


## Technische Beratung

# Expertengutachten

INFRAS Forschung und Beratung  
Binzstrasse 23  
CH - 8045 Zürich

Projekt: Expertengutachten im Auftrag des Schweizer  
Bundesamtes für Umwelt

Thema: Entstehung und Beeinflussung des Nebenproduktes  
Distickstoffoxid (Lachgas) in der Niacin-Anlage der  
Lonza AG in CH-3930 Visp

Ersteller   
Fa. Essenzis GmbH  
Hegne Strasse 5a  
D - 79650 Schopfheim

Datum 06. März 2019

Status Finale Version (Revision 1)



## Inhalt

1. Executive Summary .....	3
2. Abkürzungs- und Symbolverzeichnis .....	4
3. Einleitung .....	5
4. Hintergrund .....	5
5. Fragestellungen .....	6
6. Ist-Situation und Sachverhalt .....	6
6.1 Basisinformationen .....	6
6.2 Ortsbesichtigung .....	6
6.2.1 Datum und Teilnehmer .....	6
6.2.2 Lageplan .....	7
6.3 Anlagen- und Prozessübersicht .....	8
6.3.1 Blockfließbild .....	8
6.3.2 Reaktionsstufe .....	9
6.3.3 Abgasreinigung .....	10
6.3.3.1 Aufbau .....	10
6.3.3.2 Oxidation .....	11
6.3.3.3 Absorption .....	12
6.3.3.4 CO/HCN-Katalysator .....	12
6.3.3.5 Denox .....	13
6.3.3.6 NH <sub>3</sub> -Brenner .....	13
6.3.4 Aufarbeitung .....	14
6.4 Abgasmessungen .....	14
6.4.1 Durchführung .....	14
6.4.2 Messergebnisse im März 2018 .....	16
6.4.3 Messung im Oktober 2018 .....	17
7. Erörterung der Fragestellungen .....	19
7.1 Lachgasentstehung und Zersetzung .....	19
7.1.1 Entstehung/Verminderung in der Niacin-Reaktion .....	19
7.1.2 Entstehung/Verminderung in der Aufarbeitung .....	20
7.1.3 Entstehung/Verminderung in der Abgasreinigung .....	20
7.2 Einflussfaktoren und mögliche Stellschrauben der Lachgasentstehung .....	21
7.3 Anlagenauslastung .....	21
8. Schlussfolgerungen .....	22
9. Referenzen .....	23
10. Literaturverzeichnis .....	24
 Anhang 1: Übersicht der Hauptsubstanzen .....	25
Anhang 2: Screenshot der Abgasreinigung .....	26
Anhang 3: Blendenberechnung .....	27
Anhang 4: Reaktionsmechanismus der Niacinbildung .....	28

## 1. Executive Summary

Die Lonza AG in Visp betreibt eine chemische Produktionsanlage zur Herstellung von Niacin (Nikotinsäure). Als ein Nebenprodukt entsteht Lachgas, welches über den Abgasstrom in die Atmosphäre entweicht.

Die Zielsetzung des vorliegenden Gutachtens ist die Klärung der Fragestellung, an welchen Stellen des Produktionsprozesses Lachgas entsteht oder abgebaut wird, sowie von welchen Einflussfaktoren die Entstehung oder Verminderung abhängig ist. Als weitere Fragestellung ist die derzeitige Auslastung der Anlage zu klären.

Im Rahmen des Gutachtens wurde am 08. Januar 2019 eine Ortsbesichtigung durchgeführt. Weiterhin wurden seitens des Betreibers Informationen und Dokumente zur Verfügung gestellt.

Im Rahmen des Gutachtens wurde geklärt, dass die Lachgasentstehung im Reaktionsteil der Anlage, d.h. während der Reaktion des Vorproduktes mit Salpetersäure in den Reaktoren stattfindet. Für eine Entstehung oder Verminderung ausserhalb der Reaktoren konnten keine Hinweise gefunden werden.

Zu den Einflussfaktoren auf die Lachgasentstehung oder Verminderung konnten keine Informationen ermittelt werden und es ist hierzu im Rahmen des Gutachtens keine Aussage möglich.

Nach Aussage des Betreibers ist die derzeitige Auslastung der Anlage nahezu [REDACTED], [REDACTED]. Aus Sicht des Gutachters ist davon auszugehen, dass dies zutrifft und die Anlage [REDACTED] läuft.

## 2. Abkürzungs- und Symbolverzeichnis

mbar <sub>a</sub>	Druckangabe als Absolutdruck in der Einheit mbar
bar <sub>ü</sub>	Druckangabe als Überdruck gegenüber Atmosphärendruck in der Einheit bar
CO	Kohlenmonoxid
CO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
CO/HCN-Kat.	Prozessstufe zur Eliminierung von CO und HCN
Denox	Prozessstufe zur Eliminierung von Stickoxiden
HCN	Blausäure
HNO <sub>3</sub> , HNO <sub>3</sub>	Salpetersäure
H <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O	Wasser
MEP	Methylethylpyridin (Vorprodukt)
ML	Mutterlauge; entspricht der wässrigen Phase einer Kristallisation: ML1 - Mutterlauge aus der ersten Kristallisationsstufe ML2 - Mutterlauge aus der zweiten Kristallisationsstufe
NH <sub>3</sub> , NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NO	Stickstoffmonoxid
N <sub>2</sub> O	Distickstoffoxid (Lachgas)
NO <sub>2</sub> , NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>x</sub>	Stickoxide (z.B. NO, NO <sub>2</sub> )
SCR	Selektive katalytische Reduktion ( <u>s</u> elective <u>c</u> atalytic <u>r</u> eduction)
TOC	Anteil gesamter organischer Kohlenstoff (total organic carbon)
ppm	Konzentrationsangabe: entspricht einer Konzentration von 10 <sup>-4</sup> Prozent (parts per million)
WW	Wastewater (Abwasser): WW1 - Abwasser aus der ersten Kristallisationsstufe WW2 - Abwasser aus der zweiten Kristallisationsstufe

### 3. Einleitung

Das vorliegende Expertengutachten wurde am 11. Dezember 2018 von der Fa. INFRAS Forschung und Beratung mit Sitz in Zürich beauftragt und im Auftrag des Schweizer Bundesamtes für Umwelt in Bern erstellt. Das beauftragte Gutachten dient zur Klärung technischer Fragestellungen, welche sich in Zusammenhang mit dem Schweizer Emissionshandel-System (EHS) ergeben. Der Untersuchungsgegenstand ist die Niacin-Produktionsanlage der Lonza AG am Standort Visp, insbesondere in Hinblick auf das entstehende Nebenprodukt Distickstoffmonoxid (Lachgas).

### 4. Hintergrund

Die Lonza AG betreibt am Standort in Visp eine Produktionsanlage zur Herstellung von Niacin (Nikotinsäure). Die Anlage wurde im Jahr 1971 in Betrieb genommen und seitdem mehrfach modernisiert und erweitert. [REDACTED]

In der Reaktionsstufe des Prozesses wird das Vorprodukt Methylethylpyridin (MEP) mit Salpetersäure zu Niacin umgesetzt. Im nachfolgenden Aufarbeitungsteil wird das Produkt aufgereinigt und als ein weißes, kristallines Pulver gewonnen.

Die für die Reaktion erforderliche Salpetersäure stammte bis April 2018 zum einen Teil aus der Anlagen-internen Salpetersäure-Rückgewinnung (vgl. nächster Abschnitt) und zum anderen Teil von einer separaten Salpetersäure-Produktionsanlage auf dem Lonza-Werksareal. Seit Mai 2018 wird keine Anlagen-externe Salpetersäure mehr zugeführt (die Salpetersäure-Produktionsanlage wurde ausser Betrieb genommen). Der erhöhte Bedarf an Stickoxiden, um eine genügend hohe Salpetersäure-Produktion innerhalb der Niacin-Anlage sicherzustellen, wird seit Mai 2018 mit einem in die Niacin-Anlage integrierten Ammoniakbrenner gedeckt.

[REDACTED]

Auslöser dafür war eine periodisch durchgeführte Stickoxid-Kontrollmessung im Rahmen der Luftreinhalteverordnung, bei der Unstimmigkeiten festgestellt wurden. Bei der Messung des Abgasstromes wurde erstmalig ein neues Meßverfahren mit dem Meßprinzip Chemolumineszenz (CLD) eingesetzt. Dieses zeigte eine um Faktor 2 höhere Stickoxid-Konzentration als das bisher eingesetzte Meßverfahren auf Basis von nicht-dispersiven Infrarot (NDIR). Im Rahmen einer Ursachenforschung wurde das Vorhandensein von Lachgas ermittelt, welches die NDIR-Messung aufgrund einer Querempfindlichkeit stört.

Um die technischen Zusammenhänge in Bezug auf die Lachgas-Entstehung zu untersuchen und die nachfolgend formulierten Fragestellungen zu klären, wurde das vorliegende Gutachten beauftragt.

## 5. Fragestellungen

### Hauptfragen

Frage 1: Wo genau in der Niacin-Anlage entsteht das Lachgas? Wo steigt/sinkt die Lachgasmenge in den folgenden Prozessen möglicherweise?

### Folgefragen

Frage 2: An den «Orten» (Stellen/Anlagen im Prozess), an denen das Lachgas entsteht (und jenen, an denen sich die Lachgasmenge möglicherweise ändert): Von welchen Prozessparametern (Temperatur, Druck, ...) und welchen Anlagenkonfigurationen/Anlageneinstellungen hängt die Lachgasentstehung (oder Mengenveränderung) ab?

Frage 3: Sind dies reale «Stellschrauben», d.h. hat das Unternehmen die Möglichkeit, ohne relevanten Einfluss auf die Niacin-Produktion Einfluss auf die Lachgasmengen zu nehmen?

Frage 4: Ist es möglich einzuschätzen, bei welcher (technischen) Auslastung die Niacin-Anlage heute läuft?

## 6. Ist-Situation und Sachverhalt

### 6.1 Basisinformationen

Die in Kapitel 9 aufgeführten Dokumente standen dem Gutachter zur Verfügung gestellt.

### 6.2 Ortsbesichtigung.

#### 6.2.1 Datum und Teilnehmer

Die Ortsbesichtigung fand am Dienstag, den 08. Januar 2019 von 10:00 - 14:30 Uhr bei Lonza AG, Lonzastrasse, CH-3930 Visp statt. Die folgenden Personen nahmen an der Ortsbesichtigung und anschliessenden Besprechung teil:

[REDACTED]  
[REDACTED]  
Lonza AG, Lonzastrasse, CH - 3930 Visp

[REDACTED]  
[REDACTED]  
Lonza AG, Lonzastrasse, CH - 3930 Visp

[REDACTED]  
[REDACTED]  
Lonza AG, Lonzastrasse, CH - 3930 Visp

[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

INFRAS Forschung und Beratung, Binzstrasse 23, CH-8045 Zürich

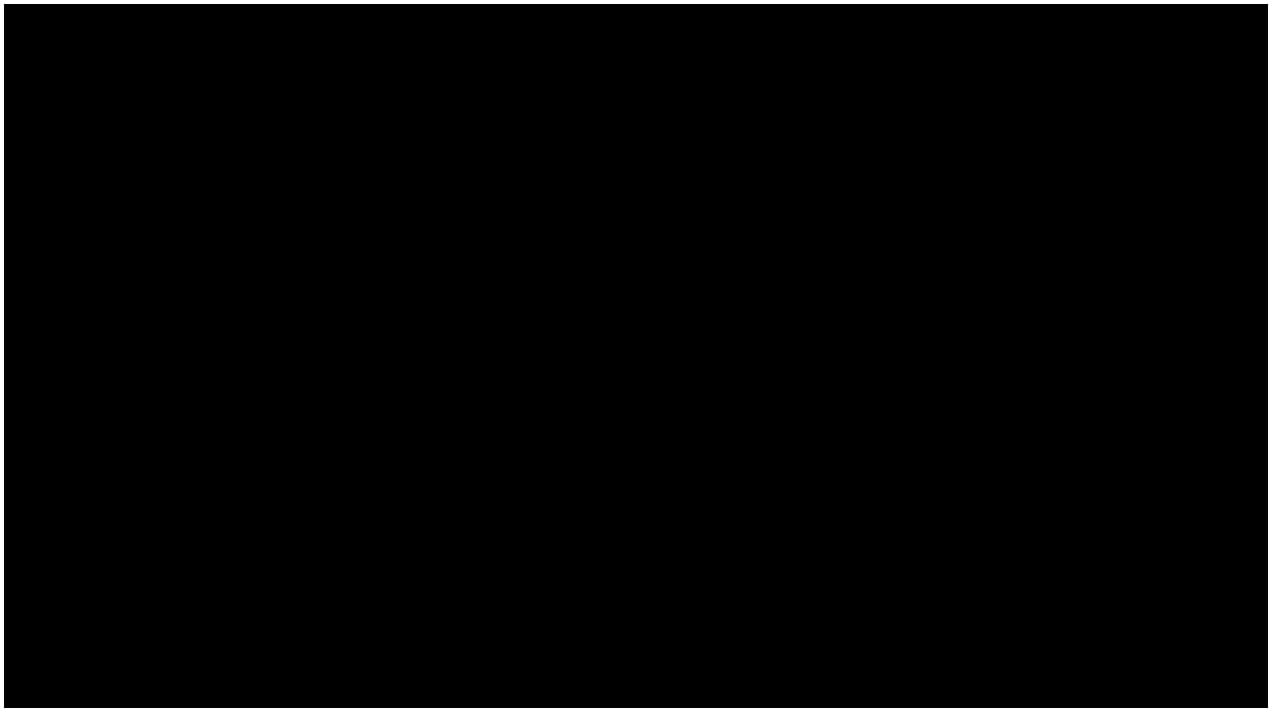
[REDACTED]

[REDACTED]

Essenzis GmbH, Hegne Str. 5a, D-79650 Schopfheim

## 6.2.2 Lageplan

Während der Ortsbesichtigung wurde die Niacin-Anlage auf dem Areal der Lonza AG in Visp besichtigt. Das Produktionsgebäude für Niacin ist auf nachfolgendem Foto des Werksareals gekennzeichnet. Der Hauptaugenmerk der Ortsbesichtigung lag auf der Reaktionsstufe und der Abgasreinigung, welche im Freiluftteil der Anlage installiert ist.



[REDACTED]

[REDACTED].

## 6.3 Anlagen- und Prozessübersicht

Bemerkung: Ein Abkürzungsverzeichnis befindet sich am Anfang des Dokuments. Eine Übersicht der wichtigsten Substanzen befindet sich im Anhang.

### 6.3.1 Blockfließbild

Das nachfolgende Blockfließbild des Niacin-Prozesses wurde der Lonza-Information [R.4] entnommen:

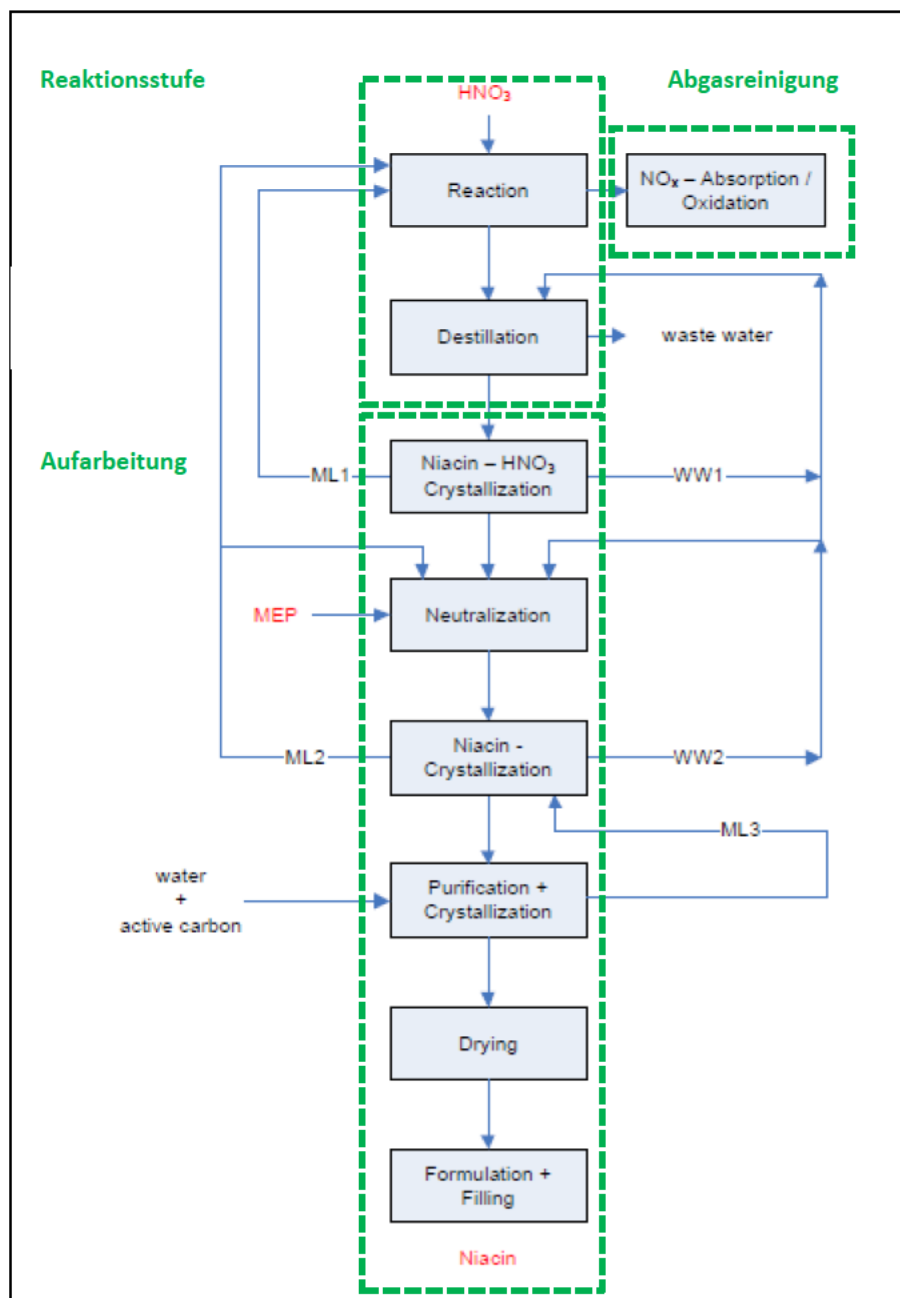


Abbildung 2: Blockfließbild der Niacin-Anlage (Die grünen Umrandungen wurden durch den Autor hinzugefügt)

Gemäß dem oben dargestellten Verfahrensablauf wird das Vorprodukt Methylethylpyridin (MEP) nicht direkt in die Reaktion zugeführt, sondern gelangt via Mutterlaugenrückführung (ML1, ML2) aus der Aufarbeitung in das Reaktorsystem.



## 6.3.2 Reaktionsstufe

Um deren grundlegenden technischen Aufbau zu illustrieren, ist nachfolgend ein stark vereinfachtes Schema (erstellt durch den Autor) wiedergegeben:

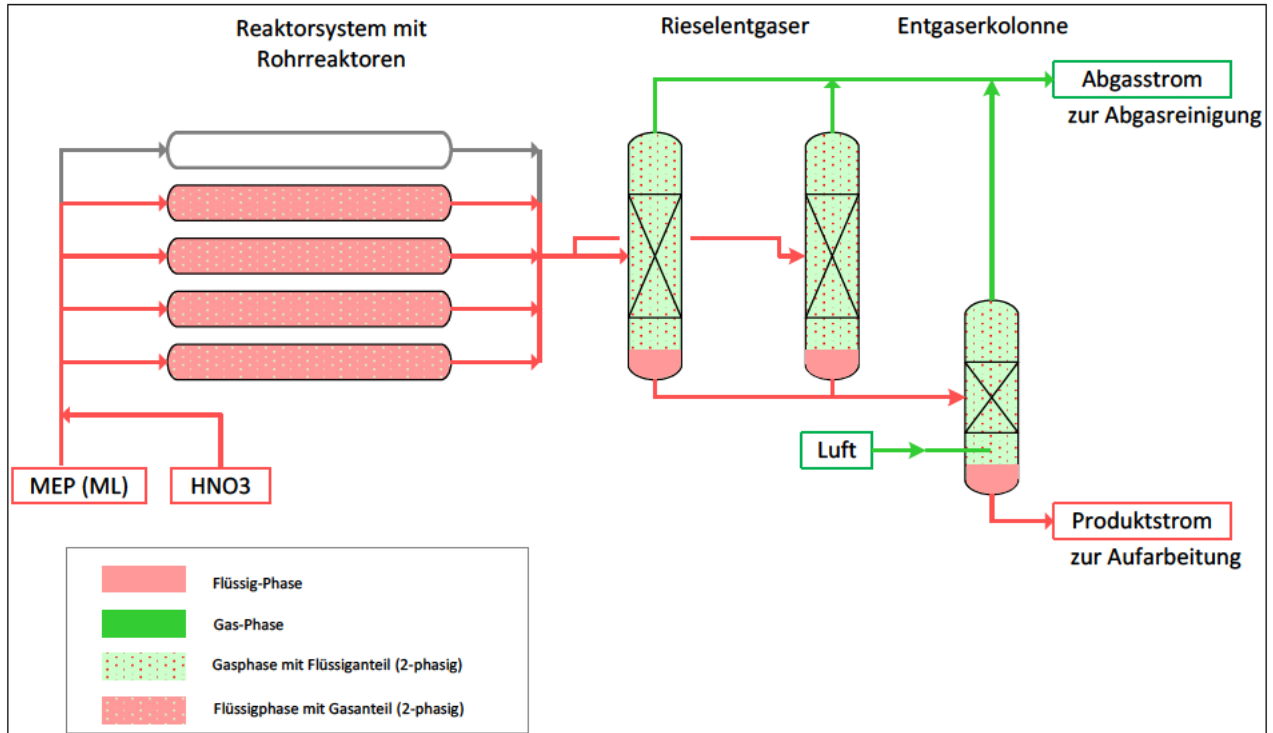


Abbildung 3: Grafisches Schema der Reaktionsstufe (Wärmerückgewinnung nicht dargestellt)

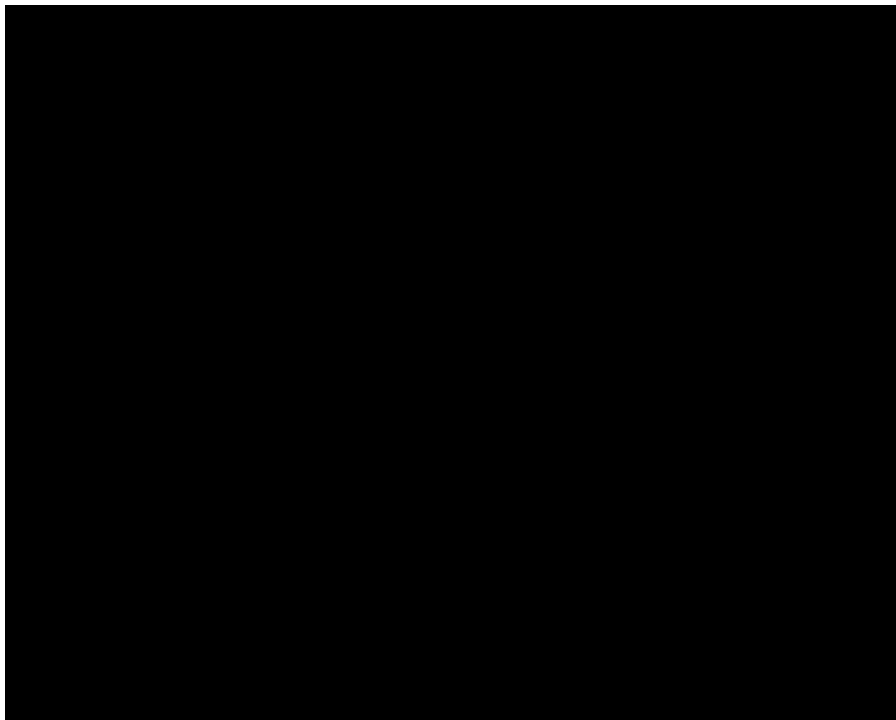
[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]



[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

### 6.3.3 Abgasreinigung

#### 6.3.3.1 Aufbau

Der Abgasstrom [Redacted] wird der Abgasreinigung zugeführt. In nachfolgender Abbildung ist der grundsätzliche Aufbau dargestellt. Ein sog. "Screenshot" der Abgasreinigung im Prozessleitsystem zum Zeitpunkt der Ortsbegehung ist im Anhang 2 dargestellt.

In der Produktionsanlage sind an vielen Stellen Wärmeaustauscher und Apparate zur Vorwärmung und Energierückgewinnung eingebaut. Diese werden im Folgenden nicht im Detail beschrieben.

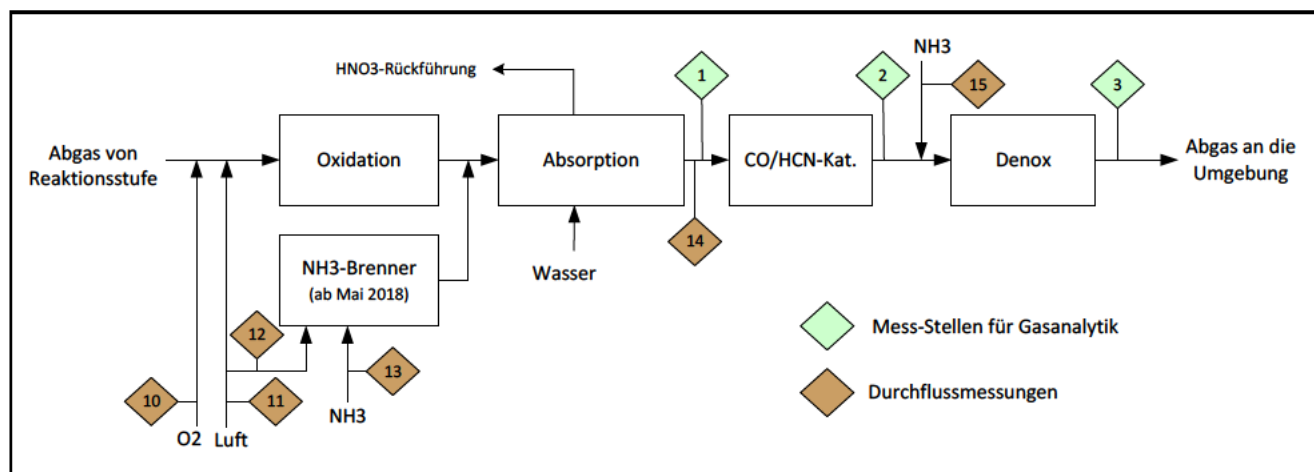


Abbildung 5: Schematische Darstellung der Abgasreinigung (erstellt durch den Autor)

## Verzeichnis der Mess-Stellen zur Gasanalytik:

Nr.	Bezeichnung	Bemerkung
<1>	Rohgas vor CO/HCN-Kat.	Messung [REDACTED] Gaszusammensetzung (Stichprobe) Oktober 2018
<2>	Abgas vor Denox	Messung [REDACTED] Gaszusammensetzung März 2018 und Oktober 2018
<3>	Abgas an Umgebung	LRV-Messstelle; Messung [REDACTED] Gaszusammensetzung (Stichprobe) Oktober 2018

## Verzeichnis der Durchflussmessungen:

Nr.	Messstelle	Bezeichnung	Meßprinzip	Bemerkung
<10>	405-A3020FC5400/B/A/IN.CV	Sauerstoff zur Oxidation	Massenstrom (Coriolis)	In Betrieb seit Mai 2018
<11>	405-A3000FI90/B/A/IN.CV	Luft zur Oxidation (Gesamtluft)	Volumenstrom (Blende)	
<12>	405-N2151FC5105/B/A/IN.CV	Luft zum Ammoniakbrenner	Volumenstrom (Vortex)	In Betrieb seit Mai 2018, Teilstrom von <11>
<13>	405-N2301FC5105/B/A/IN.CV	Durchfluss NH3 zu NH3-Verdampfer	Massenstrom (Coriolis)	In Betrieb seit Mai 2018
<14>	405-A3210FI58_X	Abgasstrom nach der Absorption	Volumenstrom (Blende)	Blendenberechnung in Anhang 3.
<15>	405-A3285FI5005/B/A/IN.CV (vormals 405-A3285FC56_X)	Feed NH3 zu Denox A3290	Massenstrom (Coriolis)	

### 6.3.3.2 Oxidation

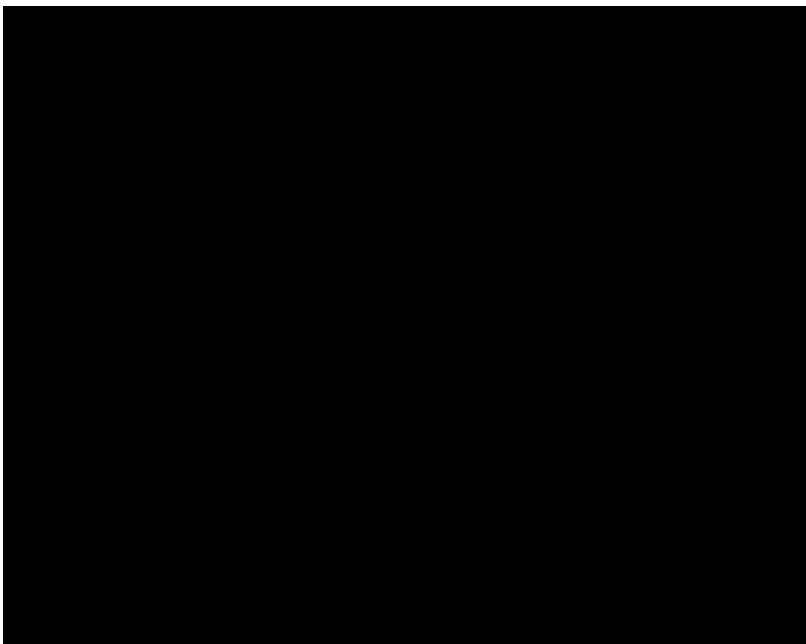
[REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]


### 6.3.3.3 Absorption


### 6.3.3.4 CO/HCN-Katalysator

Der Abgasstrom kann geringe Mengen der Gase Kohlenmonoxid (CO) und Blausäure (HCN) enthalten. Der CO/HCN-Festbettkatalysator dient dazu, diese Gase zu Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) bzw. zu Kohlendioxid und Wasser zu oxidieren. Die Prozessbedingungen sind wie folgt:

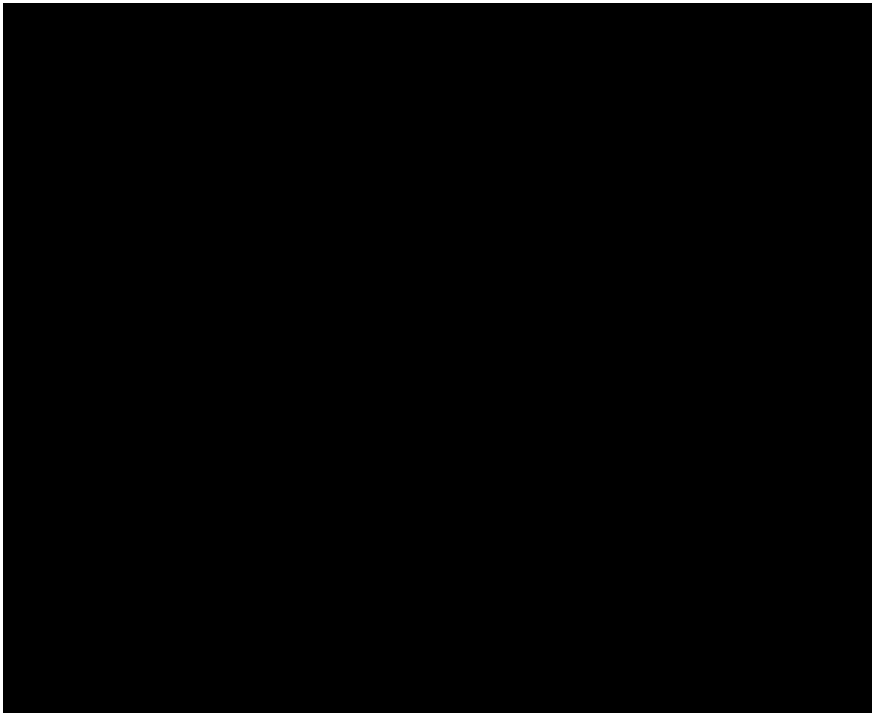



## 6.3.3.5 Denox

Der Abgasstrom enthält einen Restgehalt an Stickoxiden. Eine Denox-Abgasstufe dient dazu, die Stickoxide (NO, NO<sub>2</sub>) mittels eines selektiven Reduktionsvorgangs katalytisch zu Stickstoff und Wasser zu reduzieren (SCR-Technologie).

	2s

## 6.3.3.6 NH3-Brenner

## 6.3.4 Aufarbeitung

Der flüssige Produktstrom aus der Reaktionsstufe am Sumpfaustritt der Entgasungskolonne wird der Aufarbeitung zugeführt. Diese besteht aus einer Neutralisationsstufe, einer mehrstufigen Kristallisation mit Mutterlaugenrückführung, einer Entfärbung und Formulierung. Das Endprodukt ist ein weißes, kristallines Pulver.



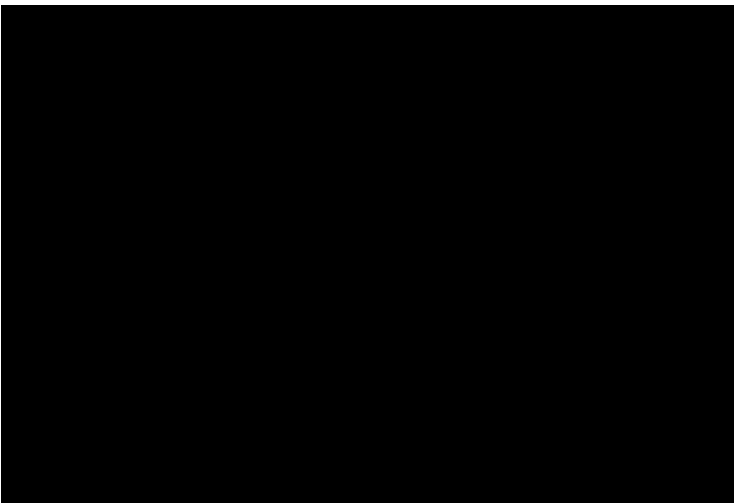
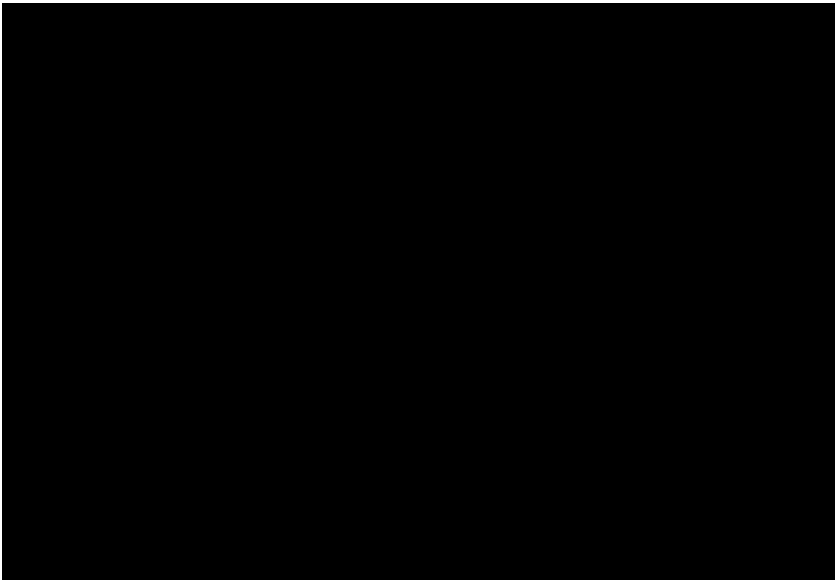
## 6.4 Abgasmessungen

### 6.4.1 Durchführung



Die Messungen wurden an folgenden Messstellen durchgeführt, siehe auch Darstellung im Abschnitt 6.3.3.1.

Messstelle für Gasanalytik	Bezeichnung	Messung im März 2018	Messung im Oktober 2018
<1>	Rohgas vor CO/HCN-Kat.	keine Messung	Stichprobe
<2>	Rohgas vor Denox	Hauptmessung	Hauptmessung
<3>	Abgas an Umgebung	keine Messung	Stichprobe



## 6.4.2 Messergebnisse im März 2018

Die Messung fand am 21. März 2018 von 9:00-14:00 Uhr statt. Zu diesem Zeitpunkt war der Ammoniakbrenner noch nicht in Betrieb, die zusätzlich benötigte Salpetersäure wurde von der Salpetersäureanlage auf dem Werksareal bezogen.

Wiedergegeben sind die Mittelwerte über den Zeitraum. [REDACTED]

[REDACTED]

Messergebnisse 21. März 2018:

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED]

[REDACTED]



### 6.4.3 Messung im Oktober 2018

Zu diesem Zeitpunkt war der integrierte Ammoniakbrenner bereits in Betrieb.

Im Unterschied zu der im März 2018 durchgeführten Messung wurden neben der Hauptmessung, welche wie zuvor an der Mess-Stelle <2> erfolgte, zusätzlich Stichprobenmessungen an den Mess-Stellen <1> und <3> durchgeführt.

Die Messungen wurden an 2 Tagen vom 11. bis 12. Oktober 2018 durchgeführt.

Messergebnisse vom 11. Oktober 2018:

[REDACTED] [REDACTED]  [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]  [REDACTED]	[REDACTED]  [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]  [REDACTED]	
[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]  [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]  [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]

Berechnungen zu den Messergebnissen vom 11. Oktober (durch den Autor durchgeführt):

[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]	
[REDACTED]	[REDACTED]	I	I	[REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED]	
[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]

[REDACTED]  
 [REDACTED]  
 [REDACTED]  
 [REDACTED]  
 [REDACTED]

Messergebnisse vom 12. Oktober 2018:

<div> <div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> <div></div> </div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> <div></div> </div>	
<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	
<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	
<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>
<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>
<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>
<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>
<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>
<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>
<div> <div></div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>

Berechnungen zu den Messergebnissen vom 12. Oktober (durch den Autor durchgeführt):

<div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> <div></div> </div> </div>	<div> <div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> </div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div> <div></div> <div></div> </div> </div>	
<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>	<div> <div></div> </div>
<div> <div></div> </div>	<div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> </div>	<div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> </div> </div>	<div> <div> <div></div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> </div> </div>	<div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>
<div> <div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> </div> </div>	<div> <div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> </div> </div>	<div> <div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> </div> </div>	<div> <div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> </div> </div>	
<div> <div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> </div> </div>	<div> <div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> </div> </div>	<div> <div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> </div> </div>	<div> <div> <div></div> <div></div> </div> <div> <div></div> </div> </div>	<div> <div></div> <div></div> <div></div> </div>

[REDACTED]  
 [REDACTED]  
 [REDACTED]  
 [REDACTED]  
 [REDACTED]  
 [REDACTED]

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Es ist zu beachten, dass der Ammoniakbrenner eine zusätzliche Lachgasquelle darstellt, welche in den Messungen im Oktober 2018 enthalten ist. [REDACTED]

## 7. Erörterung der Fragestellungen

### 7.1 Lachgasentstehung und Zersetzung

Dieser Abschnitt dient zur Klärung der Frage 1: Wo genau in der Niacin-Anlage entsteht das Lachgas? Wo steigt/sinkt die Lachgasmenge in den folgenden Prozessen möglicherweise?

Nachfolgende Gesamtübersicht des Niacin-Prozesses dient dazu, um diese Fragestellung zu erörtern.

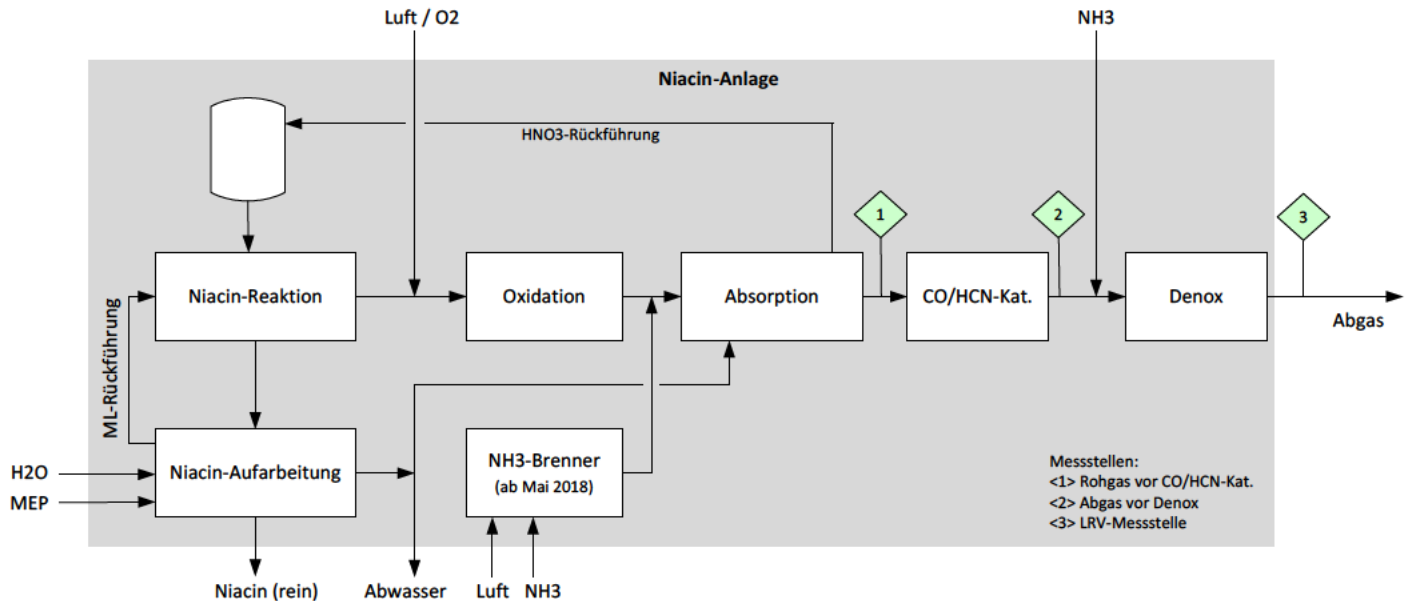


Abbildung 11: Gesamtübersicht Niacin-Prozess (erstellt durch Autor)

#### 7.1.1 Entstehung/Verminderung in der Niacin-Reaktion

Es wird seitens LONZA in [R.1] angegeben, dass die auftretende Lachgasmenge während der Reaktion, d.h. bei der Oxidation von MEP mit Salpetersäure als ein Nebenprodukt entsteht, und zwar innerhalb des Reaktorsystems (Rohrreaktoren).

[REDACTED]

[REDACTED] Auch in der Literatur konnten keine weiteren Angaben zur Lachgasentstehung bei der vorliegenden Reaktion gefunden werden [1].

Im nachfolgenden wird erörtert, inwiefern die anderen Teile der Produktionsanlage Orte der Lachgasentstehung oder Verminderung sein können.

Von anderen, vergleichbaren Oxidationsreaktionen mit Salpetersäure ist bekannt, dass Lachgas als Nebenprodukt entsteht, z.B. bei der Adipinsäureherstellung [7].

## 7.1.2 Entstehung/Verminderung in der Aufarbeitung

Im Aufarbeitungsteil der Anlage finden vorwiegend physikalische Vorgänge wie Kristallisation und Adsorption, sowie eine einfache Neutralisierung des Produktstromes mit MEP statt. Aus Sicht des Gutachters ist es nahezu ausgeschlossen, dass es in der Aufarbeitung zur Entstehung von Lachgasemissionen kommen kann.

Weiterhin wird der flüssige Produktstrom in der Entgasungskolonne mit Luft gestrippt und gelöste Gase (Stickoxide) werden dadurch desorbiert, bevor der Produktstrom in die Aufarbeitung gelangt. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass nur sehr geringe Mengen Lachgas als gelöstes Gas in die Aufarbeitung verschleppt werden können.

## 7.1.3 Entstehung/Verminderung in der Abgasreinigung

Generell gilt, dass Lachgas ein reaktionsträges Gas ist und erst oberhalb von 600°C spontan in seine Elemente zerfällt [2]. Derartige Bedingungen treten in der Abgasreinigung und Denox nicht auf. Lachgas wird sich im homogenen Gasstrom unterhalb 600°C somit nicht zersetzen und nicht bilden, sondern verhält sich wie ein inertes Gas. Dies gilt jedoch nicht für die katalytisch wirksamen Oberflächen, welche nachfolgend betrachtet werden.

### Ammoniakbrenner

In der nachfolgenden Erörterung ist der integrierte Ammoniakbrenner (in Betrieb seit Mai 2018) nicht Teil der Betrachtung. Es ist allgemein bekannt, dass bei der Ammoniakverbrennung nach dem Ostwald-Verfahren an Edelmetall-Katalysatoren bei hohen Temperaturen (850-900°C) signifikante Mengen an Lachgas entstehen können [3,4]. Ammoniakbrenner jüngerer Bauart weisen in der Regel einen Sekundärkatalysator auf, um die entstehende Lachgasmenge zu vermindern, wie es auch hier der Fall ist. Diese Lachgasquelle im Prozess ist bekannt und wird in Abschnitt 6.3.3.6 beschrieben.

Darüber hinaus werden in der Abgasreinigung an 2 weiteren Stellen Festbettkatalysatoren eingesetzt.

### CO/HCN-Katalysator

[REDACTED]

In der Literatur sind mögliche Reaktionswege zur Bildung von  $N_2O$  aus NO an der Oberfläche von Edelmetall-Katalysatoren beschrieben, welche im Rahmen von Untersuchungen zur Ammoniakverbrennung nach dem Ostwald-Verfahren ermittelt wurden, z.B. in [3] auf den Seiten 553-554 und in [4] auf den Seiten 34-44. In [6] wird die katalytische Zersetzung von Lachgas in die Elemente an Edelmetallkatalysatoren bei höheren Temperaturen beschrieben (z.B. Pd bei 377-527°C).

Ob die realen Bedingungen für eine Entstehung oder Zersetzung von Lachgas am CO/HCN-Kat. vorhanden sind, kann aus theoretischer Sicht im Rahmen dieses Gutachtens nicht beantwortet werden. Hierzu wäre eine detaillierte Modellierung der dargestellten Reaktionskinetik anhand des CO/HCN-Reaktors erforderlich.

Aus praktischer Sicht gibt es aufgrund der dargestellten Meßergebnisse gemäß Kapitel 6.4 keine Hinweise, dass es – im Rahmen der Meßungenauigkeit – zur Bildung oder Zersetzung von Lachgas am CO/HCN-Katalysator kommt.

## Denox

Der eingesetzte Denox-Reduktionskatalysator nach dem SCR-Verfahren ist ein Vanadiumoxid-Katalysator, welcher bei einer Eintrittstemperatur von 200°C und einer Austrittstemperatur von 210-220°C bei einer Verweilzeit von weniger als 2 Sekunden betrieben wird. Es wird eine geringe Menge NH<sub>3</sub> eingespeist, um die Stickoxide NO und NO<sub>2</sub> selektiv zu reduzieren.

Es ist in der Literatur beschrieben, dass im SCR-Verfahren mit Vanadiumoxid-Katalysator Lachgas entstehen kann, z.B. in [3] auf den Seiten 561-563 und in [5]. Die Reaktion kann gemäß [5] nach folgender Reaktionsgleichung erfolgen:  $4 \text{NH}_3 + 4\text{NO} + 3\text{O}_2 \rightarrow 4\text{N}_2\text{O} + 6\text{H}_2\text{O}$ .

Ob die realen Bedingungen für eine Entstehung von Lachgas am Denox-Kat. vorhanden sind, kann aus theoretischer Sicht im Rahmen dieses Gutachtens nicht beantwortet werden. Hierzu wäre eine detaillierte Modellierung der dargestellten Reaktionskinetik anhand des Denox-Reaktors erforderlich.

Aus praktischer Sicht gibt es aufgrund der dargestellten Meßergebnisse vom Oktober 2018 (siehe Abschnitt 6.4.3) keine Hinweise, dass es – im Rahmen der Meßungenauigkeit – zur Bildung oder Zersetzung von Lachgas am Denox-Katalysator kommt.

## **7.2 Einflussfaktoren und mögliche Stellschrauben der Lachgasentstehung**

Dieser Abschnitt dient zur Klärung der Fragen 2 und 3:

An den «Orten» (Stellen/Anlagen im Prozess), an denen das Lachgas entsteht (und jenen, an denen sich die Lachgasmenge möglicherweise ändert): Von welchen Prozessparametern (Temperatur, Druck, ...) und welchen Anlagenkonfigurationen/Anlageneinstellungen hängt die Lachgasentstehung (oder Mengenveränderung) ab?

Sind das reale «Stellschrauben», d.h. hat das Unternehmen die Möglichkeit, ohne relevanten Einfluss auf die Niacin-Produktion Einfluss auf die Lachgasmengen zu nehmen?

Im Rahmen dieses Gutachtens konnten keinerlei Informationen in Bezug auf diese Fragestellungen eruiert werden. Seitens des Betreibers liegen keine Kenntnisse in Bezug auf mögliche Einflussfaktoren der Lachgasentstehung oder deren allfälligen Minderung vor. Ebenso konnten in der Literatur keine Informationen gefunden werden.

## **7.3 Anlagenauslastung**

Dieser Abschnitt dient zur Klärung der Frage 4: Ist es möglich einzuschätzen, bei welcher (technischen) Auslastung die Niacin-Anlage heute läuft?

[REDACTED]

[REDACTED]

## 8. Schlussfolgerungen

### Zu Frage 1:

Das Lachgas entsteht im Reaktorsystem bei der Oxidation des MEP mit Salpetersäure mit den gegebenen Reaktionsbedingungen [REDACTED] d.h. konkret innerhalb der Rohrreaktoren.

Aufgrund der reaktionsträgen Eigenschaften des Lachgases wird eine Entstehung oder Zersetzung in der Abgasreinigung außerhalb der Festbettkatalysatoren ausgeschlossen.

An den beiden Stellen mit katalytisch aktive Oberflächen (CO/HCN-Kat und Denox) kann eine Bildung oder Zersetzung von Lachgas aus theoretischer Sicht nicht ausgeschlossen werden. Aufgrund der vorliegenden Meßergebnisse lässt sich feststellen, dass im Rahmen der Meßungenauigkeit keine Bildung oder Zersetzung auftritt.

Weiterhin wird eine Beeinflussung der Lachgasentstehung oder Zersetzung in der Aufarbeitung ausgeschlossen.

Als Schlußfolgerung ergibt sich, dass der auftretende Lachgasstrom nur innerhalb der Rohrreaktoren als Nebenprodukt der Reaktion von MEP und Salpetersäure entsteht.

### Zu Frage 2:

Im Rahmen dieses Gutachtens ist keine Aussage möglich. Um hier weitere Kenntnisse zu gewinnen, wäre das Durchführen von Labor- und Betriebsversuchen erforderlich, insbesondere in Bezug auf die Prozessbedingungen in der Niacin-Reaktion selbst. Diese Versuche werden aus Sicht des Gutachters allerdings als relativ aufwändig eingeschätzt aufgrund der anspruchsvollen Reaktionsbedingungen.

### Zu Frage 3:

Siehe Frage 2.

### Zu Frage 4:

Nach Aussage von Lonza läuft die Anlage [REDACTED] [REDACTED]  
[REDACTED] Aus Sicht des Gutachters ist davon auszugehen, dass dies zutrifft und die Anlage [REDACTED] läuft.

## 9. Referenzen

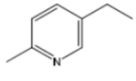
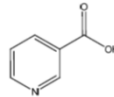
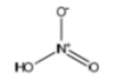

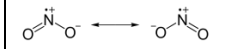
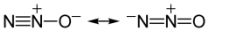
Ref.	Datum	Verfasser	Beschreibung
[R.1]	10. Okt. 2018	INFRAS Forschung und Beratung, CH- 8045 Zürich [REDACTED] [REDACTED]	Aktennotiz: "Neuberechnung Zuteilung kostenloser Emissionsrechte an Lonza, Visp: Verständnisfragen Teil 1 (betreffend Niacin-Produktion)"
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED]	[REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]	[REDACTED] [REDACTED] [REDACTED]
[R.4]	08. Jan. 2019	Lonza AG CH-3930 Visp [REDACTED]	Auszug aus Präsentation: "Niacin for EHS-Allokation"
[R.5]	08. Jan. 2019 11:43 Uhr	Lonza AG CH-3930 Visp [REDACTED]	Screen-Shot des Prozessleitsystems; Anlagenteil Abgasreinigung Übersicht, siehe Anhang 2.
[R.6]	10. Jan. 2019	Lonza AG CH-3930 Visp [REDACTED]	Excel-Tabelle: Anlagen-Meßwerte der Durchflußmessungen zum Zeitpunkt der Gas-Messungen
[R.7]	17. Jan. 2019	Lonza AG CH-3930 Visp [REDACTED]	Blendenberechnung der Durchfluss-Messstelle 405-A3210FI58_X, Abgasstrom nach der Absorption, siehe Anhang 3.

## 10. Literaturverzeichnis

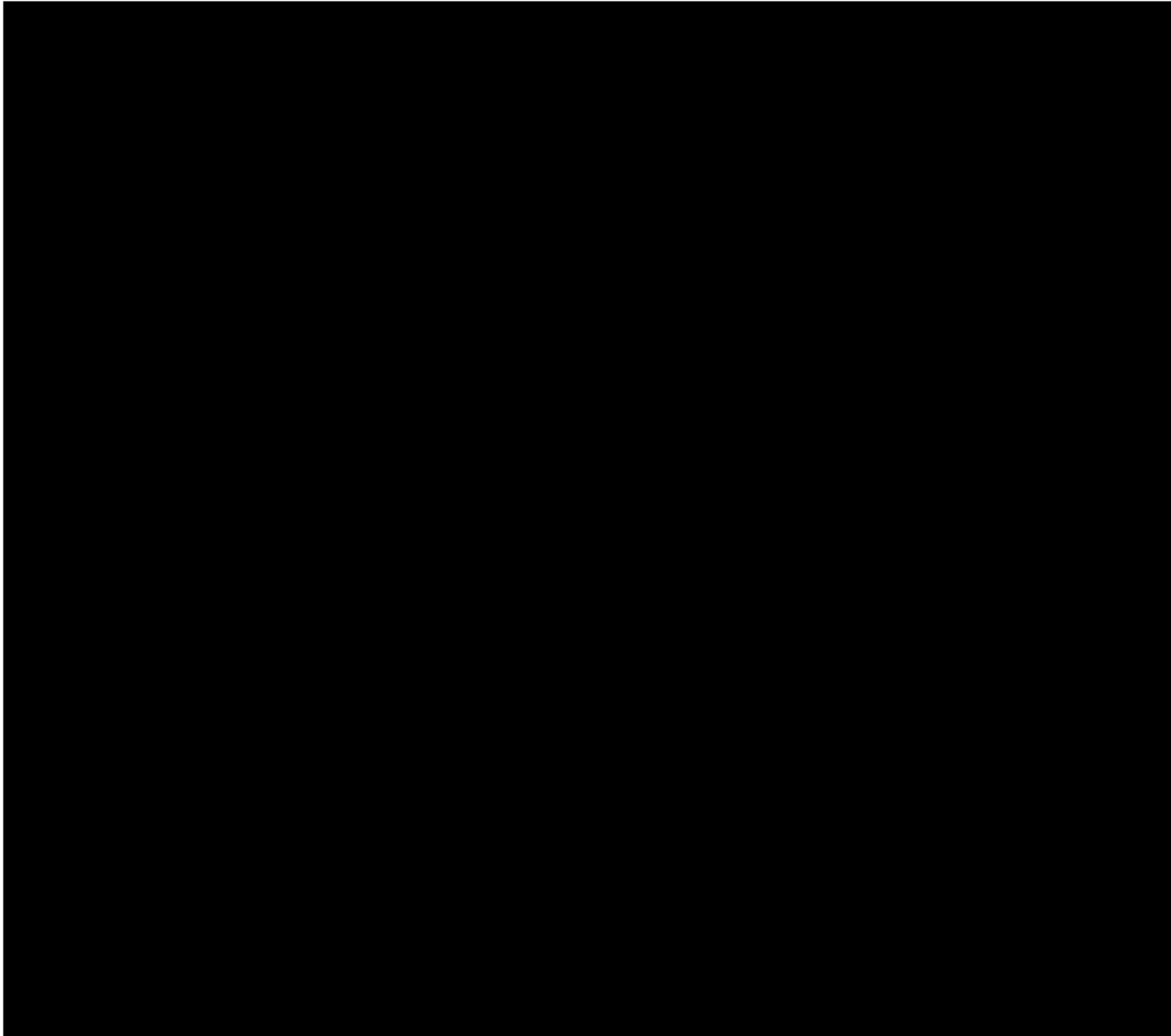
- [1] Meister, Dettwiler; "Kinetische Untersuchungen der Salpetersäureoxidation..."; Swiss Chem 6 (1984) Nr. 12a, S. 41-44
- [2] Riedel/Janiak; "Anorganische Chemie"; 7. Auflage, S. 477-486
- [3] Brauer; "Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik (Bd.3), Behandlung von Abluft und Abgasen"; 1996; S. 529-570
- [4] Heydt; "Untersuchung der Pt-katalysierten NH<sub>3</sub>-Oxidation unter operando Bedingungen und CFD-Simulation"; Dissertation 2018
- [5] Zhu, Lai, Wachs; "Formation of N<sub>2</sub>O greenhouse gas during SCR of NO with NH<sub>3</sub> by supported vanadium oxide catalysts."; Applied Catalysis B: Environmental 224 (2018), S. 836-840
- [6] Kapteijn "Heterogeneous catalytic decomposition of nitrous oxide"; Applied Catalysis B: Environmental 9 (1996), S. 25-64
- [7] Karcher "Options for continuing GHG abatement from CDM and JI industrial gas projects"; Öko-Institut e.V. , Mai 2014, S. 13-15



## Anhang 1: Übersicht der Hauptsubstanzen

Substanz	Methylethylpyridin (MEP)	Niacin (Nikotinsäure)	Salpetersäure	Stickstoffmonoxid	Stickstoffdioxid	Distickstoffoxid (Lachgas)
Summenformel	C <sub>8</sub> H <sub>11</sub> N	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NO <sub>2</sub>	HNO <sub>3</sub>	NO	NO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O
CAS-Nummer	104-90-5	59-67-6	7697-37-2	10102-43-9	10102-44-0	10024-97-2
Strukturformel						
Molgewicht	121,18	123,11	63,01	30,01	46,01	44,01
Zustand bei Umgebungsbedingungen*	flüssig	fest	flüssig (als 60% Lösung)	gasförmig	gasförmig	gasförmig
Löslichkeit in Wasser bei Umgebungsbedingungen*	12 g/l	18 g/l	in jedem Verhältnis mischbar	0,06 g/l	Hydrolyse	1,2 g/l

\*Umgebungsbedingungen: 20°C, atmosphärischer Druck



## Anhang 3: Blendenberechnung

