



# Chemical Emergency Medical Guideline

Informationen und Empfehlungen für medizinisches Personal

## Stickstoffdioxid

CAS-Nr.: 10102-44-0

GHS-Symbole:



**GHS05**

Ätzwirkung



**GHS06**

Akute Toxizität

**Signalwort: Gefahr**

**Gefahrenhinweise:**

- H314 Verursacht schwere Verätzungen der Haut und schwere Augenschäden.  
H330 Lebensgefahr bei Einatmen.

### Kurzinformation

- Ein Patient, der selbst oder dessen Kleidung mit Stickstoffdioxid benetzt ist, kann andere Personen durch direkten Kontakt oder durch ausgasendes Stickstoffdioxid gefährden.
- Stickstoffdioxid und seine Dämpfe oder Rauch führen schnell zu Verätzungen bei Kontakt mit Geweben wie Augen, Haut und obere Atemwege und verursachen Symptome wie Reizungen, Brennen, Husten, Engegefühl in der Brust und Atemnot. Laryngospasmus und ein toxisches Lungenödem (Atemnot, Zyanose, Auswurf, Husten) können auftreten.
- Das Verschlucken von Stickstoffdioxid kann schwere Verätzungen an Lippen, Mund, Rachen, Speiseröhre und Magen bewirken.
- Ein spezifisches Antidot ist nicht bekannt. Die Behandlung richtet sich nach dem Ausmaß der Exposition und der Beschwerden.

**Inhalt**

<b>1. Informationen zur Substanz</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Exposition</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. Einatmen</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2. Haut-/Augenkontakt</b> .....	<b>3</b>
<b>2.3. Verschlucken</b> .....	<b>3</b>
<b>3. Akute gesundheitliche Wirkungen</b> .....	<b>3</b>
<b>3.1. Dosis-Wirkungs-Beziehung</b> .....	<b>3</b>
<b>3.2. Atemwege</b> .....	<b>3</b>
<b>3.3. Hautkontakt</b> .....	<b>4</b>
<b>3.4. Augenkontakt</b> .....	<b>4</b>
<b>3.5. Blut</b> .....	<b>4</b>
<b>3.6. Magen-Darm-Trakt</b> .....	<b>4</b>
<b>3.7. Niere</b> .....	<b>4</b>
<b>3.8. Mögliche Folgen</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Maßnahmen</b> .....	<b>4</b>
<b>4.1. Selbstschutz der Helfer</b> .....	<b>4</b>
<b>4.2. Rettung</b> .....	<b>5</b>
<b>4.3. Reinigung</b> .....	<b>5</b>
<b>4.4. Initiale Behandlung (präklinisch oder klinisch)</b> .....	<b>5</b>
<b>4.6. Weiteres Vorgehen und Behandlung</b> .....	<b>6</b>
<b>4.7. Entlassung des Patienten / Anweisungen für das weitere Verhalten</b> .....	<b>7</b>
<b>5. Literaturangaben</b> .....	<b>8</b>

## 1. Informationen zur Substanz

Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), CAS 10102-44-0

Synonym: Distickstofftetroxid (N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)

Bis 21°C ist Stickstoffdioxid eine farblose bis gelbe Flüssigkeit. Über 21°C ist es ein Gas. Das konzentrierte Gas hat eine dunkelviolette bis schwarze Farbe. Wird es verdünnt, so bekommt es eine rotbraune bis gelbe Farbe. Stickstoffdioxid hat einen reizenden scharfen Geruch bei Konzentrationen von 1 bis 5ppm. Bei Kontakt mit Wasser wird Salpetersäure gebildet. Stickstoffdioxid selbst ist nicht entzündlich, kann aber bei anderen Materialien die Entzündbarkeit erhöhen oder ihre spontane Verbrennung bewirken. Stickstoffdioxid entsteht auf natürlicher Weise bei Verbrennung fossiler Brennstoffe wie Kohle, Öl oder Gas sowie bei der Fermentation von Getreide in Silos. Es ist auch Bestandteil von Smog. Stickstoffdioxid wird bei der Reaktion zwischen Salpetersäure und organischen Stoffen freigesetzt. Es wird auch bei der Einwirkung von Salpetersäure auf Metalle, z. B. beim Galvanisieren, Beizen und Ätzen, gebildet.

## 2. Exposition

### 2.1. Einatmen

Der Geruch und der Reizeffekt von Stickstoffdioxid haben eine deutliche Warnwirkung vor akut gefährlichen Konzentrationen.

### 2.2. Haut-/Augenkontakt

Direkter Kontakt nasser oder feuchter Haut mit flüssigem Stickstoffdioxid oder konzentrierten Dämpfen bewirkt schwere Verätzungen. Stickstoffdioxid wird durch die Haut kaum aufgenommen.

### 2.3. Verschlucken

Verschlucken von Stickstoffdioxid kann zu schweren Verätzungen an Lippen, Mund, Rachen, Speiseröhre und Magen führen.

## 3. Akute gesundheitliche Wirkungen

### 3.1. Dosis-Wirkungs-Beziehung

<u>Stickstoffdioxidkonzentrationen</u>	<u>Wirkung/Effekte</u>
1 – 5 ppm	- Geruchsschwelle (Toleranzentwicklung möglich)
5 – 10 ppm	- Leichte Schleimhautreizung
25 ppm	- Sofortiges Auftreten von Brustschmerzen, Atemnot, Husten, Bronchitis, gewöhnlich komplett reversibel
50 – 150 ppm	- Bronchiolitis, fokale Lungenentzündung, irreversible Lungenschäden möglich
> 100 ppm	- Lungenödem möglich
1000 ppm	- Tödlich innerhalb weniger Minuten

### 3.2. Atemwege

Die Exposition gegenüber Stickstoffdioxid bewirkt gewöhnlich eine Trockenheit von Nase und Rachen sowie Husten. Die Inhalation sehr hoher Konzentrationen kann zu einem Bronchospasmus und schließlich zu einer Obstruktion der Atemwege und zum Tod führen. Die Entwicklung von Atembeschwerden mit Engegefühl in der Brust und eines toxischen Lungenödems (Atemnot, Zyanose, Auswurf, Husten) kann noch mit einer Verzögerung von über 24 Stunden erfolgen.

Die Exposition gegenüber Stickstoffdioxid und Stickoxiden bewirkt akute und chronische Veränderungen im pulmonalen System, z. B. Lungenödem, Lungenentzündung, Bronchitis, Bronchiolitis, Emphysem, sowie möglicherweise eine Methämoglobinämie. Unmittelbar treten gewöhnlich außer einem leichten Husten, Müdigkeit oder Übelkeit keine Symptome auf. Trotzdem ist auch nach zunächst nur minimalen Symptomen die Entwicklung eines tödlichen toxischen Lungenödems möglich.

Weitere akute Effekte können sich innerhalb 1-2 Stunden nach Exposition entwickeln, z. B. Tachypnoe, Tachykardie, feines alveoläres Knistern, pfeifendes Atmege räusch sowie Zyanose. Es können sich z.B. akut Dyspnoe und Husten entwickeln, die über zwei bis drei Wochen langsam abklingen. Eine zweite Phase kann ein plötzliches Auftreten von Fieber und Schüttelfrost, schwerere Atemnot, Zyanose und ein Lungenödem umfassen. Eine Korrelation zwischen der Schwere der Symptome der ersten und denjenigen der zweiten Phase besteht nicht.

### 3.3. Hautkontakt

Tiefe Verätzungen von Haut und Schleimhäuten können durch den Kontakt mit konzentriertem Stickstoffdioxid erfolgen; manchmal verfärbt sich die Haut dabei gelb. Der Kontakt mit weniger konzentrierten Dämpfen oder Rauch kann zu brennenden Schmerzen, Rötung und Entzündungen führen.

### 3.4. Augenkontakt

Schwere Augenverätzungen mit einer Trübung der Augenoberfläche bis hin zu einer Penetration des Augapfels mit nachfolgender Erblindung können aus der Einwirkung von flüssigem Stickstoffdioxid resultieren. Niedrige Konzentrationen des Dampfes oder Rauches verursachen schmerzhaftes Missem pfindungen, krampfhaftes Blinzeln oder unbeabsichtigtes Schließen der Augenlider, Rötung und Tränenfluss.

### 3.5. Blut

Nur nach einer sehr ausgeprägten Exposition kann eine Methämoglobinämie auftreten, allerdings gewöhnlich nur in einem Ausmaß, das keine spezifische Behandlung erfordert. *Für weitere Informationen über die Therapie der Methämoglobinämie siehe BASF CEMG Professional für Anilin.*

### 3.6. Magen-Darm-Trakt

Bauchschmerzen, Übelkeit und Erbrechen können vorkommen. Im Falle des Verschluckens kann eine diffuse Verätzung der Schleimhaut den gesamten Gastrointestinaltrakt betreffen.

### 3.7. Niere

Störungen des Säure-Basen-Status und ein akutes Nierenversagen können auftreten.

### 3.8. Mögliche Folgen

Haut-, Augen- und Schleimhautschädigungen, die durch Verätzungen verursacht wurden, können irreversibel sein, z.B. Gangrän, Blindheit, oder Ösophagusstenosen. Nach Inhalation kommt es üblicherweise zu einer vollständigen Wiederherstellung; in einzelnen Fällen können Symptome und Einschränkungen der Lungenfunktion persistieren. Permanente restriktive und obstruktive Lungenerkrankungen können nach bronchiolärer Schädigung zurückbleiben. Eine Zerstörung von Lungengewebe oder eine Narbenbildung kann zu einer chronischen Dilatation von Bronchien und zu einer erhöhten Suszeptibilität gegenüber Infektionen führen. Die chronische oder länger dauernde Einwirkung hat möglicherweise ein erhöhtes Risiko von Gelbverfärbung oder Erosion der Zähne zur Folge.

## 4. Maßnahmen

### 4.1. Selbstschutz der Helfer

Wenn der Verdacht besteht, dass der Bereich, den der Helfer betreten muss, möglicherweise gefährliche Konzentrationen von Stickstoffdioxid enthält (siehe oben), müssen ein Umluft unabhängiges Atemschutzgerät und ein Chemieschutzanzug getragen werden. Kontaminierte Ausrüstung darf nicht benutzt werden.

Ein Patient, der selbst oder dessen Kleidung mit Stickstoffdioxid benetzt ist, kann andere Personen durch direkten Kontakt oder durch ausgasendes Stickstoffdioxid gefährden.

## 4.2. Rettung

Patienten sollten unmittelbar aus dem Gefahrenbereich entfernt werden. Falls sie nicht in der Lage sind selbstständig zu gehen, sollten sie zügig mit geeigneten Mitteln unter Beachtung des Eigenschutzes aus dem Gefahrenbereich verbracht werden. Absoluten Vorrang hat dann das "A, B, C-Schema".

- A) Atemwege freimachen** (auf Blockade durch Zunge oder Fremdkörper achten)
- B) Beatmung** (Atmung des Patienten überprüfen, ggf. Beatmung mit ausreichendem Selbstschutz, z. B. Atemmaske, beginnen)
- C) Circulation** (Beginn der Wiederbelebung bei jeder Person, die nicht auf Ansprache reagiert und keine normale Atmung hat)

## 4.3. Reinigung

Patienten, die nur Stickstoffdioxiddämpfen ausgesetzt gewesen sind und keinerlei Zeichen einer Haut- oder Augenreizung aufweisen, benötigen im Unterschied zu allen anderen keine speziellen Reinigungsmaßnahmen. Wenn möglich, sollten die Patienten bei ihrer eigenen Reinigung mithelfen. Kam es zu einer Einwirkung von flüssigem Stickstoffdioxid und ist die Kleidung verunreinigt, muss diese entfernt und sicher eingepackt werden.

Sollten die Augen Stickstoffdioxid ausgesetzt gewesen sein oder Augenreizungen vorliegen, muss mit Wasser oder neutraler Kochsalzlösung über mindestens 15 Minuten gespült werden. Vorhandene Kontaktlinsen - soweit ohne zusätzliche Gefahr fürs Auge möglich - sind zu entfernen. Andere wichtige Hilfsmaßnahmen müssen währenddessen fortgesetzt werden.

Betroffenen Haut- und Haarpartien mit Wasser über mindestens 15 Minuten spülen. Andere wichtige Hilfsmaßnahmen sind währenddessen fortzusetzen. Augen während des Spülens schützen.

## 4.4. Initiale Behandlung (präklinisch oder klinisch)

Die folgenden Maßnahmen werden empfohlen, falls die Expositionskonzentration 10ppm oder mehr beträgt oder falls Symptome, z.B. Reizungen der Augen oder pulmonale Symptome vorhanden sind oder falls keine Expositionskonzentration abgeschätzt werden kann, aber eine relevante Exposition wahrscheinlich erfolgt ist:

- Sauerstoffgabe
- Verabreichung von 8 Sprühstößen Beclometason (800µg Beclometasondipropionat) aus einem Dosieraerosol.

Bei Zeichen einer Verengung der Atemwege (z.B. Bronchospasmus oder Stridor)

- Vernebelung von Adrenalin (Epinephrin): 2 mg Adrenalin (2ml) mit 3ml NaCl 0,9% mischen und über eine Verneblermaske inhalieren lassen
- Gabe eines  $\beta$ 2-selektiven Adrenozeptor-Agonisten, z.B. vier Hübe Terbutalin oder Salbutamol oder Fenoterol (ein Hub enthält üblicherweise 0,25mg Terbutalinsulfat; bzw. 0,1mg Salbutamol; bzw. 0,2mg Fenoterol); dies kann einmal nach 10 Minuten wiederholt werden.

Alternativ können 2,5mg Salbutamol und 0,5mg Ipratropiumbromid über eine Verneblermaske verabreicht werden.

Falls eine Inhalation nicht möglich ist, Gabe von Terbutalinsulfat (0,25mg bis 0,5mg) subkutan oder Salbutamol (0,2mg bis 0,4mg über 15 Minuten) intravenös.

Intravenöse Gabe von 250mg Methylprednisolon (oder einer äquivalenten Steroiddosis).

Bei Zeichen eines toxischen Lungenödems (z.B. schaumiger Auswurf, feuchte Rasselgeräusche)

- CPAP-Therapie
- Intravenöse Gabe von 1000 mg Methylprednisolon (oder einer äquivalenten Steroiddosis)  
Bei (zunehmender) respiratorischer Insuffizienz erweitertes Atemwegsmanagement, z.B. endotracheale Intubation oder ggf. Koniotomie.

*Anmerkung: Die Wirksamkeit der Gabe eines Corticosteroids ist bislang nicht in kontrollierten klinischen Studien nachgewiesen worden.*

Nach Hautkontakt mit Stickstoffdioxid können schwere Schädigungen resultieren; diese sind wie Verbrennungen zu behandeln: adäquate Flüssigkeitsgabe, analgetische Therapie, Aufrechterhaltung der Körpertemperatur, Abdeckung des betroffenen Hautareals mit einer sterilen Auflage oder einem sauberen Tuch.

Nach Exposition der Augen können ebenfalls schwere Schädigungen resultieren; auch diese sind wie Verbrennungen zu behandeln. Unverzüglich einen Augenarzt konsultieren.

*Anmerkung: Jede Exposition gegenüber flüssigem Stickstoffdioxid im Gesichtsbereich kann ernste Folgen haben.*

Im Falle des Verschluckens von Stickstoffdioxid auf keinen Fall Erbrechen provozieren.

Falls Zeichen oder Symptome einer Ösophagusreizung oder -verätzung vorliegen, sollte der Patient zeitnah in einem Endoskopie-Zentrum vorgestellt. Eine Endoskopie zur Bestimmung des Ausmaßes der Schädigung (V.a. Verdacht auf gastrointestinale Nekrose oder Perforation?) sollte erwogen werden.

Nur wenn eine signifikante Dosis weniger als 30 Minuten vor der endoskopischen Untersuchung des Patienten verschluckt wurde und eine Perforation ausgeschlossen werden kann, ist eine sofortige Magenspülung zu erwägen.

Patienten, die gegenüber einer Konzentration von 10ppm oder mehr exponiert waren oder Stickstoffdioxid verschluckt haben, sowie Patienten ohne Expositionsmesswerte, aber mit dem Verdacht auf eine relevante Exposition, sollten unverzüglich in ein Krankenhaus mit Intensivtherapiemöglichkeiten transportiert werden.

#### 4.6. Weiteres Vorgehen und Behandlung

Neben Anamnese, körperlicher Untersuchung und Vitalfunktionen sollten Pulsoxymetrie, eine p.a. Thorax Röntgenaufnahme und eine Spirometrie durchgeführt werden. Routinemäßige Laborbestimmungen sollten ein großes Blutbild, Glukose und Elektrolyte einschließen. Arterielle Blutgase und Methämoglobinkonzentrationen sollten bei symptomatischen Patienten bestimmt werden, um eine eventuelle Azidose oder Methämoglobinämie abschätzen zu können.

Radiologisch eindeutige Zeichen eines Lungenödems - Vergrößerung der Hili, typische, zentral betonte, fleckförmige Verschattungen im Thorax Röntgenbild - sind späte Zeichen, die oft erst 24 Stunden nach einer Exposition erkannt werden können. Das Röntgenbild ist typischerweise bei der Erstvorstellung im Krankenhaus auch nach Einatmen einer relevanten Dosis noch unauffällig.

Patienten mit möglicher Exposition bzw. mit deutlichen Beschwerden oder Symptomen sollten über einen angemessenen Zeitraum nachbeobachtet und wiederholt nachuntersucht werden, bevor gesundheitliche Folgeschäden ausgeschlossen werden.

Verzögert auftretende Wirkungen bei Patienten mit nur leichten, schnell abklingenden Symptomen der oberen Atemwege (leichtes Brennen oder Husten) sind unwahrscheinlich.

Wenn die Sauerstoffsättigung unter 90% fällt, sind unverzüglich die arteriellen Blutgaskonzentrationen zu überprüfen und das Thorax Röntgen zu wiederholen. Wenn die Blutgaskonzentrationen sich verschlechtern und/oder die Thorax Röntgenaufnahme Zeichen eines toxischen Lungenödems zeigt, sollte Sauerstoff über eine Maske appliziert werden. Bei sich manifestierender Verschlechterung (insbesondere bei Tachypnoe (>30/min) und gleichzeitiger Abnahme des Kohlendioxidpartialdrucks) ist eine CPAP-Therapie innerhalb der ersten 24 Stunden nach Exposition zu beginnen.

Im Falle der Entwicklung eines Lungenödems sollten Flüssigkeitsaufnahme und -ausscheidung sowie Elektrolyte engmaschig kontrolliert werden. Eine positive Flüssigkeitsbilanz ist zu vermeiden. Zur Optimierung des Flüssigkeitsmanagements ist das Legen eines Zentralvenen-Katheters in Betracht zu ziehen.

Solange Anzeichen eines Lungenödems persistieren, sollte die intravenöse Gabe von Methylprednisolon (oder eines äquivalenten Steroids) in Intervallen von 8 bis 12 Stunden fortgesetzt werden.

Eine prophylaktische Antibiotikagabe wird nicht routinemäßig befürwortet, kann aber auf der Basis der Ergebnisse von Sputumkulturen erwogen werden. Eine Pneumonie kann als Komplikation eines schweren Lungenödems auftreten.

#### **4.7. Entlassung des Patienten / Anweisungen für das weitere Verhalten**

Klinisch asymptomatische Patienten, die einer Stickstoffdioxid-Konzentration von weniger als 10ppm (abhängig von der Einwirkungsdauer) ausgesetzt waren und unauffällige klinische Untersuchungsbefunde und keinerlei Zeichen einer toxischen Wirkung nach angemessener Nachbeobachtungszeit zeigen, können unter folgenden Umständen entlassen werden:

- Informationen und Empfehlungen für Patienten mit Anweisungen für das weitere Verhalten wurden mündlich und schriftlich erteilt. Der Patient wurde aufgefordert, sich sofort in ärztliche Behandlung zu begeben, falls gesundheitliche Beschwerden auftreten.
- Der Arzt hat den Eindruck, dass der Patient die toxischen Wirkungen von Stickstoffdioxid kennt bzw. verstanden hat.
- Der weiterbetreuende Arzt ist unterrichtet, so dass ein regelmäßiger Kontakt zwischen Patienten und Arzt in den folgenden 24 Stunden möglich ist.
- Schwere körperliche Arbeit sollte in den folgenden 24 Stunden nicht erfolgen.
- Mindestens 72 Stunden nicht rauchen und Zigarettenrauch meiden; der Rauch kann die Lungenfunktion verschlechtern.
- Patienten mit ernststen Haut- oder Augenverletzungen sollten nach 24 Stunden erneut untersucht werden.
- Die Spirometrie sollte nach der Entlassung in regelmäßigen Abständen wiederholt werden, bis sich die Werte auf die Ausgangswerte des Patienten vor Exposition normalisiert haben.

## 5. Literaturangaben

Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Hrsg. Salpetersäure / Stickstoffoxide. Heidelberg: Jedermann-Verlag, 1987. (Merkblätter für gefährliche Arbeitsstoffe; M 014.)

Buttgereit F, Dimmeler S, Neugebauer E, Burmester GR. Wirkungsmechanismen der hochdosierten Glucocorticoidtherapie. Dtsch Med Wschr 1996; 121: 248-252.

Diller WF. Anmerkungen zum Unglück in Bhopal. Dtsch Med Wschr 1985; 110: 1749-1751.

Ellenhorn MJ, Schonwald S, Ordog G, Wasserberger J. Ellenhorn's Medical Toxicology: Diagnosis and Treatment of Human Poisoning. 2nd ed. Baltimore: Williams & Wilkins, 1997: 1461.

Goldfrank LR, Flomenbaum NE, Lewin NA, Weisman RS, Howland MA, Hoffman RS. Toxicologic Emergencies. 6th ed. Norwalk: Appleton & Lange, 1998: 1192, 1194, 1526, 1531.

Grant WM, Schuman JS. Toxicology of the Eye. 4th ed. Springfield: Charles C Thomas Publisher, 1993: 1049-1050.

Thiess AM, Schmitz T. Gesundheitsschädigungen und Vergiftungen durch Einwirkung von Reizstoffen auf die oberen und mittleren Atemwege. Sichere Arbeit 1969; 3/69: 11-18.

U.S. Department of Health & Human Services - Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ed. Nitrogen Oxides. Atlanta, 1994. (Managing Hazardous Materials Incidents; vol III.)

Yockey CC, Eden BM, Byrd RB. The McConnell Missile Accident – Clinical Spectrum of Nitrogen Dioxide Exposure. J Am Med Assoc 1980; 244: 1221-1223.

Foncerrada G et al, Safety of Nebulized Epinephrine in Smoke Inhalation Injury, J Burn Care Res 2017;38:396–402

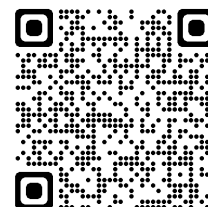
Walker PGF et al, Diagnosis and management of inhalation injury: an updated review, Critical Care (2015) 19:351

Olasveengen TM, Semeraro F, et. Al: European Resuscitation Council Guidelines 2021: Basic Life Support. Resuscitation 2021, 161: 98-114

**Administrative Information**

<b>Document Type</b>	Chemical Emergency Medical Guideline
<b>Number of Version</b>	DE.1.0.0
<b>Initial Publication</b>	01.01.2026
<b>Next Revision</b>	2029
<b>Responsible Unit (Author)</b>	ESG/CH ESG/AS
<b>Contact Person</b>	ESG/CH: Dr. M. Conzelmann, T. Schröck ESG/AS: Dr. D. Frambach

**BASF SE**  
 Corporate Health Management  
 Carl-Bosch-Straße 38  
 67056 Ludwigshafen  
 Deutschland



In diesem Dokument hat die BASF alle mögliche Sorgfalt aufgewandt, um die Richtigkeit und Aktualität der dargestellten Informationen sicherzustellen, beansprucht aber nicht, dass dieses Dokument umfassend alle diesbezüglich möglichen Situationen erfasst. Dieses Dokument ist als zusätzliche Informationsquelle für Ärzte in Krankenhäusern konzipiert und soll bei der Beurteilung des Zustands und bei der Behandlung von Stickstoffdioxid ausgesetzten Patienten Hilfe leisten. Es ersetzt aber nicht die professionelle Beurteilung der jeweiligen Situation durch die Ärzte in Krankenhäusern und muss unter Berücksichtigung gesetzlicher Regelungen und Vorschriften sowie spezifischer, über den jeweiligen Patienten zur Verfügung stehender Informationen interpretiert werden.