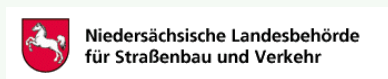
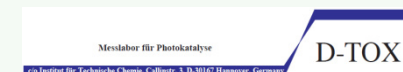
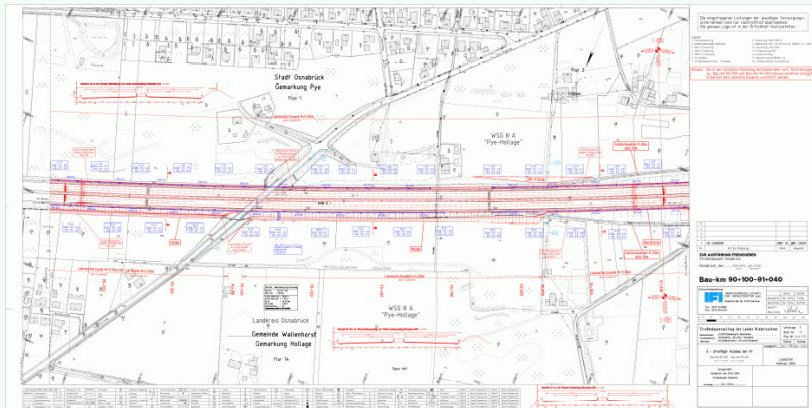


# Anwendungsmöglichkeiten und erste Ergebnisse aus Pilotstudien zur Photokatalyse an Straßenbauwerken

Kolloquium Luftreinhaltung durch Photokatalyse  
23. September 2015, Bergisch Gladbach

Dr. Anja Baum, Jan Sauer, Sergej Metzger  
Bundesanstalt für Straßenwesen  
in Zusammenarbeit mit





## Straßenbauvorhaben / Planfeststellungsverfahren

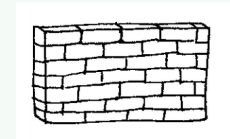
Wenn in UVP berechnet wird, dass durch Baumaßnahme Grenzwerte überschritten werden, ist diese unzulässig...

... es sei denn, man kann nachweisen, dass das Problem lösbar ist.

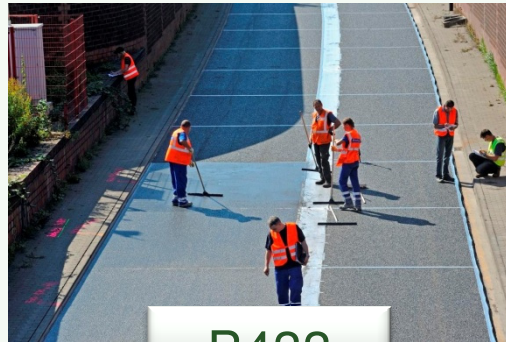
→ Straßenbau ist also an Maßnahmen interessiert, die in UVP als „Problemlöser“ aufgeführt werden können!



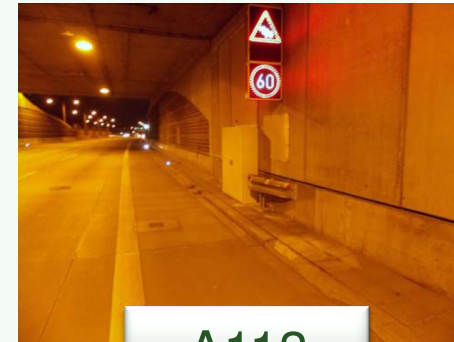
TiO<sub>2</sub>-Anwendung im Straßenraum



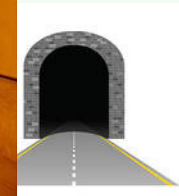
A1



B433



A113



Standort für erste Felduntersuchungen an einem Autobahnabschnitt



- BAB A1 in Niedersachsen
- zwischen AS OS-Nord und AS OS-Hafen
- beidseitige LSW, ca. 2 km lang
- DTV: 56.603 Kfz/Tag  
SV: 11.161 Kfz/Tag  
(19,7 %)  
(Erhebungsdaten 2013)

### Vorstudien Labor

- Impedanzrohr
- Hohlraumuntersuchung
- Hallraum



Bestimmung des Absorptionsvermögens (nach DIN EN ISO 354 und DIN EN 1793-1)

Unbeschichteter Prüfkörper  $DL_a=10$  dB

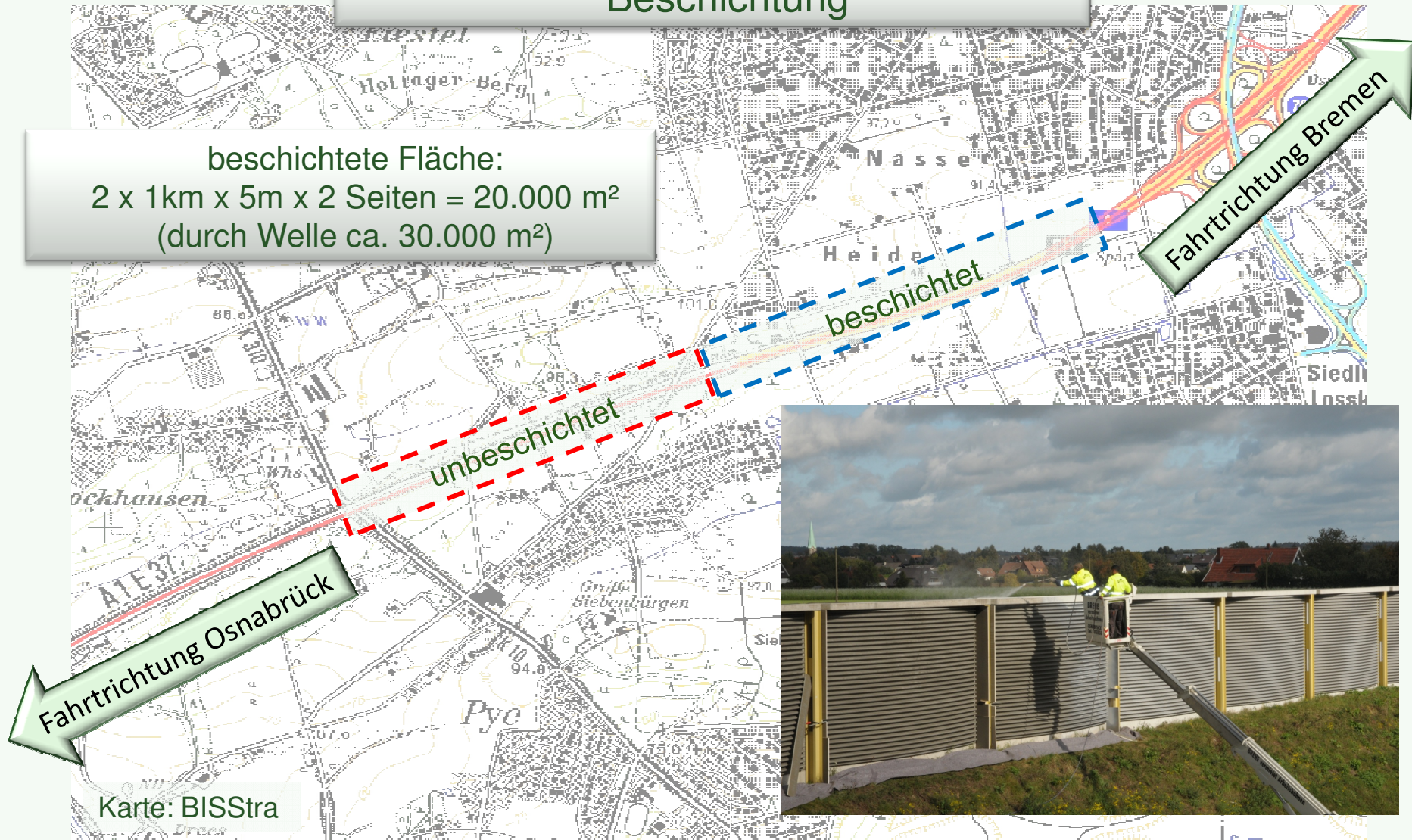
Beschichteter Prüfkörper  $DL_a=9$  dB

(Anforderung hoch absorbierend: 8 – 11 dB)

⇒ Die Anforderungen an hochabsorbierende Lärmschutzwände gemäß ZTV-Lsw werden (nach einer Anpassung der Viskosität) auch mit Beschichtung erfüllt.

## Beschichtung

beschichtete Fläche:  
 $2 \times 1\text{ km} \times 5\text{ m} \times 2\text{ Seiten} = 20.000\text{ m}^2$   
(durch Welle ca.  $30.000\text{ m}^2$ )



## Modellierung mit $v_d$ aus Laborversuchen

- Vorstudie: Bis zu 7 % Minderung bei Idealbedingungen (kontinuierlich 10 W/m<sup>2</sup>, idealisierter Aufbau LSW)
- Begleitstudie: Minderung der Stickoxidbelastung (NO<sub>x</sub>) von etwa 1 bis 3,6 % im Nahbereich der LSW an der A1 (höhere Minderungen auf der E-Seite!)

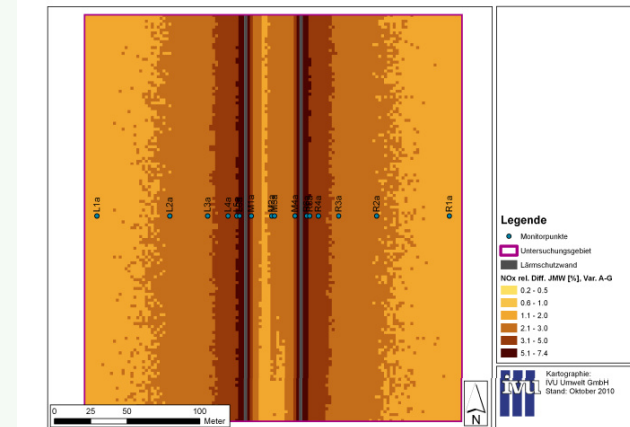
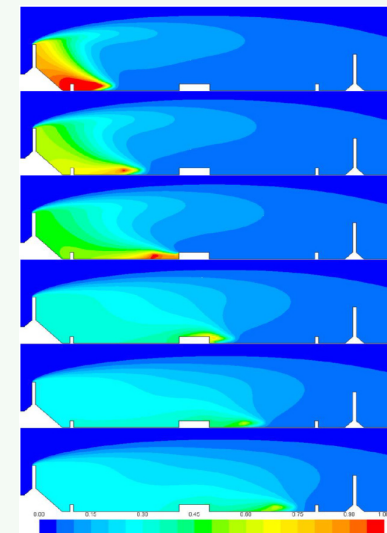
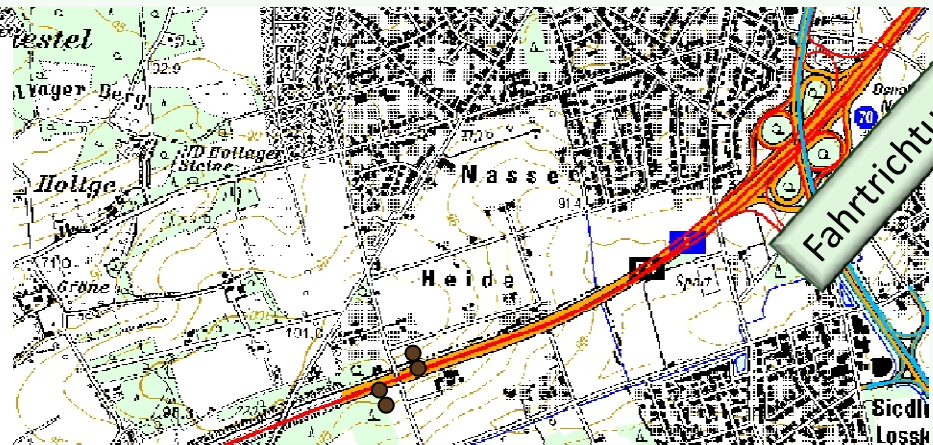
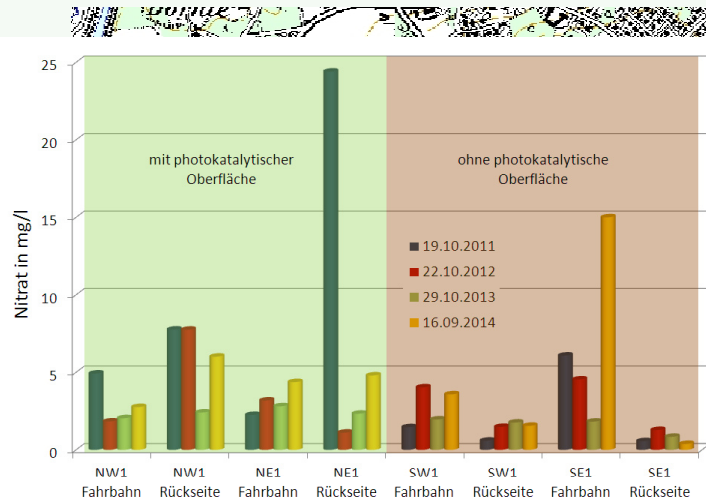


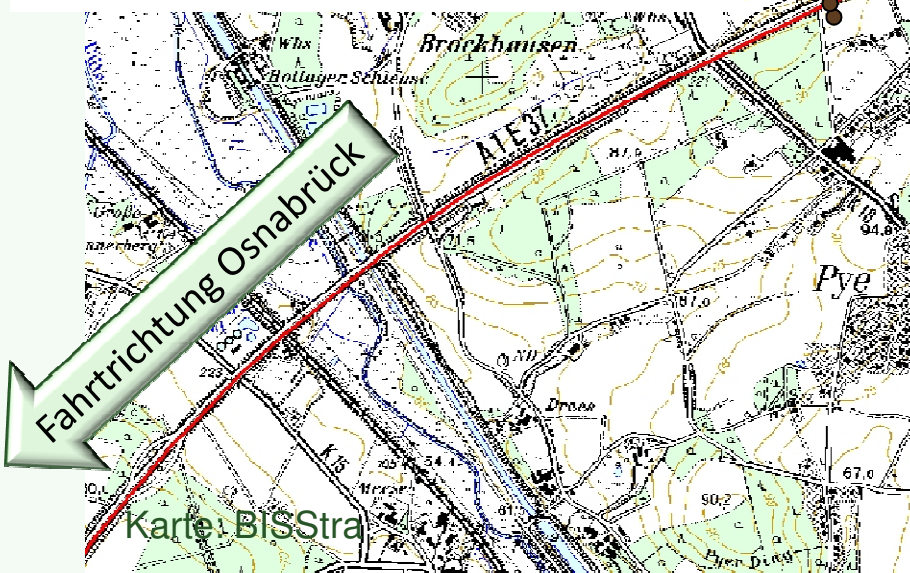
Bild 5.4: Relative Differenzen der NO<sub>x</sub>-Gesamtlast zwischen Konfiguration A und G, Höhe 1.5 m über Grund.



Untersuchung von Bodenproben



Fahrtrichtung Bremen



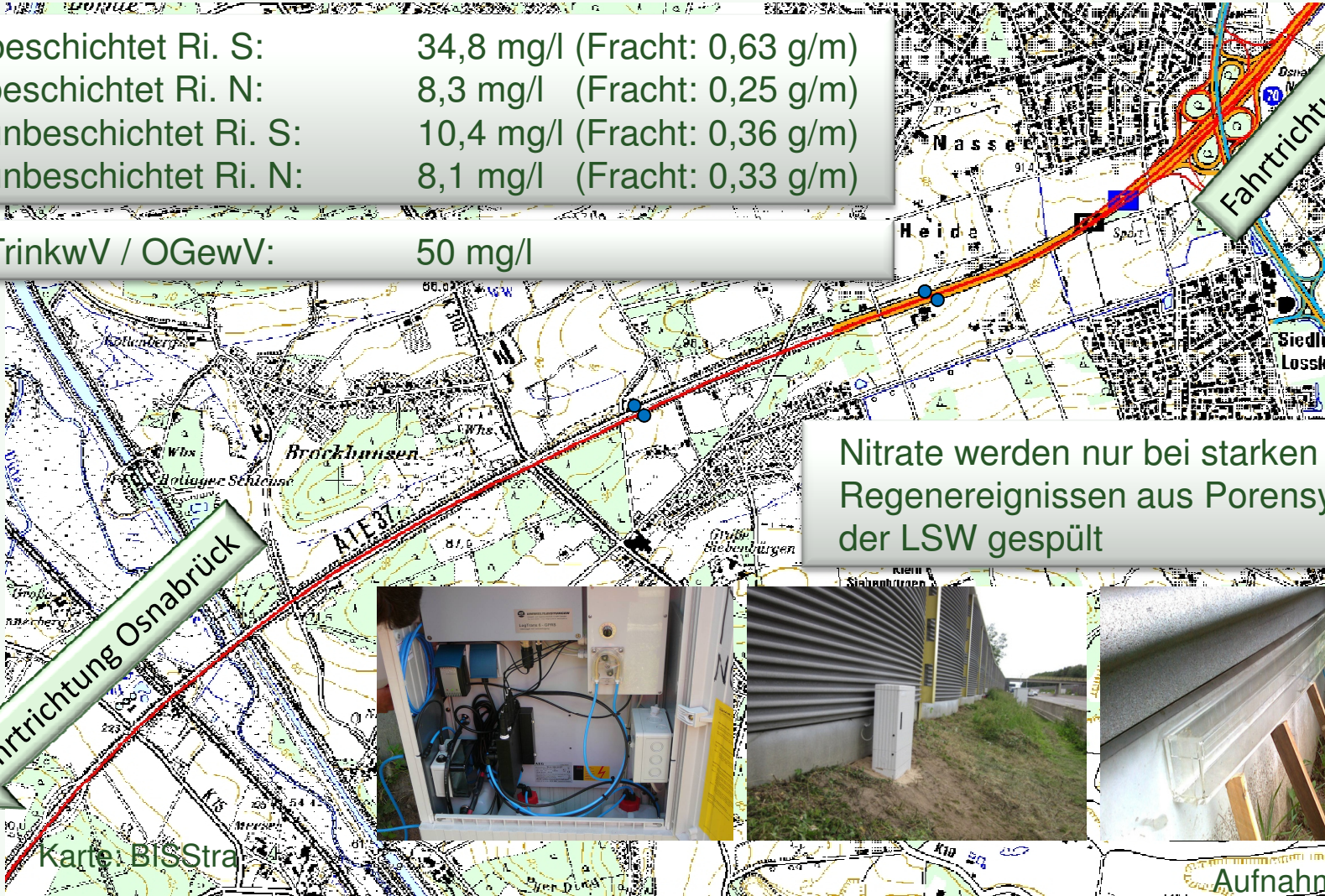
Fahrtrichtung Osnabrück

- Untersuchte Parameter: Titan, **Nitrat**, Nitrit, Ammonium, pH-Wert, Leitfähigkeit
- Keine kritischen Werte (Nitrat-GW TrinkwV/OGewV: 50 mg/l)
- Nitrat eher durch Düngung der umliegenden Felder (verkehrsabgewandte Seite der LSW)



# Untersuchungen zum Nitratgehalt im Abflusswasser der Wand

- beschichtet Ri. S: 34,8 mg/l (Fracht: 0,63 g/m)
  - beschichtet Ri. N: 8,3 mg/l (Fracht: 0,25 g/m)
  - unbeschichtet Ri. S: 10,4 mg/l (Fracht: 0,36 g/m)
  - unbeschichtet Ri. N: 8,1 mg/l (Fracht: 0,33 g/m)
- 
- TrinkwV / OGewV: 50 mg/l

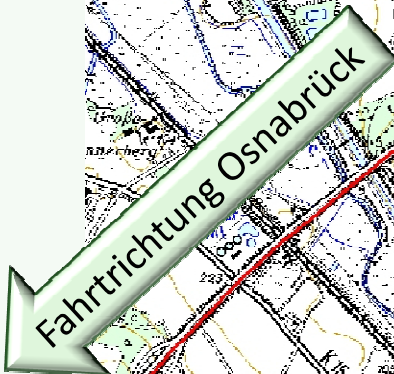


Nitrate werden nur bei starken Regenereignissen aus Porensystem der LSW gespült



Aufnahmen: UIT

Bewitterungsversuche zu möglichen Schwankungen in der photokatalytischen Aktivität (Verschmutzung, Abwitterung, ...) Prüfungen im Reaktor gemäß ISO 22197-1



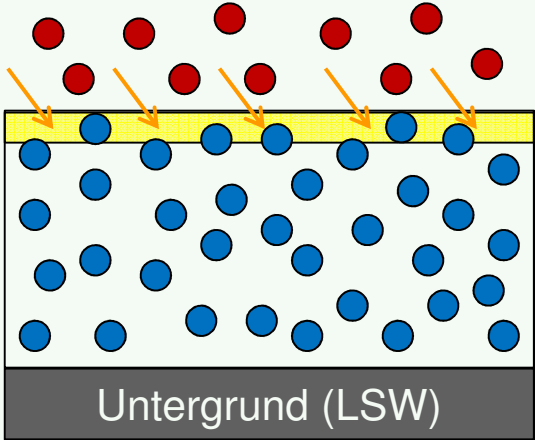
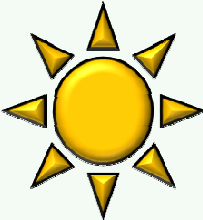
Karte: BISStra

Aufnahmen: KRONOS

Bestimmung der Aktivierungsphase

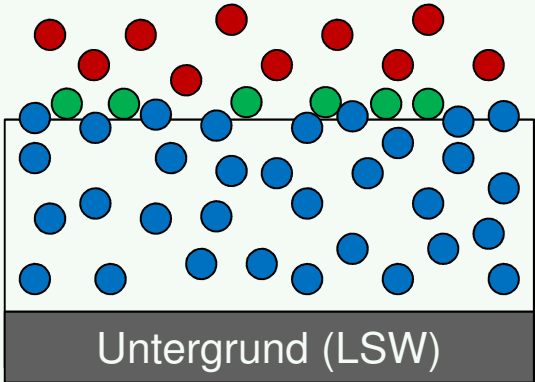
Aktivierungszeit lt. Hersteller:  
3 Monate

Angepasste Aktivierungszeit  
nach Bewitterungsversuchen:  
1 Jahr



NO<sub>x</sub>

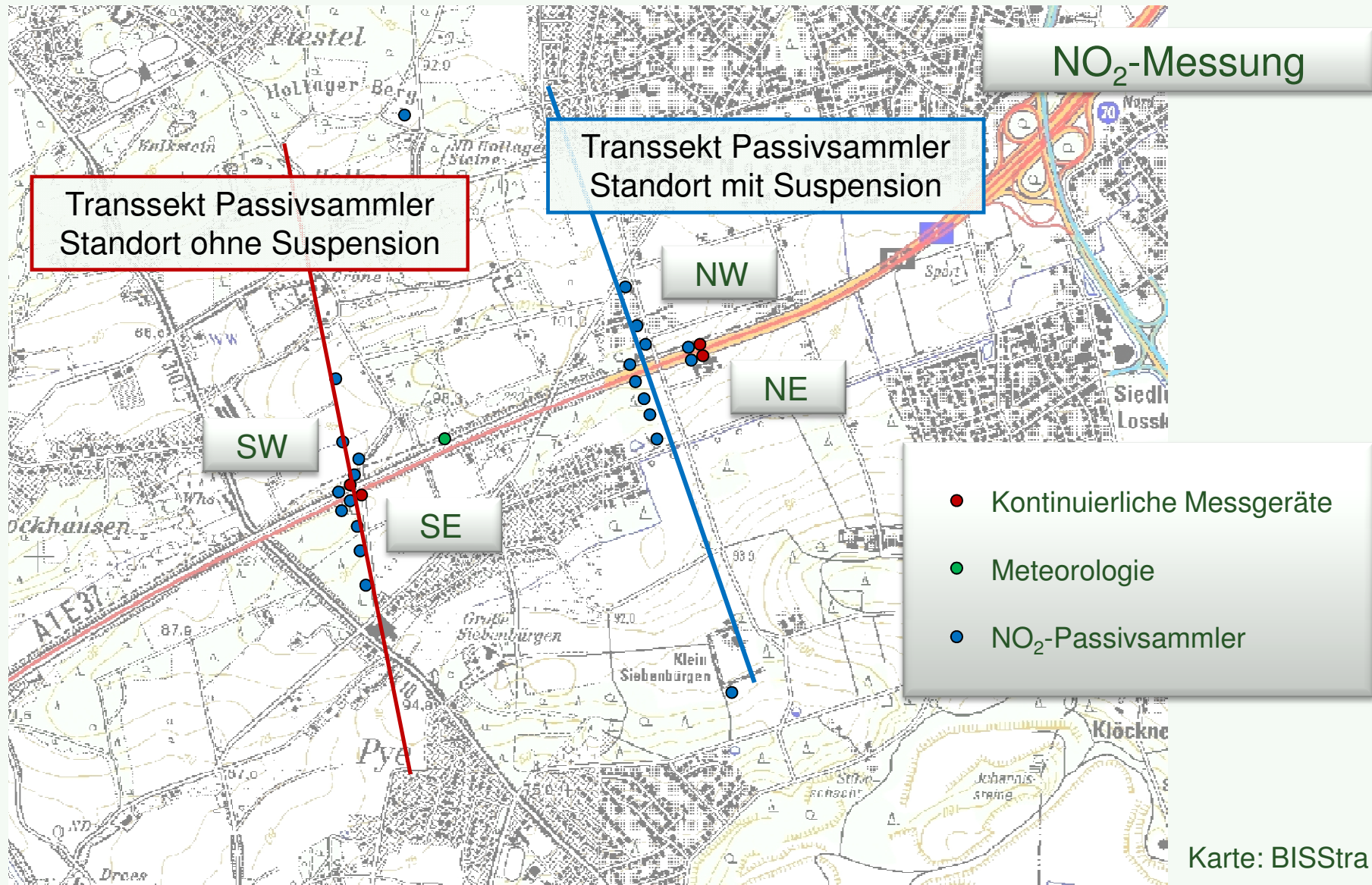
TiO<sub>2</sub>  
inaktiv  
im  
Binde-  
mittel



NO<sub>x</sub>

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

TiO<sub>2</sub>  
aktiv



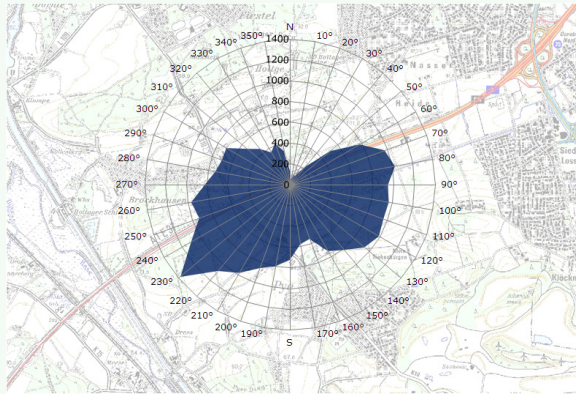


Kontinuierliche Messgeräte

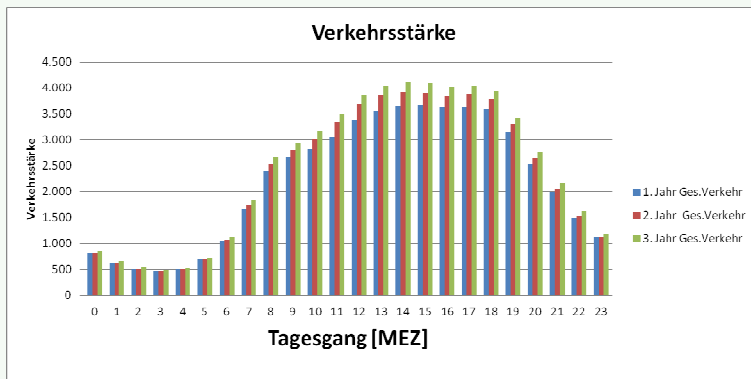
NO<sub>2</sub>-Passivsammler

- kontinuierliche Messstationen (O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>)
- 1 Meteorologie (Strahlung (Global und UV(A)), Temperatur, WindR, WindG, Niederschlag, Luftfeuchtigkeit)
- 22 NO<sub>2</sub>-Passivsammler

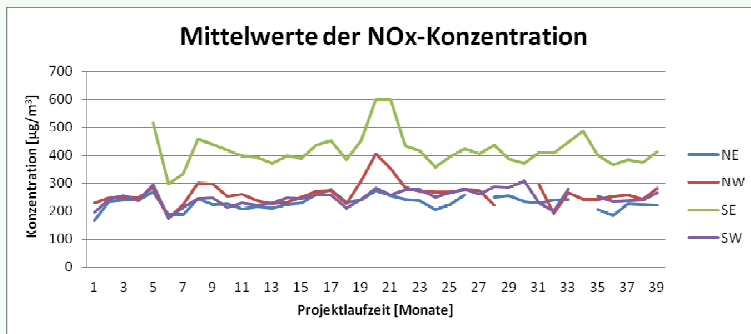
- Beginn der Messungen: 28.07.2011
  - Passivsammler: 81 2-Wochen-Zyklen
  - kont. Messgeräte: 27.799 stündliche Mittelwerte (NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, DTV, Meteo)
- Beschichtungsarbeiten 14.09.2011 bis 29.10.2011
- Einteilung Untersuchungsabschnitte (nach Ergebnissen aus Bewitterung):
  - 1. Jahr** (vor Aktivierung): 01.10.2011 – 30.09.2012
  - 2. Jahr** (nach Aktivierung): 01.10.2012 – 30.09.2013
  - 3. Jahr** (nach Aktivierung): 01.10.2013 – 30.09.2014



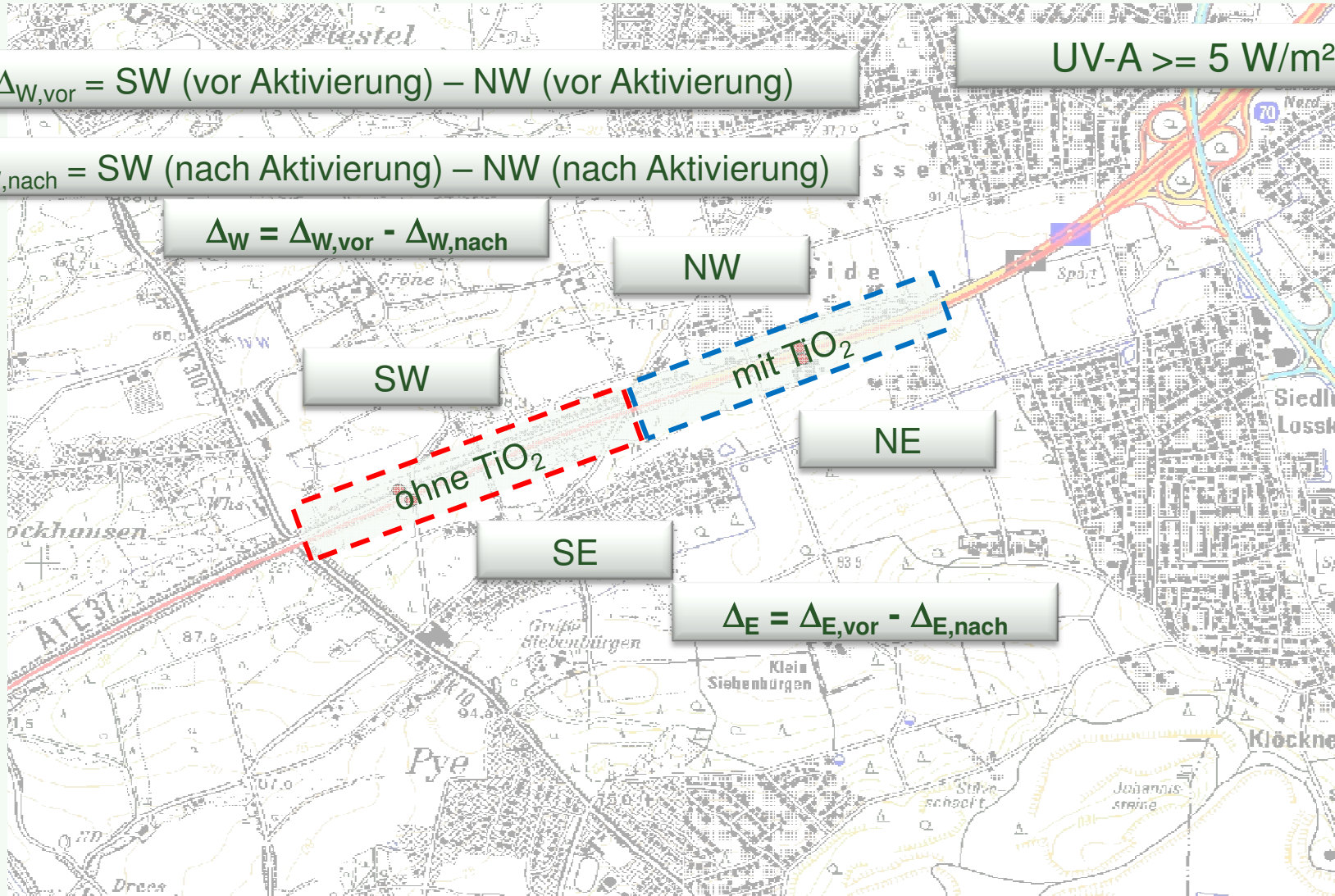
Queranströmungen < Längsströmung



$DTV_{2012} < DTV_{2013} < DTV_{2014}$



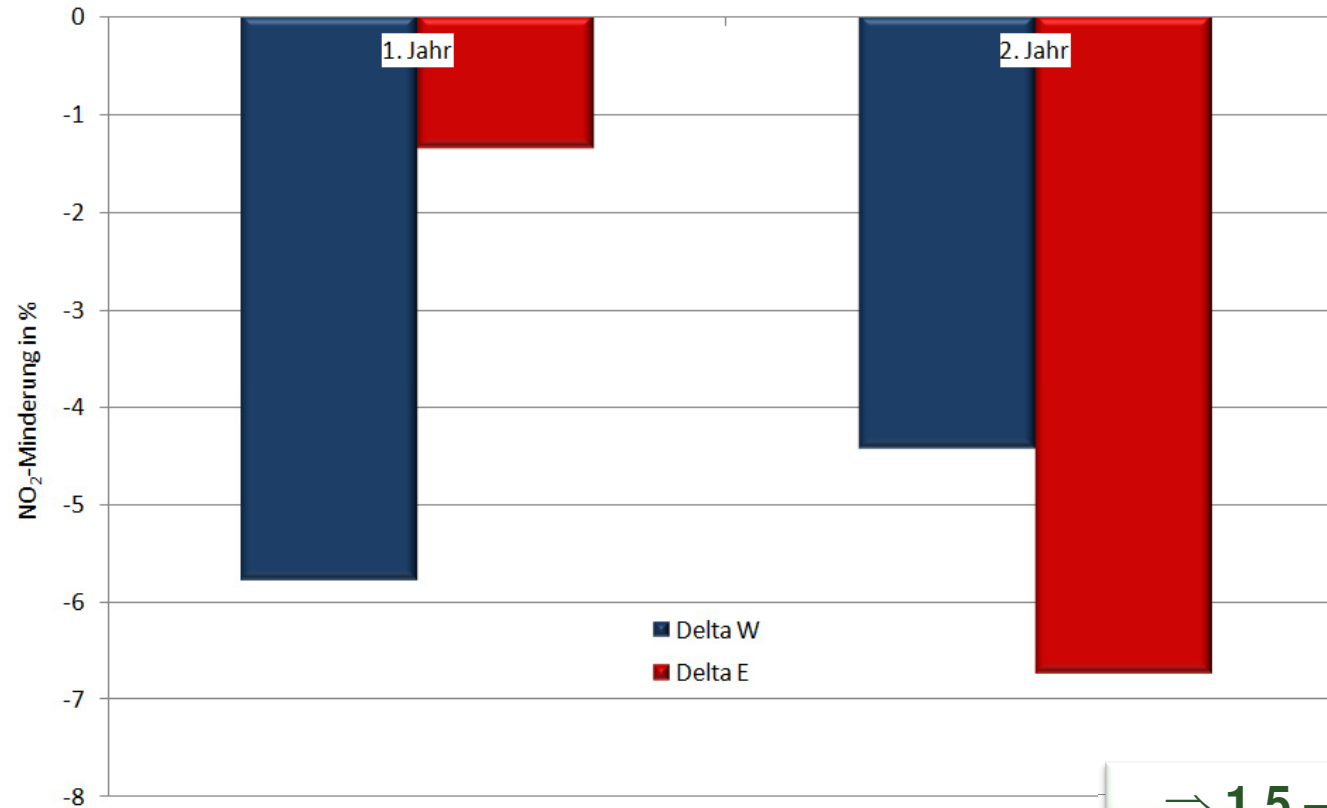
$NO_x (NE, NW, SW) < NO_x (SE)$



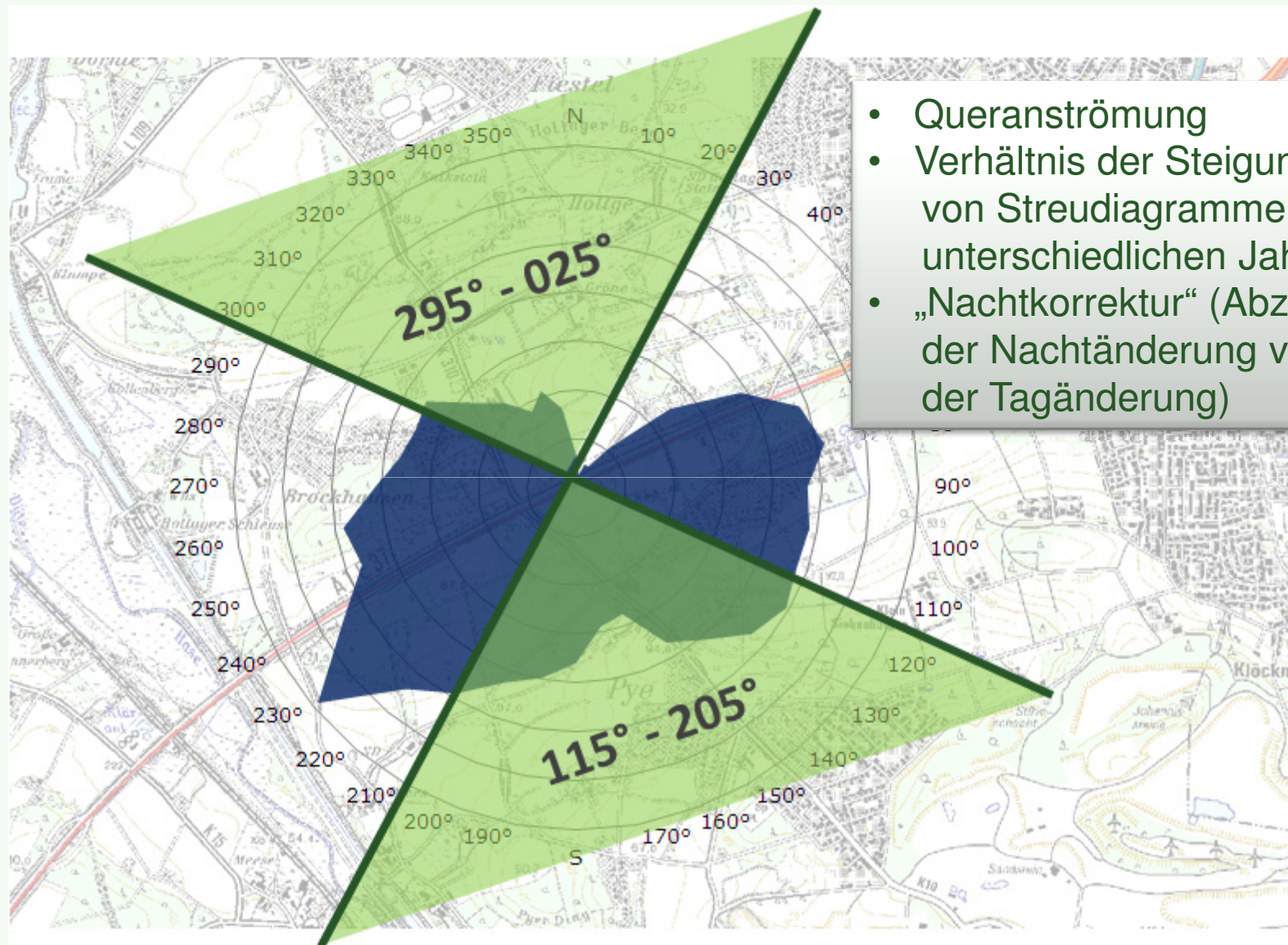


UV-A  $\geq 5 \text{ W/m}^2$

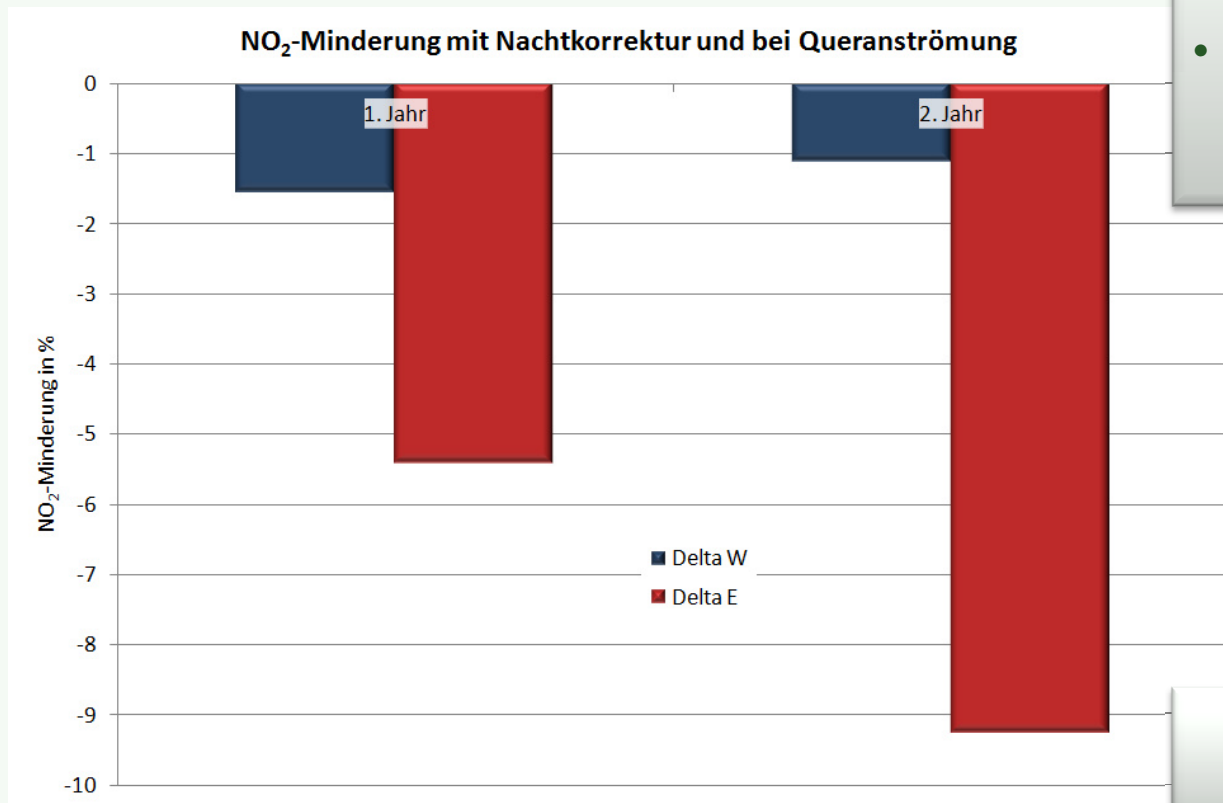
NO<sub>2</sub>-Minderung für UV(A)  $\geq 5 \text{ W/m}^2$



⇒ 1,5 – 6,5 % Minderung  
 ⇒ 1. Jahr:  $\Delta W > \Delta E$   
 ⇒ 2. Jahr:  $\Delta W < \Delta E$



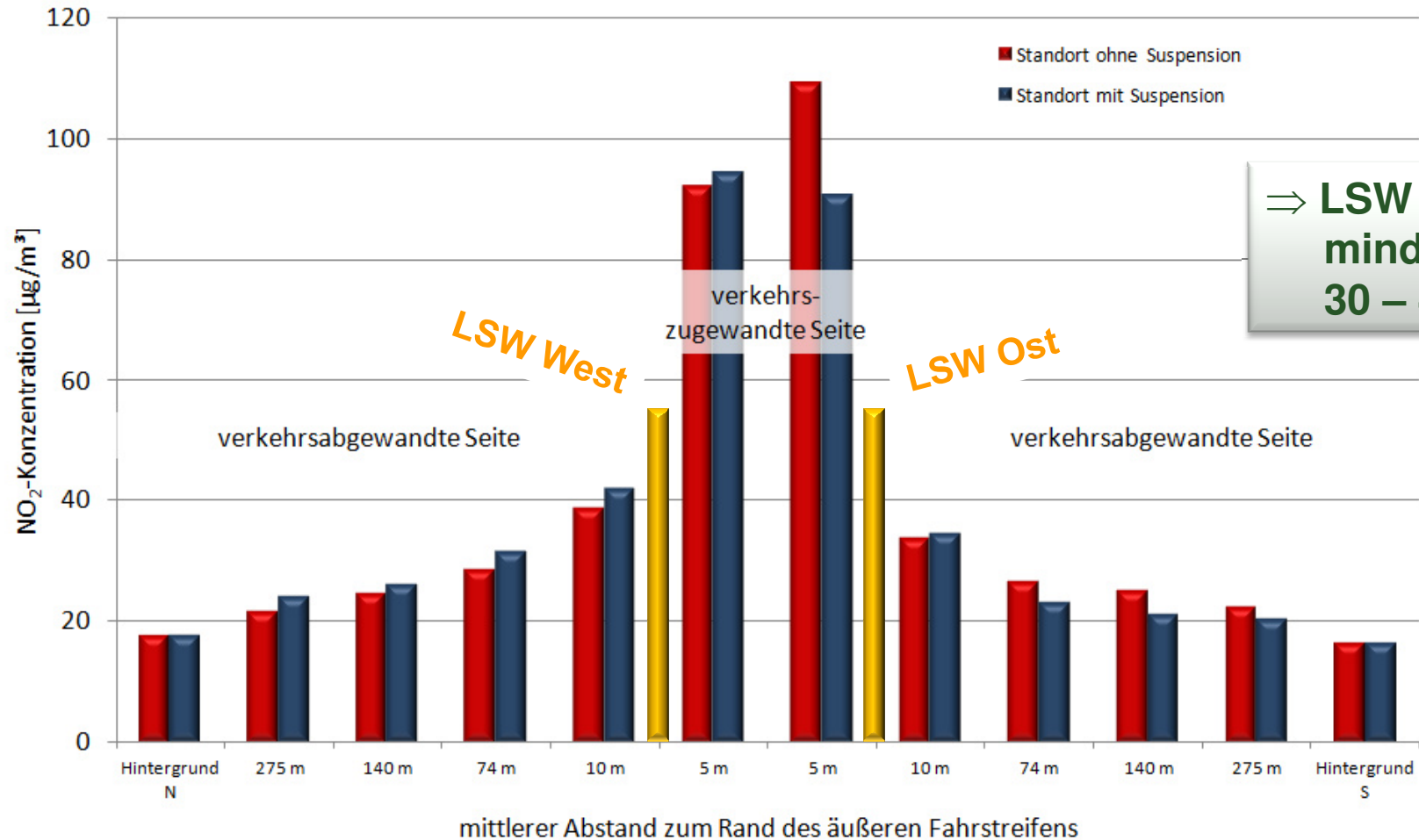
- Queranströmung
- Verhältnis der Steigungen von Streudiagrammen der unterschiedlichen Jahre
- „Nachtkorrektur“ (Abzug der Nachtänderung von der Tagänderung)



- Queranströmung
- Verhältnis der Steigungen von Streudiagrammen der unterschiedlichen Jahre
- „Nachtkorrektur“ (Abzug der Nachtänderung von der Tagänderung)

⇒ **1 – 9 % Minderung**  
 ⇒  **$\Delta W < \Delta E$**

A1 NO<sub>2</sub>-Passivsammler Mittelwert über gesamte Laufzeit



⇒ LSW selber mindert auf 30 – 40 %

Standort für zweites Pilotprojekt zu photokatalytisch aktiver Straße



- B433 in Hamburg
- Einbau NOxer®-Belag Ausfahrtrug der Nordröhre des Krohnstiegtunnels
- DTV: 50.762 Kfz/Tag
- SV: 2.810 Kfz/Tag (5,5 %)  
(Erhebungsdaten 2010)

- Deltaberechnung der Passivsammlermessungen
- Höhenprofilmessungen neben dem NOxer® und 50 Meter entfernt mit Standardbelag über 12 Messzyklen (26.Wo)
- Kontinuierliche Messung

Erste Auswertungen:

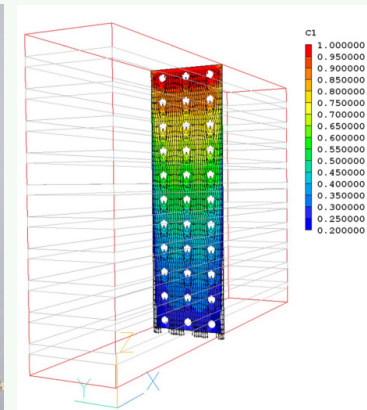
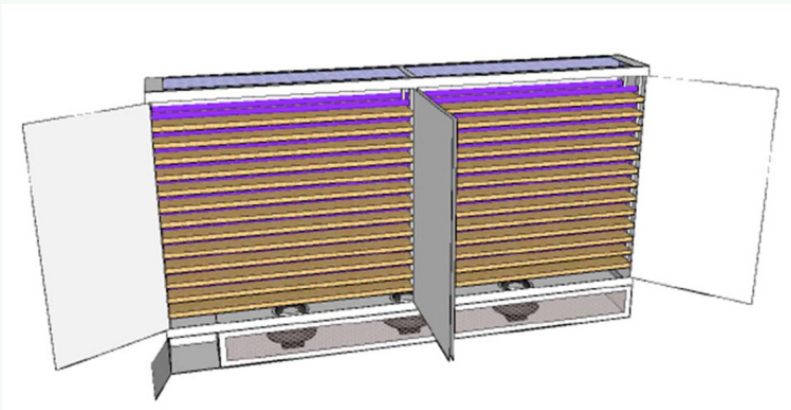
NO<sub>2</sub>-Änderungen: 0,1 – 0,3 µg/m<sup>3</sup> (0,2 – 0,4 % - kein Effekt!)



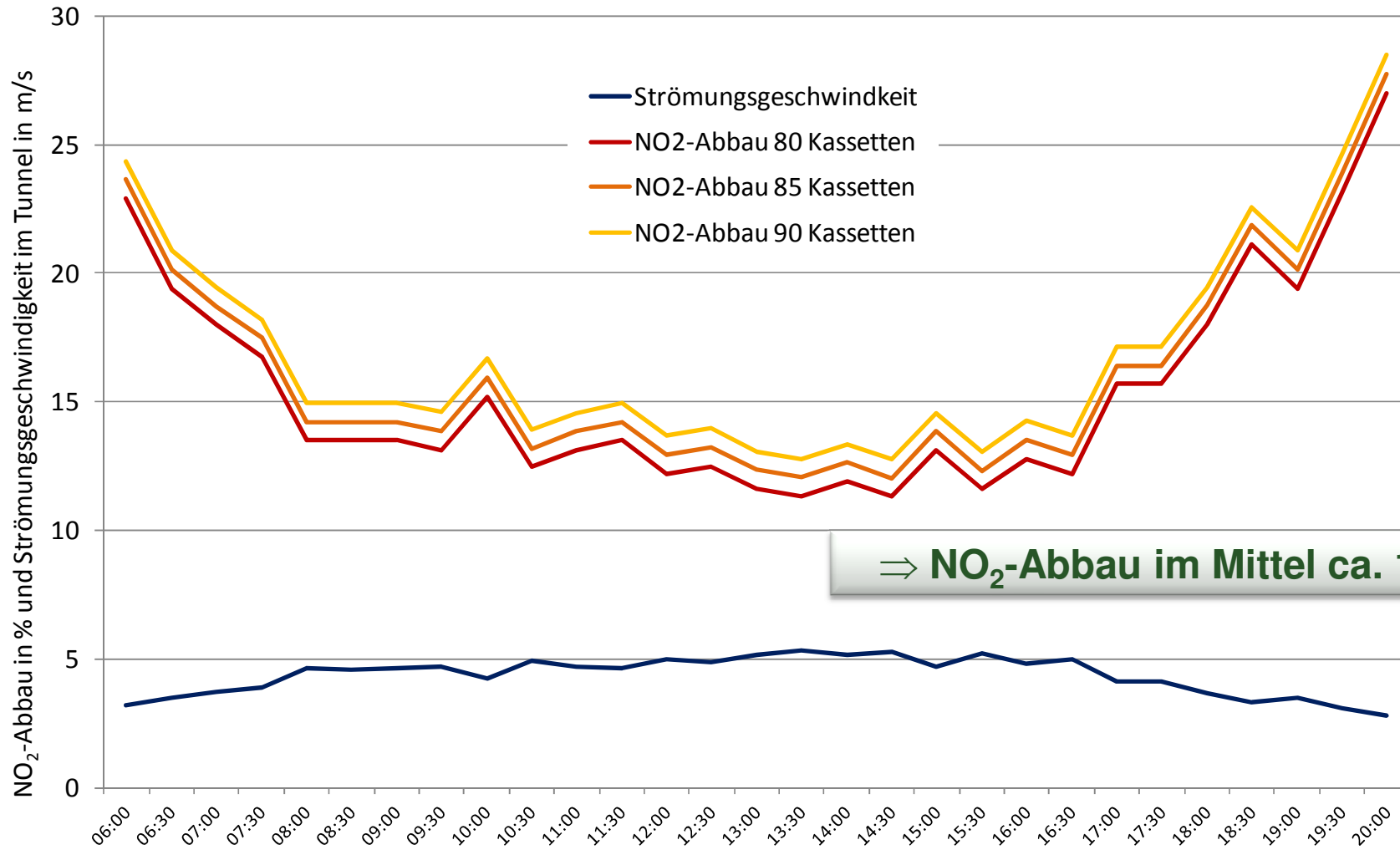
## Lösungsansatz mit Tunnelkassetten



- A113 in Berlin, Tunnel Rudower Höhe
- Tunnelkassetten mit  $\text{TiO}_2$ -Matten und UV-Licht
- DTV: 57.034 Kfz/Tag
- SV: 4.622 Kfz/Tag (8,1 %)  
(Erhebungsdaten 2013)



### NO<sub>2</sub>-Abbau in Abhängigkeit von Ström.geschw. zu Hauptverkehrszeiten



⇒ NO<sub>2</sub>-Abbau im Mittel ca. 15%

## A1 - LSW

- Viskosität der Suspension musste auf akustische Absorptionseigenschaften von LSW angepasst werden; dann o.k.
- Bodenproben und Nitrat im Abflusswasser zeigen unkritische Werte
- Aktivierungszeit deutlich länger notwendig als angenommen (zu geringe UV(A)-Strahlung, Verschmutzung?), **aber**: dadurch längerer Referenzzeitraum
- NO<sub>2</sub>-Minderungen von einstelligen %-Beträgen am Standort an der A1 (höhere Minderung auf Ostseite; LSW selber auf 30 bis 40 %)

## B433 - Straßenoberfläche

- keine Minderungseffekte im Vergleich (mit/ohne)/(vorher/nachher)
- Höhenprofile zeigen ebenfalls keine Unterschiede zwischen mit und ohne

## A113 - Tunnel

- Laborversuche und Modellrechnungen zeigen etwa 15 % Minderungspotential am Tunnelausgang



- Herstellerangaben sind Laborversuche unter Idealbedingungen (Produkte werden z.T. auf ISO-Reaktor-Versuche optimiert).
- einige Untersuchungsanordnungen / Messdauern suggerieren hohen NO<sub>x</sub>-Abbau, wo keiner ist.
- unsaubere Verarbeitung / Auftragung des photokatalytischen Materials (dadurch unterschiedliche Aktivität / Effektivität) möglich.
- Verunreinigung der photokatalytischen Oberflächen stellt Problem an hoch belasteten Verkehrsstandorten dar.
- Auftragung im Herbst und Winter vermeiden (Aktivierung bei hoher UV(A)-Strahlung schneller); bei zementösen Oberflächen egal.
- geringere NO<sub>2</sub>-Reduktion als bei NO (in manchen Fällen auch keine), weil geringere Depositionsgeschwindigkeiten und NO<sub>2</sub> Zwischenprodukt beim NO-Abbau,  
**aber:** Minderung von NO, das sich wieder zu NO<sub>2</sub> umwandeln würde (indirekte NO<sub>2</sub>-Minderung).

# **Bieten photokatalytisch aktive Oberflächen (im Straßenbau) eine Lösung des Stickoxidproblems?**

Lösung noch nicht, Möglichkeit ja



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!