

# Möglichkeiten zur Sanierung von Gebäuden mit einer Nitrosamin-Belastung

**Gewerbegebäude/ Verarbeitungsbetrieb**

**Dr. F. Jörg Wohlgemuth, ÖBUV-Sachverständiger für Schadstoffe in Innenräumen,  
Competenza GmbH, NL Frankfurt**

Mitglied im Vorstand des FB Innenraumhygiene im BVS, Mitglied der VDI-Kommission 6202

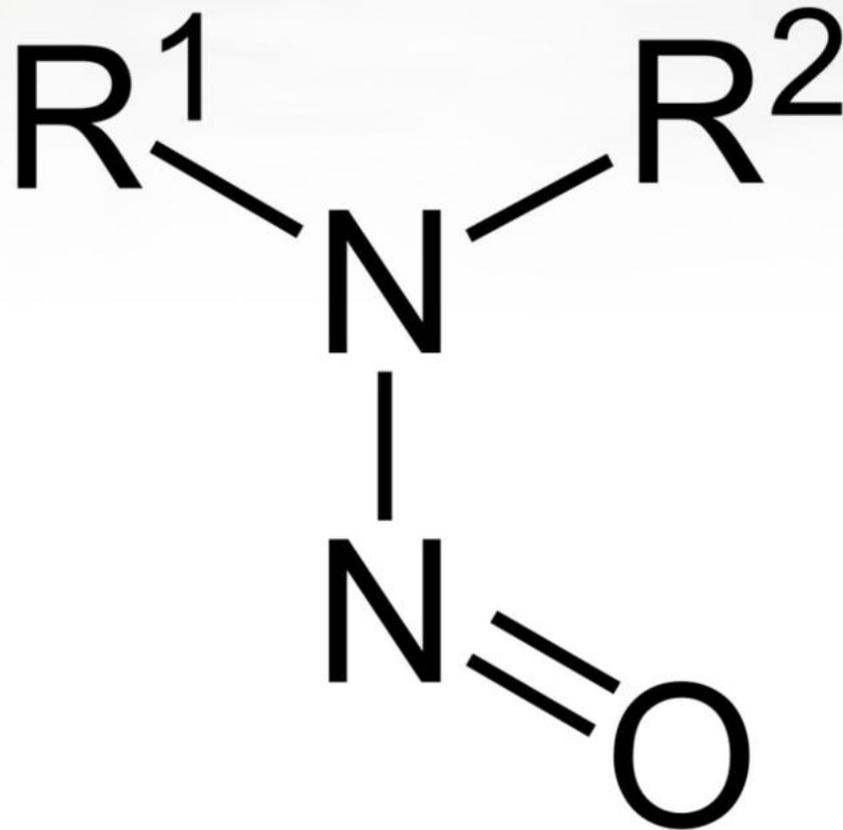
**Max-Planck-Str. 13, 63303 Dreieich**

**info@competenza.com**

**www.competenza.com**

**WaBoLu**  
Wasser Boden Luft

## Struktur und Vorkommen Nitrosamine



- R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>: Methyl (NDMA)
- R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>: Methyl, Phenyl

### K1B-Stoffe

- Nitrosamine entstanden industriell vornehmlich bei der Verwendung bestimmter Vulkanisationsbeschleuniger oder Schwefelspender
- Krebserzeugende Wirkung der meisten Vertreter der Verbindungsklasse

NDMA = N-Nitrosodimethylamin

## Sanierungsziel N-Nitrosamine

### Raumluft von Wohn- und Büroräumen:

Ein Zielwert ist nicht definiert. Zur Festlegung des Sanierungsziels ist die Einschaltung einer Toxikologin / eines Toxikologen erforderlich.

### Raumluft in Gewerberäumen:

Nach Absprache mit dem zuständigen Amt für Arbeitsschutz kann ggf. die in der TRGS 552 bzw. TRGS 910 genannte

**Akzeptanzkonzentration von  $0,075 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

als Sanierungsziel herangezogen werden.

### Material:

Für akzeptable Materialgehalte wird in einer Studie ein Wert von unter  **$100 \mu\text{g}/\text{kg}$**  bei flächiger Ausdehnung genannt.

## Projekt 1: Gewerberäume, Ausgangssituation

Durch die produktionsbedingte Entstehung von N-Nitrosaminen ist es in Teilen eines Gebäudes zu einer starken Kontamination der Bausubstanz mit Nitrosaminen gekommen, in deren Folge die Raumluft, auch bei Stillstand der Produktion, hohe Konzentrationen dieser Stoffe aufweist.

Bei ausgeschalteter Lüftung liegen die Raumluftkonzentrationen bei Werten zwischen ca. 0,2 und 3,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Materialbelastungen wurden in einer Größenordnung bis zu einigen Tausend  $\mu\text{g}/\text{kg}$  bis tief in den Wandaufbau festgestellt.

Wandmaterial: Porenbetondielen

## Sanierungsziel im Projekt 1:

### Raumluft:

Nach Rücksprache mit dem zuständigen Amt für Arbeitsschutz wurde die

**Akzeptanzkonzentration von  $0,075 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

nach TRGS 910 als Sanierungsziel herangezogen..

## Klassische Sanierungsvarianten

1. Entfernen des belasteten Materials
2. Beschichten mit geeigneten Materialien
  - ➔ Alu-kaschierte PE-Folie
  - ➔ Aktivkohleprodukte
3. Räumliche Trennung inkl. Belüftung des entstehenden Hohlraums\*
  - ➔ mit diffusionsdichten Materialien
  - ➔ mit Materialien, die diffusionsdicht abgedichtet werden

\* im Extremfall als Haus-in-Haus-Lösung

## Alternativvarianten oder Ist eine In-Situ-Dekontamination möglich?

1. Die festgestellten N-Nitrosamine sind mit Siedepunkten von ca. 150°C – 225°C flüchtige organische Verbindungen.

➔ Ist eine Dekontamination mittels Unterdruck möglich?

2. Nitrosamine sind in polaren Lösemitteln löslich.

➔ Wird die Dekontamination durch Befeuchtung effektiver?

**In einem von der Kluge Sanierung GmbH vorgeschlagenen Pilotversuch wurden deshalb zwei Varianten getestet:**

1. Variante: einfache Vakuumbelüftung
2. Variante: Vakuumbelüftung mit Befeuchtung

Bearbeitete Fläche jeweils ca. 9 m<sup>2</sup>

## Testflächen nach Abfräsen der obersten Farbschicht



## Fertiggestellte Testflächen vor Anschluss der Vakuumpumpen

### Versuchsaufbau:

1. Abtrag von ca. 3mm Wandoberfläche an der Innenseite
2. Danach Abtrag der Fassadenfarbe
3. In der Mitte der jeweiligen Probefläche Entnahme von Bohrkernen zur Ermittlung der Ausgangsbelastung
4. Verschließen der beiden Kernbohrungen mit Mörtel; zugleich Verspachteln der Wandfugen
5. Installation der Unterdruckvorrichtungen an beiden Probeflächen auf der Wandinnenseite



## Befeuchtungsfläche außen

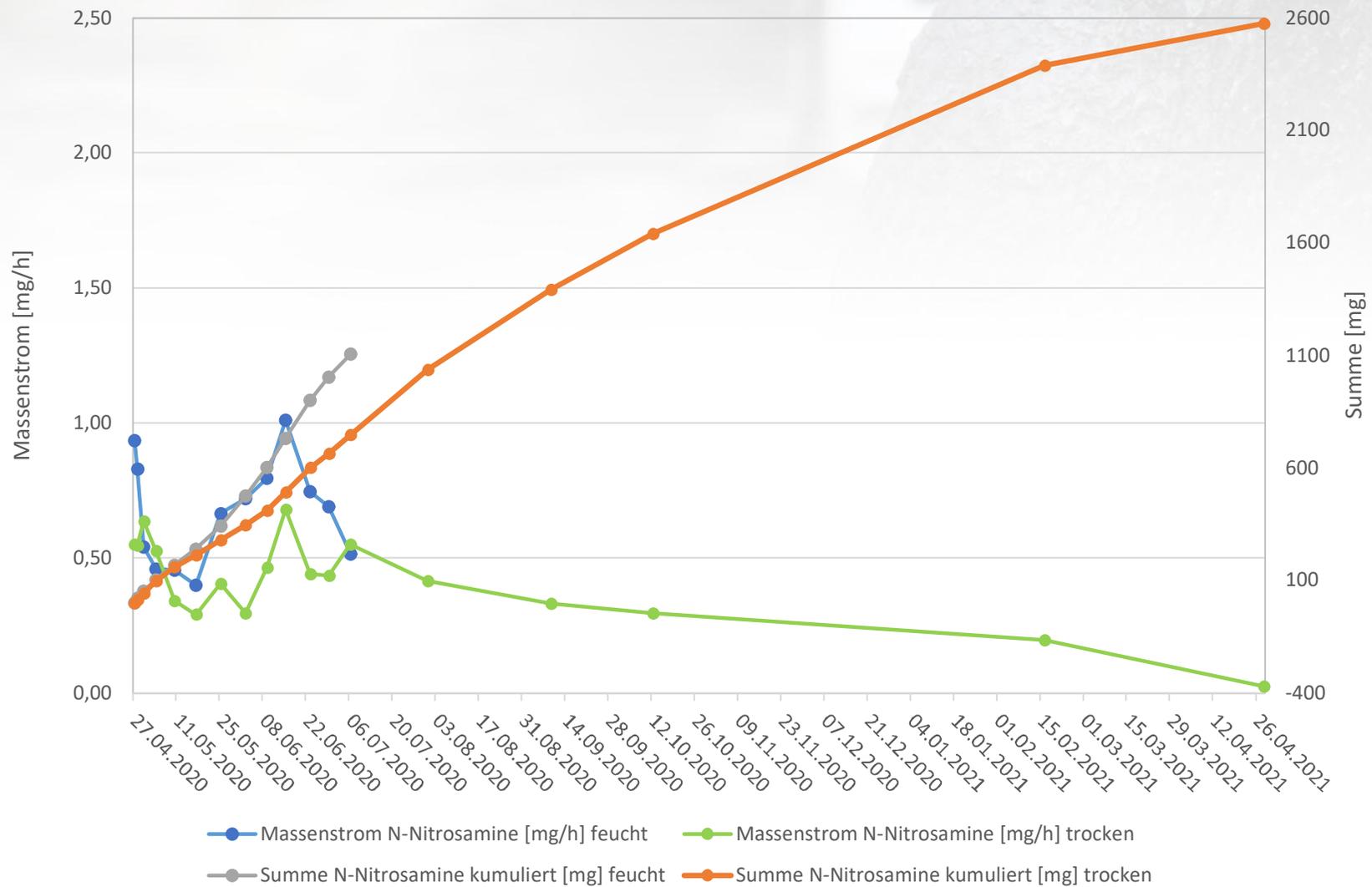


### Installation der Befeuchtungseinrichtung

- a. Montage eines doppelagigen Geogitters 2,8mx2,8m mittels verzinktem Stahlprofil
- b. Verlegung eines Tropfschlauches zwischen den beiden Geogitterlagen; Wasserleistung max. 1,25 l/h bei 4bar Wasserdruck
- c. Anschluss des Tropfschlauches über einen einstellbaren Druckminderer an die örtliche Wasserversorgung
- d. Überdeckung des doppelagigen Geogitters mit einem Vorhang aus LDPE-Folie
- e. Abdeckung der Außenwandfläche unterhalb des Geogitters mittels LDPE-Folie

# Pilotsanierung:

## Sanierung von Wandflächen mittels Unterdruckverfahren



## Voruntersuchungen\*:

Fräsgut vor Beginn des Versuchs:

→ ca. 700 bis 2000  $\mu\text{g}/\text{kg}$

Bohrkerne vor Beginn des Versuchs

→ ca. 2.000  $\mu\text{g}/\text{kg}$  (oberste 4 cm)

\* Entnahme erfolgt in den zu dekontaminierenden Flächen

## Bohrkernuntersuchung während (nach 6 Monaten) und nach der Pilotmaßnahme (ca. 12 Monate)

Schicht	nicht sanierte Fläche [µg/kg]	sanierte Fläche [µg/kg] nach 6 Monaten	sanierte Fläche [µg/kg] nach 12 Monaten
1	1.909	523	704
2	1891	368	444
3	1489	364	281
4	877	279	137
5	635	126	63

## Fazit 1:

- Die Ergebnisse der Abluftuntersuchungen zeigten anfänglich eine effektivere Dekontamination bei der Befeuchtung der Oberflächen.
- Ein Jahr nach Beginn der Dekontamination ist die Ausgasungsrate der Nitrosamine sehr stark abgefallen (ca. 4 % des Wertes der ersten Messung).
- Die Ergebnisse der Bohrkernuntersuchungen zeigen, dass eine Dekontamination des Materials möglich ist.

## Fazit 2:

- Da die Ausgasungsrate nach 12 Monaten stark abgefallen ist, würde die weitere In-Situ-Dekontamination sehr lange dauern.
- Die in den ersten Monaten betriebene feuchte Absaugung zeigt, dass die Mobilisierung der Schadstofffracht verbessert werden kann. Hier gäbe es weiteren Forschungsbedarf hinsichtlich einer verlängerten Untersuchungsdauer und ggf. auch hinsichtlich des Einsatz von weiteren Zusätzen (z.B. Seifen, Alkoholen).

## Projekt 2: Umnutzung Gewerberäume, Ausgangssituation

Durch die produktionsbedingte Entstehung von N-Nitrosaminen ist die Bausubstanz denkmalgeschützter Gebäude mit Nitrosaminen kontaminiert. Es wurden Materialbelastungen in einer Größenordnung bis zu einigen hundert  $\mu\text{g}/\text{kg}$  festgestellt.

Bei Raumluftuntersuchungen in Musterräumen wurden Luftkonzentrationen ermittelt, die in der Größenordnung der Akzeptanzkonzentration der TRGS 910 liegen.

## Geplante Umnutzung:

### → Wohnraum, Büro, Verkaufsflächen

Ein offizieller Zielwert ist nicht definiert.

Als erste Arbeitshypothese ist davon auszugehen, dass der Zielwert mindestens bei einem Hundertstel des Akzeptanzwertes liegen sollte.

### → Zielwert (Arbeitshypothese): 0,75 ng/m<sup>3</sup>

Dies ist der günstigste Fall.

Bei Benzol liegt der risikobezogene Leitwert des AIR bei grob einem Fünfhundertstel und bei Benzo[a]pyren bei grob geschätzt einem Tausendstel des jeweiligen Akzeptanzwertes der TRGS 910 .

## Es ergeben sich zwei Fragen:

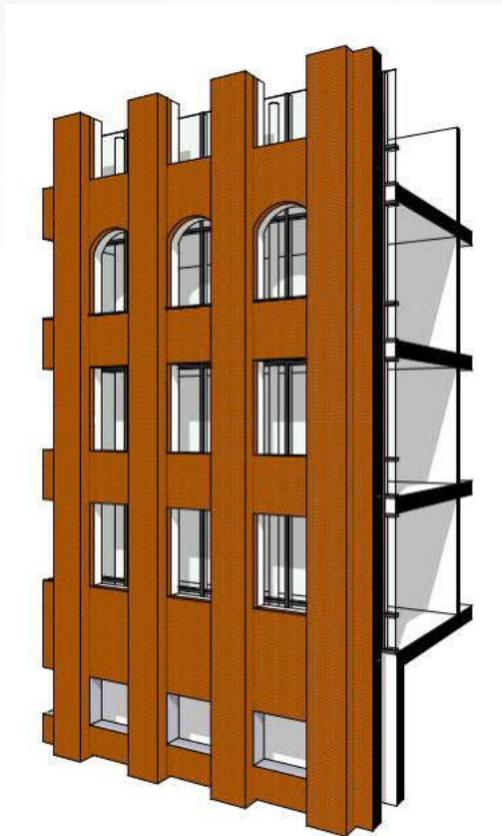
- a) Ist das hypothetisch definierte Sanierungsziel erreichbar?
  
- b) Kann der Erfolg der Sanierung mit den zur Verfügung stehenden analytischen Methoden überprüft werden, oder reicht es, die Bestimmungsgrenze des Verfahrens zu unterschreiten?

## Sanierungsvorschlag:

- ✓ Vollständige Entfernung aller Zwischenwände
- ✓ Vollständige Entfernung aller Böden
- ✓ Erhalt von Fassade und Dach
- ✓ Einbau eines inneren Hauses mit einem definierten Abstand zur Fassade
- ✓ Belüftung des inneren Gebäudes mit einer RLT-Anlage

## Haus-in-Haus-Lösung: Variante 1

Die Fassade des inneren Hauses wird in Glas ausgeführt. Der Zwischenraum zwischen den Fassaden wird hinterlüftet.



## Vorteile Variante 1

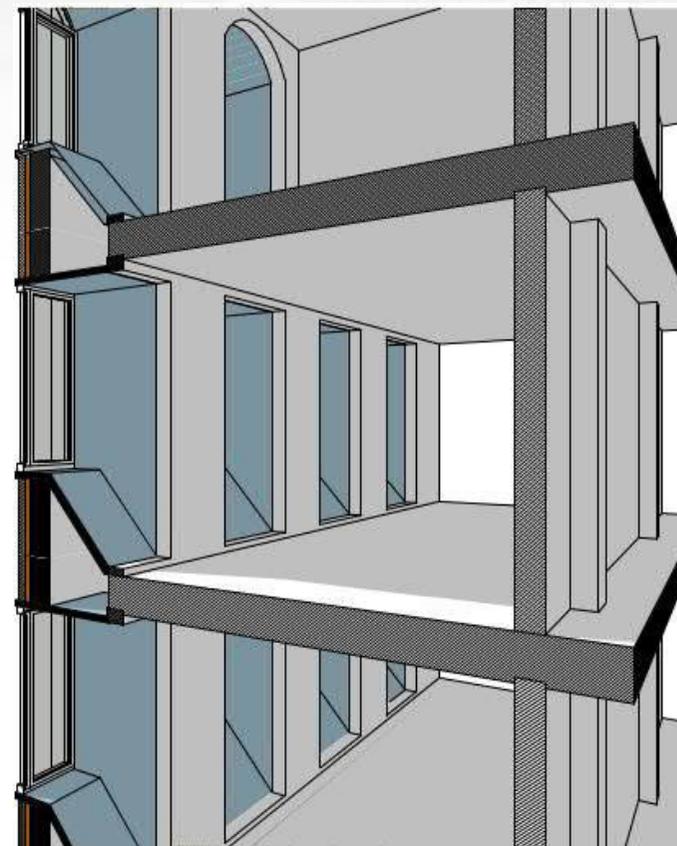
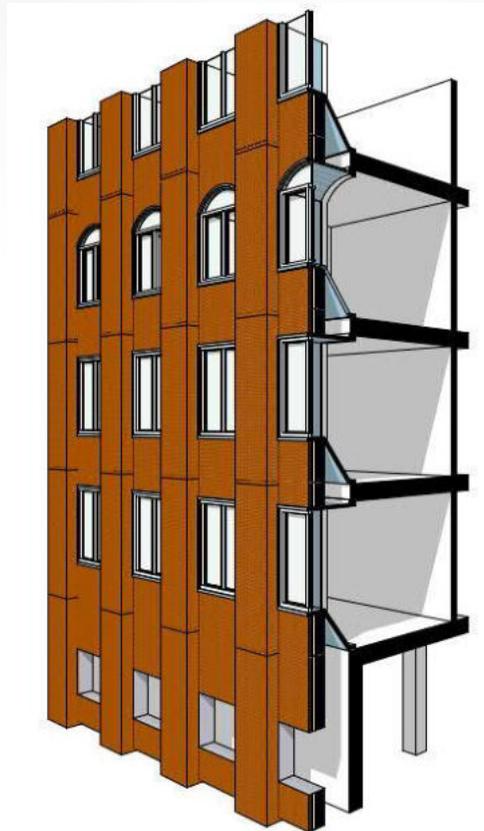
- Optimaler Lichteinfall
- Vollständige Trennung von der alten Bausubstanz

## Nachteile Variante 1

- Fenster können nicht geöffnet werden
- Zusätzliche natürliche Belüftung nicht möglich
- Wohnraumnutzung nur schwer vorstellbar

## Haus-in-Haus-Lösung: Variante 2

Die Fassade des inneren Hauses wird massiv ausgeführt. Der Zwischenraum zwischen den Fassaden wird hinterlüftet.



## Vorteile Variante 2

- Fenster können geöffnet werden
- Zusätzliche natürliche Belüftung ist möglich
- Wohnraumnutzung ist denkbar

## Nachteile Variante 2

- Schlechte natürliche Beleuchtung aufgrund der "Schießscharten-Fenster"
- Direkter Anschluss an die kontaminierte Bausubstanz bedingt Anfälligkeit für Undichtigkeiten
- Belüftung des Zwischenraums der Fassaden ist strömungstechnisch anspruchsvoller

## Analytische Methode zur Erfolgskontrolle:

Die Bestimmungsgrenze des derzeit eingeführten Verfahrens zur Bestimmung der Nitrosamine in der Raumluft liegt oberhalb des Sanierungsziels. Das heißt, das Verfahren ist zu Erfolgskontrolle ungeeignet. Laut den vorliegenden Aussagen des Labors ist eine weitere Verfahrensoptimierung nicht möglich.

Für die Erfolgskontrolle der Sanierung wäre die Entwicklung eines neuen Verfahrens inkl. Validierung erforderlich. Derzeit läuft an der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg ein von der DGUV gefördertes Forschungsvorhaben zu diesem Thema. Hintergrund ist die mögliche Erniedrigung des Akzeptanzrisikos der TRGS 910.

## Zusammenfassung Projekt 2:

- Eine Sanierung der mit Nitrosaminen belasteten Gebäude durch eine Haus-in-Haus-Lösung erscheint aus lufthygienischer Sicht möglich.
- Ein konkreter Sanierungszielwert muss durch eine Toxikologin / einen Toxikologen festgelegt werden.
- Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist für die Erfolgskontrolle der Sanierung eine neues analytisches Verfahren zu entwickeln.
- Unklar ist die Akzeptanz der Sanierung durch die späteren Nutzer.

Die Graphiken zu Projekt 2 wurden uns von der UP+ Architekten | Stadtplaner Uffelmann Pruin Partnerschaft mbB zur Verfügung gestellt.

COMPETENZA

concept  
analytic  
academy

**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit**