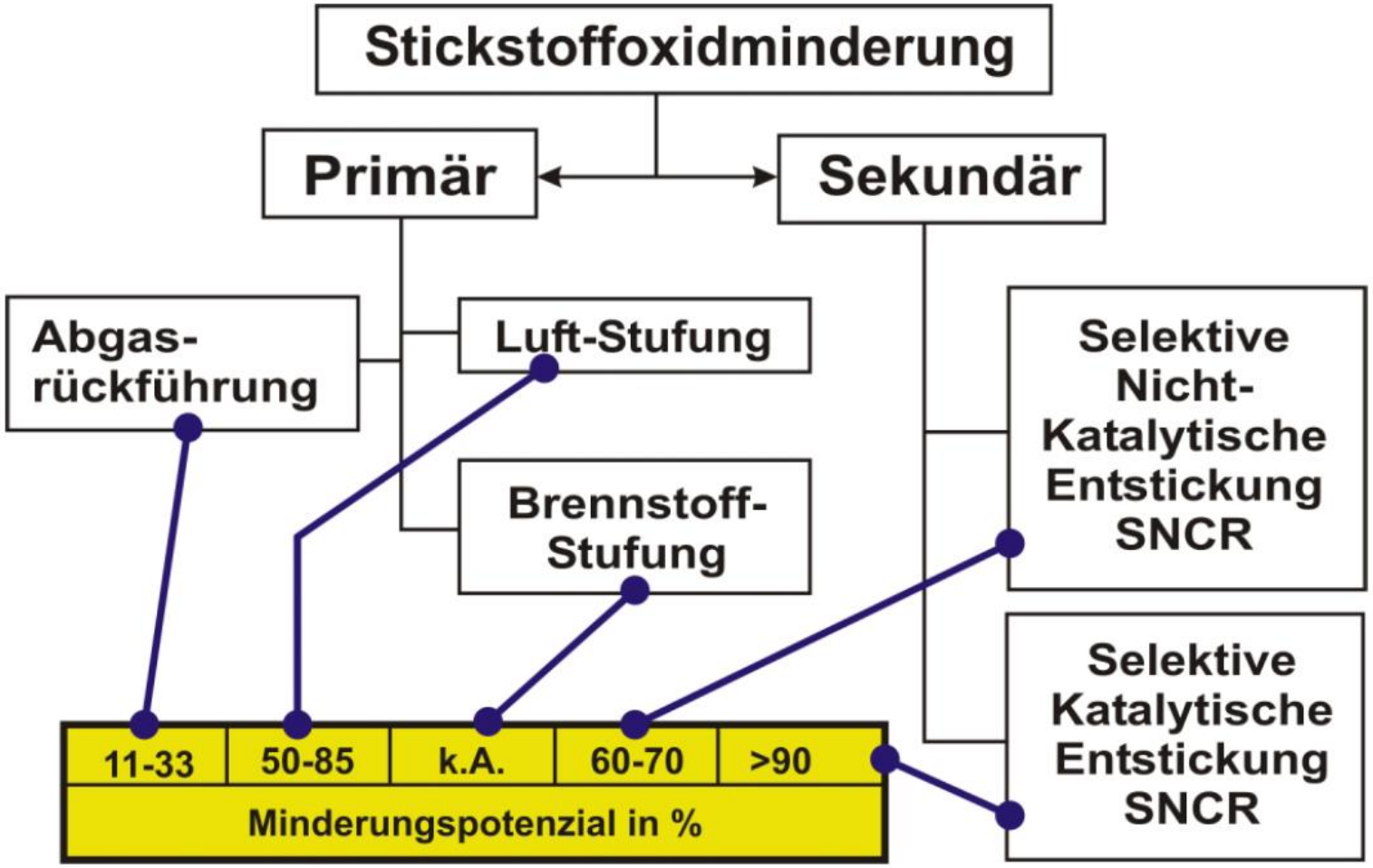
Primärmaßnahmen bestehen in der Regel immer in einer Herabsetzung der für die NO_x- Bildung maßgeblichen Einflussfaktoren:

- *Verbrennungstemperatur*
- *Sauerstoffangebot (bzw. Brennstoff-/Luftverhältnis)*
- *Verweilzeit*

Sekundärmaßnahmen bestehen (i.d.R.) in der Reduktion von bereits gebildetem NOx zu elementarem Stickstoff:

- *SNCR („selective non catalytic reduction“)*
- *SCR („selective non catalytic reduction“)*

Maßnahmen zur NOx-Minderung



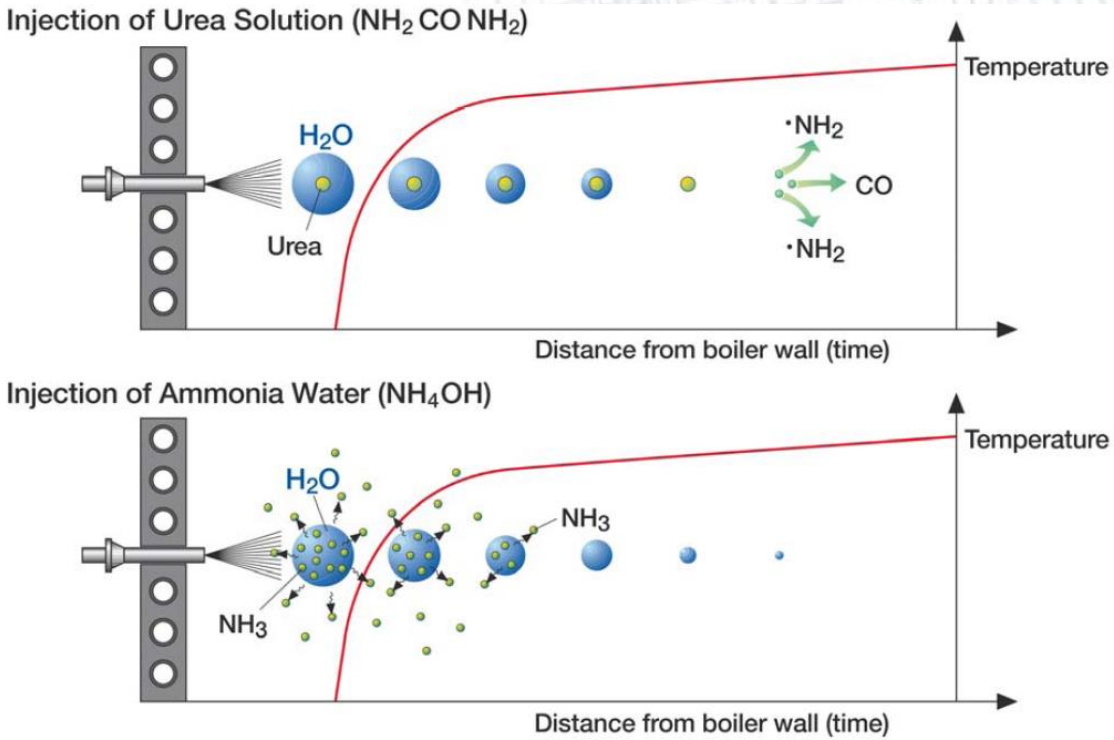
Quelle: Prof. Beckmann, TU Dresden

Sekundärmaßnahmen → SNCR-Technik

urea $NH_2CONH_2 + 2\,NO + \frac{1}{2}\,O_2 \rightarrow 2\,N_2 + CO_2 + 2\,H_2O$

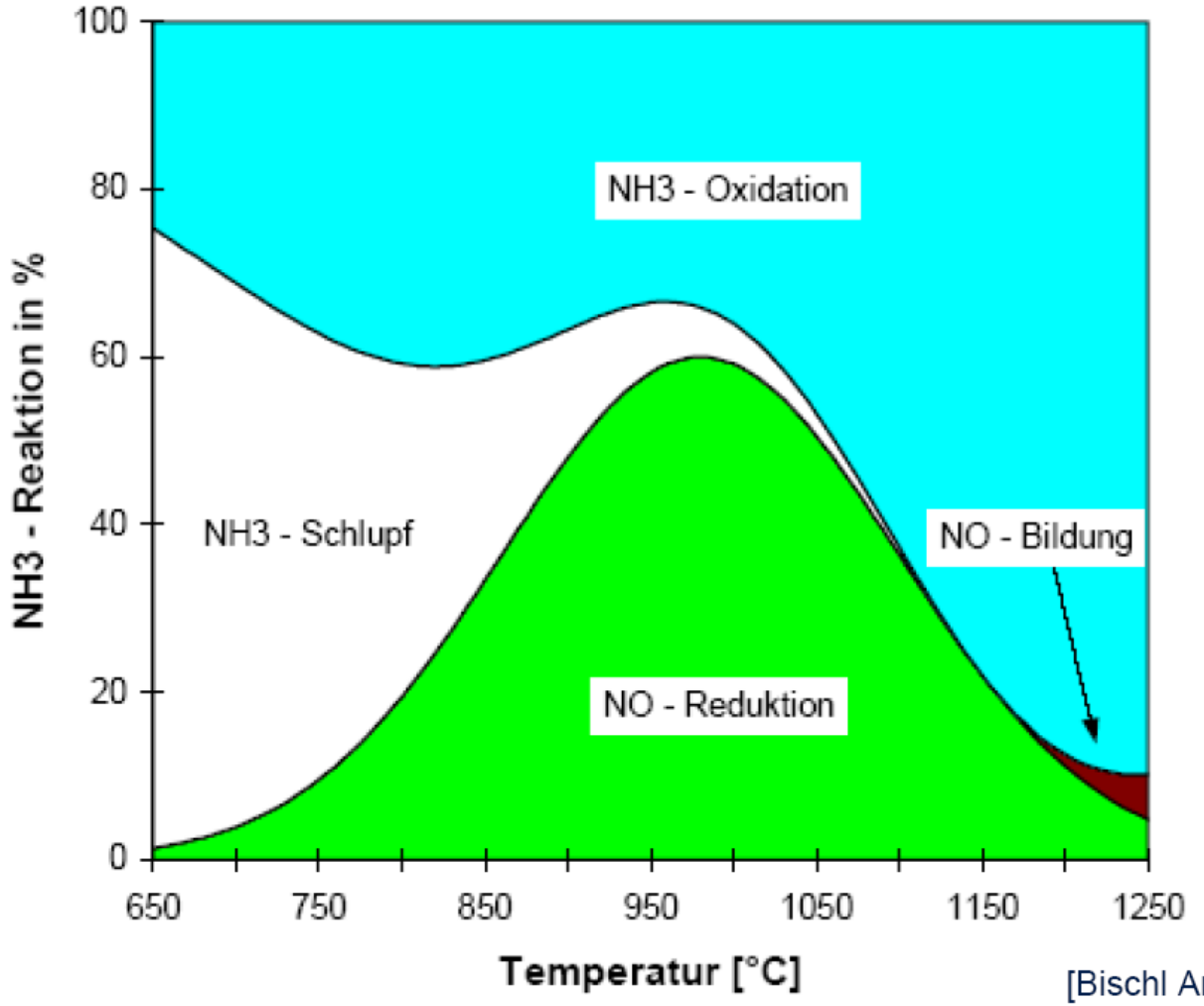
or for

ammonia $4\,NH_3 + 4\,NO + O_2 \rightarrow 4\,N_2 + 6\,H_2O$



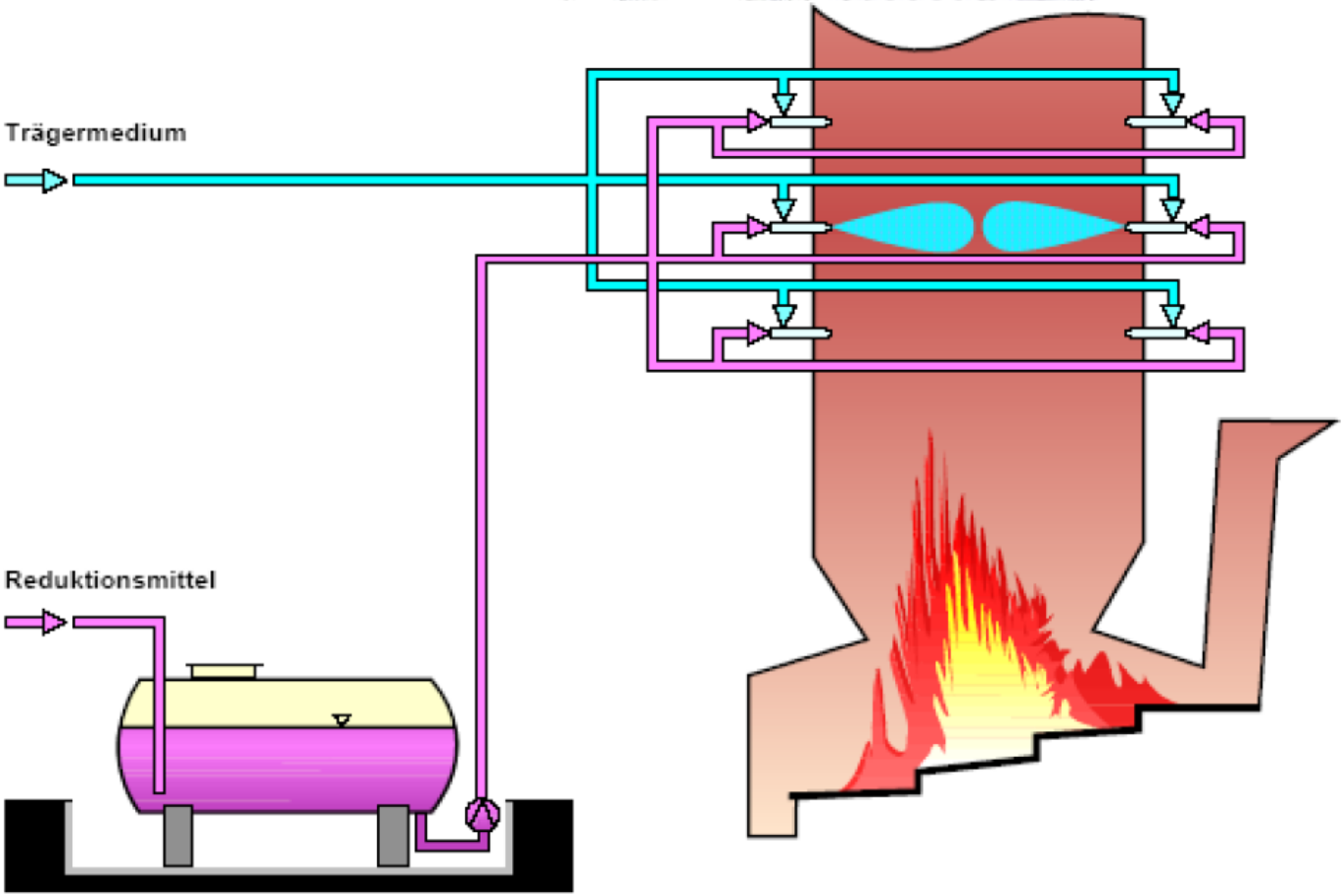
Quelle: Von der Heide, Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz, 30./31. Januar 2008

Sekundärmaßnahmen – SNCR-Temperaturfenster



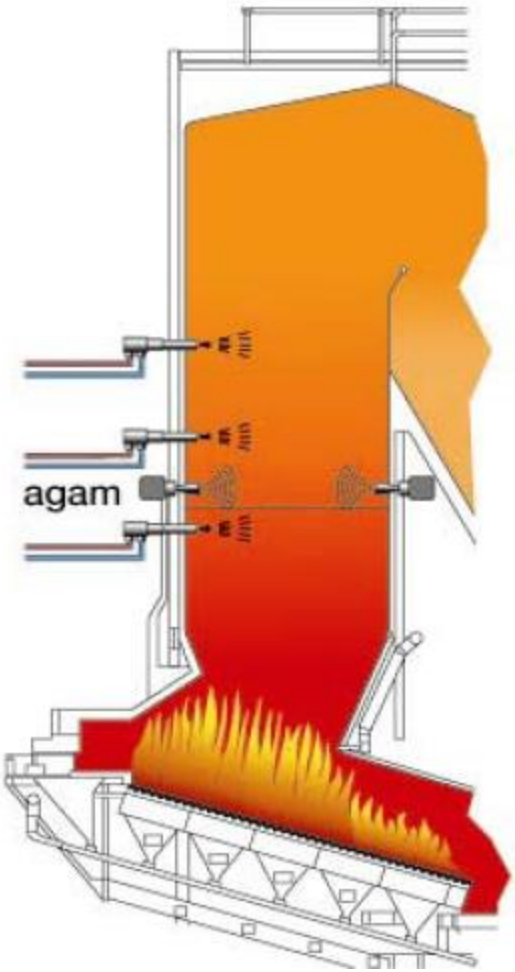
[Bischl Anlagenbau GmbH 2007]

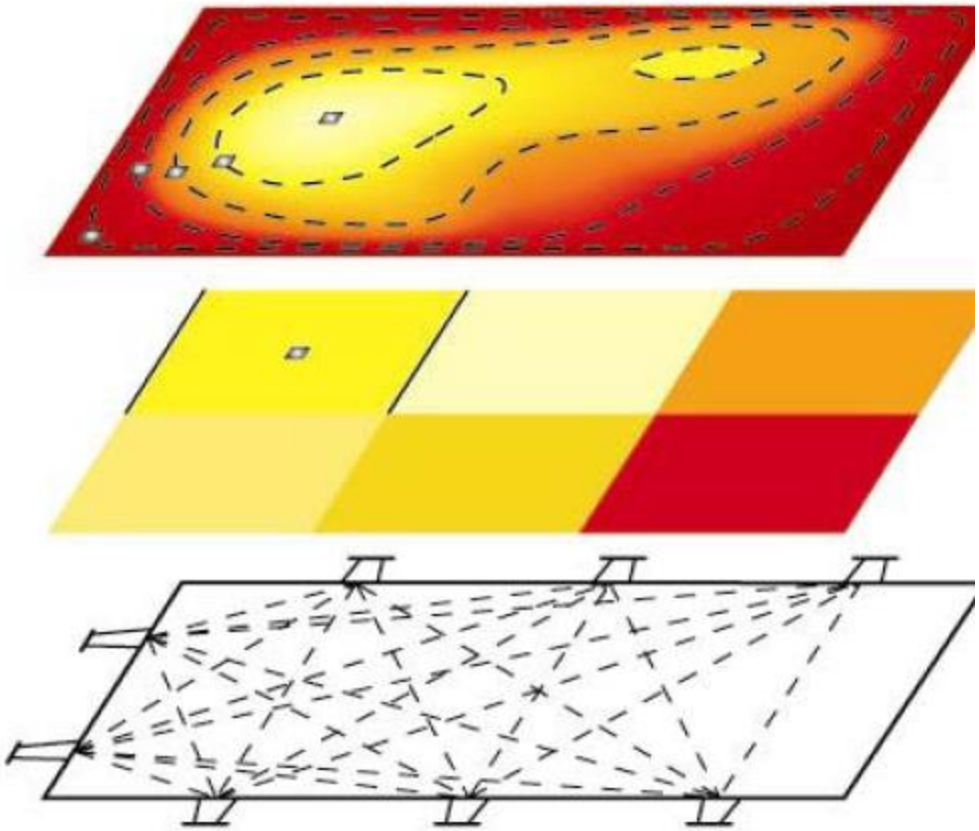
Sekundärmaßnahme SNCR – klassische Eindüstechnik über mehrere Ebenen



Quelle: Prof. Beckmann, TU Dresden

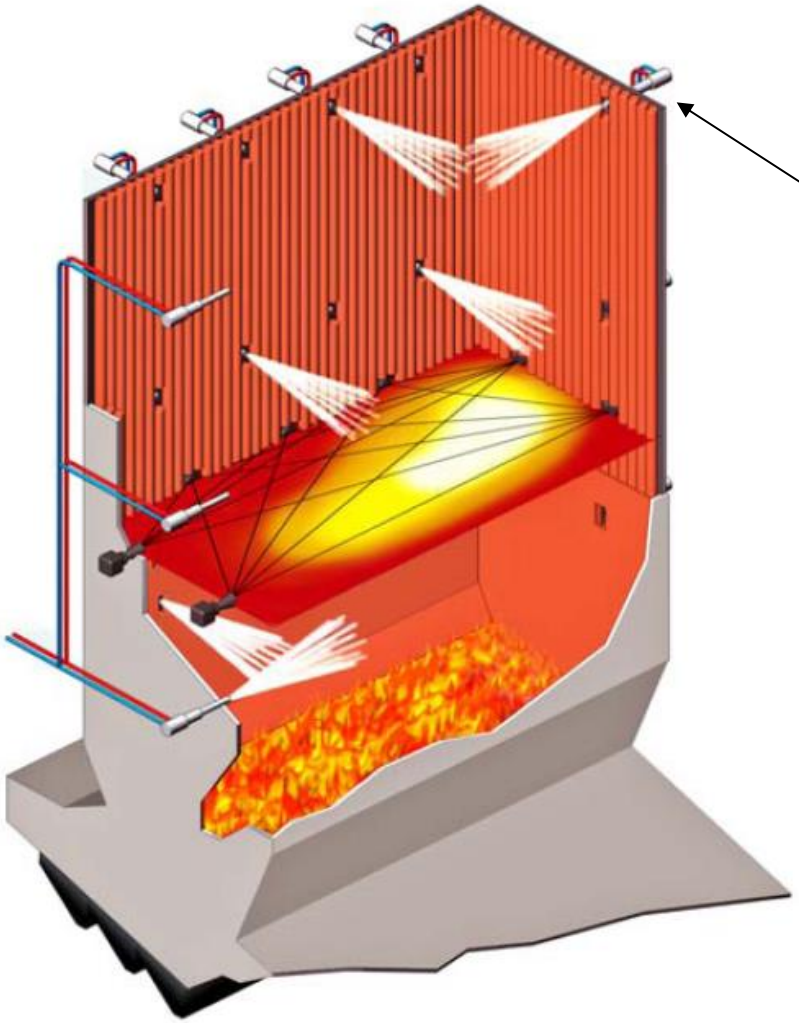
Akustische Temperaturmessstellen an einem MVA Kessel





Quelle: Von der Heide, Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz, 30./31. Januar 2008

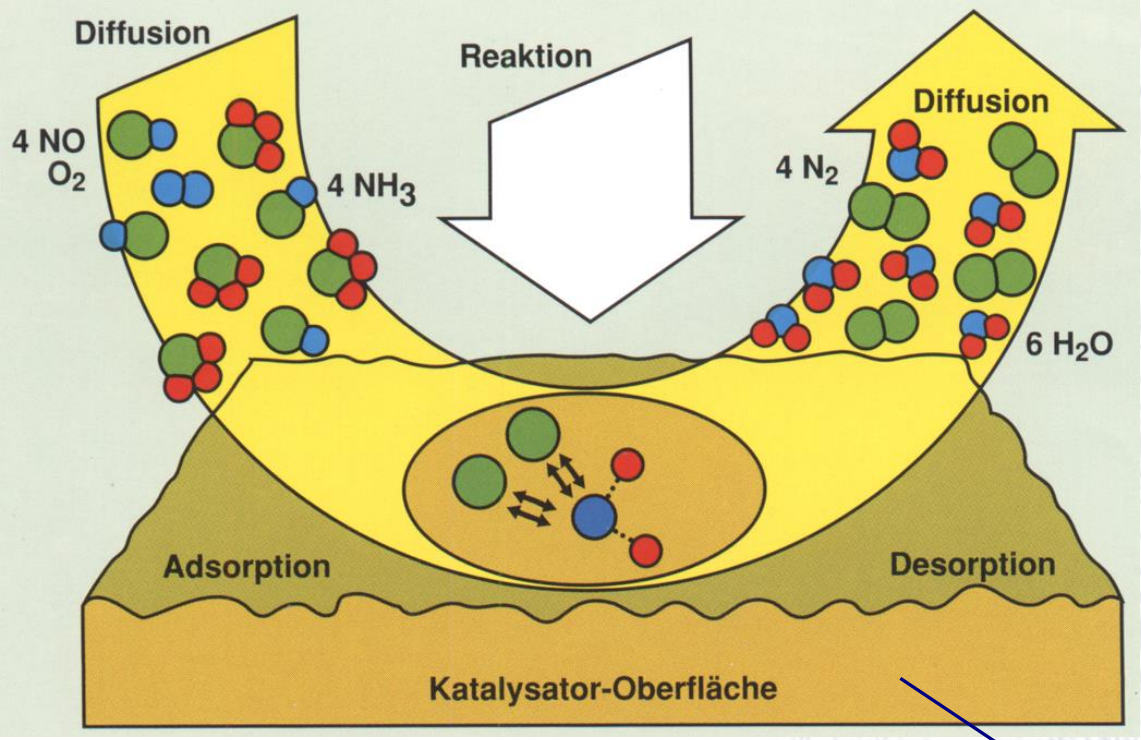
Wechsel der Eindüsebene in Abhängigkeit der Rauchgastemperatur



SNCR-Düsenlanze in der Kesselwand

Quelle: Von der Heide, Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz, 30./31. Januar 2008

Sekundärmaßnahmen → SCR-Technik



Bruttoreaktionsgleichungen:

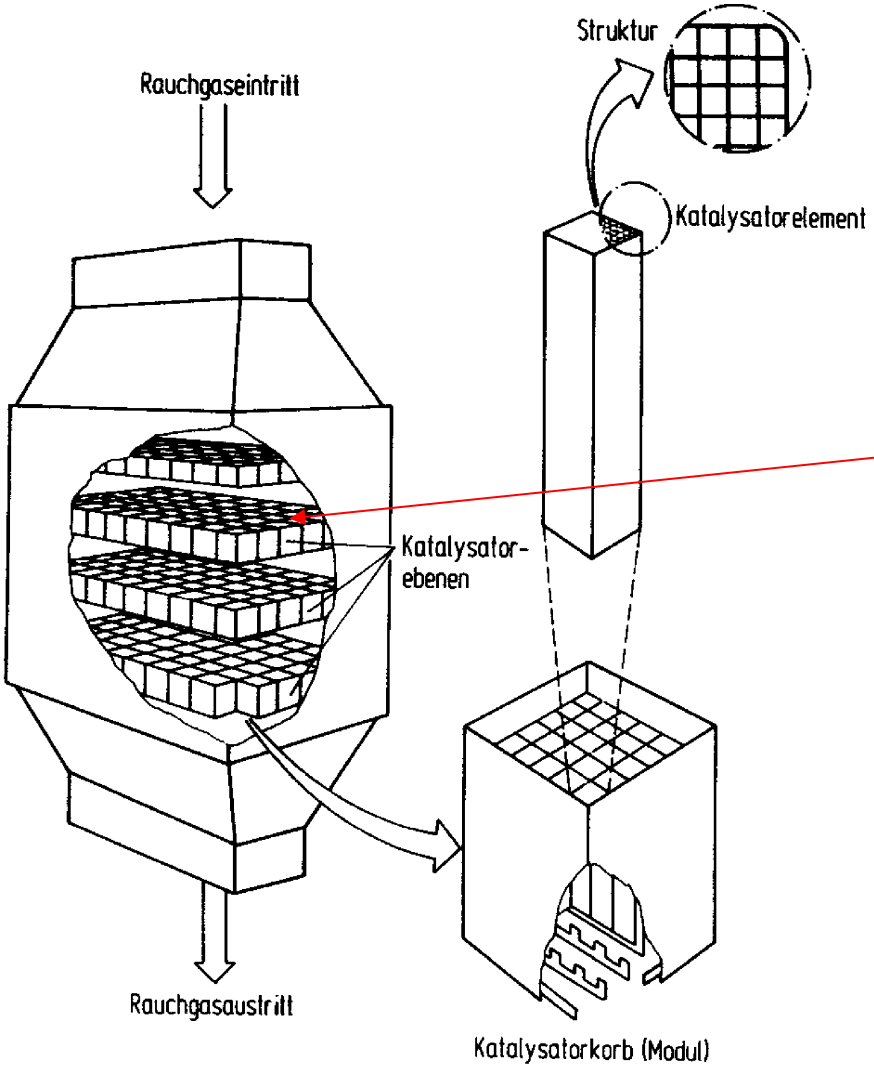
$$4\,NO + 4\,NH_3 + O_2 \rightarrow 4\,N_2 + 6\,H_2O$$

$$2\,NO_2 + 4\,NH_3 + O_2 \rightarrow 3\,N_2 + 6\,H_2O$$

„Aktive“ Substanzen:

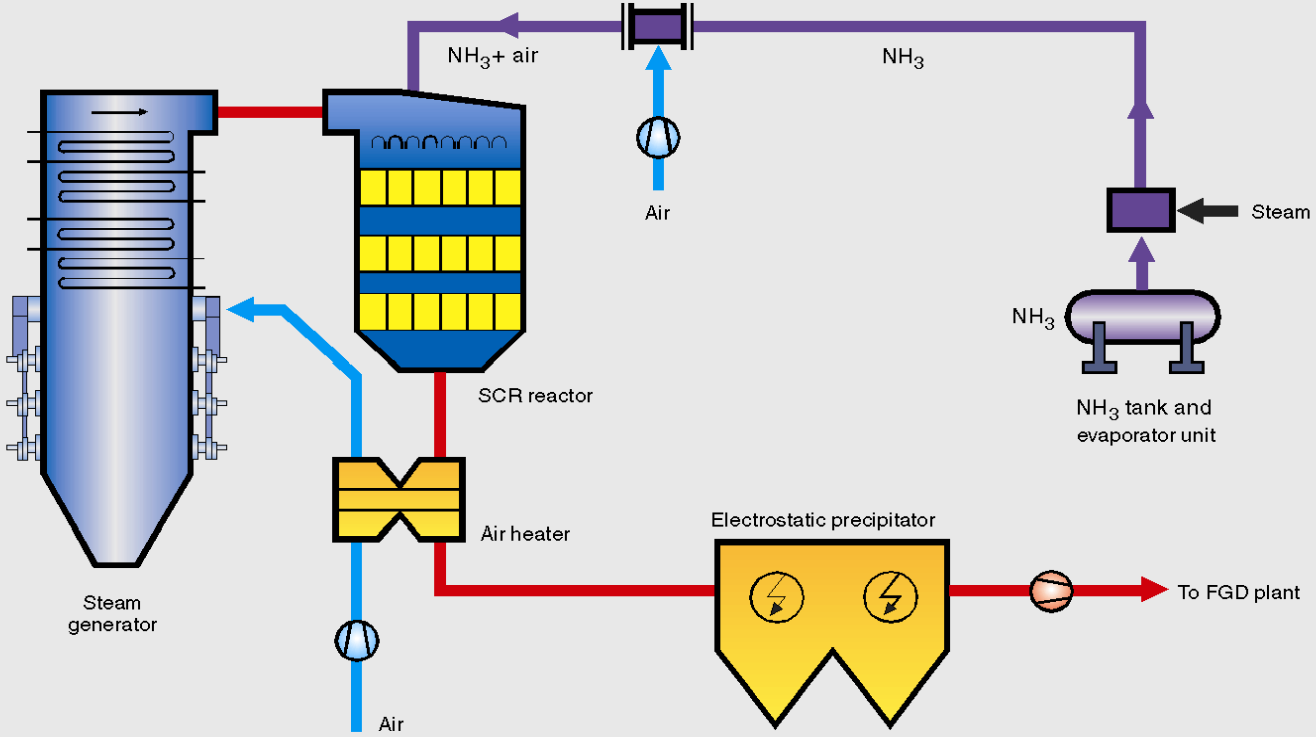
TiO_2, V_2O_5

Aufbau eines SCR-Reaktors



High-Dust SCR im Großkraftwerk

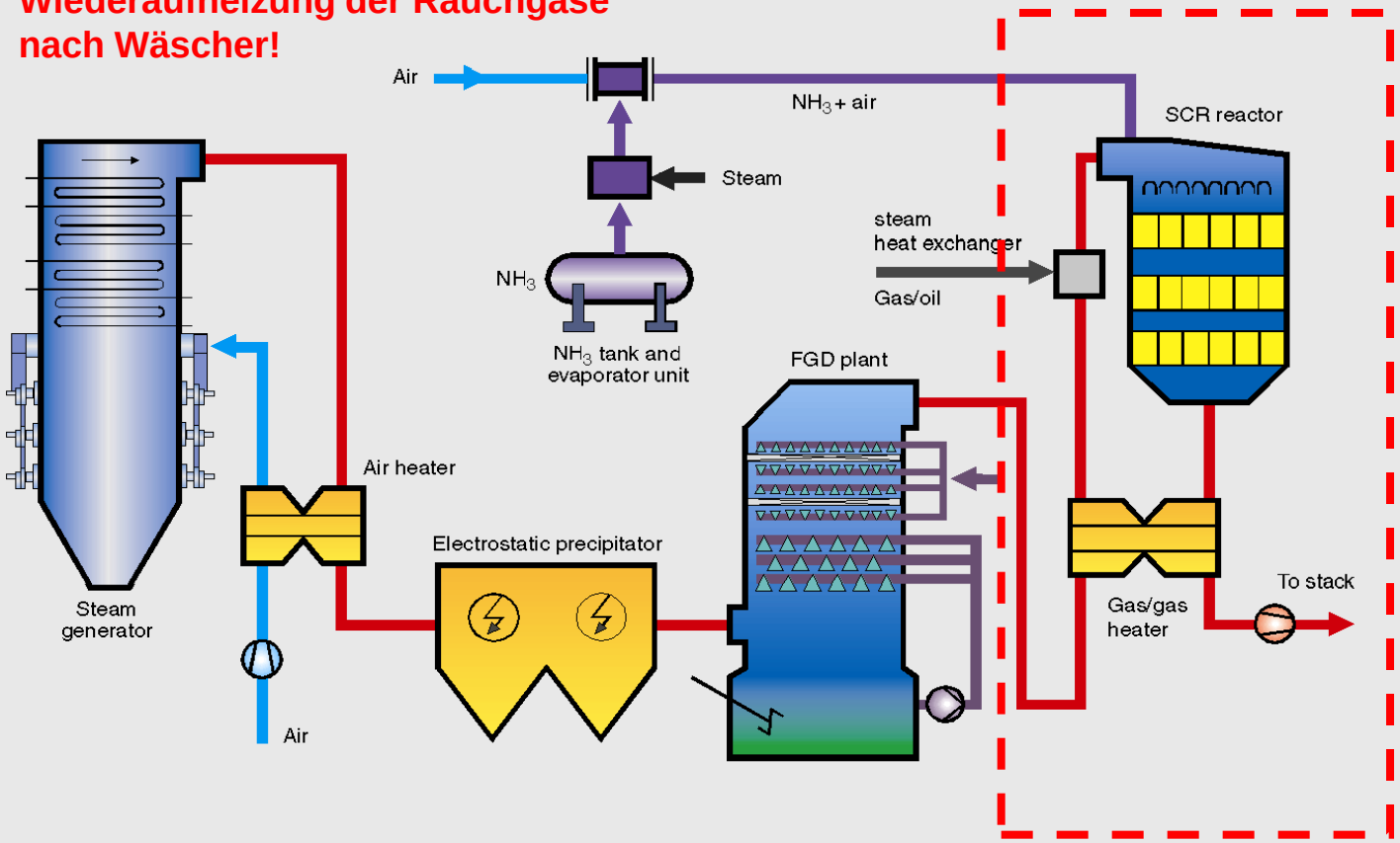
SO_2 → SO_3 → NH_4HSO_4 (Ammoniumbisulfat), kann zu Verstopfungen am Luvo führen



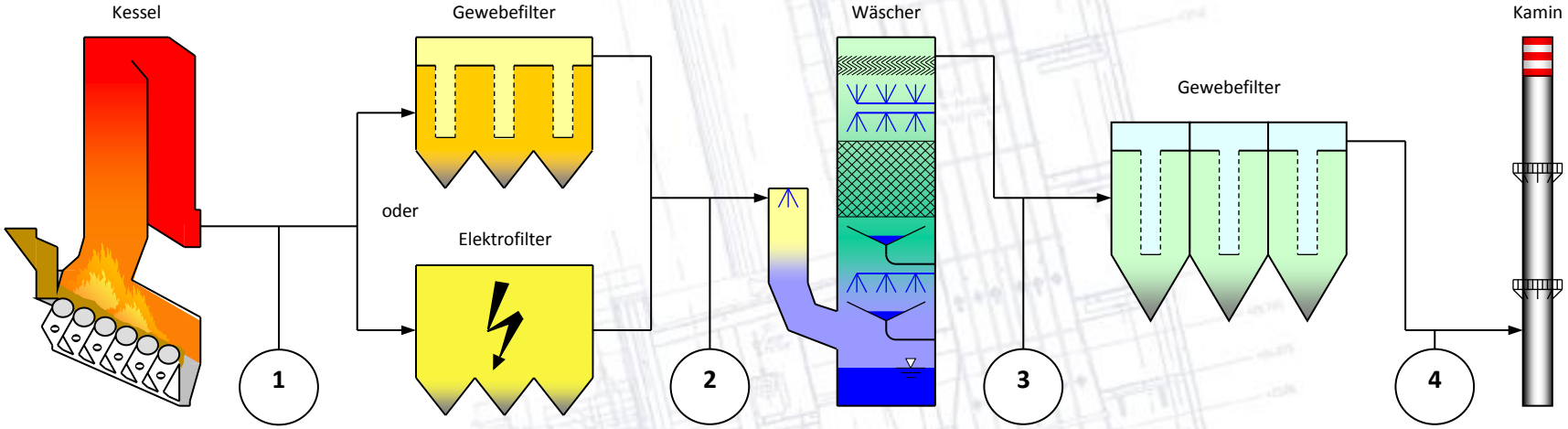
Tail-End SCR im Großkraftwerk

Hoher energetischer Aufwand zur Wiederaufheizung der Rauchgase nach Wäscher!

Umfang einer Nachrüstungsmaßnahme

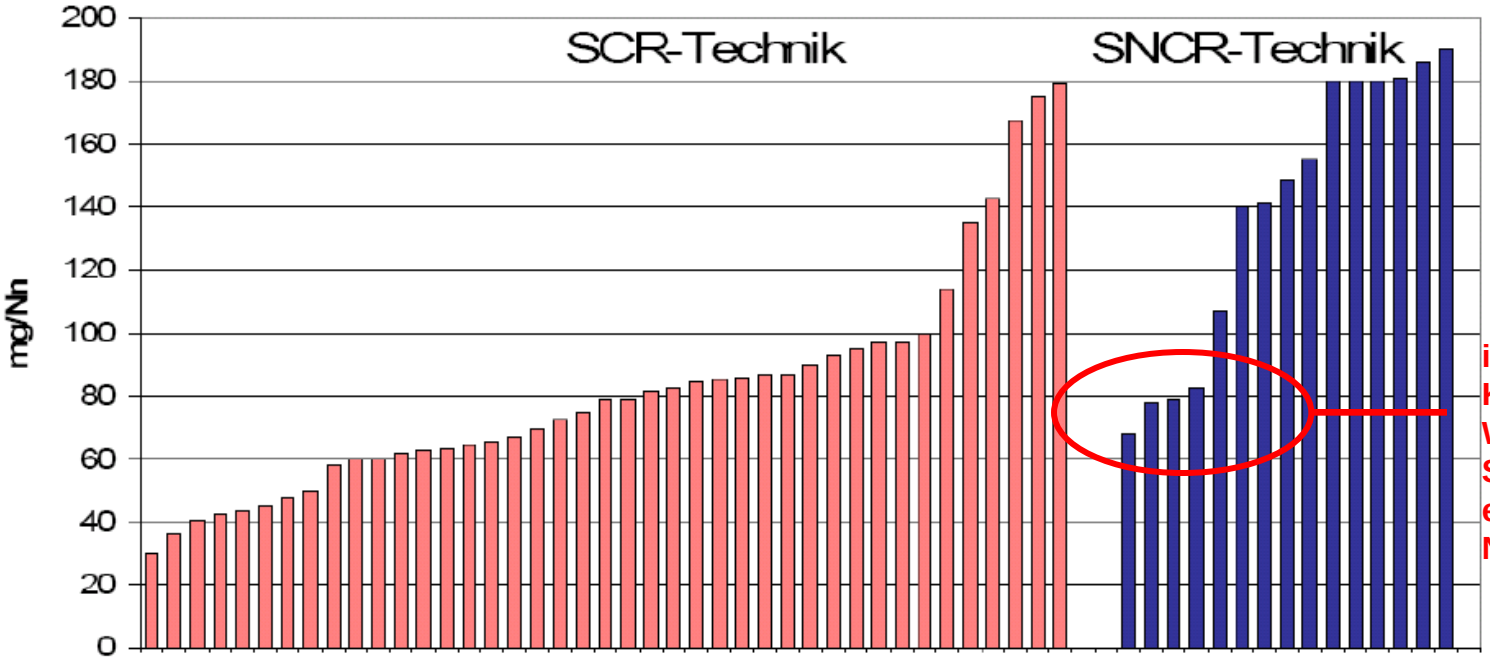


SCR-Anordnung (MVA)



Position	1	2	3	4
Anordnung	**High Dust / High SO_x**	**Low Dust / High SO_x**	**Low Dust / Low SO_x**	**Tail End**
Vorteile	• einfache und kostengünstige Anlagentechnik • kein Wärmetauscher und kein zusätzlicher Energieverbrauch (Erdgas, Dampf) wie in 3 und 4 • zusätzliche Dioxinzerstörung • keine aufwendige Staubvorabscheidung	• kein Wärmetauscher wie in 3 und 4 • zusätzlich komplette Dioxinminderung im Katalysator möglich	• zusätzlich komplette Dioxinminderung im Katalysator möglich • keine Dioxinbeladung im Reststoff bei nachgeschaltetem Polizeifilter	• keine signifikante Desaktivierung • hohe Standzeiten • bei Niedertemperatur-SCR Verwendung von Dampf zur Wiederaufheizung möglich • fast kein SO_2 / SO_3 • keine Staubbläser
Nachteile	• gewährleistete Katalysator-standzeit $\leq$ 16.000 h • Staubbläser notwendig	• aufwendige Staubvorabscheidung < 20 mg/m³ • durch die SO_2 / SO_3-Konversion relativ hohe SO_3-Konzentration (Aerosolbildung) • zum Teil Staubbläser notwendig	• aufwendige und kostenintensive Wiederaufheizung • Verwendung von korrosionsbeständigen Materialien (Wasser-/ Säuretaupunkt) im Nassbereich	• nur bei Niedertemperatur-SCR → hohes Katalysatorvolumen • hohe Reststoffbeladung mit Organika des vorgeschalteten Adsorbers • aufwendige und kostenintensive Wiederaufheizung

NOx-Minderungstechnik und Emissionen in MVA



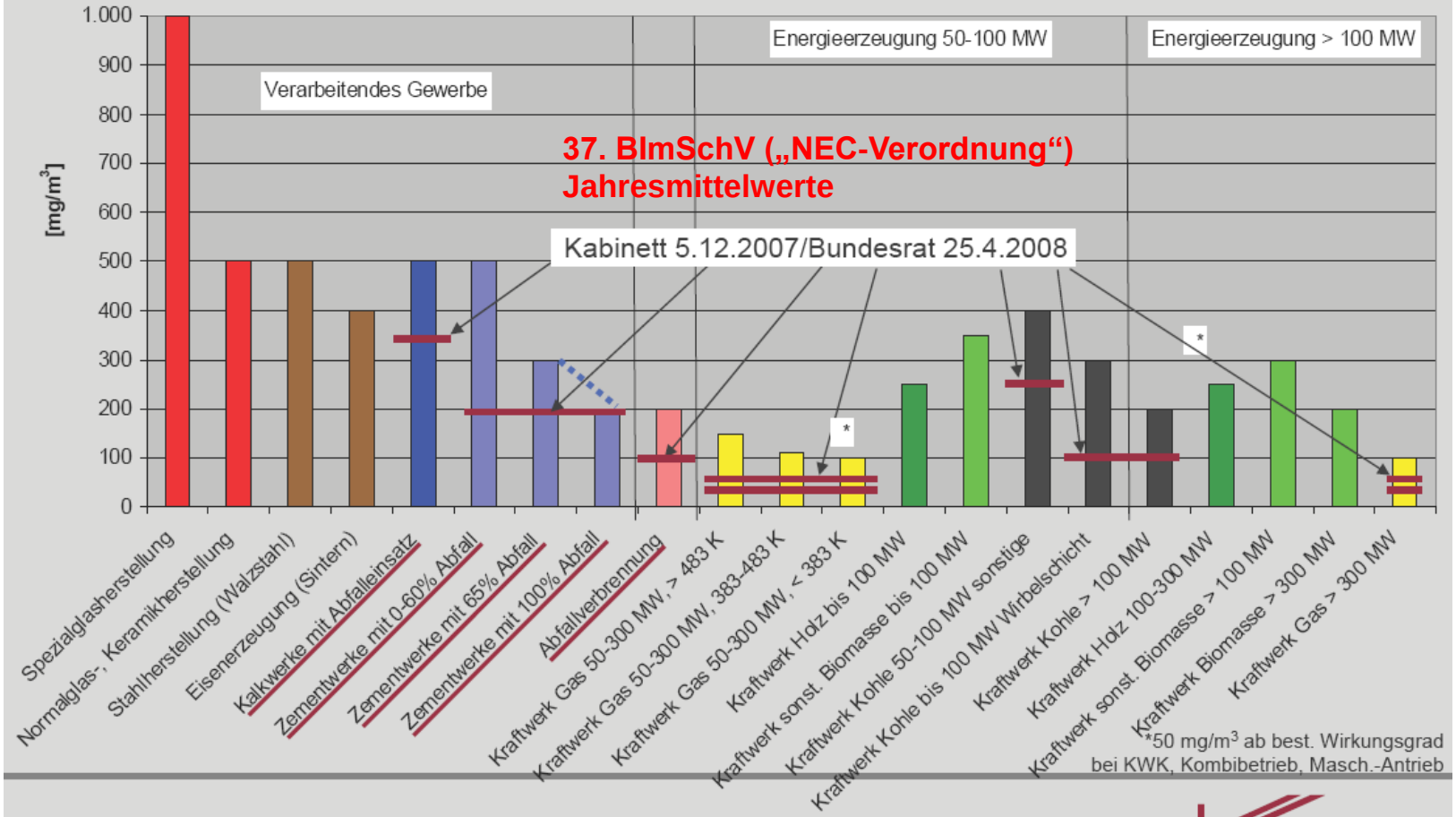
i.d.R. nur in Kombination mit Wäscher oder Schlupf-Kat erreichbar (hoher NH_3-Schlupf !)

Spannbreite der durchschnittlichen Tagesmittelwerte für NOx der bei MVA'n eingesetzten Minderungstechniken (SCR- und SNCR-Entstickungsverfahren)

Quelle: Uwe Lahl/BMU, HSE-Forum, 6.9.2007

Quelle: VDI Technikforum: EBS für Industrieanlagen, 28./29.4.2008 - Tebert

NOx-Grenzwerte (Tagesmittel) in D im Vergleich



Ökopol
Institut für Ökologie und Politik GmbH

ete.a
Ingenieurbüro für Energie- und Umweltengineering & Beratung

Anwendungsbereich der 37. BImSchV

- Behandlung im Bundestag: Anfang 2009
- Inkrafttreten: Mitte 2009

Verordnung gilt nur für Anlagen > 50 MW, die

- ab dem **01.01.2013** in Betrieb gehen,
- ab dem **01.01.2013** wesentlich geändert werden.

Sie gilt auch für die oben genannten Anlagen dann **nicht**, wenn für diese

- bis **Ende 2010** ein vollständiger Genehmigungsantrag oder
- bis **Ende 2010** ein Änderungsgenehmigungsantrag gestellt wurde oder
- mit deren Errichtung vor **Ende 2012** begonnen wurde

und

- die den Betrieb vor **Ende 2013** aufgenommen haben.

Quelle: RA Andrea Versteyl, HdT Essen, Nov. 2008

Fazit

- Primärmaßnahmen sollten komplett ausgeschöpft werden
- Bei MVA / BMHKW können die Grenzwerte mit einer SNCR eingehalten werden (Ammoniakschlupf !!!)
- Bei Kohlekraftwerken und Gasturbinen entsteht ein Zielkonflikt zwischen Emissionsminderung und Energieeffizienz
- Energieeffizienzabhängige Emissionen sind zu diskutieren

Stand der Technik

- BAT AOEL (Associated Operational Emission Level) sind mit dem Einsatz von BVT verbundene Emissionswerte, die unter Betriebsbedingungen ermittelt wurden.

- BAT AOEL ist kein Grenzwert im Sinne von ELV (Emission Limit Value)! BAT AOEL steht für eine Emissionsbegrenzung in Verbindung mit einer BVT-Maßnahme

- BAT AOEL werden als Einzelwert, (üblicher) als Bandbreite angegeben. Sie können genau wie Grenzwerte die Form von Halbstundenmittelwerten, Tagesmittelwerten, Konzentrationen, Jahresfrachten etc. haben.

BAT = „Best Available Techniques“
BVT = „Beste verfügbare Technik“

Quelle: RA Andrea Versteyl, HdT Essen, Nov. 2008

Stand der Technik der Abgasreinigung
BVT-Merkblatt Abfallverbrennung

- Merkblatt liegt jetzt im Wesentlichen in deutscher Übersetzung vor
- Überarbeitung 2011 bis 2013 geplant
- Möglich ist, dass aus den heutigen BAT AOELs (mit BVT erreichbare Emissionswerte) zukünftig ELVs (Emissionsgrenzwerte) werden.
- Es ist nicht mehr auszuschließen, dass das BMU in 2009 eine grundsätzliche Debatte über den Stand der Technik (Grenzwerte, Energieeffizienz) anstoßen wird.

Quelle: RA Andrea Versteyl, HdT Essen, Nov. 2008