

DIPLOMARBEIT

Konzepte für die Behandlung von Prozessabwässern aus der Pharmaindustrie

Ausgeführt am Institut für
Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische
Biowissenschaften
der Technischen Universität Wien

unter der Anleitung von: Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Michael Harasek

Durch

Donika MORINA

Matrikelnummer: 1026295

Anschrift: Grenzackerstraße 17/7/10
1100 Wien

Datum

Unterschrift (Student)

KURZFASSUNG

Diese Diplomarbeit beschäftigt sich mit den Abwasserbehandlungsmöglichkeiten von pharmazeutischen Abwässern, welche unterschiedliche Zusammensetzungen aufweisen und aus diesem Grund auch unterschiedliche Behandlungsmöglichkeiten bedürfen. Das Problem der Abwasserbehandlung wurde im Zuge einer Konzeptstudie analysiert und nach einer passenden Lösung gesucht.

Zurzeit werden bei den bestehenden Abwasseranlagen aufgrund eines durch Produktionssteigerungen erhöhten Abwasseranfalls die vorhandenen Kapazitäten ausgeschöpft. Besonders bei Anfahrvorgängen nach Produktionsstillständen kommt es zu hohen Abwassermengen, wodurch die bestehenden Anlagen überlastet werden. Dadurch wird das Abwassersystem zu einem limitierenden Faktor für die Produktion. Eine Verzögerung der Produktion aufgrund von Problemen des Abwassersystems soll jedoch unbedingt vermieden werden. Aus diesem Grund wird eine neue Anlage zur Abwasserbehandlung am Standort des betrachteten Pharmaunternehmens errichtet. Derzeit werden die Abwässer in 4 unterschiedliche Fraktionen aufgeteilt, da eine Zusammenführung die anschließende Behandlung sehr erschweren würde und sie aus wirtschaftlichen Aspekten kaum möglich wäre.

Der erste Abwasserstrom (BAS) hat chemische Eigenschaften und ist als gefährlicher und flüssiger Abfall definiert. Der zweite Abwasserstrom (BAU) enthält einen höheren Lösemittelgehalt und enthält keine genetisch veränderte Mikroorganismen (GVO). Abwasserstrom Nummer Drei (BAN) enthält weder GVO noch Lösungsmittel - nachdem es neutralisiert und gekühlt wurde, kann es in den öffentlichen Kanal eingebracht werden. Der vierte Abwasserstrom (BAI) ist mit GVO kontaminiert.

Ziel ist es, die Abwässer an einem zentralen Ort zu sammeln und zu behandeln. Zusätzlich sollen Abwässer aus anderen Gebäuden ebenfalls in dieses zentrale Abwasserbehandlungssystem eingebunden werden. Das Problem hierbei ist eine Lösung zu finden, welche die technische Realisierbarkeit mit den rechtlichen Rahmenbedingungen, sowie auch mit der wirtschaftlichen Analyse zu vereinen.

Hierbei wurden sowohl thermische, als auch chemische Inaktivierungen und auch Neutralisationen detaillierter in Betracht gezogen und anlagentechnisch ausgelegt.

Aus der detaillierten Betrachtung ist hervorgegangen, dass für BAS eine chemische Inaktivierung am Standort in Form einer Batchanlage und anschließender Abholung durch den externen Entsorger am sinnvollsten ist. Für BAI wird ein thermisches Batch-Verfahren empfohlen, welche mit einer Wärmerückgewinnung sich als sehr sinnvoll erweisen würde. Dieses Verfahren reduziert den Zykluszeitraum und somit die Erhöhung des Anlagendurchsatzes. Zur Behandlung des BANs wird der Einsatz von Salzsäure und Natronlauge zur Neutralisation bevorzugt.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with the possible waste water treatment of pharmaceutical waste water, which contains different compositions and thus requires different treatment possibilities. The problem of waste water treatment was analyzed by a concept study for an Austrian pharmaceutical company, and a suitable solution was sought. Currently, existing waste water systems have reached their capacity limits due to an increase in waste water caused by increases in the production. Particularly during start-up operations after production stop, high amounts of waste water are generated, which overloads the existing plants. This makes the sewage system a limiting factor for production. However, a delay in production due to problems of the sewage system has to be avoided. For this reason, a new sewage treatment plant will be set up. During the processes the waste water is separated into four different fractions, since a merger would make the subsequent treatment very difficult and would be hardly possible from an economic point of view.

The first wastewater stream (BAS) has difficult chemical properties and is defined as hazardous and liquid waste. Waste water stream 2 (BAU) contains higher solvent concentrations but does not contain any genetically modified organisms (GMOs). The third waste water (BAN) contains neither GMOs nor solvents - after being neutralized and cooled, it can be introduced into the public sewer system. Waste water number 4 (BAI) is contaminated with GMOs.

The aim is to collect and treat sewage in a central location. In addition, sewage from other buildings should be also integrated into this central waste water treatment system. The problem here is to find a solution which combines the technical feasibility with the legal framework as well as the economic analysis. Here, both thermal and chemical inactivations and also neutralizations were considered in more detail and designed in terms of plant engineering.

According to the detailed consideration, it has emerged that for wastewater 1, a chemical inactivation at the site in the form of a batch plant and subsequent collection by the external waste disposal company is the most reasonable solution.

For wastewater 4, a thermal batch process is recommended, which would prove to be very useful with an integrated heat recovery. This process reduces the cycle time and thus increases the throughput of the system. For the treatment of wastewater 3, the use of hydrochloric acid and sodium hydroxide solution for neutralization is preferred.

INHALTSVERZEICHNIS

KURZFASSUNG	2
ABSTRACT	4
INHALTSVERZEICHNIS	6
EINLEITUNG	14
ZIELE	15
1. STAND DER TECHNIK	16
1.1. ABWASSER	16
1.2. PHARMAINDUSTRIEABWASSER	17
1.3. ABWASSERANALYTIK	18
1.3.1. <i>Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfes (CSB)</i>	20
1.3.2. <i>Bestimmung des biologischen Sauerstoffbedarfes (BSB)</i>	21
1.3.3. <i>Bestimmung des TOC</i>	21
1.3.4. <i>Das Verhältnis CSB/TOC</i>	22
1.4. WICHTIGE VERFAHREN ZUR ABWASSERREINIGUNG.....	23
1.4.1. <i>Überblick über die möglichen biologischen Verfahren</i>	23
1.4.2. <i>Überblick über die möglichen chemischen Verfahren</i>	23
1.4.2.1. Neutralisation.....	24
1.4.2.1.1. pH-Wert.....	25
1.4.2.1.2. Prinzip der Neutralisation.....	26
1.4.2.1.3. Versuch der Neutralisation von NaOH und HCl im Labormaßstab.....	26
1.4.2.2. Oxidation	28
1.4.2.2.1. Oxidation bei Temperaturen unter 100°C	28
1.4.2.2.2. Nasse Oxidation über Kavitationsprozess	29
1.4.2.3. UV-Bestrahlung	30
1.4.2.4. Ozon	32
1.4.2.5. Chlor oder Chlordioxid	33
1.4.2.6. Nicht chlorhaltige Oxidationsmittel	34
1.4.3. <i>Überblick über die möglichen physikalischen Verfahren</i>	36
1.4.3.1. Ionenaustausch	37
1.4.3.2. Membranprozesse	37
1.4.3.3. Mikrowellenverfahren.....	38
1.4.3.4. Mikrofiltration	39
1.4.3.5. Verbrennung	39
1.4.3.6. Ionisierende Strahlen	40
1.5. BVT – BESTE VERFÜGBARE TECHNIKEN	41
1.5.1. <i>Vermeidung und Minimierung der Umweltbelastung</i>	41
1.5.1.1. „Grüne“ Chemie	41
1.5.1.2. Einbeziehung von UGS (Umwelt, Gesundheit und Sicherheit) in die Verfahrensentwicklung.....	41
1.5.1.3. Anleitung zur Auswahl von Lösemittel	42
1.5.2. <i>Management und Behandlung von Abwasserströmen</i>	43
1.5.2.1. Bilanzen und Überwachung	43

1.5.2.2.	Rückgewinnung von Lösemittel und niederer Alkohole bzw. Wiederverwendung von Lösungsmitteln	43
1.5.2.3.	Die Trennung und selektive Vorbehandlung von typischen Abwasserströmen	44
1.5.2.4.	Entfernung von Halogenverbindungen aus Abwasserströmen.....	46
1.5.2.5.	Vorbehandlung von schwermetallhaltigen Abwasserströmen	47
1.5.2.6.	Entfernung von Schwermetallen aus Abwasserströmen	48
1.5.2.7.	Entfernung von Lösemitteln aus Abwasserströmen	49
2.	PROJEKT - KONZEPTSTUDIE.....	50
2.1.	PROJEKT BESCHREIBUNG	52
2.1.1.	<i>Prozessabwässer – Übersicht</i>	52
2.1.1.1.	BAS – Sonderabwasser	53
2.1.1.2.	BAU – Biologisches Abwasser, lösemittelhaltig	54
2.1.1.3.	BAN – Biologisches Abwasser, neutralisierungspflichtig.....	55
2.1.1.4.	BAI – Biologisches Abwasser, inaktivierungspflichtig.....	56
2.1.2.	<i>Abwasserentsorgung</i>	56
2.1.3.	<i>Standortübersicht</i>	59
2.2.	GRUNDLAGEN ZUR KONZEPTERSTELLUNG	60
2.2.1.	<i>Abwasserströme</i>	61
2.2.2.	<i>Prozessrelevante Parameter der Abwässer</i>	65
2.3.	ÜBERSICHT UND BEWERTUNG DER METHODEN ZUR ABWASSERBEHANDLUNG	67
2.3.1.	<i>Verfahrensübersicht Behandlung von GVO-belasteten Abwässern</i>	67
2.3.2.	<i>Verfahrensübersicht Neutralisation von Abwässern</i>	69
2.4.	VERFAHREN ZUR GESETZESKONFORMEN BEHANDLUNG DER MIT GVO BELASTETEN ABWASSERSTRÖME BAS UND BAI.....	70
2.4.1.	<i>Chemische Verfahren</i>	70
2.4.1.1.	Inaktivierung mit NaOH.....	72
2.4.1.2.	Inaktivierung mit Kalk _ ohne Abwasser aus Gebäude 1	79
2.4.1.3.	Variantevergleich chemische Inaktivierung	84
2.4.1.4.	Neutralisation BAS	85
2.4.2.	<i>Thermische Behandlung</i>	86
2.5.	VERFAHREN ZUR NEUTRALISATION DES BAN	87
2.5.1.	<i>Neutralisation mit NaOH und HCl</i>	94
2.5.2.	<i>Neutralisation mit NaOH und CO₂</i>	97
2.5.3.	<i>Neutralisation mit NaOH und H₂SO₄</i>	101
2.5.4.	<i>Neutralisation mit Kalk und HCl</i>	102
2.5.5.	<i>Neutralisation mit Kalk und CO₂</i>	103
2.5.6.	<i>Neutralisation mit Kalk und H₂SO₄</i>	105
2.6.	ANLAGENTECHNIK NEUTRALISATION	106
2.6.1.	<i>Batchverfahren</i>	107
2.6.2.	<i>Durchlaufverfahren</i>	108
2.6.3.	<i>Reaktor-Verfahren</i>	110
2.6.4.	<i>Verfahrensübersicht</i>	111
2.7.	GEMEINSAME ENTSORGUNG VON BAN UND BAS.....	112
2.8.	GERUCHSBELÄSTIGUNG DURCH ABWÄSSER	113
3.	KONZEPTAUSARBEITUNG	114

3.1.	BEWERTUNGSKRITERIEN	116
3.2.	BAN.....	118
3.2.1.	<i>Umbauten im Bestand</i>	124
3.2.2.	<i>Kostenvergleich BAN</i>	126
3.3.	BAS	128
3.3.1.	<i>Variante 1</i>	129
3.3.2.	<i>Variante 2</i>	130
3.3.3.	<i>Kostenvergleich BAS</i>	132
3.3.4.	<i>Alternative BAS-Inaktivierung</i>	133
3.4.	PLATZBEDARF.....	134
3.5.	BAI	135
3.6.	ROHRLEITUNGEN ZUR ZENTRALEN ABWASSERBEHANDLUNG.....	136
4.	FÖRDERUNGEN	139
4.1.	WÄRMERÜCKGEWINNUNG	139
4.2.	GEFÄHRLICHE ABFÄLLE	141
4.3.	REDUKTION KLIMARELEVANTER GASE.....	143
4.4.	ABWÄRMEAUSKOPPLUNG UND VERTEILNETZE	145
5.	RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN.....	147
5.1.	GENTECHNIKGESETZ (GTG 1994)	147
5.2.	AEV GENTECHNIK.....	151
5.3.	TECHNISCHE ANLEITUNG ZUR BEGRENZUNG VON ABWASSEREMMISSIONEN AUS ARBEITEN MIT GENTECHNISCH VERÄNDERTEN ORGANISMEN (BGBl. II Nr. 350/1997) - PUBLIZIERT IM NOV. 2002	157
5.4.	SYSTEMVERORDNUNG 2002	160
5.5.	UMWELTINFORMATIONSGESETZ (UIG).....	166
5.6.	UMWELTKONTROLLGESETZ.....	168
5.7.	GENTECHNIK-KENNZEICHNUNGSVERORDNUNG.....	170
5.8.	STÖRFALLINFORMATIONSVORORDNUNG (STIV).....	171
5.9.	ANHÖRUNGSVERORDNUNG	172
5.10.	WEITERE GÜLTIGE GESETZLICHE RAHMENBEDINGUNGEN IN DER EU BETREFFEND GMO SOWIE INDIREKTEINLEITUNG DER ANFALLENDEN ABWASSERSTRÖME	173
5.10.1.	<i>Richtlinie 2001/18/EG</i>	173
5.10.2.	<i>Richtlinie 2001/82/EG</i>	173
5.10.3.	<i>Richtlinie 2009/41/EG</i>	173
5.10.4.	<i>Richtlinie (EU) 2015/412</i>	174
5.10.5.	<i>Verordnung (EG) Nr. 1829/2003</i>	174
5.10.6.	<i>Verordnung (EG) Nr. 1830/2003</i>	174
5.10.7.	<i>Verordnung (EG) Nr. 1981/2006</i>	175
5.10.8.	<i>Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU)</i> 175	
5.10.8.1.	<i>Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken für die Herstellung organischer Feinchemikalien</i>	175
5.10.9.	<i>Weitere BVT-Merkblätter. Übersetzung der BREFs der Europäischen Kommission</i>	176
5.10.10.	<i>Weitere relevante deutsche Gesetzestexte und Vorschriften, welche bei der Problemlösung als Grundlagen dienen:</i>	176

SCHLUSSFOLGERUNGEN	177
LITERATURVERZEICHNIS	180
ABKÜRZUNGEN	183
6. ANNEX 1	184
6.1. KONZEPTAUSARBEITUNG OHNE ABWASSERMENGEN AUS GEBÄUDE 1.....	184
6.1.1. <i>BAN</i>	184
6.1.2. <i>Kostenvergleich BAN</i>	189
6.2. BAS.....	191
6.2.1. <i>Variante 1.1</i>	192
6.2.2. <i>Variante 1.2</i>	193
6.2.3. <i>Variante 2</i>	194
6.2.4. <i>Variante 3</i>	195
6.2.5. <i>Kostenvergleich BAS</i>	196
6.2.6. <i>Alternative Inaktivierung von BAS</i>	198
6.3. BAI.....	199
6.3.1. <i>Variante 1.1</i>	200
6.3.2. <i>Variante 1.2</i>	201
6.3.3. <i>Variante 2</i>	202
6.3.4. <i>Variante 3</i>	203
6.3.5. <i>Kostenvergleich BAI</i>	204
7. ANNEX 2	210
7.1. KOSTENZUSAMMENSETZUNG ABWASSERBEHANDLUNG BAN.....	210
7.2. KOSTENZUSAMMENSETZUNG ABWASSERBEHANDLUNG BAS.....	213
7.3. KOSTENZUSAMMENSETZUNG ABWASSERBEHANDLUNG BAI.....	215
7.4. KOSTENENTWICKLUNG IN ANLEHNUNG AN ÖNORM M 7140.....	219
7.5. KOSTENRECHNUNG –CHEMIKALIENVERBRAUCH.....	221

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Qualitativer Verlauf des pH-Wertes bei der Neutralisation von NaOH mit HCl und umgekehrt.....	27
Abbildung 2: Ablauf und Umfang der Konzeptstudie	50
Abbildung 3: Mögliche Prozessabfolge auf einer CP-Anlage (in Anlehnung an Wagner et al. 2010)	57
Abbildung 4: Übersicht Abwasserbehandlung (Volumen entsprechen den örtl. Speicherkapazitäten).....	64
Abbildung 5: typischer pH-Wert Verlauf BAN Gebiet 1	65
Abbildung 6: Typischer pH-Wert Verlauf BAN Gebiet 2.....	66
Abbildung 7: Chemische Inaktivierung BAS	71
Abbildung 8: Monatliche Mengen an BAS von 2015	75
Abbildung 9: Monatliche Entsorgungskosten BAS (mit der Annahme der fiktiven Menge von 1000m ³ pro Monat).....	77
Abbildung 10: Monatsmengen Kalkmilch und NaOH für Inaktivierung von BAS und BAI	84
Abbildung 11: Monatskosten Kalkmilch und NaOH für Inaktivierungsoptionen BAS und BAI ...	85
Abbildung 12: Chemikalienverbrauch für CIP-Prozesse aufgerechnet nach BAN Menge	88
Abbildung 13: Neutralisation BAN	89
Abbildung 14: Säurebedarf zur Neutralisation von 1 kg NaOH	89
Abbildung 15: Säurebedarf zur Neutralisation von 1 m ³ basischem Abwasser	90
Abbildung 16: Säurebedarf HCl zur Neutralisation von 1 m ³ basischem Abwasser	91
Abbildung 17: Säurekosten zur Neutralisation von basischem Abwasser umgerechnet nach tatsächlichem Bedarf HCl aus 2014	91
Abbildung 18: Jahres- Säurebedarf in m ³ zur Neutralisation von basischem Abwasser umgerechnet nach tatsächlichem Bedarf HCl aus 2014	92
Abbildung 19: Laugenbedarf zur Neutralisation von 1 kg H ₃ PO ₄	92
Abbildung 20: monatlicher Bedarf HCl und NaOH zur Neutralisation SMP.....	95
Abbildung 21: monatliche Kosten von HCl und NaOH zur Neutralisation SMP.....	96
Abbildung 22: Neutralisation eines basischen Abwassers mit Mineralsäure (links) bzw. mit CO ₂ (rechts) (GTec Wasseraufbereitung GmbH).....	98
Abbildung 23: CO ₂ Bedarf zur Neutralisation von basischem Abwasser	98
Abbildung 24: Abgasbedarf zur Neutralisation von basischem Abwasser bei pH 12,5	99
Abbildung 25: Batchneutralisation (AW-Abwasser-Wasser-Technik GmbH 2016)	107
Abbildung 26: Durchlaufneutralisation (AW-Abwasser-Wasser-Technik GmbH 2016).....	108
Abbildung 27: Reaktor-Neutralisationsanlage (Abwassertechnische Vereinigung 1999; AW-Abwasser-Wasser-Technik GmbH 2016).....	110
Abbildung 28: BAN Batchanlagen	120
Abbildung 29: BAN Durchlaufanlagen.....	121
Abbildung 30: CO ₂ Neutralisation im Durchlaufverfahren (GTec Wasseraufbereitung GmbH) ..	122
Abbildung 31: Rückstauhöhen mit Sicherheiten.....	124
Abbildung 32: Kostengegenüberstellung BAN (10Jahre Betrieb)	126
Abbildung 33: Reale Kostenentwicklung BAN	127
Abbildung 34: BAS Variante 1 (ohne Reserve-Inaktivierungsbehälter)	129

Abbildung 35: BAS Variante 2	131
Abbildung 36: Kostengegenüberstellung BAS (über 10 Jahre)	132
Abbildung 37: Reale Kostenentwicklung von BAS	132
Abbildung 38: Platzbedarf Abwasseranlage	134
Abbildung 39: Platzbedarf Chemikalienlager	135
Abbildung 40: Organisatorische und technische Sicherheitsmaßnahmen für Arbeiten mit GVM im großen Maßstab (Anhang IITab. II (Nr.1-4) BGBL. II Nr. 431/2002).....	162
Abbildung 41: Organisatorische und technische Sicherheitsmaßnahmen für Arbeiten mit GVM im großen Maßstab (Anhang IITab. II (Nr.5-13)BGBL. II Nr. 431/2002)	163
Abbildung 42: BGBl. II (Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen 2015)	164
Abbildung 43: Organisatorische und technische Sicherheitsmaßnahmen für Arbeiten mit GVM im großen Maßstab (Anhang IITab. II (Nr.26-27)BGBL. II Nr. 431/2002)	165
Abbildung 44: BAN Batchanlagen	185
Abbildung 45: BAN Durchlaufanlagen.....	187
Abbildung 46: Kostengegenüberstellung BAN (10 Jahre) ohne Mengen von Gebäude1	189
Abbildung 47: Reale Kostenentwicklung BAN ohne Mengen von Gebäude 1.....	190
Abbildung 48: BAS Variante 1.1	192
Abbildung 49: BAS Variante 1.2	193
Abbildung 50: BAS Variante 2	194
Abbildung 51: BAS Variante 3	195
Abbildung 52: Kostengegenüberstellung BAS.....	196
Abbildung 53: Reale Kostenentwicklung BAS	197
Abbildung 54: BAI Variante 1.1	200
Abbildung 55: BAI Variante 1.2	201
Abbildung 56: BAI Variante 2	202
Abbildung 57: BAI Variante 3	203
Abbildung 58: Kostengegenüberstellung (10 Jahre) BAI.....	204
Abbildung 59: Reale Kostenentwicklung BAI	205
Abbildung 60: Platzbedarf Abwasseranlage	207
Abbildung 61: Platzbedarf Abwasseranlage Teilausbau 50 %	208
Abbildung 62: Platzbedarf Chemikalienlager.....	209

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Vorbehandlungsmöglichkeiten (Umweltbundesamt, Dezember 2005)	45
Tabelle 2: BVT-assoziierte Schwermetallwerte für den Zulauf zur standorteigenen biol. Abwasserbehandlung oder für die Einleitung in das kommunale Abwassersystem (Umweltbundesamt Dezember 2005)	47
Tabelle 3: BVT-Werte für den Zulauf zur standorteigenen biol. Kläranlagen oder für die Einleitung in das kommunale Abwassersystem	48
Tabelle 4: Spezifikation des BAS (Vorgaben vom Externen Entsorger)	53
Tabelle 5: Spezifikation des BAU (Vorgaben von externen Entsorger)	54
Tabelle 6: Grenzwerte BAN bei Einleitung in einen öffentl. Misch- / Schmutzwasserkanal	55
Tabelle 7: Kapazitätserweiterung BAN für das Gebiet 1 und 2	61
Tabelle 8: Abwasserströme und Abschätzungen zu den relevanten Abwässern	62
Tabelle 9: Zusammenfassung Abwasserströme	63
Tabelle 10: Übersicht und Bewertung der Verfahren zur Behandlung von GVO-belastetem Abwasser	67
Tabelle 11: Übersicht und Bewertung der Chemikalien zur Neutralisation	69
Tabelle 12: NaOH Bedarf zur Inaktivierung von saurem BAS mit Pufferwirkung	73
Tabelle 13: NaOH Bedarf zur Inaktivierung von saurem BAS ohne Pufferwirkung	73
Tabelle 14: NaOH Menge für BAS-Inaktivierung aus Daten 2015 (bis 11/2015)	74
Tabelle 15: Spezifische Kosten NaOH zur Inaktivierung von BAS	75
Tabelle 16: Jahresmengen und -kosten NaOH zur Inaktivierung von BAS	76
Tabelle 17: Monatliche Mengen und Kosten NaOH zur Inaktivierung von BAI	78
Tabelle 18: Ca(OH) ₂ Bedarf zur Inaktivierung von saurem BAS ohne Pufferwirkung	80
Tabelle 19: NaOH Bedarf zur Inaktivierung von basischem BAS	80
Tabelle 20: Daten zur Herstellung von Kalkmilch 10%ig zur Inaktivierung von 6000m ³ BAS	82
Tabelle 21: Kosten von NaOH zur Neutralisierung von BAN	94
Tabelle 22: Kosten und Mengen zur Neutralisation mit HCl	95
Tabelle 23: Gegenüberstellung der Anlagenkonfiguration	111
Tabelle 24: Variantenübersicht	114
Tabelle 25: Berechnungsgrundlage für Kostenvergleich	116
Tabelle 26: Varianten BAN	118
Tabelle 27: Favorisierte Varianten für das BAN	119
Tabelle 28: Varianten BAN Batch	121
Tabelle 29: Varianten BAN Durchlauf	122
Tabelle 30: Anlagentechnik und Kennzahlen Variante 1	129
Tabelle 31: Anlagentechnik und Kennzahlen Variante 2	130
Tabelle 32: Verbrauch Natronlauge	135
Tabelle 33: Rohrleitungen zur zentralen Abwasserbehandlung	137
Tabelle 34: Wärmerückgewinnung ≥ 100 kW	139
Tabelle 35: Wärmerückgewinnung ≥ 100 kW, förderungsfähige Kosten	140
Tabelle 36: Nicht chlorhaltige Oxidationsmittel, Vermeidung von Abfällen	141
Tabelle 37: Nicht chlorhaltige Oxidationsmittel, stoffliche Verwertung	141

Tabelle 38: Nichtchlorhaltige Oxidationsmittel, therm. Verwertung, sonstige Behandlung.....	141
Tabelle 39: Nicht chlorhaltige Oxidationsmittel, förderungsfähige Kosten.....	142
Tabelle 40: Reduktion klimarelevanter Gase	143
Tabelle 41: Reduktion klimarelevanter Gase, förderungsfähige Kosten	144
Tabelle 42: Reduktion klimarelevanter Gase, Investitionskostenzuschuss	144
Tabelle 43: Abwärmeauskopplung und Verteilnetze	145
Tabelle 44: Abwärmeauskopplung und Verteilnetze, förderungsfähige Kosten	146
Tabelle 45: Varianten BAN	184
Tabelle 46: Varianten BAN Batch	186
Tabelle 47: Varianten BAN Durchlauf	188
Tabelle 48: Varianten BAS.....	191
Tabelle 49: Anlagentechnik und Kennzahlen Variante 1.1	192
Tabelle 50: Anlagentechnik und Kennzahlen Variante 1.2	193
Tabelle 51: Anlagentechnik und Kennzahlen Variante 2	194
Tabelle 52: Anlagentechnik und Kennzahlen Variante 3	195
Tabelle 53: Varianten BAI.....	199
Tabelle 54: Anlagentechnik und Kennzahlen Variante 1.1	200
Tabelle 55: Anlagentechnik und Kennzahlen Variante 1.2	201
Tabelle 56: Anlagentechnik und Kennzahlen Variante 2	202
Tabelle 57: Anlagentechnik und Kennzahlen Variante 3	203
Tabelle 58: Platzbedarf Varianten.....	206
Tabelle 59: Platzbedarf Chemikalien.....	209

EINLEITUNG

Pharmazeutische Industrien sind seit 1950 im permanenten Wandel und werden durch die wachsende Nachfrage und der rasanten Entwicklung in der pharmazeutischen Industrie mit immer komplizierteren Herstellungsverfahren konfrontiert. Nicht nur die Eigenproduktion, sondern auch der Export wird in dieser Branche immer wichtiger. Abgesehen von der Produktion ist ein weiterer sehr wichtiger Zweig der pharmazeutischen Industrie die Forschung und die Entwicklung. Durch diese ist ein unglaublicher Fortschritt in der Pharmazie erkennbar, welcher im Allgemeinen bekannt ist. Je mehr jedoch produziert wird, umso mehr belastetes Abwasser fällt an. Durch die unterschiedliche Produktion wird auch das Abwasser unterschiedlich stark belastet. Aus diesem Grund bedarf es für die Abwasserreinigung in der pharmazeutischen Industrie ein gut überlegtes Verfahren.

Das herausfordernde an der Wahl des passenden Konzepts für die Abwasserreinigung eines Pharmakonzerns liegt an den weit differierenden Abwasserqualitäten. Da viele Produkte meist gleichzeitig hergestellt werden, variieren die Abwasserinhaltsstoffe sehr stark. Zu der Produktion gehört die Herstellung von Antibiotika durch Fermentation oder durch organische Synthese.

Auf Grund der sich je nach Produktion ändernden Abwasserinhaltsstoffe müssen mehrere Verfahren der Abwasserbehandlung bedacht und auch die Gesetzgebung für das indirekte Einleiten berücksichtigt werden.

In dieser Arbeit sollen die unterschiedlichen Möglichkeiten der Abwasserbehandlung aufgezeigt und durch ein Ausschlussverfahren, auf eines für den vorliegenden Fall passendes Verfahren spezialisiert werden. Mit Hilfe der Literatursammlung werden die unterschiedlich aufgelisteten Verfahren erläutert und verglichen. Durch den Vergleich der Kosten, sowie auch der Effizienz, ist es möglich viele Verfahren aus zu schließen und nach einigen Berechnungen für ein Verfahren nach den vorliegenden Kriterien zu entscheiden. Das ausgewählte Verfahren wird praktisch umgesetzt und die einzelnen Schritte der Auslegung dieses Verfahrens in der Arbeit schriftlich dokumentiert.

(Abwassertechnische Vereinigung 1986)

ZIELE

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, Konzepte zur Entsorgung der Prozessabwässer aus den Produktions- und Aufbereitungsanlagen eines pharmazeutischen Produktionsbetriebs unter Berücksichtigung entsprechender Reserven für zukünftige Produktionssteigerungen zu entwerfen. Es sollen dabei Kriterien wie Chemikalien- und Energieverbrauch, Wartungs- und Instandhaltungsaufwand, Investitions- und Betriebskosten sowie das Risiko von Produktionsstillständen aufgrund von Störungen im Abwassersystem berücksichtigt werden.

Da die bestehenden Räumlichkeiten der Abwasseraufbereitungsanlagen wenig Spielraum für eine Erweiterung bieten, sollen neue Anlagen nach Möglichkeit an einem noch unerschlossenen Teil des Betriebsgeländes errichtet werden.

Die Konzepte müssen den rechtlichen Anforderungen und dem Stand der Technik in den jeweiligen Technologien und Verfahren entsprechen. Für jedes Konzept ist eine Grobkostenschätzung vorzunehmen.

1. STAND DER TECHNIK

In dem folgendem Kapitel wird nach dem momentanen Wissensstand auf die Definierung der unterschiedlichen Abwasserkomponenten und die daraus resultierende Behandlung des Abwassers eingegangen.

Zu den nach folgenden Kapiteln wurde auch mit dem Merkblatt vom Umweltbundesamt zur Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU) verglichen.

1.1. ABWASSER

Abwasser ist nach der Deutschen Industrienorm DIN 4045 wie folgt definiert: „Durch Gebrauch verändertes Wasser und jedes in die Kanalisation gelangende Wasser.“ (Abwassertechnische Vereinigung 1999, S. 21)

Den größten Teil der Abwässer verursachen die Industrien, welche einen sehr großen Wasserbedarf haben. Vor allem in der Produktion wird Wasser sehr vielfältige eingesetzt. Hier dient Wasser nicht nur als Rohstoff oder als Energieträger, zum Beispiel als Kühlwasser oder Kesselspeisewasser, sondern auch als Reaktionspartner, Reinigungsmittel und Lösemittel (Abwassertechnische Vereinigung 1999, S. 21–29).

Sie sind definiert als „flüssige Abgänge“, die bei der Gewinnung und Veredelung von Rohstoffen aus der anorganischen und der lebenden Natur zu industriellen Erzeugnissen sowie bei deren Verwendung zur Herstellung von Verbrauchsgütern entstehen (Meinck et al. 1960, S. 1).

Aufgrund der unterschiedlichen Verwendungsbereiche und die daraus resultierende unterschiedliche Zusammensetzung des Abwassers sind gesetzliche Regelungen notwendig, die eine gezielte Wasserwirtschaft in der Industrie fordern. Neben den gesetzlichen Regelungen spielen auch wirtschaftliche Faktoren eine entscheidende Rolle, da die Kosten des Frischwassers und des Abwasser wichtige Parameter bei der Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens sind. Aus diesem Grund ist auch erkennbar,

dass in den letzten 30 Jahren Einsparungen des Wasseraufkommens in der Industrie feststellbar sind. Diese konnten durch Veränderungen in der Produktion, Mehrfachnutzung des Wassers, sowie auch durch Kreislaufführungen erreicht werden (Abwassertechnische Vereinigung 1999, S. 21–23).

1.2. PHARMAINDUSTRIEABWASSER

Das Pharmaindustrieabwasser bedarf einer sehr genauen Betrachtung, da durch die Herstellung unterschiedlicher Produkte sich auch unterschiedliche Komponenten im Abwasser widerspiegeln. Zu den typischen Produktionsverfahren gehören die Herstellung von Antibiotika durch Fermentation, durch organische Synthese oder auch eine semifermentative Herstellung eines Sympathomimetikums. Im Laufe der Jahre wird die Abwasserbehandlung der Pharmaindustrie immer mehr auf die Probe gestellt, da nicht nur die Zusammensetzung der Produkte komplexer wird, sondern auch ihre Herstellungsverfahren. Neben der großen Anzahl an Rohstoffen, Zwischen- und Fertigprodukten, muss die Herstellung von vielen Produkten oft gleichzeitig erfolgen. Dies führt schließlich zu sehr schwankenden Abwasserdaten und erschwert somit die Behandlung des anfallenden Abwassers (Abwassertechnische Vereinigung 1986, S. 348–350).

Im Folgenden soll ein Überblick zur Definition der Abwasserkomponenten geboten werden und die Vorgehensweise hierfür.

1.3. ABWASSERANALYTIK

Um Abwasser zu definieren, müssen die Konzentrationen der Abwasserinhaltsstoffe gemessen werden. Dies kann kontinuierlich beziehungsweise quasikontinuierlich oder diskontinuierlich stattfinden. Neben der analytischen Bestimmung von Einzelstoffen müssen auch sogenannte Summenparameter bestimmt werden. Die Bestimmung dieser basiert auf chemischen bzw. physikalischen Grundlagen.

Für die kontinuierliche, sowie auch für die quasikontinuierliche Analytik wird vorausgesetzt, dass ein geeignetes Analysenverfahren vorhanden ist, um den vorgegeben Analysenparameter zu bestimmen. Zu den kontinuierlichen Verfahren zählen die Messung von pH-Wert, Temperatur, Leitfähigkeit und vom gelösten Sauerstoff (DO – dissolved oxygen). Bei der quasikontinuierlichen Analytik wird die Automatisierung von bekannten Laboranalysen verwendet. Zu dieser Analytik zählt die Bestimmung von Summenparametern. Als Summenparameter, zählen folgende:

- TC (total carbon) = Gesamtkohlenstoff
- TIC (total inorganic carbon) = Gesamt anorganisch gebundener Kohlenstoff
- TOC (total organic carbon) = Gesamt organisch gebundener Kohlenstoff
- DOC (dissolved organic carbon) = gelöster organisch gebundener Kohlenstoff
- TOD (total oxygen demand) = Gesamtsauerstoffbedarf
- CSB = chemischer Sauerstoffbedarf
- BSB = biologischer Sauerstoffbedarf
- N_{Gesamt} = Gesamtstickstoff
- P_{Gesamt} = Gesamtphosphor

Des Weiteren werden auch Einzelparameter, wie Nitrit- und Nitratstickstoff, Ammoniumstickstoff, organisch gebundener Stickstoff, Chloride und Sulfate bestimmt. Die kontinuierliche und quasikontinuierliche Analytik setzt voraus, dass aus dem

Abwasserstrom ein repräsentativer Teilstrom entnommen wird. Diese Probe muss für eine problemfreie Analytik aufbereitet werden. Hierfür werden oft ungelöste Stoffe entfernt und auch oft Reagenzien bei einer bestimmten Reaktionszeit und Temperatur hinzugefügt (Abwassertechnische Vereinigung 1999, S. 41–42).

Die diskontinuierliche Analytik dient der Überwachung und liefert „Durchschnittswerte“ im Vergleich zu den oben genannten Verfahren. Diese Werte sind abhängig von der Dauer der Probenahme, des Probenverkehrs und der Probenvorbereitung, sowie letztendlich der Probenanalytik. Anorganische Stoffe werden grundsätzlich als Einzelstoffe analysiert und nur in Ausnahmefällen können Anionen mittels eines Hochleistungsflüssigkeitschromatographen getrennt und detektiert werden. Die Analytik der Schwermetalle erfolgt häufig mit Atomabsorptionsspektrometrie und die des organischen Stoffs werden mit Gaschromatographie ausgeführt (Abwassertechnische Vereinigung 1999, S. 42).

1.3.1. BESTIMMUNG DES CHEMISCHEN SAUERSTOFFBEDARFES (CSB)

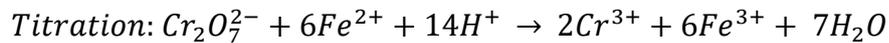
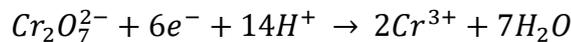
Der chemische Sauerstoffbedarf gibt die Sauerstoffmenge an, welche bei der chemischen Oxidation organischer Kohlenstoffverbindungen verbraucht wird.

Bei der Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfs werden starke Oxidationsmittel verwendet (z.B. $K_2Cr_2O_7$), um möglichst viele organische Kohlenstoffverbindungen zu CO_2 und H_2O umzusetzen. Der Sauerstoffverbrauch wird bestimmt und gibt Auskunft über die Verschmutzung des Abwassers.

Die Verwendung von Kaliumdichromat als Oxidationsmittel ist heute das Standardverfahren bei Abwasseranalysen.

Grundsätzlich geschieht bei Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfs folgendes:

Zu Beginn erfolgt der Aufschluss der Wasserprobe mit schwefelsaurer Dichromat-Lösung. Das überschüssige Cr^{6+} wird mit einer Eisen-II-Lösung und Ferroin als Indikator titriert um schlussendlich den verbrauchten Sauerstoff zu bestimmen.



Für die Auswertung werden folgende Gleichungen benötigt:

$$CSB = \frac{(a-b) \cdot c \cdot f \cdot 8 \cdot 1000}{a} \quad [\text{mg/L}]$$

wobei
$$f = \frac{10 \text{ml } K_2Cr_2O_7}{\text{ml Eisen-II-Lösung}}$$

CSB... Chemischer Sauerstoffbedarf [mg/L]

a... Verbrauch an Eisen-II-Lösung bei Titration des Blindwertes [mL]

b... Verbrauch an Eisen-II-Lösung bei Titration der Probe [mL]

c... Normalität der Eisen-II-Lösung (0,1N)

d... Eingesetztes Probevolumen (20mL)

f... Titer der Eisen-II-Lösung (Institut für Wassergüte 2015)

1.3.2. BESTIMMUNG DES BIOLOGISCHEN SAUERSTOFFBEDARFES (BSB)

Als BSB wird die Sauerstoffmenge bezeichnet, welche pro Liter Wasser bei mikrobiellem Um- bzw. Abbau der organischen Inhaltsstoffe verbraucht wird. Die Bestimmung des BSB wird vereinbarungsgemäß nach 5 Tagen abgebrochen, wodurch kein vollständiger Abbau erreicht wird. Das so erhaltene Ergebnis wird als BSB₅ bezeichnet.

Bei der Bestimmung des BSB₅ wird grundsätzlich zwischen Verdünnungsmethode und manometrischer Methode unterschieden. Hier wurde die Verdünnungsmethode angewendet.

Diese Methode beruht auf dem Prinzip der Messung des Sauerstoffes vor und nach der Bebrütung, wobei die Abnahme des Sauerstoffes ein Maß für die Verschmutzung ist. Achtung: Der O₂-Vorrat muss auch nach Ablauf der 5 Tage >1-2mg/L sein. Bei größerer Zehrung sollte verdünnt werden.

$$BSB = \frac{V_{BSB-Flasche}}{V_{Probe}} \cdot (c_{O_2}^{VE} - c_{O_2}^{ME})$$

BSB... Biologischer Sauerstoffbedarf [mg/L]

$c_{O_2}^{VE}$... Sauerstoffgehalt einer nur mit Verdünnungswasser angesetzten Blindprobe nach 5 Tagen

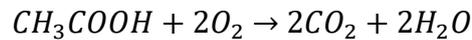
$c_{O_2}^{ME}$... Sauerstoffgehalt der Mischung Probe und Verdünnungswasser nach 5 Tagen
(Institut für Wassergüte 2015)

1.3.3. BESTIMMUNG DES TOC

Zur Bestimmung wird der gesamte organisch gebundene Kohlenstoff durch die thermische Oxidation nach vorheriger Verdampfung in der Gasphase bestimmt. Dabei wird die Probe in einen mit heißer Luft gefüllten Behälter eingespritzt und mit Hilfe eines Katalysators bei etwa 700°C verdampft. Das gebildete CO₂ wird in einem nachgeschalteten Gasanalysator gemessen (NDIR). (Institut für Wassergüte 2015)

1.3.4. DAS VERHÄLTNIS CSB/TOC

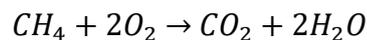
Wichtig erscheint hierbei, dass das Verhältnis CSB/TOC keine konstante Größe darstellt. Folgende Beispiele sollen diese Aussage verdeutlichen:



Mit der molaren Masse für Sauerstoff von 16g/mol ergibt sich ein CSB von 64g für obige Reaktionsgleichung. Der organische Kohlenstoff (hier Oxidationsstufe 0) ergibt sich aus der molaren Masse für Kohlenstoff (12g/mol) zu 24g TOC. Es gilt also:

$$\frac{CSB}{TOC} = \frac{64}{24} = 2,67$$

Für die folgenden Formel:



berechnet sich das Verhältnis CSB/TOC zu:

$$\frac{CSB}{TOC} = \frac{64}{12} = 5,33$$

Dabei gilt 5,33 als der höchstmögliche Wert. Dies resultiert aus der Tatsache, dass CH_4 die am stärksten reduzierte Kohlenstoffverbindung (Oxidationsstufe $^{-IV}$) darstellt.

(Institut für Wassergüte 2015)

1.4. WICHTIGE VERFAHREN ZUR ABWASSERREINIGUNG

Um das vorliegende Abwasser zu reinigen und eine Einleitung zu ermöglichen, müssen die „schädlichen“ Abwasserkomponenten entfernt oder in eine nicht „schädliche“ Form umgewandelt werden. Je nach Zusammensetzung und Größe des Abwassers kann man nach den folgenden Vorgehensweisen eine Abwasserreinigung durchführen. In den folgenden Unterpunkten wird ein Überblick über die möglichen Verfahren geboten und detaillierter darauf eingegangen, falls die Verfahren für unser Abwasser relevant sind.

1.4.1. *ÜBERBLICK ÜBER DIE MÖGLICHEN BIOLOGISCHEN VERFAHREN*

Die biologischen Verfahren begleiten die Abwasserreinigung schon von Beginn an und sind somit das integrierteste Verfahren. Trotzdem müssen sich auch die biologischen Verfahren an den heutigen und zukünftigen Qualitätsanforderungen anpassen. Da jedoch bei unserem konkreten Projekt die biologische Abwasserreinigung nicht umsetzbar wäre, wird auch hier nicht näher darauf eingegangen.

1.4.2. *ÜBERBLICK ÜBER DIE MÖGLICHEN CHEMISCHEN VERFAHREN*

Für die chemische Abwasserreinigung, die unserem konkreten Fall eine sehr große Rolle spielt, müssen einigen Forderungen an die chemische Reaktion gestellt werden. Wünschenswert wäre eine Reaktion, die möglichst schnell verläuft und deren Reaktionsgleichgewicht möglichst weit auf der Seite der gewünschten Reaktionsprodukte, welche nicht toxisch sein dürfen, liegt. Des Weiteren soll der Reaktionsablauf messtechnisch gut verfolgbar sein (Abwassertechnische Vereinigung 1999, S. 131).

Zu den chemischen Verfahren zählen hauptsächlich die Neutralisation, die Fällung, die Redox-Reaktionen, sowie auch Oxidation und Reduktion. Für unser Abwasser sind die Neutralisation mit unterschiedlichen Basen oder Säuren, und die Oxidation, so wie auch der Ionenaustausch relevante Verfahren, auf die in den folgenden Kapiteln näher eingegangen wird, von Bedeutung.

1.4.2.1. *Neutralisation*

Neutralisation der Abwässer wird in den meisten Fällen zusätzlich als letzter Prozessschritt eingeführt, da das Abwasser durch minimale Anreicherung oder Verarmung an Stoffen eine pH-Wertverschiebung verursachen. Vor allem im neutralen Bereich können geringste Änderungen der Wasserstoffionenkonzentrationen große pH-Wert Änderungen verursachen. Dies sollte bei der technischen Auslegung von Neutralisationsanlagen berücksichtigt werden, da es im Endeffekt nur eine äußere Beeinflussung der Wasserstoffionenkonzentration ist (vgl. Hartinger 1976, S. 109).

In der Abwassertechnik gibt es viele Gründe weshalb ein Abwasser neutralisiert werden muss. Einige Gründe werden im Folgenden aufgezählt:

- zum Schutz vor Korrosion in der Kanalisation und auch in den Kläranlagen
- zum Schutz der Mikroorganismen in einer biologischen Abwasserreinigungsanlage
- bei der Direkteinleitung zum Schutz der Lebewesen im Vorfluter
- zur Hydroxid-Fällung von Schwermetallen zur Entstabilisierung und Flockung von kolloidalen oder auch emulgierten Abwasserinhaltsstoffen

(Abwassertechnische Vereinigung 1999, S. 134)

Die Neutralisation von saurem Abwasser findet grundsätzlich mittels Natronlauge oder auch Kalkmilch statt. Trotzdem kann auch Calciumcarbonat, Dolomit oder Magnesiumhydroxid benützt werden.

Für die Neutralisation von basischen Abwässern werden Schwefelsäure, Salzsäure und Kohlendioxid verwendet.

Sowohl der pH-Wert des Abwassers, wie auch die möglichen Basen oder Säuren zur Neutralisation spielen eine wichtige Rolle und sind ausschlaggebend für den weiteren Prozess. Es müssen Kosten der Rohstoffe, sowie auch Lagermöglichkeiten, Handling und auch Sicherheitsvorkehrungen beim Entscheidungsprozess für ein Verfahren berücksichtigt werden. Einen Überblick über die möglichen Verfahren zur Neutralisation des vorliegenden Abwassers wird in Kapitel 0 eingegangen.

1.4.2.1.1. pH-Wert

Der pH-Wert eines Stoffes beschreibt den negativen dekadischen Logarithmus der H^+ bzw. H_3O^+ -Ionenkonzentration und entspricht der Potenz der Wasserstoffionen-konzentration in g/L.

$$pH = -\log [C_{H^+}]$$

Das Gegenstück der pOH-Wert ist der negative dekadische Logarithmus der OH^- Ionen.

Der Zusammenhang ist folgendermaßen: $pH + pOH = 14$.

Mit $[H^+]=10^{-7}$ mol/L und $[OH^-]=10^{-7}$ mol/L folgt

$$k_W = \frac{[H^+]\cdot[OH^-]}{[H_2O]} = 10^{-14}$$

Der pH-Wert wird üblicherweise zwischen 0 (stark sauer) und 14 (stark alkalisch) angegeben.

pH < 7: sauer

pH = 7: neutral

pH > 7: basisch

- Die Messung des pH-Wertes kann mittels folgender Methoden untersucht werden:
- Universalindikatorpapier: Das Papier ist mit Farbstoffen beaufschlagt, welche je nach pH-Wert des Messmediums ihre Farbe verändern.
- Universalindikatorstreifen: Mehrere Indikatoren werden auf einen Papierstreifen aufgebracht.

Die pH-Elektrode, die am häufigsten verwendete wird, ist die Glaselektrode. Sie misst den pH Wert über die Bestimmung der Wasserstoffionenaktivität. Die Glaselektrode besteht aus zwei, in einen Bauteil zusammengefassten, Elektroden – eine Mess- und eine Referenzelektrode. Die Messung selbst beruht auf den Potentialunterschieden. Für die Messung gilt: 1 pH-Stufe = 59 mV (mittels der Nernst-Gleichung ermittelt).

Des Weiteren ist für die Messung des pH Wertes die Kenntnis über das Verhalten der vorliegenden Substanz hilfreich. Viele Substanzen sind als Puffersysteme bekannt. Ein Puffer ist ein Stoffgemisch, dessen pH-Wert sich bei Zugabe einer Säure oder einer Base wesentlich weniger stark ändert, als dies in einem ungepufferten System der Fall wäre. Erst wenn die Pufferkapazität verbraucht ist erfolgt die Änderung schneller. (Institut für Wassergüte 2015)

1.4.2.1.2. *Prinzip der Neutralisation*

Das Vorhandensein von Säuren oder Laugen stellt oftmals ein Problem dar. Abhilfe verschafft das Verfahren der Neutralisation. Bei sauren pH-Werten die neutralisiert werden sollen wird eine Base zugegeben und umgekehrt.

Bei der Reaktion einer Säure und einer Base kommt es zur Entstehung von Salz und Wasser.



Die Dissoziation der H_3O^+ Ionen erfolgt bei Säuren aber nicht vollständig. Je mehr H^+ -Ionen im Wasser abgespalten werden, desto „stärker“ ist die Säure.

In Kapitel 2.4 wird näher auf die unterschiedlichen Neutralisationsvorgänge eingegangen und auch auf Wirtschaftlichkeit, Handling und Sicherheit verglichen.

1.4.2.1.3. *Versuch der Neutralisation von NaOH und HCl im Labormaßstab*

Zur Ermittlung des Versuchsverlaufes der Neutralisation mit NaOH und HCl wird im Labor ein Versuch gestartet:

5 mL 0,1 M NaOH werden mit etwas deionisiertem Wasser und 2-3 Tropfen Phenolphthalein-Indikator in einen Kolben pipettiert. Das Wasser wird nur hinzugefügt, um einen Flüssigkeitsstand zu erreichen, in den das pH-Meter vollständig eintaucht, der pH-Wert der Lösung wird nur geringfügig verändert, da der Verdünnung gleichzeitig mittels Erhöhung der Aktivität durch Erhöhung des Volumens entgegengewirkt wird.

Der Phenolphthaleinindikator zeigt bei einem pH-Wert von 0-8,2 keine Farbe und schlägt ab 8,2 auf violett um.

Diese Lösung wird mit 0,1 M HCl neutralisiert. Dazu wird HCl mit einer automatischen Bürette hinzugegeben. Der Verlauf des pH-Wertes wird mit einem Schreiber während des gesamten Versuchs (welcher bei Versuch 2-4 aus Anschauungsgründen über den Neutralisationspunkt hinausging) aufgezeichnet. Weiteres wird ständig mittels Magnetrührstäbchen durchmischt.

Dieser Versuch wurde auch noch einmal umgedreht. Auf 5 ml 0,1 M HCl wurde 0,1 M NaOH mittels automatischer Bürette titriert. Als Indikator fungierte Methylorange – der Farbumschlag erfolgt bei ca. 4,3 von rot/orange zu gelb. Der Verlauf des pH-Wertes wird mit einem Schreiber während des gesamten Versuches aufgezeichnet.

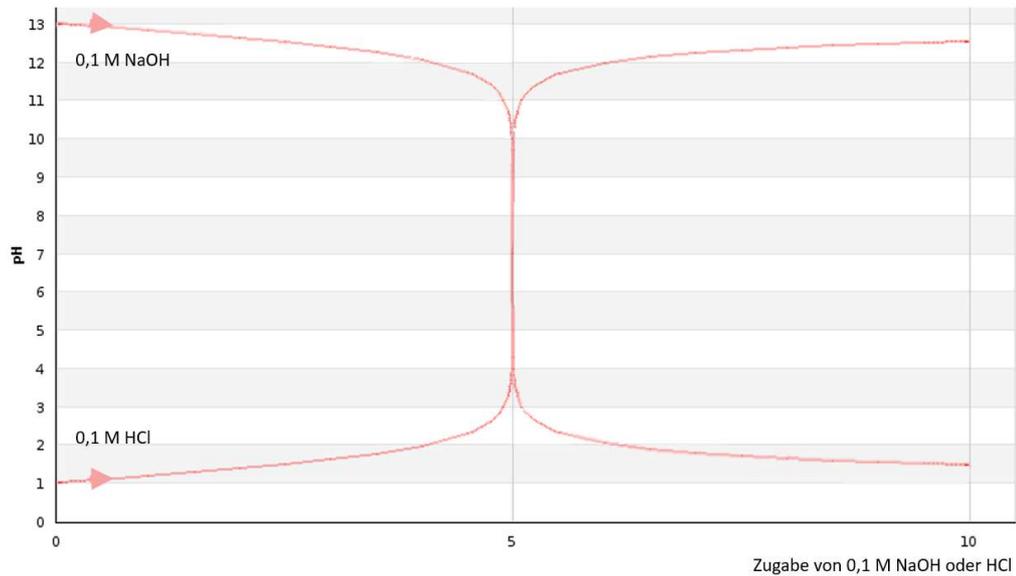


ABBILDUNG 1: QUALITATIVER VERLAUF DES pH-WERTES BEI DER NEUTRALISATION VON NaOH MIT HCl UND UMGEKEHRT

Abbildung 1 zeigt den typischen Verlauf einer Neutralisationskurve. Als Beispiel zur Analyse wurde die Neutralisation von NaOH mittels HCl herangezogen. Zu Beginn ändert sich der pH-Wert nur langsam. Die OH^- Ionen werden durch Zugabe von Oxoniumionen langsam neutralisiert. Der Terrassenpunkt A ist das Ende des basendominierten Bereiches. Durch weitere Zugabe von Säure (ein Tropfen kann den Unterschied machen) tritt der pH-Wert Sprung ein. Er sinkt, bis er sich schließlich auf einen Wert, der im Bereich des pH-Wertes des Zugabemittels liegt, einpendelt. Das eigentliche Ende einer Titration würde beim Neutralpunkt ($\text{pH}=7$) liegen.

(Institut für Wassergüte 2015)

1.4.2.2. *Oxidation*

Der Einsatz von Oxidationsverfahren führt zu einer chemischen Veränderung der synthetischen Verbindungen. Bei diesen Verfahren können verschiedene Oxidationsmittel bzw. Methoden zur Elimination der Verbindungen eingesetzt werden, u.a. Ozon, UV-Licht, Chlor, Chlordioxid, Wasserstoffperoxid.

Das Ziel der Oxidation von Abwasserinhaltsstoffen ist in Bezug auf anorganische oder organische Stoffe verschieden. Die anorganischen Stoffe sollen in eine ökologisch verträglichere Form oder in eine Wertigkeitsstufe, die anschließend leicht entfernbar ist, überführt werden, während organische Stoffe durch Teiloxidation in eine biologisch abbaubare Form überführt werden oder durch Totaloxidation mineralisiert werden. Dies kann durch verschiedene Verfahren erfolgen, wie zum Beispiel durch die Oxidation bei Temperaturen unter 100°C oder durch Nassoxidation (Abwassertechnische Vereinigung 1999, S. 161).

1.4.2.2.1. *Oxidation bei Temperaturen unter 100°C*

Hier verläuft die Oxidation bei Temperaturen unter 100°C und bei Normaldruck unter der Verwendung von Oxidationsmittel, wie zum Beispiel Sauerstoff (O₂), Wasserstoffperoxid (H₂O₂) und Ozon (O₃). Für die Abwasserbehandlung werden hauptsächlich stark oxidierende Oxidationsmittel verwendet, während bei der Nassoxidation nur Luft und technischer Sauerstoff eingesetzt werden. Zu berücksichtigen ist jedoch auch, dass durch die Verwendung von Katalysatoren oder von UV-Strahlung eine Oxidationsreaktion aktiviert werden kann (Abwassertechnische Vereinigung 1999, S. 161).

Für das vorliegende Abwasser ist im Vergleich eine Nassoxidation vorzuziehen. (Abwassertechnische Vereinigung 1999)

1.4.2.2.2. *Nasse Oxidation über Kavitationsprozess*

In einem speziellen Apparat, der Kavitation künstlich und gewollt erzeugt, entstehen beim Phasenwechsel flüssig/gasförmig hohe Druckspitzen und Radikale (z.B. H^+ , H_2O_2). Durch die Radikale und die mechanische Beanspruchung wird organisches Material (Bakterien, organische Lösungsmittel, ...) reduziert.

Es gibt einige Versuchsanlagen, welche allerdings noch nicht auf biologische Sicherheit in Abwässern mit GVO getestet wurden. Dazu müsste noch Forschungsarbeit geleistet werden. Diese Technologie ist also noch nicht technologisch ausgereift und praxiserprobt.

Weiteres wird zum Thema Forschung betrieben, z.B. an der Technischen Universität München und der Technische Universität Hamburg-Harburg, welche die Kavitation mit Ultraschallgeneratoren erzeugt.

Pro:

- innovative Technologie, förderungsfähig
- relativ kostengünstiges und einfaches Verfahren

Contra:

- erhöhtes technologisches Risiko bei der Etablierung eines industriellen Verfahrens
- noch keine Erfahrungen zur Verfahrensrobustheit und Betriebssicherheit bei vergleichbaren Anwendungen (Abwassertechnische Vereinigung 1999)

1.4.2.3. *UV-Bestrahlung*

Bei der UV-Bestrahlung wird die Schädigung der Erbsubstanz von Mikroorganismen genutzt. Als besonders wirksam hat sich eine Wellenlänge von 100-280 nm gezeigt. Wesentliche Einflussgrößen sind die mittlere UV-Dosis [J/m^2] als Produkt von mittlerer Bestrahlungsstärke [W/m^2] und mittlerer Verweildauer und die UV-Durchlässigkeit des Abwassers (meistens angegeben als UV-Transmissionen in Prozent).

Im Bestrahlungsraum sind die Durchströmung und die Bestrahlungsstärke ungleichmäßig verteilt, deswegen sind die mittlere Bestrahlungsstärke und die mittlere Verweildauer nur eine Näherung. Für eine konstante Bestrahlung ist eine möglichst ideale Pfropfenströmung und Quervermischung wichtig. Der Feststoffgehalt des Abwassers ist ebenfalls ein wichtiger Parameter.

Für Fäkalindikatorkeime (E.Coli, Intestinale Enterokokken) sowie Coliphagen werden Abtötungsraten von vier bis fünf Zehnerpotenzen erreicht.

Der Bereich der Strahlendosis, die zur Abtötung von Mikroorganismen und Viren nötig ist, liegt zwischen $2,5\text{--}5,0 \text{ mWs}/\text{cm}^3$ (Staphylococcus aureus) und $34 \text{ mWs}/\text{cm}^3$ (Hepatitisvirus). (Wintermantel und Suk-Woo Ha 2009, 2009)

Zu berücksichtigende Faktoren:

Eine gleichmäßige Pfropfenströmung über den gesamten Querschnitt durch eine entsprechende Einlaufgestaltung ist erforderlich.

Die Bestrahlungsintensität muss an den Durchfluss angepasst werden.

Aufgrund der Bestrahlung ist eine Anlagenüberwachung und Dokumentation der Betriebsparameter notwendig.

Auch eine regelmäßige Entfernung der Belagbildung auf den Quarzglas-Hüllrohren (14 Tage bis 6 Monate) ist erforderlich.

Pro:

- einfache Erzeugung der UV-Strahlen
- gefahrenlose Anwendung bezüglich Überdosierung und Reaktion mit Wasserinhaltsstoffen
- ist ein chemikalienfreies Verfahren; dem Wasser werden keinerlei Stoffe hinzugefügt
- entfallen der Transport, Lagerung und Handhabung giftiger oder korrosionsfördernder Chemikalien – ein Sicherheitsvorteil für Anlagenbetreiber und kommunale Anlieger
- keine krebsfördernden Nebenprodukte werden erzeugt, die sich schädigend auf die Wasserqualität auswirken könnten
- hochwirksam in der Inaktivierung eines breiten Spektrums von Mikroorganismen und beseitigt auch chlorresistente Krankheitserreger, wie Cryptosporidium und Giardia
- eignet sich auch (alleine oder in Verbindung mit Wasserstoffperoxid) für den Abbau giftiger chemischer Verunreinigungen bei gleichzeitiger Desinfektion
- die unmittelbare Gefahr von Chlorgas wird bei der Verwendung ausgeschaltet bzw. reduziert und langfristige Kosten für Chemikalien, Transport und Lieferung werden vermieden
- Kosten für Einsätze bei Leckagen, Verwaltung, Risikomanagement und Notfallplanung sowie Betreiberschulungen werden reduziert und/oder vollständig vermieden
- Kommunale Einrichtungen müssen keinen hohen Preis für die bedeutenden Sicherheitsvorteile der UV-Desinfektion zahlen

Contra:

- keine Depotmöglichkeit wie bei der chemischen Inaktivierung
- eine Wiederverkeimung kann stattfinden
- die Quarzschutzrohre müssen regelmäßig gereinigt werden
- geringe Eindringtiefe

(Abwassertechnische Vereinigung 1997)

1.4.2.4. Ozon

Bei der Ozonbehandlung reagiert das Ozon direkt mit den Wasserinhaltsstoffen und nach der Ozonzugabe indirekt weiter durch die gebildeten OH-Radikale. Durch die Ozonierung ist eine Reduktion der Mikroorganismen in Höhe von 2 bis 3 Zehnerpotenzen möglich. Grundsätzlich werden 90% der Mikroorganismen oxidiert, jedoch gibt es auch Stoffe, bei denen nur eine Oxidation von 10 % bis 50 % stattfindet, z.B. bei den Röntgenkontrastmitteln Iopamidol und Iopromid. Um diese Verbindungen zu oxidieren, können weitergehende Oxidationsverfahren eingesetzt werden, wobei hier die Oxidation überwiegend über die OH-Radikale abläuft. Diese Oxidationsverfahren sind Kombinationen von Ozon mit Wasserstoffperoxid, Ozon mit UV, UV mit Wasserstoffperoxid etc. und können die Röntgenkontrastmittel reduzieren. Der Einsatz von Ozon ist kritisch zu bewerten, weil noch nicht bewiesen ist, ob die Oxidationsprodukte (Metabolite) nicht schädlicher sind als die vorherigen Stoffe selbst. Auch die Kosten der Ozonbehandlung sind um ein mehrfaches höher, als bei anderen Verfahren.

Pro:

- Elimination von geruchsintensiven Stoffen
- günstiges Verfahren pro m³ Abwasser
- ist bei einigen Viren und Bakterienarten wirksamer als Chlor

Contra:

- muss unmittelbar vor dem Einsatz hergestellt werden - keine Depotwirkung
 - Ozon bewirkt i.V. zu Chlor keine Langzeitdesinfektion
 - Gesundheitsgefährdung für die Beschäftigten
 - nur Pilotanlagen bisher in Deutschland
 - starke Zersetzung durch das Ozon - eventuelle BSB Erhöhung
 - die zersetzten Stoffe können als vermehrtes Nährstoffangebot zu Bakterienwachstum führen
 - eine zu hohe Dosierung kann neue persistente, auch toxische Stoffe bilden
- Aufspaltung von höher molekularen Verbindungen kann auch zur Ausbildung einer Mikroflockung und damit zur Trübung führen (Abwassertechnische Vereinigung 1997; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. 2013)

1.4.2.5. Chlor oder Chlordioxid

Die Verwendung von Chlor oder Chlordioxid ist mit Blick auf die Reduzierung von Mikroverunreinigungen (speziell Pharmaka) gering bedeutend, weil die Reaktionsgeschwindigkeiten zu gering sind. Zwar reagieren diese beiden Oxidationsmittel mit einigen Pharmaka auch nach kurzer Zeit, aber für eine breite Reduzierung ist dies nicht ausreichend. Zudem können bei der Benutzung von Chlor oder Chlordioxid chlorierte Nebenprodukte entstehen.

Pro:

- teilweise oxidativer Abbau von organischen Stoffen im Abwasser - Minderung von CSB
- Ammonium oxidiert
- kurze Einwirkzeit
- weniger pH-abhängig, solange zwischen 6 und 8

Contra:

- aus Eiweiß, Alkoholen, Huminsäuren oder Phenolen, können unerwünschte toxische Reaktionsprodukte entstehen
- in Gewässern können polare organische Reaktionsprodukte wie Chlorite, Chlorate und Chloride entstehen
- nur bei vorbehandeltem Abwasser möglich, da sonst Chlorverbindungen entstehen könnten
- Gesundheitsgefährdung für die Beschäftigten

Wie aus den oben genannten Punkten ersichtlich, wird aufgrund der schwerwiegenden Nachteile von diesem Verfahren abgeraten. (Abwassertechnische Vereinigung 1997b; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. 2013)

1.4.2.6. *Nicht chlorhaltige Oxidationsmittel*

Neben Ozon und Chlor sind als weitere Oxidationsmittel Peressigsäure, Wasserstoffperoxid und Kaliumpermanganat zu nennen. Auch hier basiert die Desinfektion auf der Oxidation von Proteinen, besonders im Enzyimbereich.

Peressigsäure (Peroxyethansäure) ist aufgrund seines hohen Oxidationspotentials sehr reaktiv. Was diese Säure ausmacht, ist ihre starke mikrobizide Wirkung gegenüber Bakterien, Viren und in gewissen Fällen auch Sporen. Bei der Anwendung der Peressigsäure verfällt diese in harmlose Bestandteile. Sie trägt nicht zum Sauerstoffverzehr, nur geringfügig zum BSB/CSB und nicht zu AOX bei. Aus diesen Gründen kann sie als relativ umweltfreundliche bezeichnet werden.

Die Peressigsäure befindet sich in einer Gleichgewichtsreaktion und besteht aus einer Mischung von Peressigsäure, Essigsäure, Wasserstoffperoxid und Wasser.

Pro:

- leicht mit Wasser mischbar
- Peressigsäure wird durch die Oxidation in Wasser, Sauerstoff und leicht abbaubarer Essigsäure zersetzt
- Einwirkzeit liegt im Minutenbereich
- niedrigprozentige Peressigsäure ist ausreichend
- keine Erhöhung des AOX
- niederprozentige Säure bis zu einigen Monaten stabil lagerbar (gut belüftet, kühl, keine Sonneneinstrahlung)

Contra:

- stechend riechend
- bis zum Abbau der Säure eine Depotwirkung im Wasser
- Sicherheitsmaßnahmen wie für alle stark oxidierende Chemikalien
- ätzende Säure – Reizung von Haut, Augen und Atmungsorganen
- bei hochprozentiger Säure und hohen Temperaturen, besteht bei Zerfall der Säure in Sauerstoff Explosionsgefahr bzw. brandfördernde Wirkung

Es gibt mehrere Großversuche in England, jedoch kein etabliertes Verfahren.

Ein weiteres Oxidationsmittel ist Wasserstoffperoxid (H_2O_2). Dieses oxidiert und zerfällt danach in Wasser und Sauerstoff. Es findet jedoch nur vereinzelt Anwendungen bei der Bekämpfung von Geruchsproblemen, Schwefelwasserstoff und Blähschlamm, nicht für hohe Abwassermengen.

Kaliumpermanganat ist ebenfalls sehr gut als Oxidationsmittel geeignet. Aufgrund seiner unbeschränkten Haltbarkeit als Pulver und der relativ einfachen Handhabung. Der Nachteil des Kaliumpermanganats bei der Abwasserbehandlung ist die Restkonzentration, die im Wasser verbleibt und nur mit sehr aufwendigen Verfahren wieder entfernt werden kann. (Abwassertechnische Vereinigung 1997; Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. 2013)

1.4.3. ÜBERBLICK ÜBER DIE MÖGLICHEN PHYSIKALISCHEN VERFAHREN

Mit Hilfe der physikalischen Verfahren kann in einem Abwasser ein in geringen Anteilen vorliegender Stoff angereichert werden und im Idealfall als Wertstoff wieder gewonnen werden. Bei den physikalischen Verfahren wird bei den Abwasserinhaltsstoffen grundsätzlich zwischen ungelöst und gelöst differenziert.

Für ungelöste und gelöste Inhaltsstoffe können folgende physikalischen Vorgänge angewendet und dementsprechende Verfahren verwendet werden:

Ungelöste Abwasserinhaltsstoffe:

- Dichteunterschied: Sedimentation, Aufschwimmen, Flotation, Zentrifugation,
- Anlagerung: Raumfiltration
- Membran: Flächenfiltration

Gelöste Abwasserinhaltsstoffe:

- Phasengrenze Gas/Flüssig: Eindampfung, Destillation, Strippung
- Phasengrenze Flüssig/Flüssig: Extraktion
- Phasengrenze Fest/Flüssig: Adsorption, Ionenaustausch
- Membran: Ultrafiltration, Umkehrosmose

(vgl. (Abwassertechnische Vereinigung 1999)

Für unsere vorliegenden Abwasserparameter werden nur folgenden Verfahren in Betracht gezogen und ich den anschließenden Kapiteln näher erläutert.

- Ionenaustausch
- Membranprozesse
- Mikrowellenverfahren
- Mikrofiltration
- Verbrennung
- Ionisierende Strahlen

1.4.3.1. Ionenaustausch

Die Aufkonzentrierung von ionogen gelösten Abwasserinhaltsstoffen, sowohl anorganischer als auch organischer Natur, kann durch Ionenaustausch erfolgen. Die Ionenaustauscher reichern ihre Oberfläche mit Kationen bzw. Anionen durch Chemiesorption an. Dieser Vorgang ist reversibel.

Pro:

- Ionenaustauscher können entsprechend regeneriert werden
- Abwasserinhaltsstoffe liegen in einer wesentlich höheren Konzentration vor und können dann zu ihrer Wiederverwertung oder Beseitigung entsprechend aufgearbeitet werden

Contra:

- unbrauchbar bei einem mit vielen unterschiedlichen Inhaltsstoffen belasteten Abwasser (Abwassertechnische Vereinigung 1999; Hartinger 1976)

1.4.3.2. Membranprozesse

Für Mikroverunreinigung ist erst durch eine Nanofiltration und Umkehrosmose eine Reduktion von 93-99% möglich, somit sind diese Verfahren sehr wirkungsvoll; aber um diese Eliminationsleistung erreichen zu können, müssen Drücke von 10 bis 150 bar aufgewendet werden. Das Membranverfahren zur Elimination von Mikroverunreinigungen ist wegen zu hoher Energiekosten, der Entsorgungskosten für das Konzentrat und der Investitionskosten unwirtschaftlich.

Abgesehen von den Kosten ist auch die Reinigung von Ablagerungen nur durch Spülvorgänge möglich, bei denen die Ablagerungen nicht vollständig entfernt werden. Vor allem bei der pharmazeutischen Industrien spielt die Desinfektion/Keimfreimachung eine wichtige Rolle und deswegen muss eine sehr spezifische Auswahl des Membranmaterials getroffen werden. Weitere typische Betriebsprobleme sind das Scaling und das Fouling. Auch die begrenzte chemische Beständigkeit ist ein gelegentlich auftretendes Problem. (Abwassertechnische Vereinigung 1999)

1.4.3.3. Mikrowellenverfahren

Die MW-Behandlung wird mit „vernünftigem Energieaufwand“ zur Mikroorganismenabtötung in trockenen Lebensmitteln (z.B. Gewürzen) industriell eingesetzt. Durch die Mikrowellenbehandlung erwärmen sich die Mikroorganismenzellen binnen weniger Sekunden um 60–80 °C und zerplatzen. Die (trockene) Lebensmittelmatrix erfährt hingegen nur einen Temperaturanstieg von 2–3 °C und wird daher thermisch nicht geschädigt. Bei einem angenommenen Abwasseranfall von 5 m³/h wäre bei einem kontinuierlichen Betrieb folgende Verfahrensauslegung möglich:

Eine Vorwärmung auf 80 °C über Wärmetauscher durch Energierückgewinnung des austretenden Mediums findet statt. Danach erwärmt es sich kalorisch durch die Mikrowelle von 80 °C auf ca. 120 °C mit entsprechender Aufenthaltsdauer im Heißhalteabschnitt. Hierfür ist eine Mikrowellenleistung von 250 kW installiert, was bei einem Effizienzgrad von 85 % einer elektrischen Leistung von 275 kW entspricht. Die Grobkostenschätzung für die Mikrowellenkomponenten beträgt ca. 340.000 € (3 Quarzgeneratoren: 240.000 € sowie Sonstiges: 100.000 € nach einer Anfrage bei Fa. Mugge)

Pro:

- innovatives Verfahren
- Erwärmung gleichmäßig und schnell (Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik 2013)

Contra:

- hoher elektrischer Energieaufwand für die Mikrowellenbehandlung
- sehr hohe Investitions- und Betriebskosten i.V. zur Energiebereitstellung durch Dampf
- noch keine langfristige industrielle Erfahrung für die Anwendung bei wässrigen Medien
- Erhitzungszeit bei Wärmetauschern ist lang und auf ihren großen Oberflächen lagert sich ein Belag ab (Fouling), womit sich die Wärmeübertragung verschlechtert - regelmäßige Reinigung notwendig (Verbrauch von Energie, Wasser und Reinigungsmittel)

1.4.3.4. *Mikrofiltration*

Die Mikro- bzw. Membranfiltration sind Verfahren, welche auch zur Entkeimung von Abwässern eingesetzt werden können.

Getestet wurde ein Mikrofiltrationsverfahren, das eine poröse Hohlfaser als Membran einsetzt und direkt filtert. Zurzeit gibt es eine Versuchsanlage im Institut für Wasser-, Boden-, und Lufthygiene in Berlin sowie auch eine bereits gebaute technische Anlage in Australien.

Pro:

- Anlage besteht aus nur wenigen, technisch relativ anspruchslosen Bauelementen
- Bakterien können unabhängig von der Zulaufkonzentration und der Keimart allein auf Grund des Größenunterschiedes zwischen Bakterien und Membranporen vollständig zurück gehalten werden (an E.Coli und Coliphagen getestet).

Contra:

- Wiederverkeimungsprobleme bei bereits geringem Nährstoffgehalt des Wassers durch Bewuchs auf der Reinwasserseite des Filters und im Rohrnetz
- keine Depotwirkung (Abwassertechnische Vereinigung 1997)

1.4.3.5. *Verbrennung*

Bei diesem Prozess wird die Verbrennung des im Abwasser enthaltenen oxidierbaren Stoffes eingeleitet. Durch die Oxidation mit Sauerstoff aus der Luft bei hohen Temperaturen, werden organische Abwasserinhaltsstoffe entweder teilweise oder vollständig in die organische Verbrennungsprodukte H₂O oder CO₂ überführt.

Die direkte Verbrennung rentiert sich nur bei relativ kleinen Abwassermengen (bis ca. 1 m³/h). Für größere Abwassermengen eignet sich eine Voreindampfung mit der bei der Verbrennung erzeugten Wärme. Für Abwassermengen über 2 m³/h, kann eine Voreindampfung mit nachfolgender separater Brüdenoxidation und Konzentratverbrennung vorteilhaft eingesetzt werden.

Investitionskosten betragen für die direkte Verbrennung von ungefähr 1,7 Mio. €/t Abwasser (für 1 t/h). Die Kosten steigen für höhere Abwassermengen bis zu zusätzlich 6 Mio. €/t Abwasser. (Abwassertechnische Vereinigung 1999)

1.4.3.6. *Ionisierende Strahlen*

Für die Desinfektion des Abwassers wurde bereits mit Gamma-Strahlung erprobt und derzeit auch in Praxisanlagen eingesetzt. Aufgrund der geringen Energie der Strahlung muss das Gut bis zum Erreichen einer Mindeststrahlendosis umgewälzt werden, was nur in einem Chargenbetrieb funktioniert. Als Strahlungsquelle wird Kobalt-60 oder Cäsium-137 verwendet und deswegen müssen in dem Betrieb hohe Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden.

Aufgrund der dadurch entstehenden hohen Kosten wird es nicht zur Abwasserreinigung verwendet.

Auch Elektronenstrahlen können zur Keimtötung verwendet werden. Da jedoch die Strahlen eine sehr geringe Eindringtiefe haben, kann nur eine dünne Schicht des Abwassers, welches direkt an der Strahlenquelle vorbei geführt werden muss, erfolgreich desinfiziert werden. (Abwassertechnische Vereinigung 1997)

1.5. BVT – BESTE VERFÜGBARE TECHNIKEN

In Anlehnung an das Dokument über die besten verfügbaren Techniken für die Herstellung organischer Feinchemikalien werden nun aufbauend auf diesem die möglichen Konzepte ausgearbeitet.

Bevor die BVTs festgelegt werden, müssen weitere Punkte, wie die „Vermeidung und Minimierung der Umweltbelastung“ und „Management und Behandlung von Abfallströmen“ berücksichtigt werden. Im ersten Punkt werden u.a. Strategien für die Auswahl des Synthesewegs, Beispiele für alternative Verfahren, die Auswahl der Apparate und das Anlagendesign beschrieben. Das Management der Abfallströme dient zur Beurteilung der Eigenschaften von Abfallströmen und der Untersuchung und Überwachung von Emissionen und für unser Projekt wichtig, die Vorbehandlung von Abwasserströmen beschrieben. (Umweltbundesamt, Dezember 2005)

1.5.1. *VERMEIDUNG UND MINIMIERUNG DER UMWELTBELASTUNG*

Unter dem Kapitel der Vermeidung von Umweltbelastung wird im Folgenden ein Überblick über einige relevante Punkte, welche bei der Ausarbeitung von den möglichen Varianten berücksichtigt werden müssen.

1.5.1.1. *„Grüne“ Chemie*

Hierbei soll bei der Herstellung von chemischen Stoffen der Einsatz alternativer Synthesewege und alternative Reaktionsbedingungen, welche umweltschonender sind schon bereits im Entwicklungsstadium bedacht werden.

1.5.1.2. *Einbeziehung von UGS (Umwelt, Gesundheit und Sicherheit) in die Verfahrensentwicklung*

Durch die frühe Einplanung dieser ist die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Vermeidung und Verminderung der Umweltbelastung höher.

1.5.1.3. *Anleitung zur Auswahl von Lösemittel*

Durch beispielsweise eine Tabelle, wie sie in Umweltbundesamt-Merkblatt zur Herstellung von Feinchemikalien kann ein umweltfreundliches, aber trotzdem qualitatives Lösungsmittel gefunden werden.

Weitere Punkte, die in dem Kapitel „Vermeidung und Verminderung der Umweltbelastung“ auftreten und auch für den Gedankenprozess in dieser Arbeit eine Rolle spielen werden unten nur kurz erwähnt:

- Sicherheitstechnische Bewertungen
- eine Mehrzweckanlage nach „neuestem Stand der Technik“
- Standortvergleich im Vorfeld der Produktion eines neuen Produktes
- verbesserte Reinigung von Anlagen
- Minimierung von VOC-Emissionen, u.v.m (Umweltbundesamt, Dezember 2005)

1.5.2. *MANAGEMENT UND BEHANDLUNG VON ABWASSERSTRÖMEN*

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die möglichen Vorbehandlungen von Abwasserströmen durch stoffliche Trennung.

Für die Behandlung von Abwasserströmen wird eine Unterteilung der Vorbehandlungen durch eine stoffliche Trennung in folgender Tabelle wieder gegeben.

1.5.2.1. *Bilanzen und Überwachung*

An einem Mehrzweckstandort ist Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzung nur möglich, wenn zuerst die Abfallströme aus jedem Prozess identifiziert und charakterisiert werden. Hierfür werden Flussdiagramme verwendet, welche Verfahrensschritte, Rohmaterialien und Abfallströmen darstellen.

(Umweltbundesamt Dezember 2005, Dezember 2005)

Durch den Input und Output eines Prozesses und deren Abwasserzusammensetzung (Analyse von Abwasserteilströmen) ist es möglich Verfahren zu ermitteln und auf diese genauer einzugehen.

Im Zuge dieser Analyse wird auch eine TOC-Bilanz für die Abwasserteilströme getätigt.

1.5.2.2. *Rückgewinnung von Lösemittel und niederer Alkohole bzw. Wiederverwendung von Lösungsmitteln*

Hier wird auf die Rückgewinnung von Lösemitteln, wie Toluol und niedrigsiedende Alkohole, wie Methanol eingegangen. Durch die Rückgewinnung können in erster Richtung wertvolle Stoffe wieder gewonnen werden und es können geringere Emissionen erwartet werden.

Des Weiteren ist die Überlegung einer Wiederverwendung, solange diese aufgrund der Reinheitsanforderungen möglich ist, überaus sinnvoll. Durch die Wiederverwendung kann der Abfall reduziert werden und die damit verbundenen Emissionen.

1.5.2.3. *Die Trennung und selektive Vorbehandlung von typischen Abwasserströmen*

Eine Trennung der Abwasserströme ist durch aus sinnvoll, denn aufgrund ihrer sehr unterschiedlichen und komplexen Zusammensetzung wird durch das gemeinsame Sammeln eine qualitative Auftrennung der Inhaltsstoffe und somit eine Wiederverwertung beinahe unmöglich. Durch die Trennung und eine Vorbehandlung wird eine einfachere Handhabung der Abwässer ermöglicht, beispielsweise können nach einer geeigneten Vorbehandlung Abwässer mit ähnlichen Inhaltstoffen kombiniert behandelt werden.

„Es ist BVT, Mutterlaugen aus Halogenierungen und Sulfochlorierungen zu trennen und vorzubehandeln. Vorzubehandeln sind auch Abwasserströme, die biologisch aktive Substanzen in Mengen enthalten, welche die anschließende Abwasserbehandlung oder das aufnehmende Gewässer gefährden könnten. Als BVT gilt die Trennung und getrennte Sammlung verbrauchter Säuren, z. B. aus Sulfonierungen oder Nitrierungen, zur betriebsinternen oder -externen Rückgewinnung oder der Einsatz von BVT zur Vorbehandlung refraktärer organischer Belastungen.“ (Umweltbundesamt Dezember 2005)

Kommentar:

Hier werden die Abwasserströme in vier verschiedene Fraktionen unterteilt und nicht gesammelt. Durch die Sammlung aller Abwässer wäre eine notwendige Reinigung dieser wirtschaftlich kaum möglich. Ein mögliches Mischen des Abwassers BAI und BAN ist nach der Inaktivierung des BAIs möglich und muss dem BAN vor der Neutralisation zugeführt werden. Dies kann sowohl einen Prozessschritt vermindern und auch eine weitere Verdünnung für das BAS bedeuten.

Nachfolgend sind die wichtigsten Vorbehandlungstechnologien und die dadurch erzielten Umweltvorteile, sowie auch deren Anwendbarkeit tabellarisch beschrieben (siehe Tabelle 1).

TABELLE 1: VORBEHANDLUNGSMÖGLICHKEITEN (UMWELTBUNDESAMT, DEZEMBER 2005)

	Destillation	Strippung	Adsorption	Extraktion	Membranverfahren
Beschreibung	Entfernung einer niedrig siedenden Fraktion aus dem Abwasserstrom (AS) mittels fraktionierter Destillation	Entfernung einer flüchtigen Verbindung aus dem AS mit einem inerten Strippgas & nachfolgender Kondensation oder Verbrennung	Entfernung von Inhaltsstoffen aus dem AS durch Adsorption an Aktivkohle. Desorption der beladenen Aktivkohle mit heißem Dampf oder durch Verbrennung	Entfernung von Inhaltsstoffen mit einem in Wasser unlöslichem Extraktionsmittel (EM). Aufgrund des Dichteunterschieds kommt es zur Phasentrennung. Danach erfolgt: (1) Verbrennung des EM & der darin enthaltenen Inhaltsstoffe (2) Verdampfung des EM & Verbrennung des Rückstands (3) biol. Behandlung der Wasserphase	Die Zielkomponente wird durch eine semipermeable Membran zurückgehalten (Umkehrosmose oder Nanofiltration)
Erzielte Umweltvorteile	Entfernung flüchtiger org. Verbindungen & hohen oder refraktären AOX- oder CSB-Frachten vor biol. Behandlung, Rückgewinnung von Stoffen	Teilweise Entfernung flüchtiger chlorierter Verbindungen vor biologischer Behandlung, Rückgewinnung von Stoffen möglich	Entfernung von Phenolen, halogenierten Verbindungen (AOX) vor biol. Behandlung. Eliminationsleistung : Phenole: >92 % AOX: >91 %	Entfernung hoher oder refraktärer AOX- oder CSB-Frachten vor biologischer Behandlung	Aufkonzentration oder Entsalzung von AS mit hohen oder refraktären CSB- oder AOX-Frachten vor weiterer Behandlung (für gewöhnlich Verbrennung)
Betriebsdaten	Abhängig von der Trennaufgabe	Abhängig von der Trennaufgabe	Desorption der beladenen Aktivkohle Standort/extern	Beispiele von EM sind leichtes Rohöl, Toluol, Pentan, Hexan	Abhängig von der Trennaufgabe
Medienübergreifende Effekte	Hoher Energieverbrauch, falls große Mengen Wasser über Kopf destilliert werden müssen, um die gewünschte Konzentration zu erreichen	Medienübergreifende Wirkungen sind von der Behandlung des Strippgases abhängig (z. B. Kondensation, Verbrennung)	Die Entsorgungsmöglichkeiten für die beladene Aktivkohle oder die desorbierten Stoffe müssen berücksichtigt werden	Abhängig von der Behandlung des EM (z. B. Verbrennung oder Eindampfung/Verbrennung)	Abhängig von der Behandlung des anfallenden aufkonzentrierten AS
Anwendbarkeit	Geeignet für flüchtige Verbindungen. Nicht geeignet, wenn große Mengen Wasser über Kopf destilliert werden müssen	Beschränkt auf flüchtige Verbindungen	Auch andere Verunreinigungen werden mit adsorbiert und verringern damit die Effektivität. Wird deshalb auch als Nachreinigungsstufe nach biol. Behandlung eingesetzt.	Nicht geeignet bei geringen Konzentrationen der Verunreinigungen	Geeignet zur Konzentrationserhöhung und zum Entsalzen. Geringe Selektivität für AOX

Als typische Abwasserströme für eine getrennte Erfassung, Vorbehandlung oder Entsorgung werden folgende Abwasserströme genannt:

- **„Mutterlauge aus der Halogenierung und Sulfochlorierung**
Es ist BVT, Mutterlaugen aus der Halogenierung und Sulfochlorierung getrennt zu sammeln und anschließend vorzubehandeln oder zu entsorgen
- **Abwasserteilströme, die biologisch aktive Stoffe enthalten**
Es ist BVT, Abwasserteilströme vorzubehandeln, die biologisch aktive Stoffe in Konzentrationen enthalten, die zu einer Gefährdung der nachfolgenden Abwasserbehandlung oder – nach Einleitung – der Umwelt führen könnten“
(Umweltbundesamt, Dezember 2005)

1.5.2.4. *Entfernung von Halogenverbindungen aus Abwasserströmen*

Zum Beispiel strippbare Chlorkohlenwasserstoffe (CKW) sind umweltrelevant und werden daher substituiert, falls es möglich ist.

„Es ist BVT, strippbare CKW aus Abwasserteilströmen z. B. mittels Strippen, Rektifikation oder Extraktion zu entfernen und in der Summe Konzentrationswerte <1 mg/L im Ablauf der Vorbehandlung oder <0,1 mg/L im Zulauf der standorteigenen biologischen AWBA oder in der Einleitung in die öffentliche Kanalisation zu erreichen...“ (Umweltbundesamt, Dezember 2005)

1.5.2.5. *Vorbehandlung von schwermetallhaltigen Abwasserströmen*

Fallen durch die Produktion Abwasserströme mit hohem Anteil an Schwermetall so sind diese dringend vorzubehandeln.

„Die Trennung und gezielte Vorbehandlung von Abwasserteilströmen aus Prozessen, in denen bewusst Schwermetalle eingesetzt werden, ist der wichtigste Faktor um die Schwermetall Emissionswerte aktiv zu beeinflussen. Zu Beispielen und angewandten Techniken siehe Abschnitte 4.2.25, 4.3.2.4, 4.3.7.3, 4.3.7.21. Können im Vergleich zur Kombination von Vorbehandlung und biologischer Abwasserbehandlung gleichwertige Eliminationsraten nachgewiesen werden, können Schwermetalle auch aus dem Gesamtabwasser allein mittels des biologischen Abwasserbehandlungsprozesses entfernt werden, vorausgesetzt, die biologische Behandlung findet am Standort statt und der Klärschlamm wird verbrannt.

Es ist BVT, Abwasserströme, die signifikante Konzentrationen an Schwermetallen oder Schwermetallverbindungen aus dem gezielten Einsatz in Prozessen enthalten, vorzubehandeln und die in Tabelle 5.7 angegebenen Schwermetallwerte im Zulauf zur standorteigenen biologischen AWBA oder in der Einleitung in die öffentliche Kanalisation zu erreichen.“ (Umweltbundesamt Dezember 2005)

TABELLE 2: BVT-ASSOZIIERTE SCHWERMETALLWERTE FÜR DEN ZULAUF ZUR STANDORTEIGENEN BIOL. ABWASSERBEHANDLUNG ODER FÜR DIE EINLEITUNG IN DAS KOMMUNALE ABWASSERSYSTEM (UMWELTBUNDESAMT DEZEMBER 2005)

Parameter	Jahresdurchschnittswert [mg/L]	Kommentar
Cu	0,03 – 0,4	Der höhere Bereich bezieht sich auf den Fall, dass Schwermetalle oder ihre Verbindungen gezielt eingesetzt und die zugehörigen Abwasserteilströme vorbehandelt werden.
Cr	0,04 – 0,3	
Ni	0,03 – 0,3	
Zn	0,1 – 0,5	

1.5.2.6. Entfernung von Schwermetallen aus Abwasserströmen

Die häufigsten anfallenden Abwasserströme mit Schwermetallfrachten sind überwiegend in Metallisierungen, Oxidationen, Reduktionen mit Schwermetallen als Reaktant oder auch bei Verfahren, bei denen Schwermetalle als Katalysator eingesetzt werden. Als BVT wird eine Vorbehandlung von Abwasserströmen mit einem entscheidenden Anteil an Schwermetallen oder solcher Verbindungen aus Prozessen, in denen sie eingesetzt werden. Für den Zulauf in eine Kläranlage am Standort oder in die Einleitung in die kommunale Kanalisation müssen folgende Werte eingehalten werden (Umweltbundesamt, Dezember 2005):

TABELLE 3: BVT-WERTE FÜR DEN ZULAUF ZUR STANDORTEIGENEN BIOL. KLÄRANLAGEN ODER FÜR DIE EINLEITUNG IN DAS KOMMUNALE ABWASSERSYSTEM

Jahresdurchschnitt [mg/L]		Anmerkung
AOX	0,5 – 8,5	Der obere Wert bezieht sich auch Fälle, in denen halogenierte Verbindungen in Prozessen verarbeitet werden und die resultierenden Abwasserströme vorbehandelt werden und/oder der AOX biologisch gut eliminierbar ist.
Ausblasbare CKW	< 0,1	Alternative Erreichung einer Gesamtkonzentration von <1 mg/L am Ablauf der Vorbehandlung
Cu	0,03 – 0,4	Die oberen Werte resultieren aus dem gezieltem Einsatz von Schwermetallen oder Schwermetallverbindungen in zahlreichen Prozessen und der Vorbehandlung der entsprechenden Abwasserströme(Umweltbundesamt, Dezember 2005)
Cr	0,04 – 0,3	
Ni	0,03 – 0,3	
Zn	0,1 – 0,5	

Kommentar:

In dem vorliegenden Fall würde sich im BAU und im BAS Schwermetall oder Schwermetallverbindungen befinden. Im Sonderabwasser BAU, welches vom Entsorger als Abfall abgeholt wird, befindet sich in Summe weniger als 3.000 mg/L Schwermetall. Das BAS weist in Summe ca. 10 mg/L Schwermetall (ohne Eisen). Sobald dieser Wert überschritten wird, wird diese Abwasserfraktion als Sonderabwasser BAU deklariert.

1.5.2.7. Entfernung von Lösemitteln aus Abwasserströmen

Durch den häufigen Einsatz von Lösungsmitteln und vielen Prozessen, spielt dies eine große Rolle beim Umweltmanagement. Aus diesem Grund ist eben eine Rückgewinnung bzw. Wiederverwertung oder zumindest die Nutzung des Brennwertes äußerst wichtig.

„Die Rückgewinnung von Lösemitteln ist immer dann wirtschaftlich, wenn folgendes erfüllt ist:

$$\begin{array}{rcccl} \text{Kosten für} & & \text{Beschaffungskosten} & & \text{Kosten für} \\ \text{biologische} & + & \text{für frische} & > & \text{Rückgewinnung} \\ \text{Behandlung} & & \text{Lösemittel} & & \text{+ Reinigung} \end{array}$$

Die Rückgewinnung von Lösemitteln aus Abwasserströmen zwecks thermischer Verwertung ist aus Umweltsicht vorteilhaft, wenn die Energiebilanz (Vergleich der biologischen Kläranlage einerseits und Strippen/Destillation/Thermische Nachverbrennung andererseits) zeigt, dass hierdurch insgesamt fossiler Brennstoff ersetzt werden kann.“(Umweltbundesamt, Dezember 2005)

„Es ist BVT, Lösemittel aus Abwasserströmen für die betriebsinterne oder externe Wiederverwendung unter Einsatz von Techniken wie Strippen, Destillation/Rektifikation, Extraktion oder von Kombinationen solcher Techniken zurückzugewinnen, wenn die Kosten für die biologische Behandlung und den Bezug frischer Lösemittel höher sind als die Kosten für die Rückgewinnung und Reinigung (siehe Abschnitt 4.3.7.18). Es ist BVT, Lösemittel aus Abwasserströmen zwecks thermischer Verwertung zurückzugewinnen, wenn die Energiebilanz zeigt, dass dadurch insgesamt fossiler Brennstoff substituiert werden kann.“

(Umweltbundesamt Dezember 2005)

Kommentar:

Das lösungsmittelhaltige Abwasser BAU hat einen Anteil von <5% an schwer spaltbaren Lösungsmitteln und wird für den vorliegenden Fall als Abfall entsorgt. Eine betriebsinterne Wiederverwendung wäre mit großen Kosten verbunden und entspricht nicht dem BVT, da der Bezug zu frischen Lösungsmittel günstiger ist.

2. PROJEKT - KONZEPTSTUDIE

Diese Arbeit, welche im Zuge einer Konzeptstudie erstellt wurde, befasst sich mit einem konkreten Betriebsproblem, die Abwasserbehandlung, eines pharmazeutischen Unternehmen, welche erhebliche Auswirkungen auf die Produktion hat. Es werden relevante Verfahren zur Abwasserbehandlung vorgestellt. Ihre Anwendbarkeit auf die zugrunde liegenden Prozessabwässer wird nach technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Kriterien bewertet. Der grobe Ablauf der Studie ist in Abbildung 2 skizziert. Aus den gewonnenen Erkenntnissen folgt die Festlegung eines Verfahrens oder die detailliertere Betrachtung von wenigen ausgewählten Verfahren. Hierbei ist jedoch zu erwähnen, dass keine scharfe Abgrenzung der Kriterien möglich ist. Beispielsweise hängt die rechtliche Konformität mit der technischen Machbarkeit eines Verfahrens zusammen.

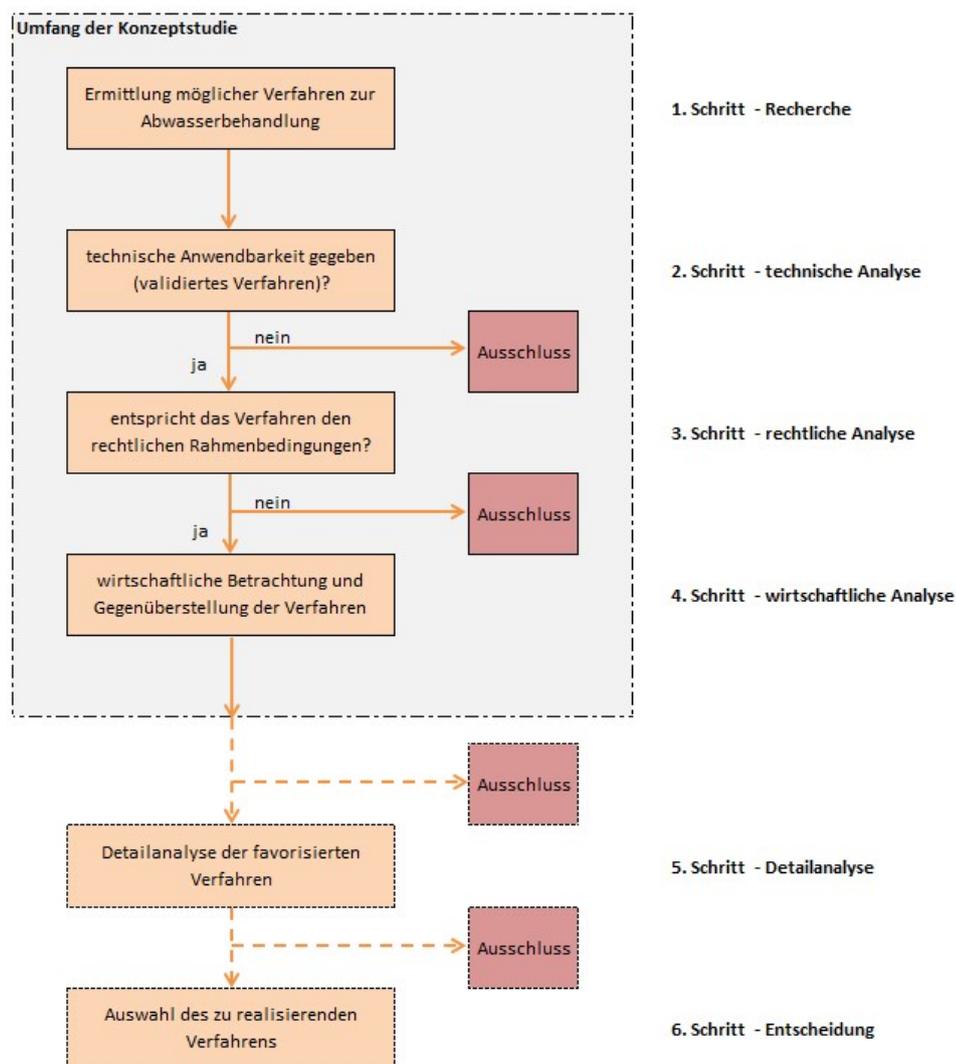


ABBILDUNG 2: ABLAUF UND UMFANG DER KONZEPTSTUDIE

Wie in Abbildung 2 erkennbar, sind für die folgende Arbeit im Zuge einer Konzeptstudie viele Schritte notwendig um für das vorliegende Projektproblem eine passende Lösung zu finden.

Der erste Schritt zur Erstellung einer vollständigen Konzeptstudie beschäftigt sich mit der ausführlichen Recherche aller möglichen Verfahren zur Abwasserbehandlung. Nach dem die möglichen Verfahren für das Projekt nun vorliegen, müssen die möglichen Verfahren auf ihre technische Anwendbarkeit geprüft werden. Das wird als zweiter Schritt, die technische Analyse, beschrieben. Während diesem Schritt werden bei den möglichen Verfahren folgende Fragen gestellt:

- Handelt es sich hierbei um ein validiertes Verfahren?
- Ist es anwendbar und wie effektiv ist es für unseres vorliegendes Projekt?

Nachdem der zweite Schritt abgeschlossen und diese Fragen beantwortet sind, können aus allen möglichen Verfahren einige favorisierte Verfahren heraus gehoben werden. Die favorisierten Verfahren werden in dem dritten Schritt einer rechtlichen Analyse unterzogen und es wird auf die Frage eingegangen, ob das Verfahren den rechtlichen Rahmenbedingungen entspricht. Die Verfahren welche hier nicht ausgeschlossen werden, unterziehen sich noch der wirtschaftlichen Analyse. Dieser vierte Schritt umrundet den Umfang der Konzeptstudie und ermöglicht die wirtschaftliche Betrachtung und die Gegenüberstellung der favorisierten Verfahren und somit auch eine grobe Abschätzung der Verfahren, welche für das vorliegende Projekt sehr passend sind.

Nach der Betrachtung der oben genannten Aspekte, findet eine Detailanalyse der favorisierten Verfahren statt. Durch die Detaillierung ergeben sich einige Tatsachen, welche zu einem weiteren Ausschluss von Verfahren führt. Der sechste und letzte Schritt ist die Entscheidung, welcher dank der oberen Schritte eine gute Basis und Grundlage dieser bildet. Hier wird das Verfahren ausgewählt, welches die technische, rechtliche und wirtschaftliche Analyse, sowie auch die Detailanalyse bestanden hat. Dieses Verfahren wird dann realisiert und umgesetzt.

2.1. PROJEKTBESCHREIBUNG

Die Abwasseranlagen erreichen aufgrund eines durch Produktionssteigerungen erhöhten Abwasseranfalls ihre Kapazitätsgrenzen. Besonders bei Anfahrvorgängen nach Produktionsstillständen kommt es zu hohen Abwassermengen, wodurch die bestehenden Anlagen überlastet werden. Dadurch wird das Abwassersystem zu einem limitierenden Faktor für die Produktion. Eine Verzögerung der Produktion aufgrund von Problemen des Abwassersystems soll jedoch unbedingt vermieden werden. Aus diesem Grund wird eine neue Anlage zur Abwasserbehandlung am Standort errichtet. Ziel ist es, die Abwässer an einem zentralen Ort zu sammeln und zu behandeln.

Zusätzlich sollen Abwässer aus anderen Gebäuden ebenfalls in dieses zentrale Abwasserbehandlungssystem eingebunden werden.

Es ist bereits eine zentrale Stelle für die Abholung der entsorgungspflichtigen Abwässer, welcher dann als flüssiger Abfall deklariert wird, vorgesehen bzw. in Betrieb. Desweiteren ist eine Fläche von ca. 1.000 m² für die Abwasserbehandlung reserviert. Dieser Platz kann für die Behandlung der Abwässer vor der Einleitung in den Kanal verwendet werden. Darauf aufbauend werden die einzelnen Konzepte erarbeitet.

2.1.1. *PROZESSABWÄSSER – ÜBERSICHT*

Derzeit werden die „Abwässer“ am Standort in 4 unterschiedliche Fraktionen aufgeteilt und gesondert behandelt. Diese Prozessabwässer werden in weiterer Folge entweder als flüssiger Abfall (BAS und BAU) oder als Abwasser (BAN und BAI) behandelt. Die nachfolgenden Spezifikationen sind dem Dokument „Vorgaben für Abwasser am Standort Wien“ entnommen.

2.1.1.1. BAS – Sonderabwasser

Dieses Abwasser wird aufgrund seiner chemischen Eigenschaften als gefährlicher, flüssiger Abfall entsorgt. Es kann mit GVO kontaminiert sein und ist daher inaktivierungspflichtig. Dieser gefährliche flüssige Abfall wird derzeit durch einen externen Entsorger im LKW chemisch inaktiviert. Es kann eine höhere Viskosität als reines Wasser aufweisen und besitzt teilweise eine hohe Pufferwirkung. Das BAS aus dem neu zu errichtenden Produktionsgebäude wird bereits innerhalb des Produktionsgebäudes inaktiviert. Dieses Abwasser beinhaltet somit keine GVO mehr.

TABELLE 4: SPEZIFIKATION DES BAS (VORGABEN VOM EXTERNEN ENTSORGER)

Eigenschaften	Inhaltsstoffe
flüssig	Schwermetalle gesamt n.a.g. < 3.000 mg/L
spaltbar	Lösungsmittel
nicht polymerisierend	Cyanid
geruchsarm	Nitrit
Feststoffanteil < 5 %	Chrom VI
pH-Wert 4–10	Fluor
Flammpunkt > 55 °C	Brom
Temperatur < 60 °C	Peroxide
frei von Komplexbildnern	organische Halogenverbindungen
	PAK

Beim BAS gibt es in Bezug auf die Entsorgungskosten noch eine Staffelung bezüglich des Ammoniumsulfatgehalts (Sulfatgehalt bis 50 g/L, 50–100 g/L, 100–150 g/L, 150–250 g/L). Diese Staffelung wird vorgenommen, da der Ammoniumsulfatgehalt mit dem Schlammanteil im Abwasser korreliert. Der Entsorger trennt in der weiteren Verwertungskette den Schlamm vom Abwasser. Da der Schlamm über eine thermische Behandlungsanlage entsorgt werden muss, steigen die Entsorgungskosten mit dem Schlammanteil.

2.1.1.2. *BAU – Biologisches Abwasser, lösemittelhaltig*

Im Gegensatz zum BAS, hat das BAU einen höheren Lösungsmittelanteil und enthält keine GVO. Dieses Abwasser muss daher nicht inaktiviert werden und wird derzeit, als gefährlicher flüssiger Abfall, durch einen Entsorger per LKW abgeholt.

Bei den enthaltenen Lösungsmitteln handelt es sich um Acetonitril, Ethanol, Methanol, Isopropanol und 2-Butanol. Überschreitet der Lösungsmittelanteil die 1 %-Marke, werden Prozessabwässer als BAU deklariert. Die bestehende BAU-Anlagentechnik ist daher explosionsgeschützt ausgeführt.

TABELLE 5: SPEZIFIKATION DES BAU (VORGABEN VON EXTERNEN ENTSORGER)

Eigenschaften	Inhaltsstoffe
flüssig	Schwermetalle gesamt n.a.g. < 3.000 mg/L
schwer spaltbar	Lösungsmittel-Anteil < 5 %
nicht polymerisierend	Cyanid
geruchsarm	Nitrit
Feststoffanteil < 5 %	Chrom VI
pH-Wert 4–10	Fluor
Flammpunkt > 55 °C	Brom
Temperatur < 60 °C	Peroxide
frei von Komplexbildner	organische Halogenverbindungen
BTXE-frei	

2.1.1.3. BAN – Biologisches Abwasser, neutralisierungspflichtig

BAN enthält weder GVO noch Lösungsmittel. Nachdem es neutralisiert und auf $\leq 30\text{ °C}$ abgekühlt wurde, wird es in den Kanal eingeleitet. Der pH-Wert muss zwischen 6,5 und 10 liegen. Die BAN-Fraktionen aus den unterschiedlichen Produktionsgebäuden weisen eine unterschiedliche Zusammensetzung auf. Die nach Tabelle 6 vorgegebenen Grenzwerte müssen für eine Einleitung in einen öffentlichen Kanal jedenfalls eingehalten werden. Die Grenzwerte für sonstige Inhaltsstoffe sind in der nachfolgenden Tabelle aufgelistet.

TABELLE 6: GRENZWERTE BAN BEI EINLEITUNG IN EINEN ÖFFENTL. MISCH- / SCHMUTZWASSERKANAL

Parameter	Grenzwert nach AAEV	Grenzwert nach AEV Pharmazeutika	Grenzwert nach IEV	Grenzwert nach Kanalgrenzwertverordnung Wien
Temperatur	35 °C	35 °C	-	-
pH-Wert	6,5 - 9,5	6,5 – 10,0	-	6,5 - 10,5
absetzbare Stoffe	10 mL/L	-	-	-
abfiltrierbare Stoffe	-	500 mg/L	-	-
Sulfat (SO ₄)	200 mg/L	200 mg/L	-	1200 mg/L
Sulfid (S)	1,0 mg/L	-	2,0 g/d	1,0 mg/L (S ₂)
Kupfer (Cu)	0,5 mg/L	0,5 mg/L	1,0 g/d	2,0 mg/L
Zink (Zn)	2,0 mg/L	2,0 mg/L	4,0 g/d	3,0 mg/L
Eisen	durch absetzbare Stoffe begrenzt		-	-
Chrom-gesamt (Cr)	0,5 mg/L	0,5 mg/L	1,0 g/d	2,0 mg/L (Chrom III)
Chrom VI	0,1 mg/L	-	0,2 g/d	0,1 mg/L
Nickel	0,5 mg/L	0,5 mg/L	1,0 g/d	2,0 mg/L
Quecksilber	0,01 mg/L	0,01 mg/L	0,02 g/d	0,01 mg/L
freies Chlor (Cl ₂)	0,2 mg/L	0,2 mg/L	0,4 g/d (Cl)	3,0 mg/L
Gesamtchlor (Cl)	0,4 mg/L (Cl ₂)	-	0,8 g/d	-
Nitrit	10,0 mg/L	10,0 mg/L	20 g/d	-
Σ Schwermetalle (außer Eisen)	-	-	-	10 mg/L
Schwerflüchtige lipophile Stoffe	100 mg/L	100 mg/L	-	-
Σ Kohlenwasserstoffe	20 mg/L	20 mg/L	20 g/d	20 mg/L
Σ Chlorierte KW (Cl)	-	-	-	0,1 mg/L
verseifbare, nat. Öle, Fette	-	-	-	100 mg/L

Bei der Überschreitung eines oder mehrerer Grenzwerte muss das Abwasser als BAS oder BAU deklariert werden. Der CSB-Wert des BANs liegt laut Prüfbericht vom 02.12.2015 bei 298 mg/L im Gebiet 1 und bei 704 mg/L im Gebiet 2.

2.1.1.4. *BAI – Biologisches Abwasser, inaktivierungspflichtig*

Beim BAI handelt es sich um mit GVO kontaminiertes Abwasser. Es enthält keine Lösungsmittel und kann nach der Inaktivierung dem BAN, vor der Neutralisation, zugeführt werden. Derzeit wird dieses Abwasser thermisch inaktiviert.

2.1.2. *ABWASSERENTSORGUNG*

Um die gesamte Behandlungskette der Prozessabwässer einfließen zu lassen, müssen auch die derzeit durch den Entsorger durchgeführten weiteren Behandlungsschritte berücksichtigt werden. Die vom Entsorger angewandten Verfahren stellen gewisse Anforderungen an die gefährlichen flüssigen Abfälle, welche hier kurz angeführt werden.

Aktuell werden bestimmte Prozessabwässer in den Kanal geleitet (BAN mit Anteil von BAI). Die sicherzustellenden Parameter sind Temperatur und pH-Wert. Der Salzgehalt ist aufgrund der Verdünnung in der nachgeschalteten Kläranlage nicht relevant.

Der Rest (BAS und BAU, als flüssiger Abfall deklariert) wird durch ein Entsorgungsunternehmen abgeholt und weiter behandelt. Für beide Entsorgungsvarianten gelten die jeweils festgelegten Grenzwerte.

Wird BAS abgeholt, befindet sich die zur Inaktivierung notwendige Natronlauge bereits im Tank des LKW. Diese Variante bietet den Vorteil einer guten Durchmischung und homogenen pH-Wert Erhöhung. Die Menge der Natronlauge variiert je nach Produkten und Produktionsschritten, aus denen die Abwässer angefallen sind. Die notwendige Menge an Natronlauge, um das jeweilige Abwasser auf den benötigten pH-Wert von 13 einzustellen, ergibt sich somit aus Erfahrungswerten des Entsorgers und dem Input aus der Produktion. Jede Abholung wird von einem LKW-Fahrer durchgeführt. Der Chemiker des Entsorgers ist für die Sicherstellung des richtigen pH-Werts verantwortlich. Es besteht die Gefahr, dass durch leichte Unterdosierungen der benötigte pH-Wert nicht erreicht werden kann. In diesem Fall muss zusätzliche Lauge in den LKW eingebracht werden. Kann dies aus Kapazitätsgründen nicht erfolgen, muss der Inhalt des LKW wieder in den BAS-Sammeltank rückgeführt werden. Leichte Überdosierungen sind aufgrund der geringen pH-Wert Erhöhung im stark basischen

Bereich kaum bemerkbar und in der Praxis vermutlich Standard. Es kommt auch vor, dass weniger Abwasser als veranschlagt abzuholen ist, und somit eine starke Überdosierung an Natronlauge vorliegt.

Ein weiterer Nachteil der derzeitigen Praxis ist die Tatsache, dass durch die mitgeführte Natronlauge wegen der Überdosierung meist ein größerer Teil des Transportvolumens belegt wird als theoretisch notwendig wäre.

BAU wird ebenfalls per LKW abgeholt. Hier ist keine Inaktivierung erforderlich. Aufgrund der hohen Lösungsmittelkonzentration wird durch den Entsorger der Flammpunkt gemessen. Dieser muss bei jeder Abholung $> 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ sein. Ist dies nicht der Fall, muss das Abwasser so weit verdünnt werden, bis der Wert eingehalten wird. In der Praxis wird Abfall mit einem Flammpunkt $< 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ nicht verdünnt, sondern direkt thermisch behandelt.

Die weitere Behandlung der Abwässer durch den Entsorger erfolgt über eine CP-Anlage. Eine typische Prozessabfolge ist in Abbildung 3 dargestellt.

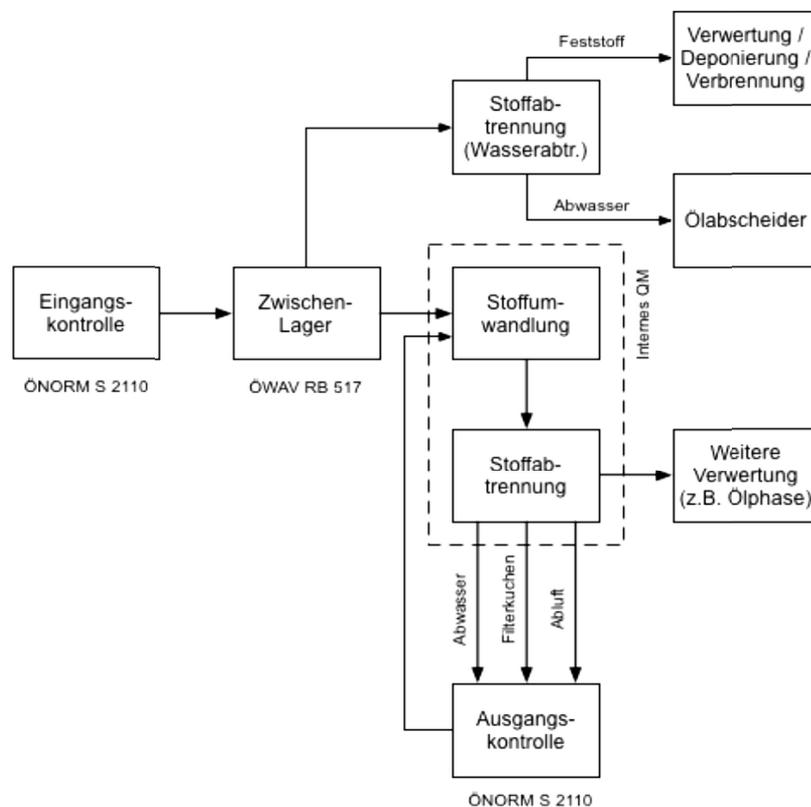


ABBILDUNG 3: MÖGLICHE PROZESSABFOLGE AUF EINER CP-ANLAGE (IN ANLEHNUNG AN WAGNER ET AL. 2010)

Jede Charge wird dabei einer Eingangskontrolle unterzogen. Es werden Parameter erfasst, welche auf gefährliche Inhaltsstoffe hinweisen (z.B. AOX). Anhand dieser Parameter wird die entsprechende Charge weiter behandelt bzw. mit anderen Abwässern vermischt, um positive Effekte für die weitere Behandlung zu erzielen. Dieser Vorgang beruht weitgehend auf Erfahrungswerten des Entsorgers.

Die wesentlichen Schritte der Stoffabtrennung sind Emulsionsspaltung, Oxidation, Reduktion, Neutralisation, Fällung und Filtration. Eine Aufkonzentration der Lösungsmittel aus den Abwässern über z.B. eine Verdampferanlage würde sich negativ auf die darauffolgenden Prozesse auswirken und wird daher nicht vorgenommen. Eine klare Auftrennung der einzelnen Lösungsmittel rechnet sich aufgrund der geringen Mengen ebenfalls nicht. Ein kritischer Punkt ist der Schlammanteil des Abwassers. Die Feststoffe werden abgetrennt und verbrannt. Daher ist es günstig, den Feststoffanteil im Abwasser so gering wie möglich zu halten. Der Entsorger ist an einer weiteren Verwendung von eventuell anfallenden Feststoffen wie Gips oder Kalziumphosphat nicht interessiert.

Für den Entsorger macht es keinen Unterschied, ob der pH-Wert der angelieferten Abwasserfraktion im basischen oder neutralen Bereich liegt. Es kann somit kein monetärer Vorteil aus einer Abwasserneutralisation gezogen werden, falls das Abwasser vom Entsorger bereits inaktiviert abgeholt wird.

2.1.3. STANDORTÜBERSICHT

Für die anfallenden Abwässer sind hauptsächlich zwei Gebiete relevant. In einem Gebiet werden Upstream-Prozesse (Gebiet 1) durchgeführt, während in dem anderen Downstream-Prozesse (Gebiet 2) stattfinden. Im Folgenden wird in der Arbeit nur zwischen Gebiet 1, Gebiet 2, Gebäude 1 (neu zu errichtendes Produktionsgebäude, welches ein in sich geschlossenes System darstellt) und Process Science unterschieden.

Die Abwasserfraktionen sollen über Rohrbrücken an einem zentralen Platz zusammengeführt werden. Die bestehenden Sammelbehälter bleiben als Hebeanlagen erhalten. Im Gebäude 1 fallen alle Abwasserfraktionen an.

Zur Standortwahl der Abwasseraufbereitungsanlage:

Da das GTG 1994 unter §4, Z 5 auch innerbetriebliche Transporte von GVO-hältigen Lösungen erlaubt – unter Einsatz eines entsprechenden Sicherheits- und Überwachungssystems – müsste dieser Inaktivierungsprozess nicht mehr unmittelbar im korrespondierenden Anlagenbereich durchgeführt werden, sondern könnte auch auf die dafür vorgesehen freiliegende Grundstücksfläche verlegt werden. Dadurch kann eine wesentliche Vereinfachung im Planungsablauf sowie bei der Implementierung erreicht werden. In der Konzeptausarbeitung wird daher auch eine Rohrleitung mit entsprechenden Sicherheitsmaßnahmen gegen GVO-Austritt als Teil eines geschlossenen Systems betrachtet. Somit ist die zentrale Abwasserlagerung- und Behandlung auf die vorgesehene Fläche eine umsetzbare Variante.

Laut Einschätzung des Gesundheitsministeriums [Bundesministerium für Gesundheit, Abteilung für Gentechnik] als zuständige Behörde ist das Fördern von GVO-haltigen Abwässern innerhalb des Betriebsgeländes grundsätzlich zulässig. Voraussetzung ist, den Stand der Technik einzuhalten und eine regelmäßige Kontrolle und Wartung der Rohrleitungen durchzuführen. Sollten GVO-haltige Abwässer über öffentlichen Grund geführt werden, gilt obige Aussage nicht mehr.

2.2. GRUNDLAGEN ZUR KONZEPTERSTELLUNG

Für die Erstellung des Konzeptes sind die unterschiedlich anfallenden Abwassermengen, sowie deren Inhaltstoffe, pH-Wert und auch Temperatur äußerst wichtig. In den folgenden Kapiteln werden diese Daten zu den einzelnen Abwasserströmen erhoben und dienen als Grundlage für die Entscheidungsfindung bezüglich der relevanten Methoden zur Abwasserreinigung.

Neben den in Kapitel 5 „Rechtliche Rahmenbedingungen“ erwähnten Texten sind zur Konzepterstellung folgende Gesetze und Richtlinien maßgebend:

- Wasserrechtsgesetz 1959 – WRG
- Allgemeine Abwasseremissionsverordnung – AAEV
- AEV Pharmazeutika
- Indirekteinleiterverordnung – IEV
- Kanalgrenzwertverordnung 1989
- Merkblätter über die besten verfügbaren Techniken, welche gemäß § 71a GewO zu berücksichtigen sind

Diese rechtlichen Anhaltspunkte sind zusammen mit den technischen Eigenschaften ausschlaggebend für eine erste Bewertung der möglichen Verfahren zur Neutralisation des BANs und zur Behandlung der mit GVO belasteten BAS und BAI Dieses Kapitel behandelt somit die in Kapitel 2 genannten Schritte 2 (technische Analyse) und 3 (rechtliche Analyse).

2.2.1. ABWASSERSTRÖME

In Tabelle 8 sind die prognostizierten Abwasserströme sowie Abschätzungen zu Lösungsmittelanteilen für die einzelnen Fraktionen angeführt. Die ursprüngliche Kapazität wird sowohl für den Stundenwert (Peakwert) als auch für den Monatswert (Mittelwert) verdoppelt. Zur Behandlung dieser Abwasserströme ist die Errichtung einer Neuanlage notwendig.

TABELLE 7: KAPAZITÄTSERWEITERUNG BAN FÜR DAS GEBIET 1 UND 2

	Output Produktion	Gebiet 2 [m ³ /Monat]	Gebiet 2 [m ³ /h]	Gebiet 1 [m ³ /Monat]	Gebiet 1 [m ³ /h]
Robuste Produktion	1,0	10.000	50	4.000	16
Ausbau klein	1,2	12.000	60	4.800	19,2
Neue Anlage	2,0	20.000	100	8.000	32

Als Mittelwerte für die Ausbaustufe Neuanlage ergeben sich für Gebiet 2 ca. 28 m³/h und für Gebiet 1 ca. 11 m³/h. Für den gesamten mittleren Anfall des BANs aus Gebiet 1 und 2 werden in dieser Studie 40 m³/h angesetzt.

Das Abwasser aus dem neu errichteten Gebäude 1 setzt sich aus folgendem zusammen:

- BAS, welches im Gebäude inaktiviert wird (110 m³/Tag)
- BAU (150 m³/Tag)
- BAN
- BAI (110 m³/Tag), welches inaktiviert wird und anschließend zu BAN zugeführt wird (ergibt dann insgesamt 650m³/Tag BAN)
- Normalabwasser (35 m³/Tag)

In der nachstehenden Tabelle sind die prognostizierten Ströme aller Abwasserfraktionen zusammengefasst. Diese Werte bilden die Grundlage der Konzepterstellung. Die Fraktionen aus Gebäude 1 sind vorläufig und aus diesem Grund können sie sich auch von den in Kapitel 2.1.1 dargestellten Anforderungen variieren.

TABELLE 8: ABWASSERSTRÖME UND ABSCHÄTZUNGEN ZU DEN RELEVANTEN ABWÄSSERN

Fraktion	Abwasserströme	MO-Gehalt zur Inaktivierung (Klassifizierung lt. GTG 1994)	Enthaltene Lösungsmittel – Erstabschätzung
Gebiet 1 und Gebiet 2			
BAI (Gebiet 1)	700 m ³ /Monat *2 m ³ /h	S1 +++ S2 ++ (kampagnenweise)	keine enthalten
BAS (Gebiet 1+ Gebiet 2)	1.000 m ³ /Monat *2,5m ³ /h	S1 ++ S2 + (deutlich reduziert durch Verdünnungseffekt)	ca. 2,2 % v/v mit Hauptanteilen an Acetonitril (ca. 71 %) sowie 2-Butanol (ca. 25 %)
BAU	wird von externen Entsorger übernommen	nicht enthalten; lt. GTG 1994 keine Inaktivierung erforderlich	max. 5,0 % v/v mit Hauptanteilen an Acetonitril (ca. 71 %) sowie 2-Butanol (ca. 25 %)
BAN (Gebiet 1)	8.000m ³ /Monat 32 m ³ /h	nicht enthalten; lt. GTG 1994 keine Inaktivierung erforderlich	keine enthalten
BAN (Gebiet 2)	20.000m ³ /Monat 100 m ³ /h*	nicht enthalten; lt. GTG 1994 keine Inaktivierung erforderlich	keine enthalten
Gebäude 1			
BAS	110 m ³ /d 7 m ³ /h**	nicht bekannt	nicht bekannt
BAU	150 m ³ /d 9,5 m ³ /h**	nicht bekannt	nicht bekannt
BAI	110 m ³ /d 7 m ³ /h**	nicht bekannt	nicht bekannt
BAN	650 m ³ /d 41 m ³ /h**	nicht enthalten; lt. GTG 1994 keine Inaktivierung erforderlich	keine enthalten
NA	25 m ³ /d 1,6 m ³ /h**	-	

* Stundenwerte als Peakwerte konservativ angesetzt

** Der Abwasseranfall im Gebäude 1 beschränkt sich auf 16 Stunden pro Tag. Damit ergeben sich höhere Stundenwerte. Es wird mangels genauerer Daten keine weitere Erhöhung dieser Werte auf ein fiktives Peakniveau durchgeführt.

Für BAU aus Gebiet 1 und Gebiet 2 wurden keine Abwasserströme definiert, das derzeitige Abwasserhandlung wird für diese Abwasserfraktion beibehalten werden. Der Wert des BAUs ist für das neue Gebäude 1 deshalb relevant, da aufgrund einer eher geringen Lösungsmittelkonzentration eine Verschneidung mit der Fraktion von BAS aus

dem neuen Gebäude angedacht ist. Dadurch würde der Lösungsmittelanteil weiter verdünnt werden. In dieser Studie wird davon ausgegangen, dass die BAU- und BAS-Fraktionen aus dem Gebäude 1 getrennt behandelt und als gefährlichem flüssigem Abfall entsorgt werden.

Das BAI aus dem Gebäude 1 wird nach derzeitigem Stand intern behandelt und danach dem BAN zugeführt. Ebenfalls dem BAN zuzurechnen ist die geringe Menge an Normalabwasser (NA) aus dem neuen Gebäude 1. Die Tageswerte des BAI und NA aus dem Gebäude 1 sind bereits im Tageswert des BAN inkludiert.

Da die BAN-Peakmengen aus Gebiet 1 und Gebiet 2 sehr weit von den Durchschnittsmengen abweichen, ist von einem zeitlich sehr begrenzten Anfall dieser Mengen auszugehen. Die Gesamtmenge des BANs setzt sich aus den BAN-Fraktionen aus allen Gebieten und Gebäude 1 zusammen. Diese BAN-Mengen beinhalten bereits die behandelten BAI-Fraktionen aus Gebäude 1 und Gebiet 1. Zur Ermittlung eines realistischen Peakstromes macht es Sinn, einen Gleichzeitigkeitsfaktor einzuführen. Dieser Faktor berücksichtigt die geringe Wahrscheinlichkeit, dass gleichzeitig aus jedem Bereich über denselben Zeitraum von mindestens einer Stunde die BAN-Peakströme anfallen. So kann eine zu hohe Überdimensionierung der BAN-Abwasseranlage verhindert werden. Für die Betrachtung in dieser Studie wird ein konservativer Faktor von 0,8 angesetzt.

Unter Einbeziehung dieses Faktors für das BAN-System ergeben sich für die relevanten Abwasserfraktionen des Gesamtstandortes die in Tabelle 9 angeführten Werte.

TABELLE 9: ZUSAMMENFASSUNG ABWASSERSTRÖME

Abwasserfraktion	Peakströme [m ³ /h]	Peakströme mit Gleichzeitigkeitsfaktor [m ³ /h]	Durchschnittsströme [m ³ /h]
BAN	173	138	80*
BAI	2	-	1
BAS	9,5	-	8,5

*mit Werten aus Gebäude 1 über 16 h pro Tag gerechnet, als 24 h Mittelwert ergeben sich 67 m³/h;

Die Behandlungsanlagen müssen auf die jeweiligen Peakmengen ausgelegt sein. Zur Darstellung der BAN-Jahresmenge sowie den sich daraus ergebenden Chemikalienmengen- und Kosten wird der 24 h Mittelwert herangezogen.

Die grundsätzliche Anordnung und Einbindung der einzelnen Abwasserfraktionen ist in Abbildung 4 dargestellt. Die Sammelbehälter in den Bestandsanlagen finden als Hebeanlagen weiter Verwendung. Das in den einzelnen Anfallsorten angegebene Volumen entspricht der voraussichtlich bei Umsetzung einer zentralen Behandlung installierten örtlichen Speicherkapazität. Der BAN-Strom aus dem Gebäude 1 beinhaltet bereits das behandelte BAI sowie das Normalabwasser.

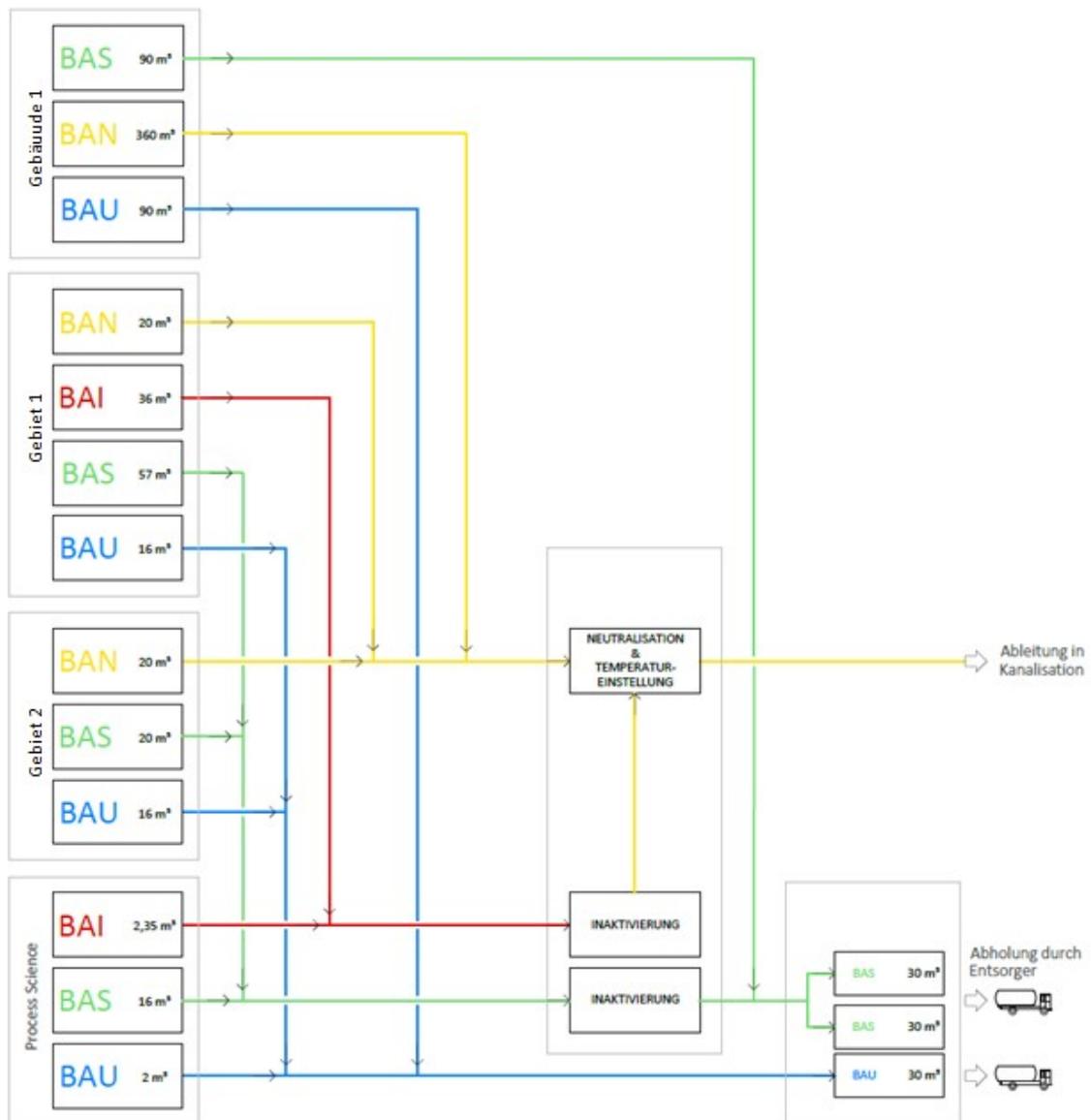


ABBILDUNG 4: ÜBERSICHT ABWASSERBEHANDLUNG (VOLUMEN ENTSPRECHEN DEN ÖRTL. SPEICHERKAPAZITÄTEN)

2.2.2. PROZESSRELEVANTE PARAMETER DER ABWÄSSER

Als prozessrelevante Parameter sind besonders pH-Wert und Temperatur der Abwässer für eine Konzeptausarbeitung maßgebend. Die Temperatur schwankt für alle Abwasserfraktionen zwischen 10 °C und 45 °C. Bei Abholung durch den Entsorger darf das BAS eine maximale Temperatur von 60 °C nicht überschreiten. Bei Einleitung in den Kanal gilt für alle Abwässer ein maximal zulässiger Wert von 30 °C. Dieser Wert kann entweder durch Abkühlung in einem Wärmetauscher oder durch Beimengen von kaltem Verwurfswasser erreicht werden.

Der pH-Wert stellt den kritischeren Parameter dar, da die Schwankungsbreite vom sauren zum basischen Spektrum sehr hoch ist. Typische Verläufe vom pH-Wert des BANs aus Gebiet 1 und Gebiet 2 sind in Abbildung 5 und Abbildung 6 dargestellt. Je nach Fraktion liegt der pH-Wert zwischen 2,5 und 12,5. Dieser Verlauf wird in weiterer Folge auch für die Abwässer 1 und BAI angenommen. Da der zulässige pH-Bereich relativ groß ist, muss die Chemikaliendosierung nur bei hoch konzentrierten Laugen oder Säuren eine hohe Genauigkeit aufweisen.

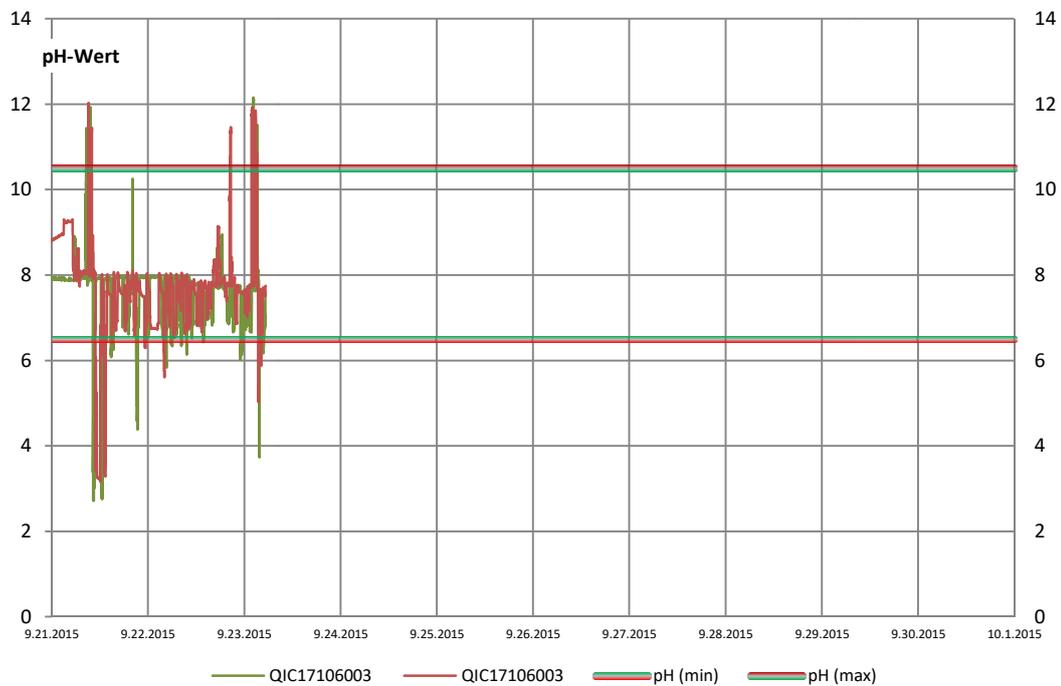


ABBILDUNG 5: TYPISCHER pH-WERT VERLAUF BAN GEBIET 1

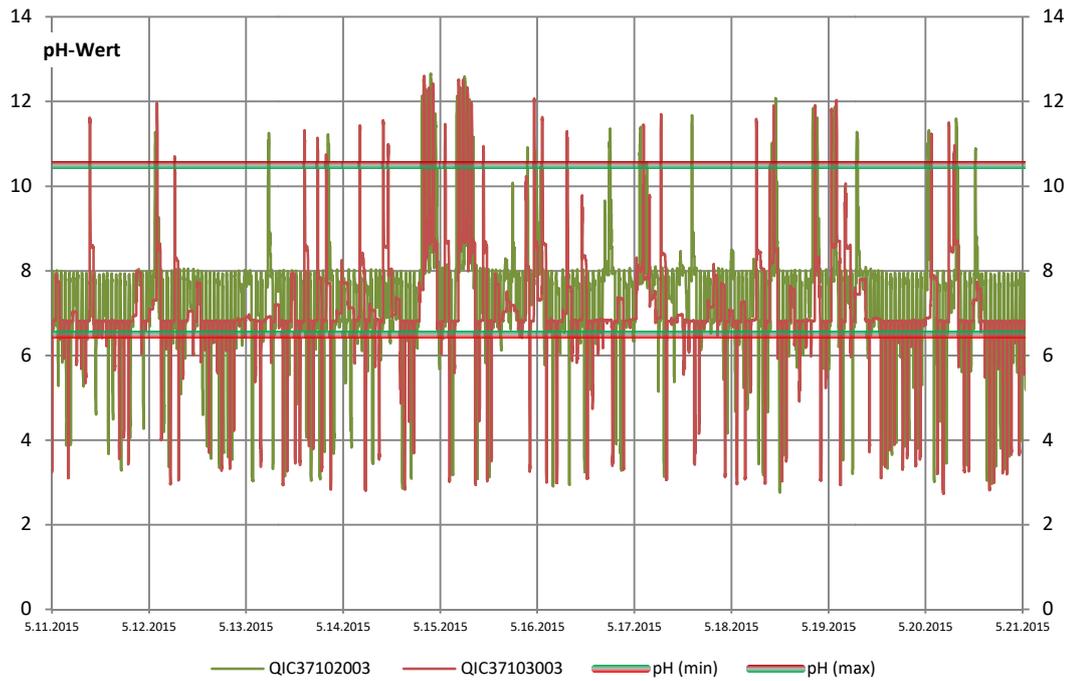


ABBILDUNG 6: TYPISCHER PH-WERT VERLAUF BAN GEBIET 2

Ein weiterer Punkt, den es zu berücksichtigen gilt, ist der diskontinuierliche und stark schwankende Abwasserstrom. Dadurch werden Pufferbehälter notwendig, und manche Verfahren eignen sich für den Betrieb schlechter.

2.3. ÜBERSICHT UND BEWERTUNG DER METHODEN ZUR ABWASSERBEHANDLUNG

Als erster Schritt dieser Studie wurden Verfahren zur Behandlung der relevanten Abwasserfraktionen BAS, BAI (beide GVO-belastet) und BAN (neutralisationspflichtig) recherchiert und evaluiert. Im Zuge einer Grobanalyse werden die Verfahren auf ihre technische Anwendbarkeit geprüft und bewertet. So können vor einer detaillierteren Analyse bereits einige Verfahren ausgeschlossen werden.

2.3.1. VERFAHRENSÜBERSICHT BEHANDLUNG VON GVO-BELASTETEN ABWÄSSERN

Tabelle 10 gibt einen groben Überblick über die bestehenden Verfahren zur Behandlung von GVO-belasteten Abwässern. Dabei wird zwischen grundsätzlicher Anwendbarkeit und der Etablierung des Verfahrens für industrielle Zwecke in Bezug auf die konkrete Abwasserbeschaffenheit unterschieden.

Die Auswertung nach grundsätzlicher Eignung erfolgt durch folgende Symbole:

✓... sehr gut geeignet

○... durchschnittlich gut geeignet

✗... schlecht oder nicht geeignet

Erhält ein Verfahren in einer Kategorie eine schlechte Bewertung, wird dieses Verfahren in der nächsten, detaillierteren Betrachtung nicht weiter berücksichtigt.

TABELLE 10: ÜBERSICHT UND BEWERTUNG DER VERFAHREN ZUR BEHANDLUNG VON GVO-BELASTETEM ABWASSER

Verfahren	Anwendbar	etabliert	Anmerkung
Oxidation mit Chlor	✓	✗	Entstehung von polaren org. Reaktionsprodukten (z.B. Chlorite, Chlorate) im Gewässer; Gesundheitsgefährdend
Oxidation mit Ozon	✓	✗	Keine Langzeitdesinfektion; Oxidationsprodukte (Metabolite) schädlicher als Ozon; Gesundheitsgefährdend
Oxidation mit Peressigsäure	✓	✗	Depotwirkung im Wasser bis Säure Abbau; Explosionsgefahr

Verfahren	Anwendbar	etabliert	Anmerkung
Oxidation mit Wasserstoffperoxid	✓	✗	Bis jetzt nicht für lösungsmittelhaltige Abwässer verwendet;
Oxidation mit Kaliumpermanganat	✓	✗	Restkonzentration im Wasser vom Kaliumpermanganat sehr aufwändig zu entfernen
Anodische Oxidation	○	✗	Verfahren technisch nicht ausgereift
Mikrofiltration	○	✗	Wiederverkeimung möglich
Inaktivierung durch UV	○	✗	Wiederverkeimung möglich
Inaktivierung durch pH-Wert Erhöhung	✓	✓	etabliertes Verfahren, üblicherweise durch NaOH oder Ca(OH) ₂
Nasse Oxidation über Kavitationsprozesse	✓	✗	Erhöhtes technologisches Risiko; Keine Erfahrung zur Betriebssicherheit, kein validiertes Verfahren (Versuchsstadium)
Mikrowellenverfahren	✗	✗	wird für Feststoffe bzw. Schlämme verwendet, keine Erfahrung in wässrigem Medium
Thermische Behandlung	✓	✓	Nach Anforderung: mit niedrigen Temperaturen – Pasteurisation; mit höheren Temperaturen – Inaktivierung
Verbrennung	✓	✗	Hoher Energieverlust; nur bei kleinen Mengen verwendet (im Bereich von wenigen m ³)

2.3.2. VERFAHRENSÜBERSICHT NEUTRALISATION VON ABWÄSSERN

Analog zum vorigen Kapitel gibt Tabelle 11 einen groben Überblick über die bestehenden Verfahren bzw. Chemikalien zur Neutralisation von Abwässern. Dabei wird zwischen grundsätzlicher Anwendbarkeit und der Etablierung des Verfahrens für industrielle Zwecke in Bezug auf die konkrete Abwasserbeschaffenheit unterschieden. Die Auswertung nach grundsätzlicher Eignung erfolgt durch die gleichen Symbole wie im vorigen Kapitel.

TABELLE 11: ÜBERSICHT UND BEWERTUNG DER CHEMIKALIEN ZUR NEUTRALISATION

	Verfahren	anwendbar	Etabliert	Anmerkung
Mögliche Basen zur Neutralisation saurer Abwässer	CaO	○	○	für Fällungen bevorzugt verwendet; erhöhter Schlammanfall; normalerweise keine direkte Zugabe zum Abwasser; maximaler pH-Wert 12,5
	Ca(OH) ₂	✓	✓	für Fällungen bevorzugt verwendet; erhöhter Schlammanfall; maximaler pH-Wert 12,5
	CaCO ₃	✓	✗	Aufschäumen; kann bei Lagerung in Pulver zerfallen; Entstehen von Kohlenstoffdioxid; Aufsatzung, da große Mengen notwendig
	NaOH	✓	✓	einfache Handhabung; hohe Konzentrationen sind hochviskos
	CaCO ₃ ⁺ MgO	✓	✗	keine typische Anwendung in der Industrie
	MgO	✗	✗	keine typische Anwendung in der Industrie
	Na ₂ CO ₃	✓	✗	stark temperaturabhängige Löslichkeit; keine typische Anwendung in der Industrie
Mögliche Säuren zur Neutralisation basischer Abwässer	H ₂ SO ₄	✓	✓	Unbeständigkeit vieler Materialien; hohe Verdünnungswärme; Betonaggressivität
	HCl	✓	✓	erhöhte Korrosionsgefahr
	CO ₂	✓	○	im Prozess vorhanden; umweltfreundlich; in Verbindung mit Kalk kann es zu vermehrter Schlammbildung kommen
	H ₃ PO ₄	✓	✗	weitere Erhöhung des Phosphatwertes im Abwasser, stufenweise pH-Wert Änderungen nachteilig

2.4. VERFAHREN ZUR GESETZESKONFORMEN BEHANDLUNG DER MIT GVO BELASTETEN ABWASSERSTRÖME BAS UND BAI

Aufbauend auf die in Kapitel 2.3.1 dargestellten Verfahren werden die potentiell geeigneten Verfahren detaillierter betrachtet und auf den konkreten Anwendungsfall bezogen. Aus den möglichen Verfahren für die Abwasserbehandlung wurde die Inaktivierung mit NaOH und Kalk, die Neutralisation und auch die thermische Behandlung als relevant befunden.

2.4.1. CHEMISCHE VERFAHREN

Da durch die gewählte Behandlungsmethode bezüglich Desinfektion/GVO-Inaktivierung keine toxischen (für die Abwassereinigungsanlage inhibierende) Substanzen eingebracht werden dürfen, können folgende Chemikalien nicht verwendet werden:

- Formaldehyd
- Phenole
- Chlorate
- sonstige schwer abbaubare Desinfektions- und Oxidationsmittel

Daher sind vorzugsweise für ein chemisches Inaktivierungsverfahren Laugen mit anschließender optionaler Neutralisation durch eine Säure anzuwenden, um Reste an desinfizierenden/toxischen Verbindungen in der Abwasserfraktion zur Indirekteinleitung ausschließen zu können.

Als etablierte Verfahren bleiben somit die Inaktivierung durch pH-Wert Erhöhung mittels Natronlauge oder einer Kombination von Natronlauge und Kalkmilch übrig. In Abbildung 7 ist die chemische Inaktivierung des BAS mit den beiden Varianten dargestellt. Der pH-Wert des Abwassers kann zwischen ca. 2,5 und 12,5 schwanken.

Laut Vorgabe muss zur Inaktivierung folgender pH-Wert erreicht werden:

BAS aus Gebiet 1: pH 12 mit Haltezeit von 30 min

für Produkte mit Hefen: pH 13 mit Haltezeit von 60 min

BAS aus Gebiet 2: pH 12 mit Haltezeit von 30 min

Theoretisch kann auch das BAS aus Gebiet 2 noch Hefen enthalten und somit eine Inaktivierung mit pH 13 und 60 min Haltezeit notwendig werden. Diese Zusammenhänge werden bei der Konzeptausarbeitung berücksichtigt.

Die beiden Möglichkeiten zur pH-Wert Erhöhung werden in den nächsten Kapiteln genauer erläutert.

Die chemischen Verfahren bedingen eine festgelegte Verweilzeit zur gesetzeskonformen Behandlung der mit GVO belasteten Abwässer. Aus dieser Anforderung heraus können Durchlaufanlagen für die vorgegebenen Abwassermengen ausgeschlossen werden. Sämtliche weitere Betrachtungen beziehen sich auf eine batchweise chemische Behandlung der Abwasserfraktionen BAS und BAI.

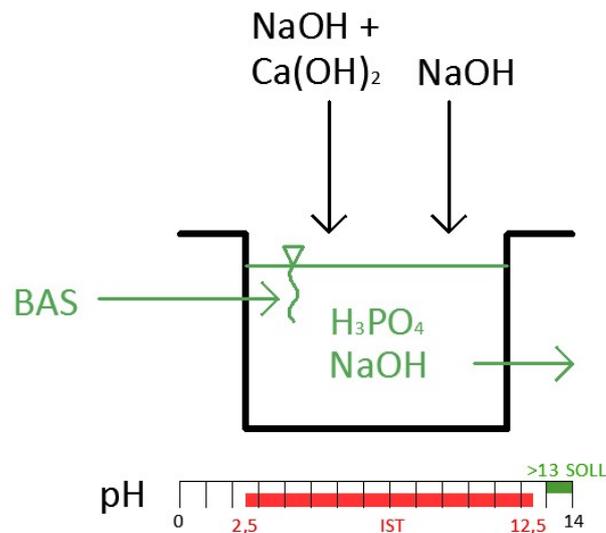


ABBILDUNG 7: CHEMISCHE INAKTIVIERUNG BAS

2.4.1.1. *Inaktivierung mit NaOH*

Analog zur praktizierten Variante können Abwässer weiterhin mit NaOH inaktiviert werden. Derzeit wird BAS mit dieser Methode inaktiviert, wobei NaOH vom Entsorger im LKW mitgeliefert wird. Je nach Produkt wird aus Erfahrungswerten bereits im Vorhinein festgelegt, wie viel NaOH zur Inaktivierung bei pH 13 notwendig ist. Wie bereits in Kapitel 2.1.2 erwähnt, besteht der Nachteil darin, dass hier NaOH zumindest leicht überdosiert wird und für neue Produkte der notwendige pH-Wert nicht erreicht werden könnte.

Pro:

- NaOH weist eine hohe Löslichkeit auf und ist gut dosierbar
- für die Bevorratung der Lauge reichen einfache Einrichtungen (falls dies in Zukunft nicht mehr vom Entsorger erledigt werden soll)
- durch Zugabe von NaOH wird die Neutralisationsschlammmenge nicht erhöht

Contra:

- NaOH ist teurer als CaO
- anfallende Schlamm ist schlechter sedimentierbar und auch schlechter zu entwässern
- je nach Mischungsverhältnis können dabei erhebliche Hydratationswärmen frei werden
- pH-Wert ändert sich bei der Neutralisation sprunghaft, was die Regelung erschwert

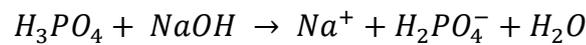
In Tabelle 12 sind theoretische Werte für den NaOH-Bedarf zur Inaktivierung für verschiedene pH-Werte des sauren BAS aufgelistet. Dabei werden die Mengen von 37 %iger und 50 %iger NaOH gegenübergestellt. Die dafür relevante Säure ist die in den CIP-Prozessen eingesetzte Phosphorsäure (H_3PO_4). Diese Betrachtung des sauren Spektrums stellt den Worst Case und somit den maximalen NaOH-Bedarf dar. In der Praxis ist dieser Fall sehr unwahrscheinlich, da nur geringe Abwasserfraktionen bezogen auf die Tagesgesamtmenge im stark sauren Bereich anfallen.

TABELLE 12: NaOH BEDARF ZUR INAKTIVIERUNG VON SAUREM BAS MIT PUFFERWIRKUNG

pH-Wert Abwasser	Menge NaOH 37 %ig bis pH 13 [L/L Abwasser]	Menge NaOH 50 %ig bis pH 13 [L/L Abwasser]
3	2,0	2,0
3,5	1,9	1,9
4	1,8	1,8
4,5	1,7	1,6

Die Phosphorsäure dissoziiert über 3 Stufen und bildet mit Natronlauge einen Phosphatpuffer.

Die Reaktionsgleichung zur ersten Stufe lautet:



Je nach Dissoziationsstufe wird H_3PO_4 durch Zuführung von NaOH in $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} und PO_4^{3-} übergeführt. Bei jeder Stufe wird somit ein Proton abgegeben (H^+). Nach jeder Dissoziationsstufe entsteht eine Pufferwirkung, daher wird eine relativ große Menge an Natronlauge zur weiteren Erhöhung des pH-Werts benötigt. In diesem Fall ist die notwendige Menge an 37 %iger NaOH praktisch gleich groß wie die von 50 %iger NaOH, um auf den notwendigen pH-Wert zu kommen.

Aus den Produktionsdatenaufzeichnungen für Gebiet 1 und Gebiet 2 geht hervor, dass die anfallenden Ströme des BANs etwas mehr saure als basische Anteile haben. Der Unterschied ist jedoch relativ gering. Unter der Annahme, dass das BAS eine ähnliche Charakteristik aufweist und sich saure und basische Abwasserfraktionen in den Sammelbehältern bereits teilweise neutralisieren, kann eine durchschnittliche NaOH Menge zur pH-Wert Steigerung aus dem neutralen Bereich heraus berechnet werden. Wegen der starken Verdünnung der Phosphorsäure im Abwasser wurden die Werte in Tabelle 13 Pufferwirkung berechnet.

TABELLE 13: NaOH BEDARF ZUR INAKTIVIERUNG VON SAUREM BAS OHNE PUFFERWIRKUNG

pH-Wert Abwasser	Menge NaOH 37 %ig bis pH 13 [L/m ³ Abwasser]	Menge NaOH 50 %ig bis pH 13 [L/m ³ Abwasser]
3	9,0	5,2
3,5	8,9	5,2
4	8,9	5,2
4,5	8,9	5,2

Die notwendigen Mengen sind im Vergleich zu jenen in Tabelle 12 sehr gering, da hier keine Pufferwirkung berücksichtigt wurde. Die pH-Wert-Erhöhung gliedert sich dabei in 2 Schritte. Im ersten Schritt muss der saure Anteil des Abwassers neutralisiert werden, im zweiten Schritt findet eine Konzentrationserhöhung von NaOH in der Lösung statt. Der pH-Wert wird dabei aus dem neutralen Bereich bis pH 13 erhöht. Nahezu der gesamte Anteil der benötigten NaOH Menge ergibt sich aus dem zweiten Schritt. Aus diesem Grund ändern sich die NaOH Mengen für die einzelnen pH-Wert Stufen des Abwassers kaum.

Die bisher in diesem Kapitel aus den stöchiometrischen Verhältnissen ermittelten Werte weichen in der Praxis aufgrund der unbekanntenen und schwankenden Pufferwirkung des Abwassers von den tatsächlich notwendigen Mengen ab. Wie aus den Berechnungen der beiden Enden des theoretischen Spektrums hervorgeht, gibt es einen großen Bereich an möglichen NaOH-Mengen. Aus diesem Grund werden die bisherigen Verbrauchsmengen an NaOH als solidere Anhaltswerte herangezogen. Diese sind in Tabelle 14 angeführt.

TABELLE 14: NAOH MENGE FÜR BAS-INAKTIVIERUNG AUS DATEN 2015 (BIS 11/2015)

Ort des Abwasseranfalls	NaOH 32 %ig [L/m ³ BAS]	NaOH 50 %ig* [L/m ³ BAS]
Gebiet 1	98,6	56
Gebiet 2	236,0	134
Process Science	93,2	53
Gebiet 1 + Process Science	78,3	44,5
Ø BAS Gesamt	162,0	92

* rechnerisch ermittelter Wert

Die notwendigen NaOH-Mengen schwanken je nach Ort des Abwasseranfalls. Da BAS aus den unterschiedlichen Anfallsorten zentral zusammengefasst werden können, wurde ein für die Gesamtmenge durchschnittlicher Wert an NaOH pro m³ BAS ermittelt. Dabei beträgt die Volumenersparnis von 50 %iger gegenüber 32 %iger Natronlauge ca. 43 %.

Die durch den Entsorger abgeholte BAS-Menge im Jahr 2015 ist in Abbildung 8 dargestellt. Die Daten waren bis einschließlich Oktober 2015 verfügbar.

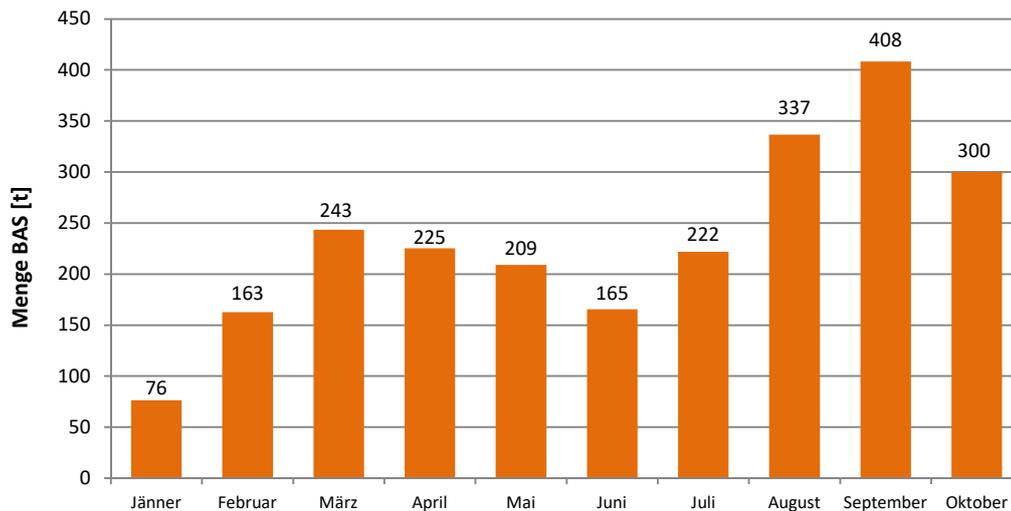


ABBILDUNG 8: MONATLICHE MENGEN AN BAS VON 2015

Es ist ein deutlicher Anstieg der Menge des BAS gegen Jahresende erkennbar. Die Kosten für die Inaktivierung im Zeitraum Jänner bis Ende Oktober 2015 werden derzeit vom Entsorger getragen und über die Abholkosten weitergegeben. Derzeit wird eine 32 %ige technische Natronlauge zur Inaktivierung verwendet. Durch den Einsatz von 50 %iger NaOH wird eine Einsparung an Volumen und Kosten erreicht. Die Kosteneinsparung beträgt ca. 37 %. Die spezifischen Kosten von Natronlauge pro m³ Abwasser und die angefallenen Kosten im Betrachtungszeitraum des Jahres 2015 sind in Tabelle 15 angegeben.

TABELLE 15: SPEZIFISCHE KOSTEN NaOH ZUR INAKTIVIERUNG VON BAS

NaOH technisch	Kosten [€/m ³ Abwasser]	Gesamtkosten 2015 [€]*
32 %ig	24	47.588
50 %ig	15	29.755
Einsparung mit 50 %iger NaOH	9	17.833

* Preise der Chemikalien wurden bei Fa. Donauchem GmbH nachgefragt (Daten bis 11/2015)

Die spezifischen Kosten wurden aus dem Durchschnitt der entsorgten BAS- Mengen errechnet. Durch den stark unterschiedlichen NaOH-Verbrauch für die BAS-Fraktionen aus Gebiet 1 und Gebiet 2 ergeben sich für die aufgerechneten Jahreskosten zur Inaktivierung von 1.000 m³ BAS pro Monat folgende Werte.

TABELLE 16: JAHRESMENGEN UND -KOSTEN NaOH ZUR INAKTIVIERUNG VON BAS

NaOH technisch	NaOH Menge für BAS aus Gebiet 1, Gebiet 2 und Sammeltanks[m ³ /Jahr]	NaOH Kosten [€/Jahr]*
32 %ig	1.944	735.000
50 %ig	1.104	487.000
Einsparung mit 50 %iger NaOH	840	248.000

BAS (*ANNAHME DER FIKTIVEN MENGE VON 1000M³ PRO MONAT)

Zur Kostenzusammensetzung siehe Tabelle 15. Sollte das Abwasser bereits am Standort mit Natronlauge inaktiviert werden, sinkt der Preis für die Entsorgung nach Absprache mit Entsorger um die Kosten der Natronlauge auf ca. 191 €/t. Dieser Wert entspricht einer Kostenreduktion von 29 %.

Nach derzeitigem Stand besteht die Gesamtmenge an BAS überwiegend aus dem Anteil vom neuen Gebäude 1. Diese Menge an BAS muss allerdings nicht inaktiviert werden, es fallen für diese Fraktion nur die Entsorgungskosten ohne NaOH-Kosten an. Somit stellen die in Tabelle 16 angeführten NaOH-Jahresmengen bereits die Gesamtmengen dar.

Nachteilig auf die Kosten wirkt sich die dadurch erhöhte Menge an BAS aus. Mit der Annahme der Inaktivierung von BAS Abwasser vor Ort mittels 50 %iger NaOH kann in Summe jedoch eine monatliche Kostenersparnis erzielt werden. Diese Kosten müssen zwar an den Lieferanten der Natronlauge gezahlt werden, jedoch ergibt sich insgesamt ein Vorteil durch die genauere Dosierung der Natronlauge. Dieser Kostenvorteil ist für die monatlichen Gesamtkosten des BAS in Abbildung 9 dargestellt. Die Gesamtkosten setzen sich zusammen aus den Kosten der NaOH-Menge zur Inaktivierung der Fraktion des BAS aus den Bestandsanlagen und den Kosten der Abholung der Gesamtmenge des BAS durch den Entsorger.

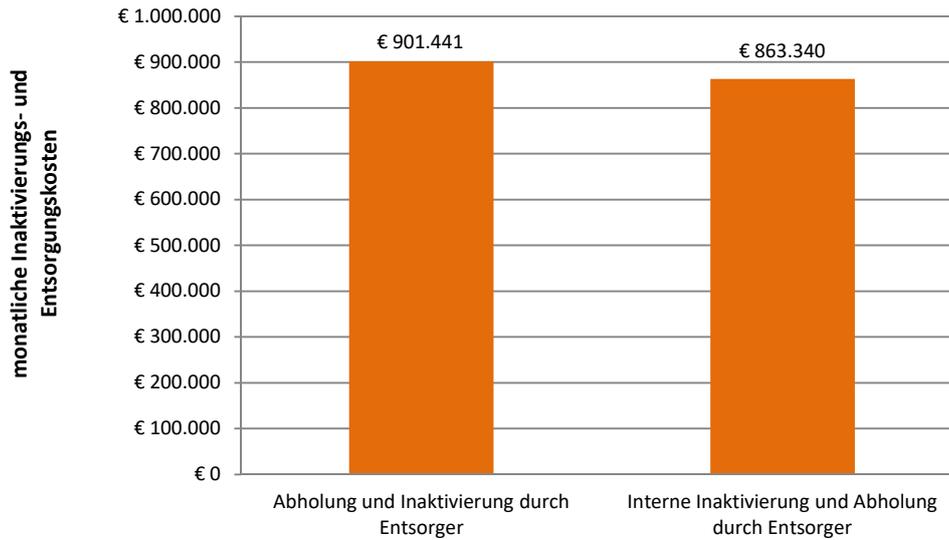


ABBILDUNG 9: MONATLICHE ENTSORGUNGSKOSTEN BAS (MIT DER ANNAHME DER FIKTIVEN MENGE VON 1000M³ PRO MONAT)

Die monatliche Einsparung beträgt ca. 38.100 € bzw. 4,2 %. Die Jahreseinsparung ergibt sich somit zu ca. 457.200 €. Die Entsorgungskosten ohne Mitberücksichtigung der Natronlaugenkosten betragen pro Monat ca. 823.000 € bzw. pro Jahr ca. 9.873.000 €. In der Praxis muss der Entsorger den Preis jedoch weiter reduzieren, da er die Zeit und den Aufwand der Abfüllung der Natronlauge einsparen kann.

Weitere Vorteile der Inaktivierung am Standort gegenüber der Inaktivierung im LKW durch den Entsorger:

- Entsorger muss keine Natronlauge im LKW mitführen, dadurch flexiblere und kurzfristigere Abholung möglich; der Weg und die Zeit zur Abholung sowie Befüllung des LKW mit NaOH entfällt ebenfalls
- kein Chemiker des Entsorgers mehr zur pH-Messung notwendig, jedoch im Sinne eines 4-Augen Prinzips weiterhin möglich
- der Problemfall von zu wenig Natronlauge im LKW ist nicht mehr möglich;
- keine Überdosierung der Natronlauge
- Auch das am Standort anfallende BAI kann mit NaOH inaktiviert werden. Rechnet man mit denselben spezifischen Kosten und Mengen an Natronlauge wie für BAS, so ergeben sich für die prognostizierten Mengen an BAI von 700 m³/Monat die in Tabelle 17 dargestellten NaOH Kosten und Mengen. Die Mengen an BAI aus dem

Gebäude 1 wird nicht berücksichtigt, da diese bereits dort inaktiviert und dann in das BAN geleitet wird.

TABELLE 17: MONATLICHE MENGEN UND KOSTEN NaOH ZUR INAKTIVIERUNG VON BAI

NaOH technisch	NaOH [$\text{m}^3/700 \text{ m}^3 \text{ BAI}$]	Kosten [€/700 $\text{m}^3 \text{ BAI}$]
32 %ig	113,4	30.500
50 %ig	64,4	18.500
Einsparung mit 50 %iger NaOH	49	12.000

(*ANNAHME DER FIKTIVEN MENGE VON 700M³ PRO MONAT)

Im Gegensatz zum BAS fallen hier keine zusätzlichen Kosten für die Entsorgung an, da das BAI zusammen mit dem BAN über den Kanal entsorgt wird. Sollte zur Bemessung der Kanalgebühren die tatsächlich eingeleitete Abwassermenge herangezogen werden, würden sich diese Kosten dadurch erhöhen.

Neutralisation BAS

Nach der Inaktivierung kann eine Neutralisation des Abwassers durchgeführt werden. Da für den Entsorger ein pH-neutrales Abwasser keinen Vorteil bringt, entsteht auch für die Abholung keine Kostenreduktion. Somit gibt es keinen Grund zur Neutralisation der durch den Entsorger abgeholt Abwässer.

2.4.1.2. *Inaktivierung mit Kalk _ ohne Abwasser aus Gebäude 1*

Als Alternative zu NaOH kann der pH-Wert des Abwassers auch mit Kalk erhöht werden. Durch die begrenzte Löslichkeit von gebranntem Kalk (CaO) in Wasser kann bei 20 °C ein maximaler pH-Wert von ca. 12,6 erreicht werden. Durch die Reaktion entsteht gelöschter Kalk bzw. Kalkmilch (Ca(OH)₂). Eine Kalkmilch Lösung besitzt einen gelösten Feststoffanteil von ca. 1,7 g/L bei 20 °C. Der Rest liegt als nicht gelöster Feststoff in der Suspension vor. Eine Kalkmilch Lösung ohne suspendierende Feststoffe wird als Kalkwasser bezeichnet. Hier liegt der Kalkanteil maximal an der Löslichkeitsgrenze. Aufgrund der geringen Löslichkeit wären sehr hohe Mengen an Kalkwasser zur Inaktivierung notwendig. Daher wird in weiterer Folge nur Kalkmilch mit 10 % Kalkanteil betrachtet.

Analog zur Inaktivierung mit NaOH gliedert sich die pH-Wert Erhöhung in 2 Schritte. Im ersten Schritt muss der saure Anteil des Abwassers neutralisiert werden, im zweiten Schritt findet eine Konzentrationserhöhung von Ca(OH)₂ bzw. OH⁻-Ionen in der Lösung statt. Der pH-Wert wird dabei aus dem neutralen Bereich bis maximal pH 12,6 erhöht. Nahezu der gesamte Anteil der benötigten Ca(OH)₂ Menge ergibt sich aus dem zweiten Schritt. Da eine Inaktivierung erst bei pH 13 gewährleistet ist, muss die Differenz mit NaOH ausgeglichen werden. Für verschiedene Soll-pH-Werte als Zwischenschritte ergeben sich die in Tabelle 18 ersichtlichen Ca(OH)₂ Mengen, wobei als Berechnungsgrundlage eine handelsübliche 10 %ige Suspension Ca(OH)₂ gewählt wurde.

Da es in Verbindung mit Phosphorsäure zu Fällungsreaktionen kommt, stimmen die Werte nicht mit der Realität überein. Der Einfluss der Fällungen auf den Kalkverbrauch kann aufgrund fehlender Abwasserdaten nur schwer bestimmt werden. Da auch keine Verbrauchsdaten analog zu NaOH existieren, können als Anhaltswerte nur die stöchiometrischen Mengen ermittelt werden.

TABELLE 18: Ca(OH)_2 BEDARF ZUR INAKTIVIERUNG VON SAUREM BAS OHNE PUFFERWIRKUNG

pH-Wert Abwasser	Ca(OH)_2 Menge bis pH 12,5 [L/m^3]	Ca(OH)_2 Menge bis pH 12,0 [L/m^3]	Ca(OH)_2 Menge bis pH 11,5 [L/m^3]
3	19,5	7,1	2,8
3,5	18,1	6,5	2,2
4	18,1	6,5	2,2
4,5	18,0	6,4	2,1

* PREISE LAUT WOPFINGER GMBH

Danach muss, wie bereits erwähnt, NaOH zudosiert werden, um den geforderten pH-Wert von 13 zu erreichen. Die notwendigen NaOH Mengen für die verschiedenen pH-Werte sind in Tabelle 19 angeführt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass vor allem die Mengen für den theoretischen NaOH Bedarf durch die Pufferwirkung des Abwassers zu gering sind. Über das Verhältnis der theoretisch notwendigen Mengen an Natronlauge für die Inaktivierung sauren Abwassers und dem tatsächlichen Verbrauch an NaOH aus den Daten des Entsorgers können die praxisnahen NaOH Mengen ermittelt werden.

TABELLE 19: NaOH BEDARF ZUR INAKTIVIERUNG VON BASISCHEM BAS

Pufferwirkung (analog zu BAN)	NaOH Menge 50 %ig von pH 12,5 auf pH 13 [L/m^3]	NaOH Menge 50 %ig von pH 12 auf pH 13 [L/m^3]	NaOH Menge 50 %ig von pH 11,5 auf pH 13 [L/m^3]
nein	4,0	4,8	5,1
ja	70,8	84,9	90,2

Da auch in dieser Variante das Abwasser bereits am Standort inaktiviert wird, muss NaOH nicht mehr vom Entsorger mitgeliefert werden. Dadurch sinkt der Preis für die Entsorgung von 1.000 m^3 BAS um die Kosten der Natronlauge. Je nach angestrebter pH-Wert Erhöhung mit Ca(OH)_2 ergeben sich für die vorgegebene monatliche BAS Menge von 1.000 m^3 bei Verwendung einer 50 %igen Natronlauge und einer 10 %igen Kalkmilch Suspension unterschiedliche monatliche Kosteneinsparungen.

Nachteilig auf die Kosten wirkt sich die dadurch erhöhte Menge an BAS aus. Mit der Annahme der Inaktivierung von BAS vor Ort mittels 50 %iger NaOH und 10 %iger $\text{Ca}(\text{OH})_2$ kann in Summe jedoch eine monatliche Kostenersparnis erzielt werden. Den optimalen Fall stellt hierbei die pH-Wert Erhöhung mittels gelöschtem Kalk bis pH 12,5 und die anschließende pH-Wert Erhöhung auf pH 13 mit NaOH dar. Die Kosteneinsparung der Entsorgung beträgt gegenüber der derzeit praktizierten Variante (Entsorger liefert Natronlauge) ca. 42.500 € pro Monat.

Kalkmilch sedimentiert sehr rasch und führt so zu Problemen bei Lagerung und Förderung. Üblicherweise werden größere Mengen Kalkmilch deshalb am Einsatzort entweder aus Kalkhydrat (trockenes Pulver) oder aus gebranntem Kalk hergestellt. Wichtig ist eine konstante Qualität des Produkts. Dazu eignet sich eine gravimetrische Zugabe von Kalkhydrat in Wasser besser als eine volumenproportionale. Üblicherweise werden Suspensionen bis maximal 20 % hergestellt, danach wird die Förderung durch die hohe Viskosität und Abrasivität deutlich erschwert. Löschkalk kann entweder durch ein Trockenlöschverfahren oder durch Nass-Löschen hergestellt werden.

Aus dem Trockenlöschverfahren gewinnt man Kalkhydrat als trockenes Pulver. Voraussetzungen für eine Herstellung von Kalkmilch aus Kalkhydrat in definierter Konzentration sind:

- gute Wasserbeschaffenheit (gering halten: Carbonathärte, Eisen-Mangangehalt, Sulfatgehalt, CO_2 -Gehalt; sonst Gefahr von Ablagerungen)
- kontinuierliche Kontrolle der Zugabemengen
- gute Homogenisierung durch geeignete Rührtechnik

Beim Nass-Löschverfahren wird CaO mit Wasser in Berührung gebracht. Dabei sind einige zusätzliche Erfordernisse zu beachten:

- gebrannter Kalk ergibt in Verbindung mit Wasser eine exotherme Reaktion
- die beim Löschen entstehenden Brüden dürfen auf keinen Fall in die Umgebung oder in die Kalkdosierung gelangen und müssen einem funktionierenden Waschsysteem zugeführt werden

- die frei werdende Wärme kann als Leitparameter zur Konzentrationseinstellung genutzt werden
- Reaktivität von Ca(OH)_2 hängt dabei von der Partikelgrößenverteilung ab
- es existieren verschiedene Löschesysteme wie z.B.: Löschbehälter, Intensivlöschesysteme und Pastenlöschesysteme (Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V. 2014)

Sowohl Kalkmilch als auch gebrannter Kalk sollten nicht länger als 6 Monate gelagert werden. Aus diesem Grund wurden die zur Herstellung von Kalkmilch notwendigen Kosten und Mengen an Kalkhydrat und gebranntem Kalk für 6 Monatsmengen BAS (6.000 m^3) errechnet.

TABELLE 20: DATEN ZUR HERSTELLUNG VON KALKMILCH 10%IG ZUR INAKTIVIERUNG VON 6000M³ BAS

Einsatzstoff	Volumen [m ³]	Kosten [€]
gebrannter Kalk (CaO)	9	1.200
Kalkhydrat (Ca(OH) ₂)	23	1.200

Kalkhydrat benötigt aufgrund der geringeren Schüttdichte mehr Lagervolumen, ist jedoch mit weniger anlagentechnischem Aufwand verbunden.

Gegenüber dem Einsatz von NaOH ergeben sich für Kalk folgende Vor- und Nachteile:

Pro:

- Kalk ist billiger als NaOH, daher rechnet sich bei größeren Abwassermengen die Investition in die notwendige Anlagentechnik
- eine Phosphatfällung – im Falle der Etablierung eines neuen Produktionsprozesses – wäre hierdurch zusätzlich erreichbar
- der anfallende Schlamm könnte als Dünger verwertet bzw. verkauft werden (analog der Kalkfällung bei der Zuckerproduktion)
- durch Fällungsreaktionen werden Schwermetall- und Sulfatkonzentration im Abwasser verringert

Contra:

- aufwändiges Handling des hygroskopischen und „reizenden“ Pulvers CaO
- die vorhandenen organischen Lösungsmittel in der Abwasserfraktion werden dadurch nicht abgetrennt. Die Abholung durch einen externen Entsorger muss beibehalten werden
- Handling der ausfallenden Karbonate als Schlamm oder als Suspension, besonders wenn die Neutralisation mit CO₂ erfolgt
- Lagerung und Herstellung von Kalkmilch benötigt mehr Platz und anlagentechnischen Aufwand als die NaOH Lagerung und Dosierung
- Zusätzliche Fällungsreaktionen mit Abwasserinhaltsstoffen wie Fluor möglich

2.4.1.3. Variantenvergleich chemische Inaktivierung

In Abbildung 10 sind die Mengen der beiden Inaktivierungsvarianten für BAI und BAS gegenübergestellt. Es wird deutlich, dass durch die Zugabe von Kalkmilch bis pH 12,5 kaum Abwassermenge eingespart werden kann. Diese Abwassermenge muss, wie bereits erwähnt, durch den Entsorger als zusätzliches BAS abgeholt und somit bezahlt werden.

Durch den starken Anstieg der zusätzlich notwendigen Laugenmenge bei Erhöhung des pH-Werts im stark basischen Bereich, wird nur relativ wenig NaOH bei der pH-Wert Erhöhung von 12,5 auf 13 eingespart.

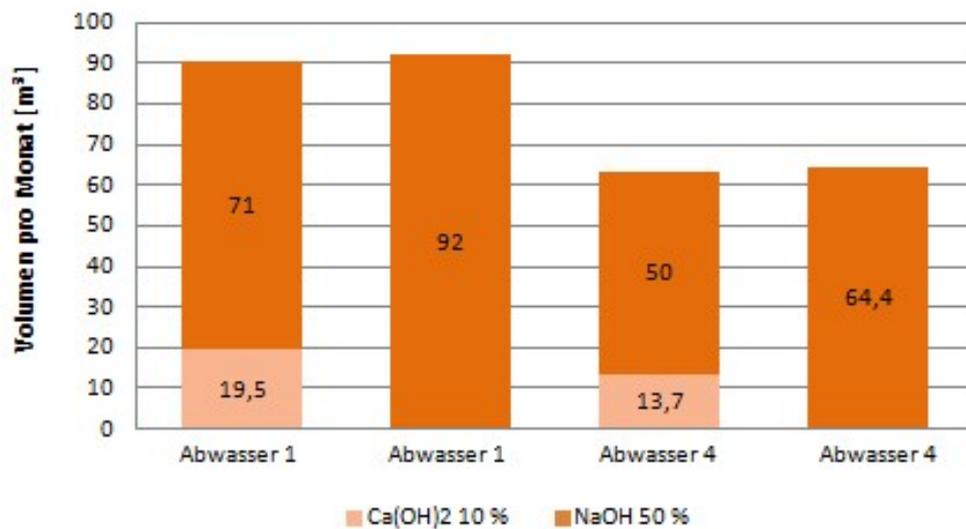


ABBILDUNG 10: MONATSMENGEN KALKMILCH UND NaOH FÜR INAKTIVIERUNG VON BAS UND BAI

Betrachtet man die Kosten in Abbildung 11, ergibt sich durch den Einsatz der günstigeren Kalkmilch bis pH 12,5 ein Kostenvorteil von über 9.000 € pro Monat für 1.000 m³ BAS und ca. 6.500 € pro Monat für 700 m³ BAI.

Nachteilig ist die zusätzliche Lagerung und Herstellung von Kalkmilch. Hier ergeben sich zusätzliche Kosten und Platzbedarf. Eine Verwendung von Kalkmilch am Standort wäre nur dann sinnvoll, wenn diese auch zur Neutralisation des BAN eingesetzt werden kann. Die dadurch notwendigen Mengen würden den zusätzlichen anlagentechnischen Aufwand möglicherweise rechtfertigen.

Sollte für die Neutralisation keine Kalkmilch verwendet werden, so wäre ein Einsatz zur Inaktivierung keinesfalls wirtschaftlich, da mit erhöhten Kosten durch den Entsorger zu rechnen ist (Feststoffanteil im Abwasser).

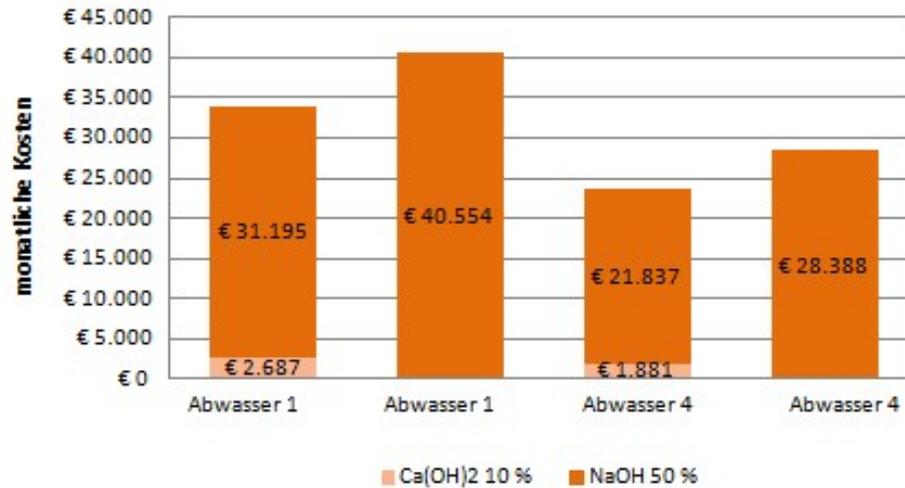


ABBILDUNG 11: MONATSKOSTEN KALKMILCH UND NAOH FÜR INAKTIVIERUNGSOPTIONEN BAS UND BAI

Aufgrund der jeweiligen Vor- und Nachteile kann keine der beiden Varianten zur chemischen Inaktivierung von BAS und BAI grundsätzlich ausgeschlossen werden. Daher werden beide Varianten in der Konzeptausarbeitung berücksichtigt und weiter ausgearbeitet.

2.4.1.4. Neutralisation BAS

Nach der Inaktivierung kann eine Neutralisation des Abwassers durchgeführt werden. Da für den Entsorger ein pH-neutrales Abwasser keinen Vorteil bringt (wurde nach einer Besprechung mit dem Entsorger festgestellt), entsteht auch für die Abholung keine Kostenreduktion. Somit gibt es keinen Grund zur Neutralisation der durch den Entsorger abgeholt Abwässer.

2.4.2. THERMISCHE BEHANDLUNG

Das thermische Verfahren ist ein physikalisches Verfahren und gehört zu den sichersten Methoden der Abwasserdesinfektion. Bei bestimmten Temperaturen und Verweilzeiten wird durch das Durchdringungsvermögens der Hitze eine Desinfektion oder sogar eine weitgehende Sterilisation des Abwassers und damit eine Abtötung von (pathogenen) Bakterien und Wurmeier bzw. eine Inaktivierung von Viren gewährleistet. Es ist die einzige Methode, die eine weitgehende Desinfektion von Rohabwasser mit (suspendierten) Feststoffen bewirken kann.

Analog zur derzeit praktizierten Variante kann eine thermische Inaktivierung bei 121 °C und einer Haltezeit von 20 min. durchgeführt werden. Diese Prozessparameter sind valide und in der Praxis erprobt. Aufgrund bestehender Probleme bei höheren Temperaturen und geringeren Verweilzeiten kann eine Durchlaufanlage ausgeschlossen werden. Um eine solche Anlage zu realisieren, müssten aufwendige Versuche mit nicht inaktiviertem Abwasser durchgeführt werden. Deshalb wird in weiterer Folge der Fokus auf Batch-Anlagen gelegt.

Im Falle einer thermischen Inaktivierung von BAS müssten die darin enthaltenen Lösungsmittel besonders berücksichtigt werden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne BAS-Fractionen einen Lösungsmittelanteil besitzen, durch den eine explosionsfähige Atmosphäre entsteht. Da eine Abtrennung der Lösungsmittel keinen Mehrwert bringt, würden diese im Abwasser belassen werden.

Pro:

- etablierte, industriell praktizierte Verfahrenstechnologien, welche leicht zu automatisieren sind
- kein Einsatz von Chemikalien notwendig
- Wärmerückgewinnung mit Einspeisung in Heizsystem möglich

Contra:

- höherer sicherheitstechnischer Aufwand beim Anlagenbetrieb aufgrund des Lösungsmittelanteils im BAS
- Dampf zur Temperaturerhöhung benötigt
- bei Einsatz einer Dampfzanze erhöht sich durch das anfallende Kondensat die Abwassermenge

2.5. VERFAHREN ZUR NEUTRALISATION DES BAN

Die Abwasserfraktion BAN enthält im Gegensatz zu BAI und BAS keine GVO. Eine zusätzliche Unterscheidung zu BAS und BAU ist das Nicht-Vorhandensein von Lösungsmitteln. Daher kann das BAN problemlos in den Kanal eingeleitet werden, wenn die Vorgaben für pH-Wert und Temperatur erfüllt sind. Weiteres sind im Gegensatz zu den GVO-belasteten Abwässern keine Restriktionen bezüglich Anlagenaufstellung zu berücksichtigen.

In den später beschriebenen Varianten werden auch beispielhaft pH-Werte betrachtet, die in der Praxis nicht vorkommen sollten. Für den niedrigsten möglichen pH-Wert kann ein Wert von 2,5 und für den maximal möglichen ein Wert von 12,5 herangezogen werden.

Die in der Literatur und Praxis üblichen Laugen zur Abwasserneutralisierung sind Natronlauge (NaOH) und Kalkmilch (Ca(OH)₂). Die üblicherweise verwendeten Säuren sind Salzsäure (HCl), Schwefelsäure (H₂SO₄) und Kohlendioxid (CO₂), welches im Wasser die schwache Kohlensäure (H₂CO₃) ausbildet (siehe auch Bewertung in Tabelle 11).

Jede Chemikalie besitzt für sich genommen und in Verbindung mit der korrespondierenden Lauge oder Säure gewisse Vor- und Nachteile, welche für den speziellen Anwendungsfall in den folgenden Kapiteln erörtert werden. Für einen ersten Überblick lassen sich jedoch generelle Aussagen zu Verbräuchen der Chemikalien machen.

Das BAN kann wie bereits erwähnt einen pH-Wert von 2,5 bis 12,5 aufweisen. Diese Schwankung wird durch die in den CIP-Prozessen verwendeten Chemikalien hervorgerufen. Diese gilt es vor der Einleitung in den Kanal zu neutralisieren. Bei den Chemikalien handelt es sich um:

- Säure: Phosphorsäure 75 %ig (H₃PO₄)
- Lauge: Natronlauge 37 %ig (NaOH)

In Abbildung 12 sind die eingesetzten Chemikalienmengen für CIP-Medien im Jahr 2014 und die daraus aus den Vorgabemengen des BAN linear aufgerechneten Mengen für den Site Master Plan abgebildet. Ziel ist es, durch gegenseitige Neutralisation von Natronlauge und Phosphorsäure in vorgelagerten Pufferbehältern eine Einsparung an Chemikalien zur weiteren Neutralisation zu erreichen. Zur Ermittlung zukünftig notwendiger Chemikalienmengen wird mit den derzeitigen Durchschnittsmengen an tatsächlich neutralisierter NaOH und H₃PO₄ gerechnet. Diese Mengen sind über den derzeitigen Chemikalieneinsatz in der Neutra und den stöchiometrischen Faktoren bestimmbar.

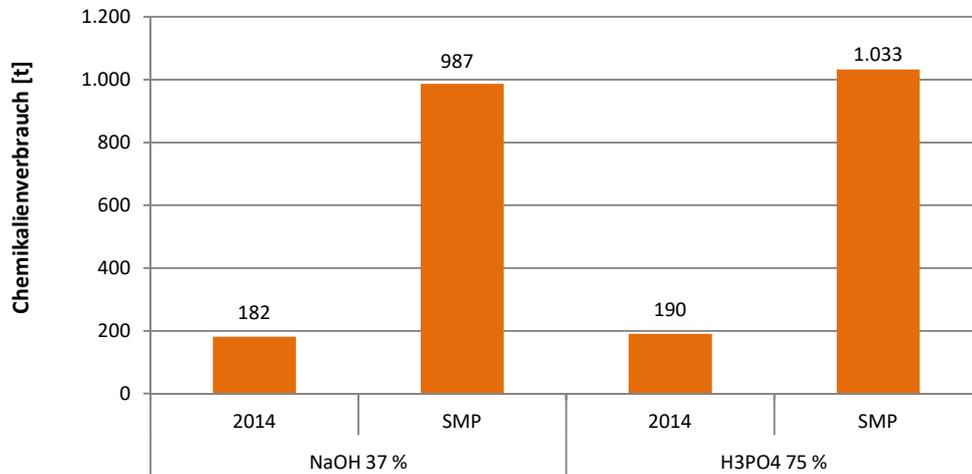


ABBILDUNG 12: CHEMIKALIENVERBRAUCH FÜR CIP-PROZESSE AUFGERECHNET NACH BAN MENGE

In Abbildung 13 ist der Neutralisationsvorgang des BAN dargestellt. Durch Säure- und Laugeneinsatz muss der pH-Wert in den Sollbereich zwischen 6,5 und 10 gebracht werden.

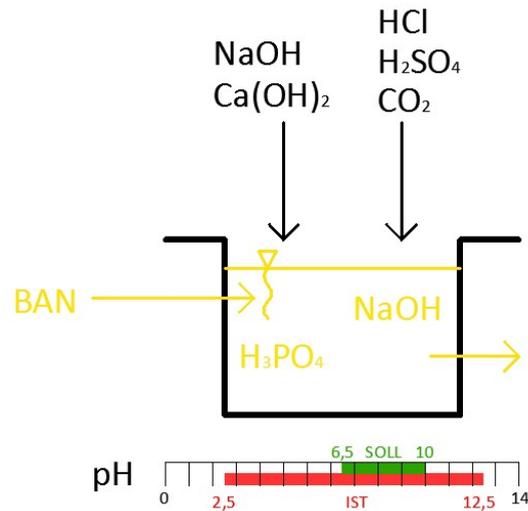


ABBILDUNG 13: NEUTRALISATION BAN

Für eine erste Einschätzung sind die Massenäquivalente der in Frage kommenden Säuren und Laugen zur Neutralisation des BAN interessant. In Abbildung 14 sind die jeweiligen Verbräuche zur Neutralisation von 1 kg Natronlauge dargestellt.

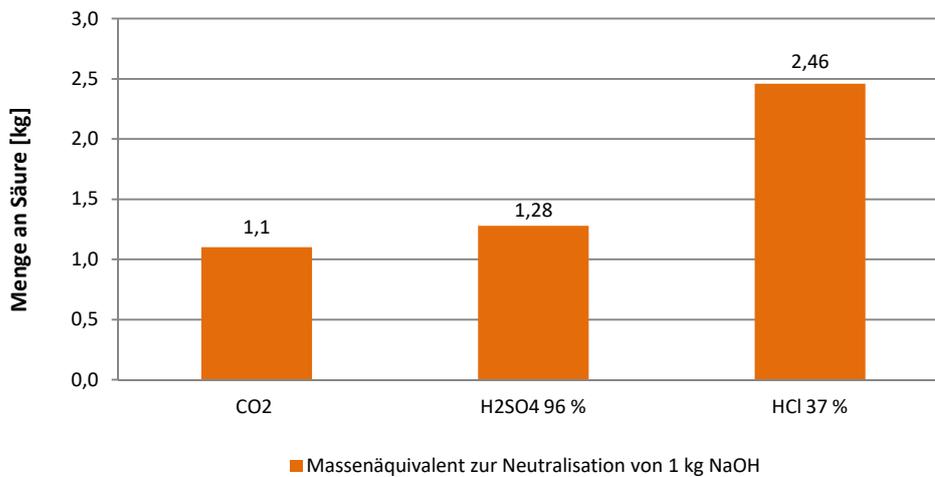


ABBILDUNG 14: SÄUREBEDARF ZUR NEUTRALISATION VON 1 KG NaOH

Es wird deutlich, dass die Neutralisation mit HCl durch die geringere Konzentration grundsätzlich den höchsten Mengeneinsatz erfordert. Dazu ist anzumerken, dass in dieser Studie die wirtschaftlich und technisch optimalen Säure- und Laugenkonzentrationen zur Konzepterstellung herangezogen werden. Im Fall der Salzsäure ist eine weitere Aufkonzentrierung aufgrund der physikalisch-chemischen Eigenschaften nicht sinnvoll (stark rauchende Säure).

Im folgenden Diagramm sind die Verbräuche von Säuren zur Neutralisation von Abwasser unterschiedlicher pH-Werte aufgetragen.

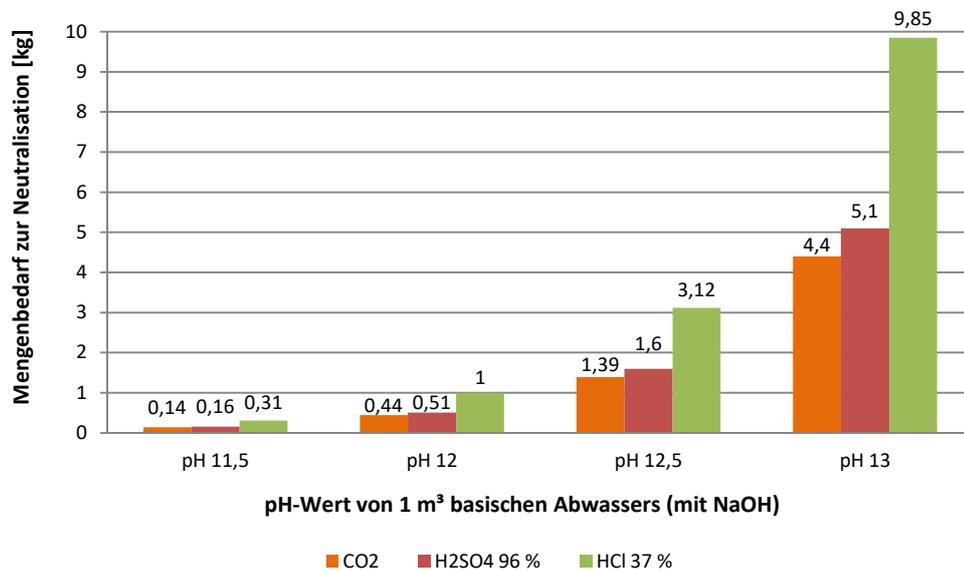


ABBILDUNG 15: SÄUREBEDARF ZUR NEUTRALISATION VON 1 M³ BASISCHEM ABWASSER

Im Wesentlichen spiegeln diese Werte die Grundaussage aus Abbildung 14 wider. Die absolute Mengendifferenz wird jedoch erst bei starken pH-Werten über pH 12 kritisch. Diese Werte werden in der Praxis nur selten erreicht.

In Abbildung 16 sind die Unterschiede zwischen verschiedenen Salzsäurekonzentrationen dargestellt. Da sich die Salzsäure-Varianten preislich kaum unterscheiden, ist der Einsatz der 37 %igen Säure zu bevorzugen. Durch den geringeren Verbrauch können auch Transportkosten gespart werden.

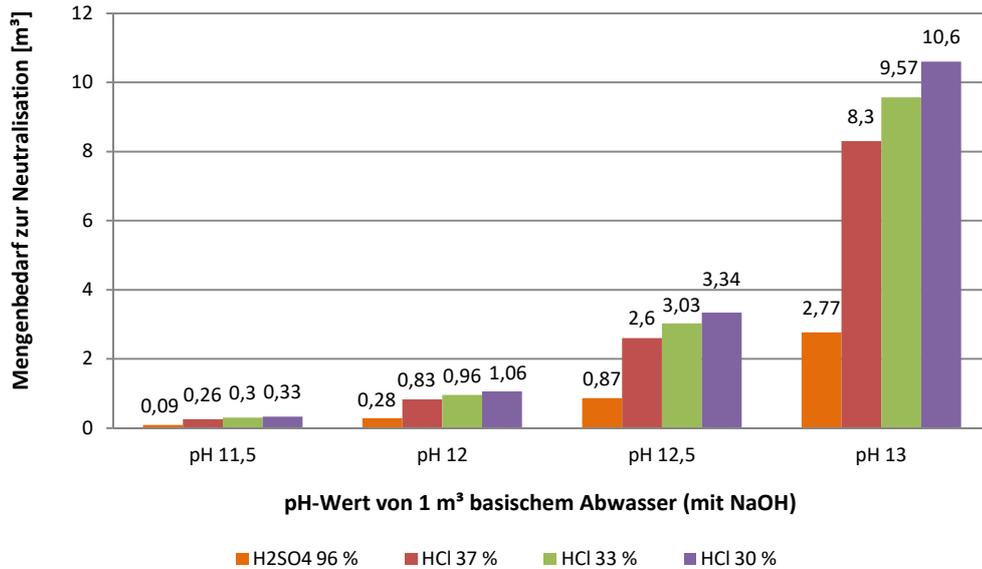


ABBILDUNG 16: SÄUREBEDARF HCL ZUR NEUTRALISATION VON 1 M³ BASISCHEM ABWASSER

Umgerechnet auf die jährlichen Verbrauchskosten für die Mengenangaben des SMP würde die Neutralisation mit Schwefelsäure eine jährliche Ersparnis von 14.183 € gegenüber der 37 %igen Salzsäure einbringen.

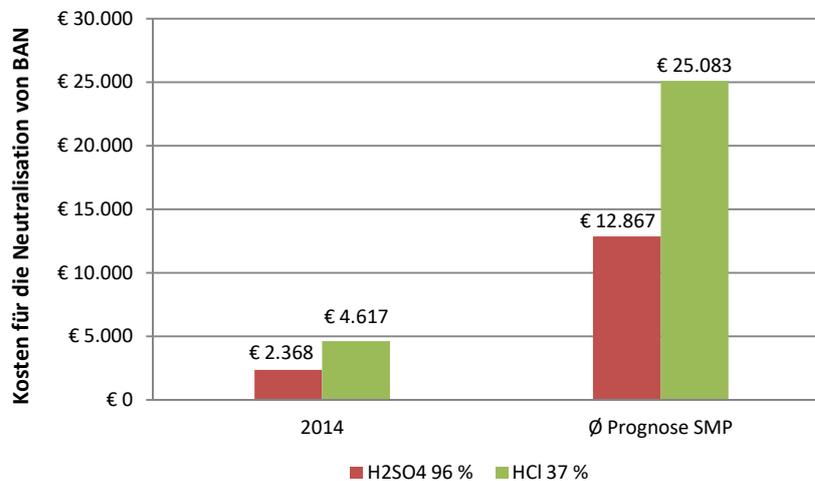


ABBILDUNG 17: SÄUREKOSTEN ZUR NEUTRALISATION VON BASISCHEM ABWASSER UMGERECHNET NACH TATSÄCHLICHEM BEDARF HCL AUS 2014

Um einen ersten Überblick der Chemikalienlagerung am Betriebsgelände zu bekommen, sind in Abbildung 18 die Volumina und in Abbildung 19 die entsprechenden Massen der relevanten Säuren bzw. Säurebildner dargestellt. Durch den hohen Wasseranteil besitzt die Salzsäure ein entsprechend hohes Volumen.

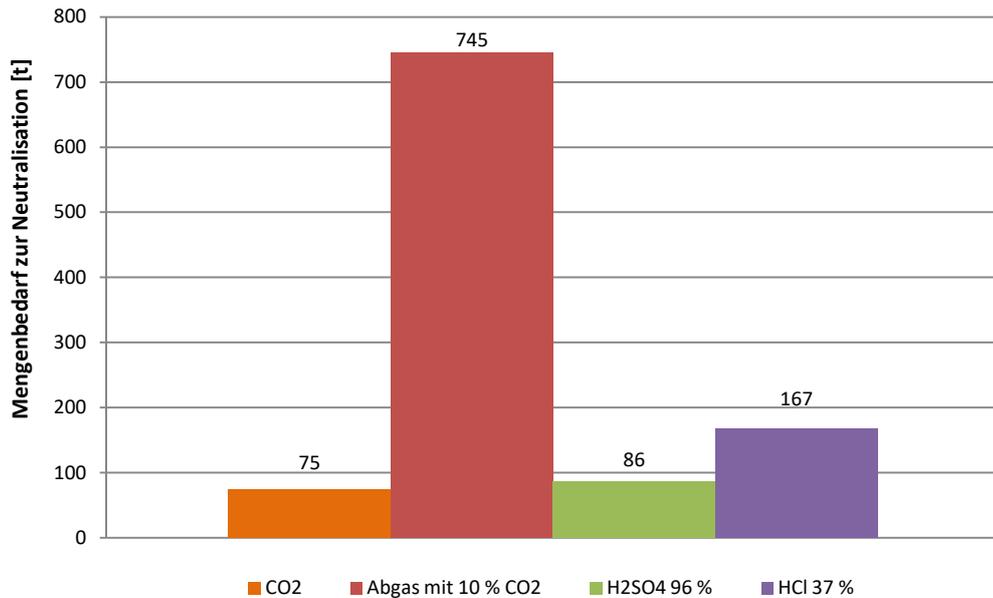


ABBILDUNG 18: JAHRES- SÄUREBEDARF IN M³ ZUR NEUTRALISATION VON BASISCHEM ABWASSER UMGERECHNET NACH TATSÄCHLICHEM BEDARF HCL AUS 2014

Analog zum Säurebedarf ist das Massenäquivalent zur Neutralisation von Phosphorsäure im BAN durch Natronlauge und Kalkmilch in Abbildung 19 dargestellt.

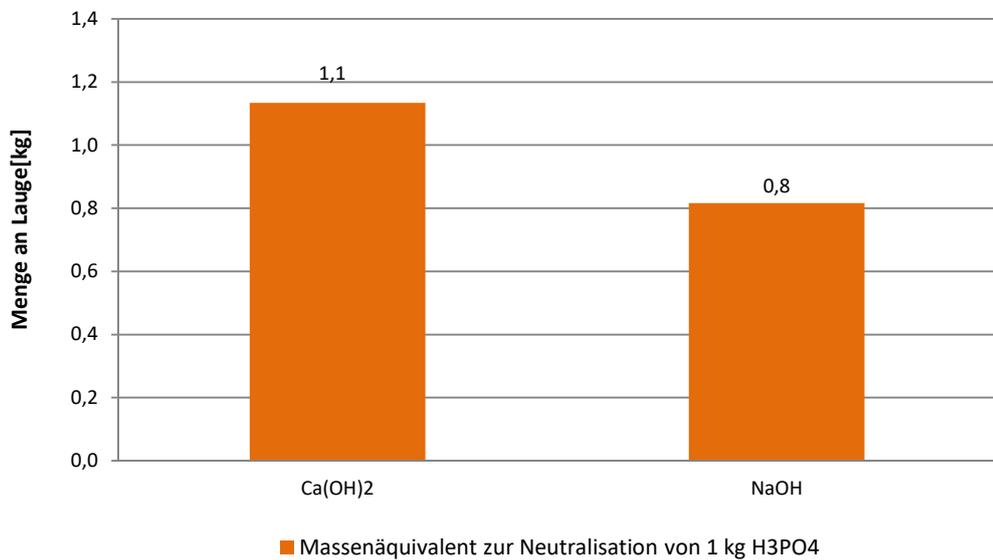


ABBILDUNG 19: LAUGENBEDARF ZUR NEUTRALISATION VON 1 KG H₃PO₄

Der Grund für den niedrigeren Bedarf bei Natronlauge liegt in der Reaktionsgleichung. Phosphorsäure erzeugt, wie bereits erwähnt, mit Natronlauge einen Phosphatpuffer. Um in den neutralen Bereich zu gelangen, reicht eine Reaktion mit 2 H⁺-Ionen der

Säure aus. Im Gegensatz dazu bildet Kalkmilch mit Phosphorsäure das schwer lösliche Calciumphosphat. Dadurch wird jedes der 3 H⁺ umgesetzt, was einen höheren Kalkmilcheinsatz erfordert. Da jedoch in einer Kalkmilchlösung ein hoher Anteil an nicht gelöstem Ca⁺ vorliegt, kann durch eine entsprechend hohe Konzentration und im Beisein von ausreichend Wasser zur Ca(OH)₂-Bildung wesentlich mehr Säure neutralisiert werden als mit Natronlauge.

Allgemein kann zum Einsatz von Laugen zur Abwasserneutralisation gesagt werden, dass bei gegebenen Grenzwerten für Anionen wie Fluorid, Phosphat oder Sulfat der Einsatz von Kalkmilch für Neutralisation und Fällung notwendig werden kann. Gibt es keine Vorgaben in dieser Hinsicht oder können diese ohne Fällung eingehalten werden, ist Natronlauge ebenfalls eine Option. Der Einsatz von Kalkmilch zur Abwasserneutralisation kann bei Abwassermengen > 45 m³/h wirtschaftlich sein, vor allem wenn das Kostenverhältnis NaOH/CaO 5,7 übersteigt. (vgl. Brauer 1996). Für den hier betrachteten Fall ergibt sich ein Kostenverhältnis von Natronlauge 50 %ig zu Kalkmilch von ca. 6,4. Somit wäre Kalkmilch grundsätzlich die wirtschaftlichere Variante.

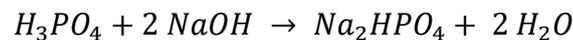
Die vorliegenden Jahresmengen an Abwasser befinden sich in einem Bereich, in dem die Herstellung von Kalkmilch aus gebranntem Kalk als auch aus Kalkhydrat die optimalere Lösung darstellen könnte.

2.5.1. NEUTRALISATION MIT NaOH UND HCl

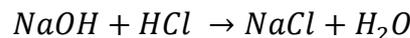
Die Neutralisation des BAN erfolgt derzeit mit Einsatz von NaOH und HCl. Für 1 m³ BAN wurden im Jahr 2014 0,224 L NaOH 37 %ig und 0,25 L HCl 34 %ig verbraucht. Diese relativ geringen Mengen resultieren aus Neutralisationseffekten der sauren und basischen Abwasserfraktionen in den Sammelbehältern und Rohrleitungen. Wird statt 37 %iger NaOH mit GMP-Qualität eine 50 %ige Lösung mit technischer Qualität verwendet, verringert sich der Verbrauch auf ca. 0,156 L pro m³ BAN. Die Kosteneinsparung ist in Tabelle 21 dargestellt.

Die Reaktionsgleichungen zur Neutralisation des BANs lauten:

Neutralisation aus saurem Bereich:



Neutralisation aus basischem Bereich:



Dabei entstehen Dinatriumhydrogenphosphat (schlecht löslich) und Natriumchlorid (Kochsalz, gut löslich).

TABELLE 21: KOSTEN VON NaOH ZUR NEUTRALISIERUNG VON BAN

NaOH	Mengen [L/m ³ Abwasser]	Kosten im Jahr 2014 [€]
37 %ig, GMP	0,224	31.500
50 %ig, technisch	0,156	7.250
Einsparung mit 50 %iger NaOH	0,071	24.250

Mit dem Einsatz von 50 %iger Natronlauge mit technischer Qualität lassen sich 77 % der Jahreskosten und 32 % des Volumens einsparen. (siehe Annex 2)

Diese Variante der Abwasserneutralisation ist erprobt und industriell etabliert. Somit bestehen kaum Risiken für die Realisierung einer solchen Anlage.

Die Kosten und Mengen an HCl zur Neutralisation von inaktiviertem Abwasser sind in Tabelle 22 angeführt. Zum Vergleich ist auch die Durchschnittsmenge an HCl für die

Neutralisation des BANs im Jahr 2014 angegeben. Die geringe Menge lässt sich durch die überwiegend sauren Fraktionen des Abwassers erklären. Dadurch kommt es bereits in den Sammelbehältern zu Neutralisationsvorgängen der basischen Fraktionen, es muss nur wenig HCl zu dosiert werden.

TABELLE 22: KOSTEN UND MENGEN ZUR NEUTRALISATION MIT HCl

Abwasser	HCl 34 %ig [L]	Kosten [€]
1 m ³ pH 13	9,16	1,1
1000 m ³ pH 13	9.163	1.100
1 m ³ BAN (Durchschnitt)	0,24	0,03

*(PREISE VON FA. DONAUCHEM GMBH)

Zusammenfassend ergeben sich für die prognostizierte BAN-Menge von 130 m³/h folgende HCl- und NaOH-Verbräuche zur Neutralisation.

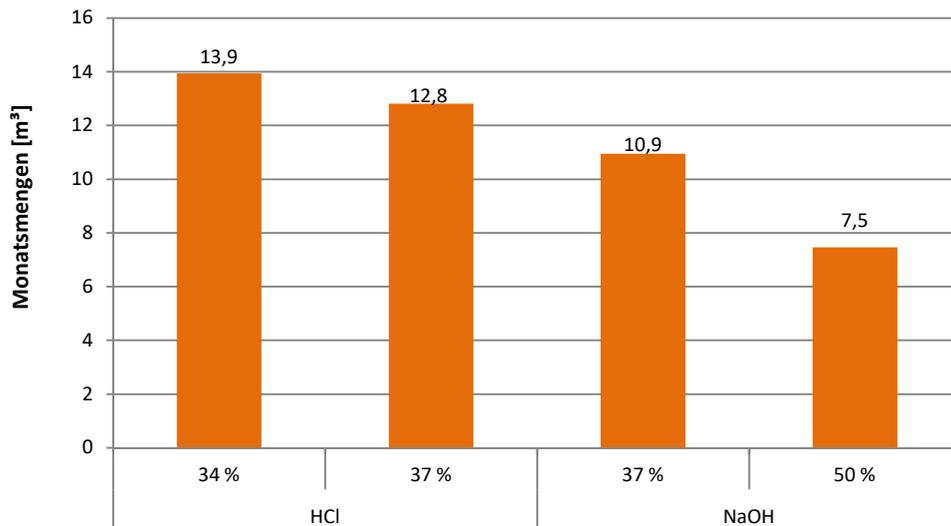


ABBILDUNG 20: MONATLICHER BEDARF HCl UND NaOH ZUR NEUTRALISATION SMP

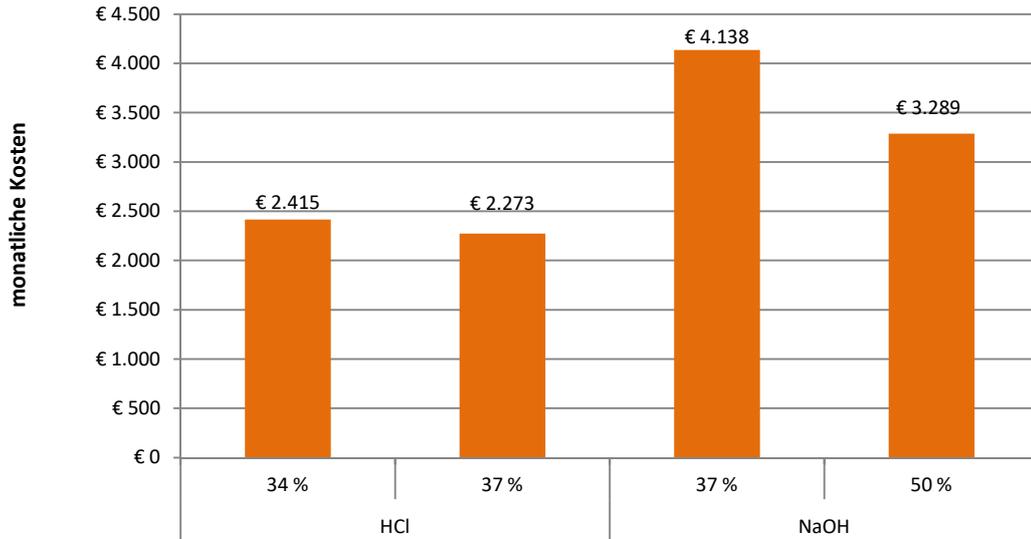


ABBILDUNG 21: MONATLICHE KOSTEN VON HCl UND NaOH ZUR NEUTRALISATION SMP

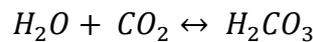
Aus den prognostizierten Kosten und Mengen geht klar hervor, dass die jeweils höher konzentrierte Chemikalie zu bevorzugen ist. Selbst wenn die absoluten Einsparungen aufgrund geringerer Mengen von BAN nicht realisiert werden sollten, so bleibt der relative Vorteil bestehen.

Die Neutralisation durch HCl und NaOH birgt im Hinblick auf die anschließende Abwassereinleitung keine negativen Effekte.

2.5.2. NEUTRALISATION MIT NaOH UND CO₂

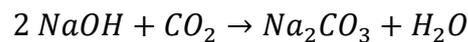
Als Alternative zu HCl zur Neutralisation bietet sich CO₂ an. Falls durch BHKWs oder Dampfkessel am Standort Abgas (mit Anteil CO₂) kostenlos zur Verfügung steht, kann dieses durch das Abwasser geleitet werden. Je nach benötigter Menge wird der Eintrag in das Abwasser über Begasungsschläuche, eine Rohrneutralisation oder ein Düsensystem vorgenommen.

CO₂ reagiert mit Wasser unter Bildung von Kohlensäure:

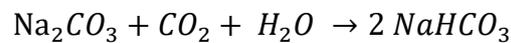


Der Neutralisationsvorgang einer NaOH-Lösung mit CO₂ durchläuft 3 Phasen (Rießner-Gase GmbH & Co 2011):

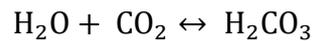
Phase I (pH > 11,8):



Phase II (8,3 < pH < 11,8):



Phase III (pH < 8,3):



Durch weitere CO₂-Aufnahme wird der pH-Wert kaum mehr abgesenkt, da die Kohlensäure nur in geringem Ausmaß dissoziiert.

Die pH-Wert Änderung ist in Abbildung 22 dargestellt. Im Gegensatz zur Neutralisation mit Mineralsäuren verläuft die pH-Wert Änderung wesentlich weniger abrupt. Das vereinfacht die Regelung des Prozesses.

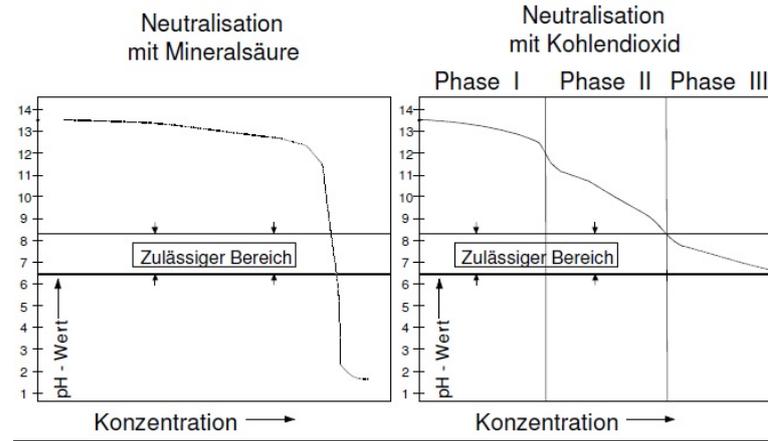


ABBILDUNG 22: NEUTRALISATION EINES BASISCHEN ABWASSERS MIT MINERALSÄURE (LINKS) BZW. MIT CO₂ (RECHTS)
(GTec WASSERAUFBEREITUNG GMBH)

Bei Standardbedingungen (25 °C, 1 bar) ergeben sich zur Neutralisation unterschiedlich basischer NaOH-Lösungen (ungepuffert) die in Abbildung 23 dargestellten CO₂-Mengen.

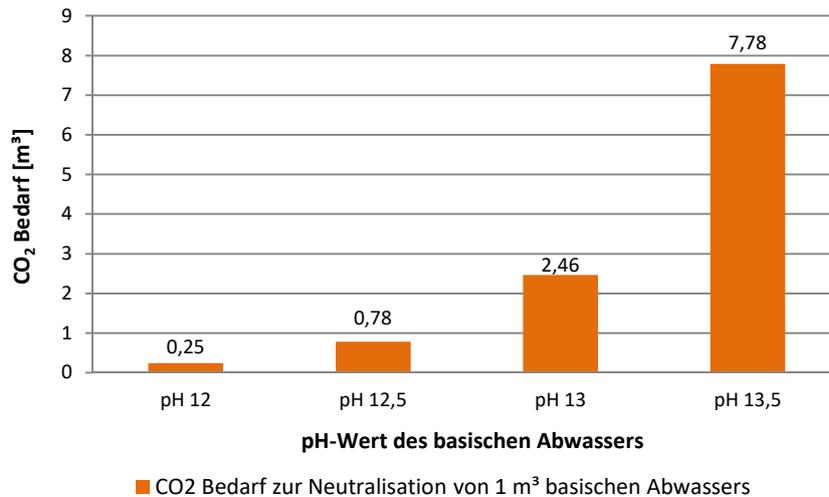


ABBILDUNG 23: CO₂ BEDARF ZUR NEUTRALISATION VON BASISCHEM ABWASSER

In der Praxis werden die benötigten CO₂-Mengen durch die Pufferwirkung des Abwassers und diverser Löslichkeitseffekte höher liegen. Demgegenüber steht die Tatsache, dass das Abwasser nicht bis pH 7 neutralisiert werden muss, um einleitfähig zu sein. Durch die flache Kurve kann relativ genau auf einen pH-Wert zwischen 7,5 und 8,5 neutralisiert werden, was wiederum eine CO₂-Einsparung zur Folge hat. HCl kann weiterhin als Ausfallsreserve verwendet werden, falls alle Dampferzeuger abgestellt werden, und somit kein CO₂ mehr zur Verfügung steht.

Geht man von einer Verbrennung von Erdgas H und einer Luftzahl λ von 1,1 aus, befinden sich ca. 10 % CO₂ im Abgas. (Rießner-Gase GmbH & Co 2011)

Die damit notwendigen Abgasmengen zur Neutralisation von unterschiedlichen BAN - Durchflussraten mit dem Worst-Case Szenario pH 12,5 sind in Abbildung 24 dargestellt.

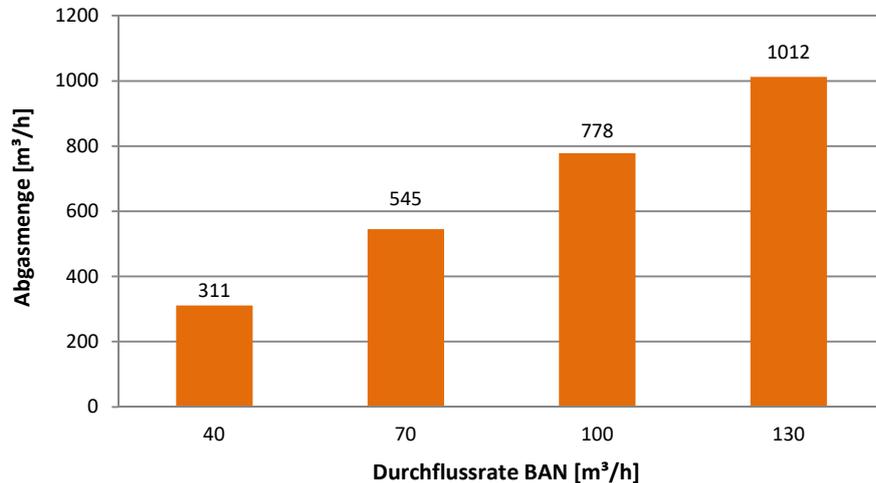


ABBILDUNG 24: ABGASBEDARF ZUR NEUTRALISATION VON BASISCHEM ABWASSER BEI PH 12,5

Diese Mengen stellen theoretische Werte dar, die in der Praxis deutlich abweichen können. Vergleicht man die theoretisch notwendige Menge an HCl mit der tatsächlich verbrauchten Menge, beträgt letztere ca. 1,45 % der theoretischen. Wie bereits im vorigen Kapitel erwähnt, ist diese geringe Menge vor allem den Neutralisationseffekten in den Vorlagebehältern zu verdanken.

Aufgrund der diffusen Einflüsse auf die Neutralisationsreaktion (Löslichkeit, Pufferwirkung, Neutralisationseffekte, Nebenreaktionen,...) kann somit keine exakte Aussage zum CO₂ Verbrauch getroffen werden. Hier sind für eine detaillierte Planung Vorversuche notwendig.

Ein Gaskessel für 15 t/h Dampf oder ein BHKW mit 2,7 MW_{el} haben bei Volllast einen Abgasstrom von jeweils über 11.000 Nm³/h. 10 % davon würden ausreichen, um einen Abwasserstrom von 130 m³/h mit pH 12,5 in den einleitfähigen Zustand zu bringen.

Bezogen auf die derzeit prognostizierten Abgasmengen der BHKWs wurde für deren minimalen Betriebsfall von 50 % eine Taupunktsbetrachtung durchgeführt. Zieht man die maximale Menge an Abgas zur Neutralisation vom minimalen Volumenstrom aus

einem BHKW ab, so kann man diese im Kamin wieder miteinander vereinen. Selbst unter der Annahme, dass der abgezogene Teilstrom durch voll mit Wasserdampf gesättigt ist, wird der Taupunkt im Kamin nicht erreicht.

Die Verbrauchswerte für Natronlauge ändern sich nicht zu jenen in Kapitel 0.

Da die Kombination aus Natronlauge und Kohlendioxid grundsätzlich Umsetzungspotential hat, wird diese Variante mit den theoretisch ermittelten Werten in der Konzepterstellung berücksichtigt.

Pro:

- Sollte eine Energiezentrale in der Nähe der Abwasseraufbereitung realisiert werden, kann Abgas zur CO₂-Bereitstellung eingesetzt werden.
- Kohlensäure ist eine schwache Säure, die in 2 Stufen dissoziiert. Im Gegensatz zu starken Mineralsäuren verläuft die Neutralisationskurve flacher. Die Mess- und Regeltechnik der Neutralisation mit Kohlensäure ist daher einfacher.
- Es ist keine CO₂-Bevorratung notwendig, dadurch entfallen eventuelle Korrosions- und Platzprobleme.
- Der Wärmeeintrag vom Abgas in das Abwasser ist vernachlässigbar klein und braucht in der technischen Umsetzung nicht weiter betrachtet werden.
- Die erreichte CO₂-Einsparung ist förderungsfähig.

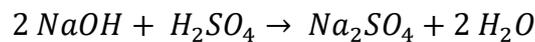
Contra:

- genaue CO₂-Menge aufgrund der unbekanntenen Pufferwirkung des Abwassers nur durch Versuche ermittelbar
- sehr hohe Abgasmengen zur Neutralisation von pH-Werten im Bereich von 12,5 oder darüber notwendig –dieser Betriebsfall sollte voraussichtlich nicht eintreten
- Da nicht immer alle Dampferzeuger in Betrieb sein werden, muss Abgas aus mehreren Kaminen entnommen werden. Diese Entnahmestellen müssen jeweils mit doppelter Absperrklappe mit Zwischenbelüftung ausgestattet sein, dass sicher kein Abgas aus einem Erzeuger zu einem anderen, gerade stillstehenden gelangt. Dies ist erforderlich für die Sicherheit des Wartungspersonals.

2.5.3. NEUTRALISATION MIT $NaOH$ UND H_2SO_4

Ebenfalls in der Abwassertechnik gebräuchlich ist der Einsatz von Schwefelsäure (H_2SO_4). Ein Vorteil ist der relativ günstige Preis. Da sich konzentrierte Schwefelsäure bei der Neutralisation schlecht handhaben lässt, muss sie verdünnt werden. Dadurch werden hohe Hydratationswärmemengen frei, welche bei der Auslegung zu beachten sind. Bei hohen Sulfatkonzentrationen kann es außerdem zu Betonkorrosion kommen. (Abwassertechnische Vereinigung 1999)

In Verbindung mit Natronlauge reagiert Schwefelsäure nach folgender Gleichung:



Das dabei entstehende Natriumsulfat liegt voll dissoziiert als Na^+ und SO_4^{2-} im Abwasser vor. Durch die relativ hohe Sulfatmenge kann es zu Betonkorrosion kommen.

Umgerechnet auf die vorgegebene Menge an BAN ergibt sich ein monatlicher Schwefelsäurebedarf von 7,2 m³ zur Neutralisation der Natronlauge im BAN. Dieser Wert ergibt sich aus den tatsächlichen HCl-Werten aus dem Jahr 2014 über die Umrechnung der Massenäquivalente. Der theoretische Verbrauch liegt wesentlich höher, berücksichtigt jedoch nicht die Neutralisationseffekte im BAN.

Pro:

- weniger Säuremenge und somit weniger Lagerfläche notwendig
- günstige Säure

Contra:

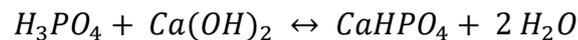
- Betonkorrosion durch hohe Sulfatkonzentration im Abwasser
- muss zur genauen Dosierung und Regelung verdünnt werden
- Hohe Hydratationswärmen beim Verdünnungsprozess

2.5.4. NEUTRALISATION MIT KALK UND HCL

Wird die Phosphorsäure aus den CIP-Prozessen mit Kalkmilch neutralisiert, kommt es zu einer Fällungsreaktion. Bei der Neutralisation aller gängigen Metallionen mit Kalkmilch bildet sich bei Anwesenheit von Phosphat schwerlösliches Calciumhydrogenphosphat (CaHPO_4) mit einem Löslichkeitsprodukt von $5 \cdot 10^{-6} \text{ mol}^2/\text{L}^2$.

Bei pH-Werten größer 9,5 bildet sich das noch erheblich schwerer lösliche Calciumhydroxophosphat $\text{Ca}_5(\text{OH})(\text{PO}_4)_3$. Dieser Fall kann dann auftreten, wenn das Abwasser durch eine hohe NaOH-Beladung bereits basisch in die Neutralisationsanlage eintritt, jedoch noch Phosphate im Wasser vorhanden sind.

Die Reaktionsgleichungen (Förtsch und Meinholz 2014) lauten:



Die Phosphatfällung findet vor allem im basischen Bereich statt, im neutralen und sauren Bereich ist die Löslichkeit des Phosphats sehr gut.

Umgerechnet auf die vorgegebene Menge an BAN ergeben sich 195 m^3 Kalkmilch 10%ig zur Neutralisation der im BAN vorhandenen Phosphorsäure.

Pro:

- Kalkmilch ist günstiger als Natronlauge

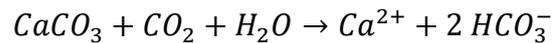
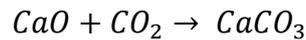
Contra:

- Ausfallreaktionen in unbekanntem Ausmaß, genaue Menge $\text{Ca}(\text{OH})_2$ nur durch Versuche bestimmbar
- keine Verwertung der Ausfallprodukte möglich
- zusätzlicher anlagentechnischer Aufwand und Platzbedarf

2.5.5. NEUTRALISATION MIT KALK UND CO₂

Wird Kalk in Kombination mit CO₂ zur Inaktivierung des BAlS eingesetzt, bildet sich Calciumcarbonat (CaCO₃), welches ausfällt.

Die Reaktionsgleichungen mit gebranntem Kalk lauten:

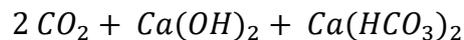


Für gelöschten Kalk gelten folgende Reaktionsgleichungen:

in Verbindung mit Wasser:



ohne zusätzliches Wasser:



In der Praxis ist die Reaktionsgleichung von gelöschtem Kalk in Verbindung mit Wasser relevant. Dadurch wird weniger CO₂ in die Atmosphäre emittiert, da es im ausfallenden Kalk „gebunden“ ist. Der Neutralisationsstufe müsste ein Becken zum Absetzen des ausfallenden Calciumcarbonats nachgeschaltet werden.

Ausfallprodukte können aufgrund unvollständiger Neutralisationsreaktionen nicht ausgeschlossen werden. Zusätzlich bildet sich Calciumphosphat – siehe Kapitel 0.

Die theoretisch benötigten Mengen an Ca(OH)₂ und CO₂ bleiben gleich. Zur genauen Mengenbestimmung beider Chemikalien müssen Versuche gefahren werden.

Pro:

- Kalkmilch ist günstiger als Natronlauge
- sollte eine Energiezentrale in der Nähe der Abwasseraufbereitung realisiert werden, kann Abgas von den Dampferzeugern zur CO₂-Bereitstellung eingesetzt werden

- Kohlensäure ist eine schwache Säure, die in 2 Stufen dissoziiert. Im Gegensatz zu starken Mineralsäuren verläuft die Neutralisationskurve flacher. Die Mess- und Regeltechnik der Neutralisation mit Kohlensäure ist daher einfacher.
- keine CO₂-Bevorratung notwendig, dadurch entfallen eventuelle Korrosions- und Platzprobleme
- der Wärmeeintrag vom Abgas in das Abwasser ist vernachlässigbar klein und braucht in der technischen Umsetzung nicht weiter betrachtet werden

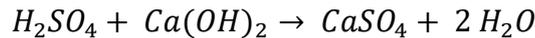
Contra:

- Ausfallreaktionen in unbekanntem Ausmaß, genaue Menge Ca(OH)₂ nur durch Versuche bestimmbar
- keine Verwertung der Ausfallprodukte möglich aufgrund eventuell unvollständiger Neutralisationsreaktionen
- zusätzlicher anlagentechnischer Aufwand und Platzbedarf
- bei zusätzlichem Einsatz von Kalk Probleme mit dem Handling der ausfallenden Karbonate als Schlamm oder als Suspension (zusätzliche Anlagentechnik, zusätzliche Entsorgungskosten, Platzbedarf,...)
- genaue CO₂-Menge aufgrund der unbekanntenen Pufferwirkung des Abwassers nur durch Versuche ermittelbar

2.5.6. NEUTRALISATION MIT KALK UND H_2SO_4

Findet die Neutralisation mit Kalk und Schwefelsäure statt, kann es zu Nebenreaktionen kommen. Zusätzlich zu den bereits erwähnten Ausfallsreaktionen mit Phosphaten und Carbonaten findet eine Sulfatfällung statt.

Die Reaktionsgleichung lautet:



Dabei kann Gips entstehen, welcher zu Ablagerungen und Verkrustungen führt. Um das zu verhindern, kann z.B. kräftiges Mischen des Abwassers vorgenommen werden.

Die theoretisch benötigten Mengen an $Ca(OH)_2$ und H_2SO_4 bleiben gleich. Zur genauen Mengenbestimmung beider Chemikalien müssen Versuche gefahren werden.

Pro:

- Kalkmilch ist günstiger als Natronlauge
- weniger Säuremenge und somit weniger Lagerfläche notwendig
- günstige Säure

Contra:

- muss zur genauen Dosierung und Regelung verdünnt werden
- hohe Hydratationswärmen bei Verdünnungsprozess
- Ausfallreaktionen in unbekanntem Ausmaß, genaue Menge $Ca(OH)_2$ nur durch Versuche bestimmbar
- keine Verwertung der Ausfallprodukte möglich
- zusätzlicher anlagentechnischer Aufwand und Platzbedarf
- bei zusätzlichem Einsatz von Kalk Probleme mit dem Handling der ausfallenden Carbonate als Schlamm oder als Suspension (zusätzliche Anlagentechnik, zusätzliche Entsorgungskosten, Platzbedarf,...)
- genaue H_2SO_4 Menge aufgrund der unbekanntenen Wechselwirkung mit $Ca(OH)_2$ nur durch Versuche ermittelbar

2.6. ANLAGENTECHNIK NEUTRALISATION

In Kapitel 2.4.1 wurde bereits die Festlegung einer Batch-Anlage zur thermischen Behandlung der mit GVO verunreinigten Abwässer getroffen. Der Grund liegt in der Problematik der Vorwärmung des Abwassers und eventuell Wärmerückgewinnung in einem vorgeschalteten Wärmetauscher. Dort kommt es zu Verunreinigungen, die einen kontinuierlichen Betrieb praktisch unmöglich machen. Um diese Option genauer zu betrachten, müssten Versuche mit z.B. Spiralwärmetauschern oder Röhrenwärmetauschern gefahren werden, wie sie auch in der Lebensmittelindustrie verwendet werden. Platten- und Rohrbündelwärmetauscher sind nicht geeignet, da sie schlecht gereinigt werden können.

Für die chemische Inaktivierung sind Durchlaufverfahren ebenfalls unüblich und die batchweise Verarbeitung ist damit vorgegeben.

Aus diesem Grund werden nachfolgend nur die in der Abwassertechnik üblichen Verfahren zur Neutralisation beschrieben. Zusätzlich erfolgt eine Bewertung nach den projektspezifischen Anforderungen.

Bei der Auslegung wird mit dem BVT (beste verfügbare Technik)- Dokument des Merkblattes für die Herstellung organischer Feinchemikalien verglichen.

2.6.1. BATCHVERFAHREN

Die Batch- oder diskontinuierliche Neutralisation wird üblicherweise bei kleineren Abwassermengen verwendet. Auch bei stark schwankenden pH-Werten bildet diese Variante die regeltechnisch einfachere Form der Neutralisation.

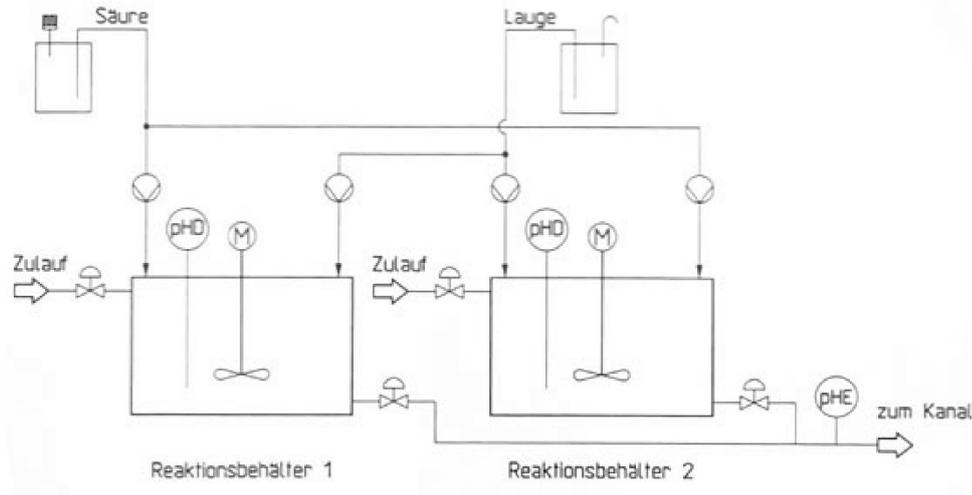


ABBILDUNG 25: BATCHNEUTRALISATION (AW-ABWASSER-WASSER-TECHNIK GMBH 2016)

Das Abwasser wird dabei in zwei oder mehreren Behältern abwechselnd durch Chemikaliengabe neutralisiert. Ein weiterer Vorteil dieser Variante ist die Möglichkeit der Zugabe von Verwurfswasser zur Kühlung wie es derzeit im Gebiet 1 praktiziert wird. So kann Turmwasser zur Kühlung eingespart werden.

Pro:

- gut für kleinere Abwassermengen geeignet
- einfach regelbar

Contra:

- erhöhter Platzbedarf

2.6.2. DURCHLAUFVERFAHREN

Die Durchlauf- oder kontinuierliche Neutralisation erfolgt vor allem dann, wenn größere Abwassermengen anfallen. Das Abwasser wird dabei in einem Behälter mit Einbauten oder in einer Behälterkaskade neutralisiert. Bei Abwässern mit großen pH-Schwankungen schaltet man einen Ausgleichsbehälter vor. Damit wird ein unnötiger Aufwand an Neutralisationschemikalien oder eine unnötige Aufsalzung vermieden.

Beim Durchlaufverfahren wird oft bei sulfathaltigem Wasser aufgrund der Betonkorrosivität Salzsäure verwendet. Alle weiteren Chemikalien, mit Ausnahme von Kalkmilch, können mit Magnetventilen, bei Fehlen des Gefälles mit Dosierpumpen, zugegeben werden. Diese Ventile sind mit einem Zeitglied zu verzögern, da das Abwasser im Bereich der Neutralisations-pH-Werte nur ein sehr geringes Puffervermögen aufweist.

Bei Neutralisation mit Natronlauge werden diese Anlagen auf theoretische Verweilzeiten von 15–20 Minuten ausgelegt. Wird Kalkmilch verwendet, ist diese Zeit wegen der geringen Löslichkeit des Calciumhydroxids zu verlängern. (Hartinger 1977)

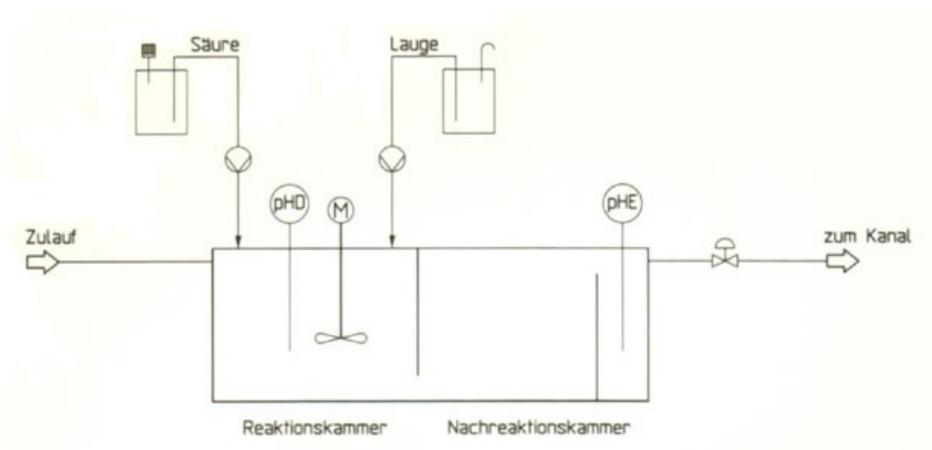


ABBILDUNG 26: DURCHLAUFNEUTRALISATION (AW-ABWASSER-WASSER-TECHNIK GMBH 2016)

Je nach gewählter Verweilzeit (bestimmend für das Behältervolumen) kann das Rührwerk ausgelegt werden. Als Richtwert soll die Umwälzrate das 1,5–2-fache des Behältervolumens pro Minute betragen. (Abwassertechnische Vereinigung 1999)

Pro:

- gut für große Abwassermengen geeignet
- im Vergleich zum Batchverfahren platzsparender

Contra:

- Verweilzeit ist ein ausschlaggebender Parameter für die Regelbarkeit
- stark schwankende pH-Werte müssen in der Auslegung des Behältervolumens berücksichtigt werden
- problematisch bei stark schwankenden Abwassermengen, da ein minimaler Durchsatz gegeben sein muss

2.6.3. REAKTOR-VERFAHREN

Hier wird das Abwasser unter Druck in einen Reaktor geleitet und dort unter Chemikaliengabe stark vermischt und neutralisiert. Durch die kurzen Verweilzeiten ist dieses Verfahren wenig geeignet für stark schwankende pH-Werte. In der Praxis wird für stark schwankende pH-Werte ein Pufferbehälter mit Rührwerk vorgeschaltet, um bereits eine Vorneutralisation zu erreichen. Dadurch fällt der Vorteil des geringen Platzbedarfs praktisch weg.

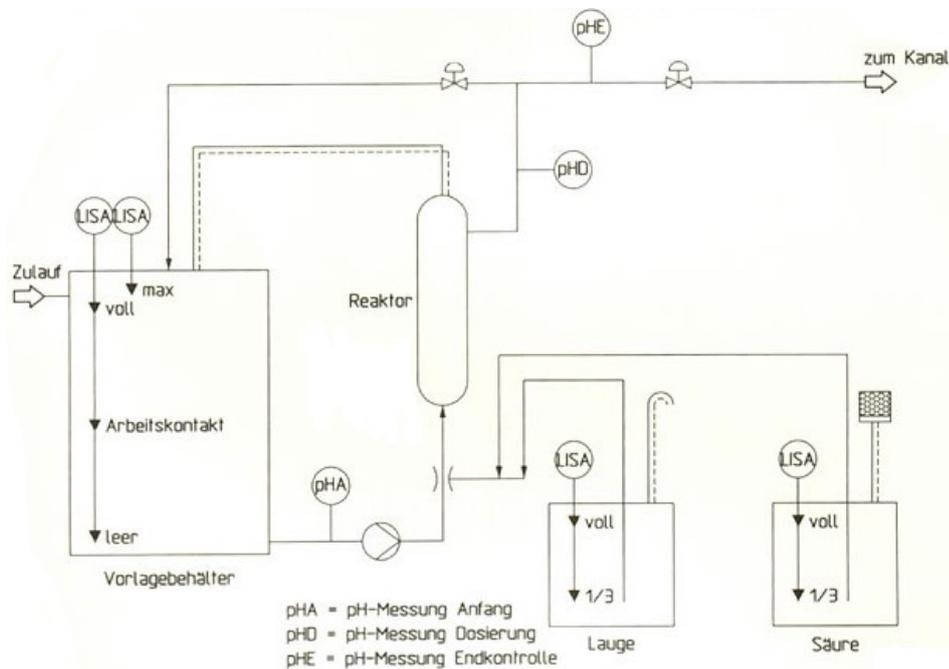


ABBILDUNG 27: REAKTOR-NEUTRALISATIONSANLAGE (ABWASSERTECHNISCHE VEREINIGUNG 1999; AW-ABWASSER-WASSER-TECHNIK GMBH 2016)

2.6.4. VERFAHRENSÜBERSICHT

Die beschriebenen Verfahren zur Abwasserneutralisation werden in nachfolgender Tabelle in Bezug auf ihre Eignung gegenübergestellt. Die Auswertung erfolgt durch folgende Symbole:

✓... sehr gut geeignet

○... durchschnittlich gut geeignet

✗... schlecht oder nicht geeignet

TABELLE 23: GEGENÜBERSTELLUNG DER ANLAGENKONFIGURATION

Anlagentyp	Eignung für			
	stark schwankenden pH-Wert	stark schwankende Abwassermenge	hohe Abwassermenge	Zugabe von Verwurfswasser zur Kühlung
Batch	✓	✓	○	✓
Durchlauf	✓	○	✓	○
Reaktor	○	✓	✓	✗

Da eine Reaktoranlage tendenziell Probleme mit stark schwankenden pH-Werten aufweist, wird diese Variante nicht weiter berücksichtigt.

2.7. GEMEINSAME ENTSORGUNG VON BAN UND BAS

Neben den grundsätzlich anwendbaren Verfahren zur Abwasserbehandlung ist zu prüfen, ob eine Abholung des BAS nach der Inaktivierung vermieden werden kann. Durch eine Beimischung des inaktivierten BAS zum BAN, wie es auch mit dem BAI praktiziert wird, könnte es nach der Neutralisation in den Kanal geleitet werden. Diese Option würde einen großen Kostenvorteil bringen, da der logistische Aufwand und die Transport- und Entsorgungskosten entfallen würden.

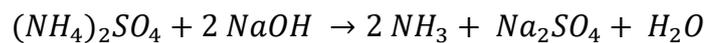
Der Unterschied in der Zusammensetzung von BAS und BAI ist in unter anderem, der Lösungsmittelanteil im BAS. Rechnerisch ergibt sich ein maximaler Anteil an Lösungsmitteln im BAS von 2 % für das Jahr 2014. Durch die Verdünnung des BAS im BAN würde man einen durchschnittlichen Wert von 0,046 % erreichen. Dieser Wert kann in der Praxis durch produktionsbedingte Schwankungen jedoch erheblich höher oder niedriger liegen. Die hohe Salzbeladung im BAS stellt durch die teils als gewässergefährdend eingestuften Bestandteile ebenfalls ein Problem für die Einleitung in den Kanal dar. Selbst bei einer Verdünnung mit BAN müsste man nachweisen, dass ein gewisser Schwellenwert nicht überschritten wird.

Zusätzlich zu dieser Problematik kommen unbekannte Mengen an Schwermetallen und sowie Sulfate und andere Inhaltsstoffe, die nach der AEV Pharmazeutika an Grenzwerte gebunden sind. Um diese Inhaltsstoffe unter den maximal zulässigen Werten zu halten, müsste ein hoher anlagentechnischer Aufwand betrieben werden. Da die Kosten für Aufstellung und Betrieb der notwendigen Anlagen um ein Vielfaches die Kosten und Aufwendungen der externen Entsorgung übersteigen, wird diese Option nicht weiter verfolgt. Auch die limitierte Aufstellfläche der Abwasseranlagen spricht gegen diese Variante.

2.8. GERUCHSBELÄSTIGUNG DURCH ABWÄSSER

Bei der Lagerung von Abwässern kommt es vor allem durch Ammoniak in der Gasphase zu einer Geruchsbelästigung im näheren Umfeld der Behälter. Das größte Problem stellt hier die Inaktivierung von BAS mittels Natronlauge dar. Das im Abwasser befindliche Ammoniumsulfat reagiert mit der Lauge und es entsteht Ammoniak, welcher zum Teil in die Gasphase übergeht. (Rieger et al. 2008)

Die Reaktionsgleichung lautet:



Die Löslichkeit von Ammoniak in Wasser ist sehr gut und beträgt bei 30 °C 406 g/L. Der Geruchsschwellenwert beträgt jedoch nur 0,02–70 ppm und ist daher auch im ungefährlichen Bereich deutlich wahrnehmbar. Der Arbeitsplatz-Richtgrenzwert der Europäischen Gemeinschaft beträgt 14 mg/m³ (20 ppm) als 8-Stunden-Mittelwert bzw. 36 mg/m³ (50 ppm) als Kurzzeitgrenzwert. (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV))

Ammoniak ist gasförmig leichter als Luft, jedoch bindet es sich an die Luftfeuchtigkeit und sammelt sich als Nebel in Bodennähe. Bei größeren Mengen austretenden Ammoniaks kann somit das typische Schwergasverhalten auftreten. (Rieger et al. 2008)

Die TA-Luft schreibt vor, dass im Abgas folgende Werte nicht überschritten werden dürfen: Massenstrom 0,15 kg/h oder Massenkonzentration 30 mg/m³.

(Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 24.07.2002)

Etablierte Verfahren zur Abscheidung von Ammoniak aus der Luft sind Adsorption an imprägnierter Aktivkohle und die Absorption mittels Schwefelsäure oder Wasser in einem Wäscher. Aufgrund der hohen Ammoniakbelastung während des Inaktivierungsvorganges ist ein Wäscher mit Schwefelsäure zur Abscheidung zu bevorzugen. Für eine Lagerung des inaktivierten Abwassers in nachgeschalteten Behältern reicht nach den derzeit getroffenen Annahmen ein Aktivkohlefilter zur Behälteratmung aus um den weiter ausgasenden Ammoniak zu binden.

Zur genaueren Bestimmung der Ammoniakbelastung der Abluft während und nach der Inaktivierung müssen Konzentrationsmessungen während des Inaktivierungsvorganges (derzeit im LKW des Entsorgungsunternehmens) durchgeführt werden.

3. KONZEPTAUSARBEITUNG

Die Konzeptausarbeitung umfasst die wirtschaftliche Betrachtung verschiedener Varianten der Abwasserbehandlung samt ihrer Anlagentechnik und stellt somit den 4. Schritt dieser Studie dar (siehe Kapitel 0 in Abbildung 2).

Um eine Vergleichbarkeit der Systeme zu gewährleisten, werden die Systemgrenzen am Eintritt in die Räumlichkeit der Abwasserbehandlung gesetzt, wodurch Rohrtrassen nicht mitberücksichtigt werden. Bei den einzelnen Varianten wird von einem gemeinsamen Chemikalienlager ausgegangen. Lediglich die zusätzlichen Kosten und Aufwendungen einer Kalk- oder CO₂-Anlage werden gesondert für die jeweiligen Varianten berücksichtigt. Eine Übersicht der betrachteten Varianten wird in der nachfolgenden Tabelle gegeben.

Die Auswertung nach grundsätzlicher Eignung erfolgt durch folgende Symbole:

✓... sehr gut geeignet

○... durchschnittlich gut oder mit Einschränkungen geeignet

✗... schlecht oder nicht geeignet

TABELLE 24: VARIANTENÜBERSICHT

Abwasserfraktion	Behandlungsvariante	geeignet für	
		Batch	Durchlauf
Neutralisation			
BAN	HCl + NaOH	✓	✓
	H ₂ SO ₄ + NaOH	✓	✓
	CO ₂ + NaOH	✓	✓
	HCl + Ca(OH) ₂	✓	✗
	H ₂ SO ₄ + Ca(OH) ₂	✓	✗
	CO ₂ + Ca(OH) ₂	✓	✗
Inaktivierung			
BAS	thermisch	✓	○
	NaOH	✓	✗
	NaOH + Ca(OH) ₂	✓	✗
BAI	thermisch	✓	○
	NaOH	✓	✗
	NaOH + Ca(OH) ₂	✓	✗

Eine Neutralisation des BANs mit Kalkmilch erfordert eine besonders hohe Verweildauer des Abwassers in einem bestimmten Volumen. Durch den hohen Abwasservolumenstrom würde dieses Volumen in einer Durchlaufanlage unverhältnismäßig groß werden. Zusätzlich würde das Rührwerk einen hohen Energieverbrauch aufweisen. Darum wird die Option der Durchlaufneutralisation bei Varianten mit Kalkmilch nicht weiter betrachtet.

Die Abwasserfraktionen BAS und BAI können sowohl thermisch als auch durch Laugenzugabe inaktiviert werden. Durch bereits bestehende Probleme beim Durchlaufsystem wird die Präferenz der thermischen Inaktivierung auf eine Batch-Anlage gelegt. Das Durchlaufsystem wird dennoch mit betrachtet. Da bei Laugenzugabe eine pH-Wert abhängige Verweildauer zur validierten Inaktivierung notwendig ist, die jene der thermischen Systeme weit übersteigt, können hier Durchlaufsysteme ausgeschlossen werden.

3.1. BEWERTUNGSKRITERIEN

Neben den bereits evaluierten technischen und rechtlichen Kriterien werden in den folgenden Kapiteln die wirtschaftlichen Kriterien zur Bewertung der verbliebenen Verfahren herangezogen. Diese Kriterien sind die unterschiedlichen Kostenarten Investitionskosten, Verbrauchskosten und Betriebskosten. Sonstige Kosten wie Versicherungen werden als Sicherheit in den Investitionskosten mitberücksichtigt. Mit Hilfe dieser Kostenaufteilung wird eine dynamische betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung nach der Kapitalwertmethode in Anlehnung an ÖNORM M 7140 vorgenommen. Als Vergleichszeitraum werden 10 Jahre angesetzt. Dieser Zeitraum wird deshalb relativ kurz gehalten, da kostenrelevante Aggregate wie Behälter auf eine Standzeit von 10 Jahren ausgelegt werden. Nach Ablauf dieser Zeit müsste somit ein Austausch mit einberechnet werden, was in der Praxis selten der Fall ist. Weitere Berechnungsgrundlagen für den Kostenvergleich sind in Tabelle 25 zusammengestellt.

TABELLE 25: BERECHNUNGSGRUNDLAGE FÜR KOSTENVERGLEICH

Beschreibung	Wert
interner Kalkulationszinssatz	9,5 %
jährliche Preissteigerung Energie und Personal	2,0 %
Stundensatz Betriebspersonal	60 €
Dampfkosten	35 €/t
Stromkosten	0,1 €/kWh
Baukosten pro m ² Nutzfläche (Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern)	1.700 €/m ²

*(NACH CES CLEAN ENERGY SOLUTION GMBH)

Für die Kosten von Wartung und Instandhaltung wird in Anlehnung an VDI 2067 Blatt 1 ein Wert von 2 % der Investitionskosten herangezogen, die Kosten von Verbrauchswasser werden nicht berücksichtigt. Mitberücksichtigt werden auch die Kosten für Platzbedarf und Anlagen der jeweils benötigten Chemikalien zur Neutralisation oder Inaktivierung. Der Kostenvergleich wird auf Basis einer nachschüssigen Rechnung durchgeführt

Die einzelnen Kostenarten lassen sich für jede betrachtete Variante in folgende Aufteilung gliedern:

Investitionskosten:

- Kosten notwendiger Behälter (mit Einbauten wie Rührwerken sowie Auffangwannen) und Pumpen
- Armaturen
- Mess- und Regeltechnik
- EMSR–Technik
- Verrohrung
- Baumaßnahmen
- Stahlbau
- Engineering
- Sonstiges (Inbetriebnahme, Versicherungen,...)
- Aufschlag von 50 % für Unvorhergesehenes

Verbrauchskosten:

- elektrische Energie
- Dampf
- Chemikalien
- Entsorgungskosten (als Mehrkosten bei chemischen Verfahren gegenüber thermischen Verfahren BAS)

Betriebskosten:

- Wartung und Instandhaltung
- Personalkosten

3.2. BAN

Das gesamte BAN aus Gebiet 1, Gebiet 2 und Gebäude 1 wird gesammelt, neutralisiert und gekühlt. Danach wird es in den Kanal eingeleitet. Die bestehenden Sammelbehälter im Gebiet 1 und Gebiet 2 fungieren dabei als Hebeanlagen, von denen aus das BAN über Rohrbrücken befördert wird.

Die Anlagen auf der freiliegenden Grundstücksfläche dienen zur Neutralisation des BANs und können wie bereits erwähnt als Batch- oder als Durchlaufanlagen konzipiert werden. Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Systemen ist der geringere Platzbedarf einer Durchlaufanlage. Fallen kontinuierlich größere Mengen an Abwasser an, ist der Einsatz einer solchen Anlage sinnvoll. Bei einem Einsatz von Kalk kann bei vermehrtem Schlammanfall ein Nachklärbecken notwendig werden. Durch die geringen prognostizierten Mengen an ausfallenden Stoffen im BAN wurde in der Kostengegenüberstellung kein solches Becken berücksichtigt.

Die angegebenen Behältervolumen sind Bruttowerte, die Anlagendurchsätze und Puffervolumen wurden mit den Nettowerten ermittelt.

Folgende Varianten sind möglich und werden im Annex 1 ohne die Berücksichtigung des Abwassers aus dem Gebäude 1 analysiert.

TABELLE 26: VARIANTEN BAN

Variante	Beschreibung
1.1	HCl + NaOH Batch
1.2	HCl + NaOH Durchlauf
2.1	H ₂ SO ₄ + NaOH Batch
2.2	H ₂ SO ₄ + NaOH Durchlauf
3.1	CO ₂ + NaOH Batch
3.2	CO ₂ + NaOH Durchlauf
4	HCl + Ca(OH) ₂ Batch
5	H ₂ SO ₄ + Ca(OH) ₂ Batch
6	CO ₂ + Ca(OH) ₂ Batch

Zum Ausschluss von Kalk sind folgende Punkte ausschlaggebend: Für Kalk als Neutralisationsmittel muss im Vergleich zur Natronlauge der zusätzlich

anlagentechnischer Aufwand zur Herstellung und Förderung der Kalkmilch, wie zum Beispiel ein Rührer im Lagerbehälter. Ein weiterer Grund ist, sowie auch bei Schwefelsäure, die Erhöhung des Sulfat- und Feststoffgehaltes.

Bezüglich der Durchlauf- oder Batchanlage, erweist sich die Durchlaufanlage für die vorliegende Abwassermenge als geeigneter und platzsparender als die Batchanlage. Vor allem bei der Neutralisation mit CO_2 und NaOH ist die Durchlaufanlage die günstigste Variante.

Aus Kostengründen würde es sich eignen die bereits bestehenden Chemikalien (mit einer höheren Konzentration) zu verwenden.

Aus den oben genannten Gründen Verfahren favorisiert man folgende, welche noch detaillierter betrachtet werden müssen:

TABELLE 27: FAVORISIERTE VARIANTEN FÜR DAS BAN

Variante	Beschreibung
1.1	HCl + NaOH Durchlauf
1.2	HCl + NaOH Batch
2.1	CO_2 + NaOH mit Förderung (Durchlauf)
2.2	CO_2 + NaOH ohne Förderung (Durchlauf)

Die Batchanlagen werden nach dem in Abbildung 28 dargestellten Layout konzipiert. Für Kalk als Neutralisationsmittel wird im Gegensatz zur Natronlauge der zusätzliche anlagentechnische Aufwand zur Herstellung und Förderung der Kalkmilch sowie ein Rührer im Lagerbehälter benötigt.

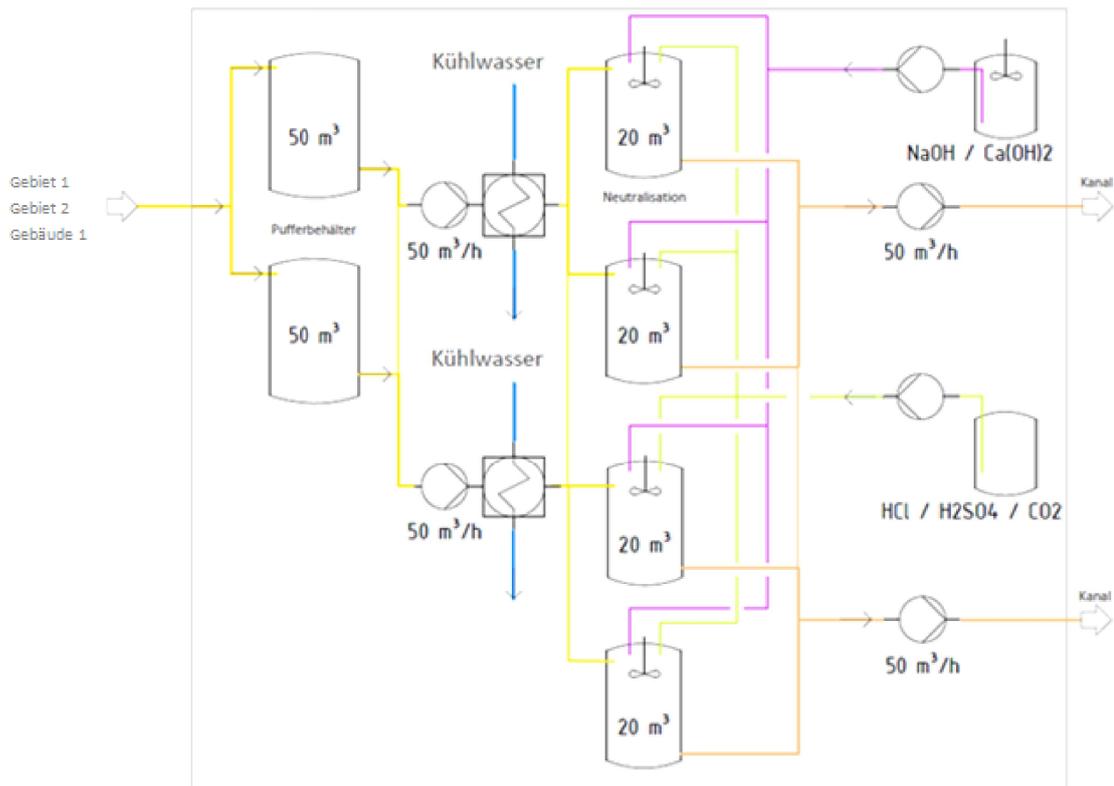


ABBILDUNG 28: BAN BATCHANLAGEN

Zwei der Batch-Behälter können die Grundlast an BAN von ca. $80 \text{ m}^3/\text{h}$ neutralisieren. Dazu ist die abwechselnde Befüllung und Entleerung der Behälter mit $130 \text{ m}^3/\text{h}$ notwendig. Die Pumpen sind jeweils redundant ausgeführt. Die Neutralisationsanlage wird in 4 Stränge aufgeteilt, wobei jeder Strang eine Neutralisation von ca. $40 \text{ m}^3/\text{h}$ erlaubt. Sollte ein Doppelstrang komplett ausfallen, ist genug Puffer vorhanden, um die Spitzenmenge von $138 \text{ m}^3/\text{h}$ für mehr als 2 h abzufangen (bzw. die verbleibende Mehrmenge von ca. $60 \text{ m}^3/\text{h}$). Aus den bisherigen Betriebsdaten erfolgte niemals eine annähernd lange konstant hohe Abwasserspitze, bezogen auf die derzeitigen Spitzenmengen.

Jeder redundanten Pumpe nach den Pufferbehältern muss ein Wärmetauscher nachgeschaltet werden. Mit der Annahme einer maximalen Abwassertemperatur von $40 \text{ }^\circ\text{C}$ muss jeder Wärmetauscher für die maximale Durchflussmenge von $130 \text{ m}^3/\text{h}$ eine Leistung von 3 MW aufweisen. Die Anlagendaten sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben.

TABELLE 28: VARIANTEN BAN BATCH

Varianten Batch	
2 x Pufferbehälter	50 m ³
8 x Pumpen	150 m ³ /h
4 x Neutralisationsbehälter	20 m ³
Anlagendurchsatz	140 m ³ /h
Puffervolumen	180 m ³
Pufferdauer (138 m ³ /h)	1,3 h
Turmwasserverbrauch pro Strang (1 x130 m ³ /h)	320 m ³ /h

Bei der Durchlaufvariante werden deutlich kleinere Behälter benötigt. Für den Redundanzgedanken gilt dieselbe Annahme wie für den Batch-Betrieb. Das Anlagenlayout ist in Abbildung 29 dargestellt.

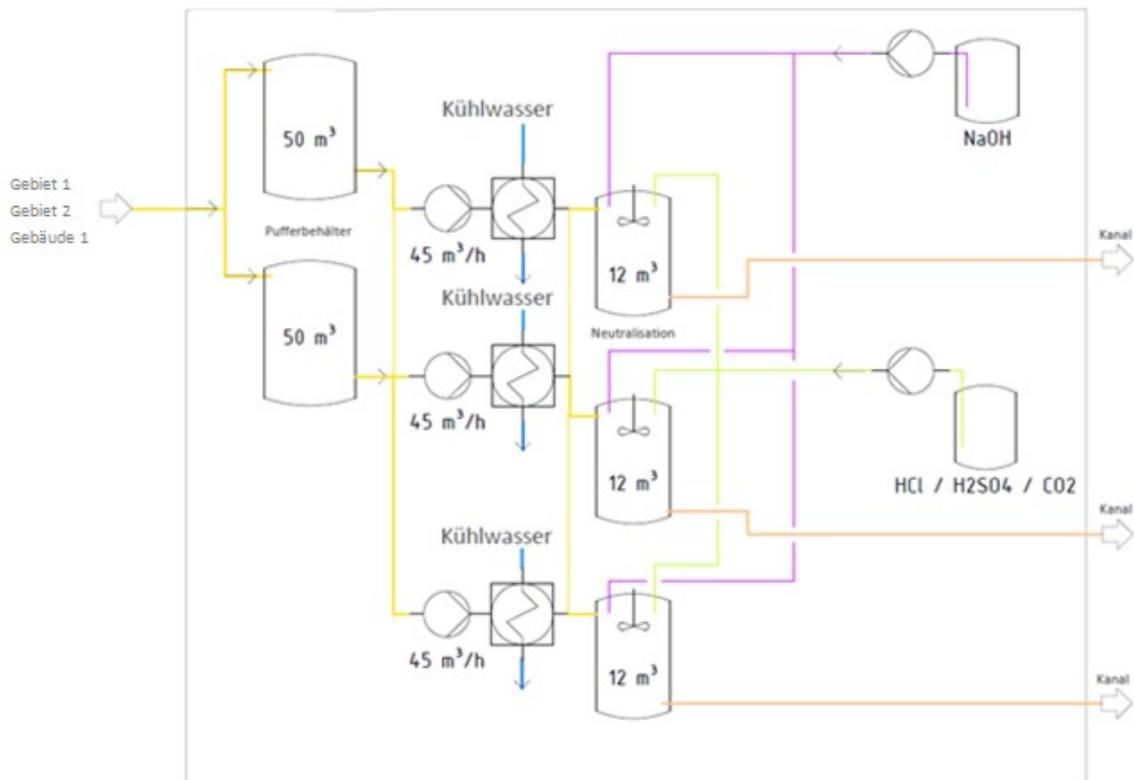


ABBILDUNG 29: BAN DURCHLAUFANLAGEN

Jeder Durchlauf-Behälter kann 70 m³/h neutralisieren. Die Pumpen sind jeweils redundant ausgeführt. Die Neutralisationsanlage wird in 3 Stränge aufgeteilt, wobei jeder Strang eine Neutralisation von ca. 70 m³/h erlaubt. Jede Pumpe kann auch für den jeweils anderen Strang verwendet werden. Sollte ein Strang komplett ausfallen, ist

genug Durchsatzkapazität vorhanden, um den Spitzenmengenanfall von 138 m³/h abzuarbeiten. Ein längerer Anfall von zwei Strängen wird nicht in Betracht gezogen.

Jeder redundanten Pumpe nach den Pufferbehältern muss ein Wärmetauscher nachgeschaltet werden. Mit der Annahme einer maximalen Abwassertemperatur von 40 °C muss jeder Wärmetauscher für die maximale Durchflussmenge von 70 m³/h eine Leistung von 1,6 MW aufweisen. Die Anlagendaten sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben.

TABELLE 29: VARIANTEN BAN DURCHLAUF

Varianten Durchlauf	
2 x Pufferbehälter	50 m ³
12 x Pumpen	75 m ³ /h
3 x Neutralisationsbehälter	25 m ³
Anlagendurchsatz	140 m ³ /h
Puffervolumen	180 m ³
Pufferdauer (138 m ³ /h)	1,3 h
Turmwasserverbrauch pro Strang (1 x 45 m ³ /h)	170 m ³ /h

Eine alternative Ausführung der Durchlaufanlage ist jene mit drei Strängen und Durchsatzmengen von 3 × ca. 80 m³/h.

Solche kompakten Anlage mit geringem Platzbedarf werden von verschiedenen Herstellern angeboten. In Abbildung 30 ist der grundsätzliche Aufbautyp dargestellt.

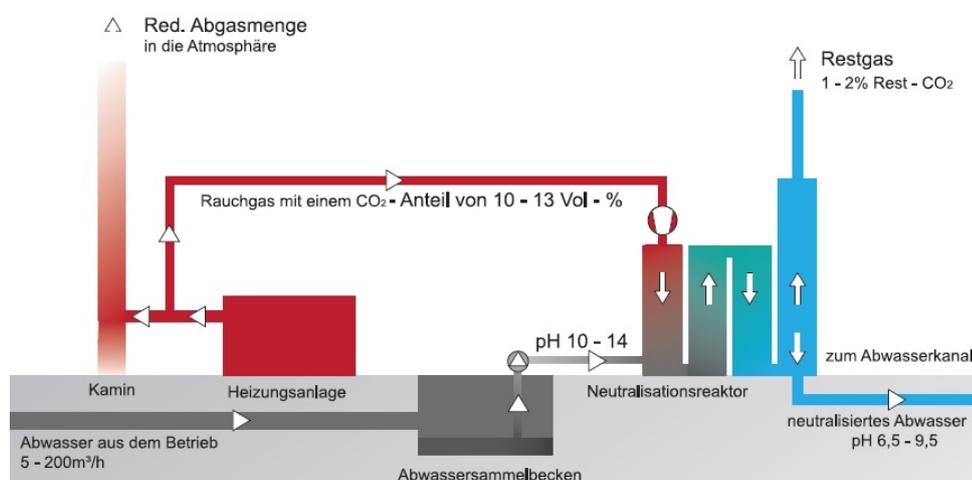


ABBILDUNG 30: CO₂ NEUTRALISATION IM DURCHLAUFVERFAHREN (GTec WASSERAUFBEREITUNG GMBH)

Das zur Neutralisation notwendige Abgas wird aus dem Hauptabgasstrom entnommen und dem Abwasser zugeführt. Die Natronlauge wird im selben Reaktionsbehälter zu dosiert. Es ist kein Rührwerk notwendig. Die Kosten für eine solche Behandlungsanlage liegen bei ca. 300.000 € (Kostenschätzung von GTec GmbH) in der Größenordnung von 80 m³/h. Die Variante 3 × 80 m³/h ist in diesem Fall die favorisierte, da die Grundlast mit einer Anlage abgedeckt wird und eine redundante Anlage auch den Maximalbetrieb sicherstellt. In dieser Hinsicht ist diese Konfiguration den anderen Konzepten technisch überlegen. Allerdings ist diese Redundanz bei den alternativen Konzepten nicht in dieser Form notwendig, da diese keine in sich abgeschlossene Teilanlagen in diesem Ausmaß beinhalten. Somit ist auch ein Ausfall eines Anlagenteils leichter zu kompensieren. Diese Redundanz wirkt sich gegenüber den restlichen Varianten kostentechnisch negativ aus. Im Gegensatz können aber weniger Sicherheiten in die Kosten für die CO₂-Neutralisationsanlagen mit einberechnet werden, da die Anlagentechnik vom Hersteller klar vorgegeben ist. Da bei Realisierung dieser Variante beide der derzeit geplanten BHKWs abgasseitig angezapft werden müssten, werden zur Absicherung Doppelklappen in den Leitungen notwendig.

Die Kühlung des BANs benötigt bei einer angenommenen BAN- Maximaltemperatur von 50 °C ca. 1,8 MW pro redundanten Strang. Das entspricht einem Turmwasservolumenstrom von ca. 200 m³/h. Da aus den GW-Anlagen Verwurfswässer anfallen, könnten auch diese zur Kühlung des BANs verwendet werden. Diese fallen insgesamt mit ca. 20 m³/h bzw. 32 % der Gesamtwassermenge (Menge vor den Umkehrosmoseanlagen) an.

3.2.1. UMBAUTEN IM BESTAND

Durch die prognostizierte Menge an BAN von $100 \text{ m}^3/\text{h}$ im Gebiet 2 kommt es in der Bestandsanlage zu einem Rückstau in der Falleitung. Speziell durch Anfahrprozesse kommt es jetzt bereits zu einem Rückstau des Abwassers in der Falleitung vor dem BAN Sammelbehälter. Dieser Rückstau verursacht bei besonders hohem Abwasseranfall einen Abwasseraustritt aus den Bodengullys in die Produktionsanlagen. Der Rückstau wird hauptsächlich durch den Druckverlust im horizontalen Rohrleitungstück nach der Falleitung bis zu dem nächsten Behälter verursacht. Als Gegenmaßnahme kann diese horizontale Rohrleitung gegen ein Rohr mit größerem Durchmesser getauscht werden.

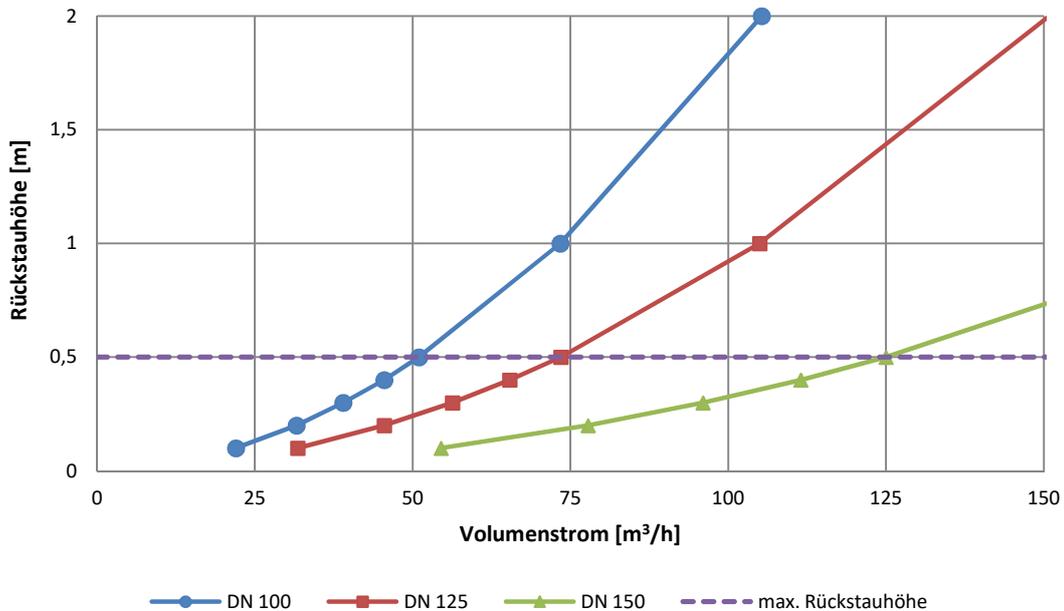


ABBILDUNG 31: RÜCKSTAUHÖHEN MIT SICHERHEITEN

Aus Abbildung 31 geht hervor, dass für einen geforderten Volumenstrom von $100 \text{ m}^3/\text{h}$ eine Rohrleitungsnennweite von DN150 notwendig ist, um die maximal zulässige Rückstauhöhe zu unterschreiten.

Die Kosten für diesen Umbau betragen auf Basis der Kostenschätzung der Firma RH-Tech ca. 32.650 €.

Es wird davon ausgegangen, dass grobe Verunreinigungen im Abwasser bereits vor Eintritt in die bestehenden Sammelbehälter im Gebiet 1 und Gebiet 2 abgefiltert werden. Da im Gebiet 1 bereits ein Vorlagebehälter mit Abscheide- und Siebfunktion installiert wurde, betrifft diese Maßnahme nur mehr Gebiet 2. Die Umsetzung kann beispielsweise über ein Sieb in der Rohrleitung vor Behältereintritt erreicht werden. Für den Weg des Abwassers vor der Abscheidevorrichtung müssen alle Klappen gegen Kugelhähne getauscht werden, um eine Verstopfung der Rohrleitung zu vermeiden.

Auch ein Tausch der Pumpen wird durch den Transport des BANs über die Rohrbrücke notwendig. Dieser ist in den Gesamtkosten der „BAN“-Varianten berücksichtigt.

3.2.2. KOSTENVERGLEICH BAN

Der Kostenvergleich wurde auf Basis der in Kapitel 0 erläuterten Annahmen durchgeführt. Die Kosten für CO₂ wurden nicht berücksichtigt, da von einer Einleitung von Abgas in das Abwasser ausgegangen wird. Die Durchlaufanlagen wurden nicht separat betrachtet. Für einen Fall wurde bereits ein Fördersatz von 30 % auf die CO₂-Neutralisationsanlagen berücksichtigt (für eine detaillierte Förderung, siehe Kapitel 4)

Der Vergleich sämtlicher betrachteter Varianten ohne die Abwassermengen aus dem Gebäude 1 befindet sich in Annex 1. In diesem Kapitel werden nur die Kosten der favorisierten Varianten nach Tabelle 27 gegenübergestellt. Zum besseren Vergleich einer Neuanlage mit dem derzeitigen Bestand wird die Batch-Varianten mit den derzeit in Verwendung befindlichen Chemikalien und deren Kosten gerechnet.

Dort wo eine Durchlaufanlage sinnvoll umsetzbar ist, können etwas niedrigere Kosten wie für die jeweilige Batch-Variante angenommen werden, da der Platzbedarf geringer ist.

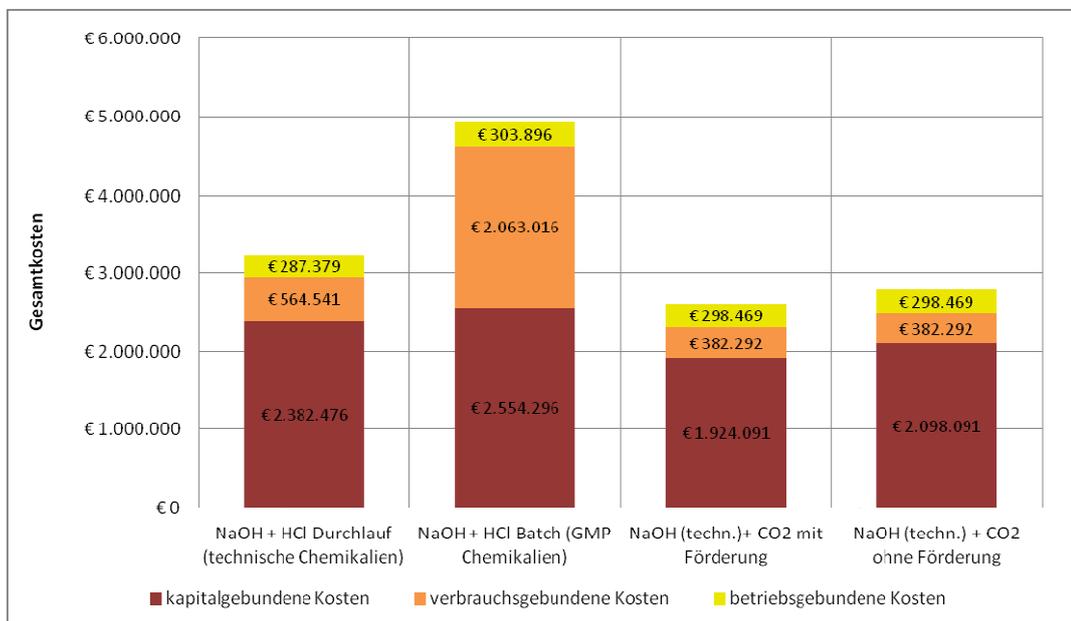


ABBILDUNG 32: KOSTENGEGENÜBERSTELLUNG BAN (10JAHRE BETRIEB)

Die Varianten mit NaOH liegen bezüglich Investitionskosten relativ eng beisammen, da die Anlagentechnik sehr ähnlich ist bzw. im Fall von CO₂ in etwa dieselben Kosten erreicht. Ohne Förderung liegt die Variante mit CO₂ bei etwas höheren

Investitionskosten als die Variante mit HCl. Diese höheren Kosten ergeben sich aus der Tatsache, dass wesentlich mehr Kapazität installiert werden muss, um eine Redundanz für den maximalen Anfall an BAN zu erreichen. Nach 10 Jahren zieht die CO₂-Variante ohne Förderung kostentechnisch mit der Variante HCl gleich.

Es wird deutlich, dass die derzeitige Batch-Anlagenkonfiguration mit der Verwendung von Chemikalien in GMP-Qualität deutlich höhere Kosten als die entsprechende Durchlaufvariante mit technischen Chemikalien verursacht.

Aus dem Kostenvergleich geht hervor, dass die Neutralisation mit Kalk etwas höhere Investitionskosten erfordert. Durch den Preisvorteil gegenüber Natronlauge wird je nach verwendeter Säure ein Break Even Point im Bereich von 2-5 Jahren erreicht.

Unter der Annahme, dass CO₂ aus dem Abgas verwendet werden kann, stellen diese Varianten die günstigsten dar.

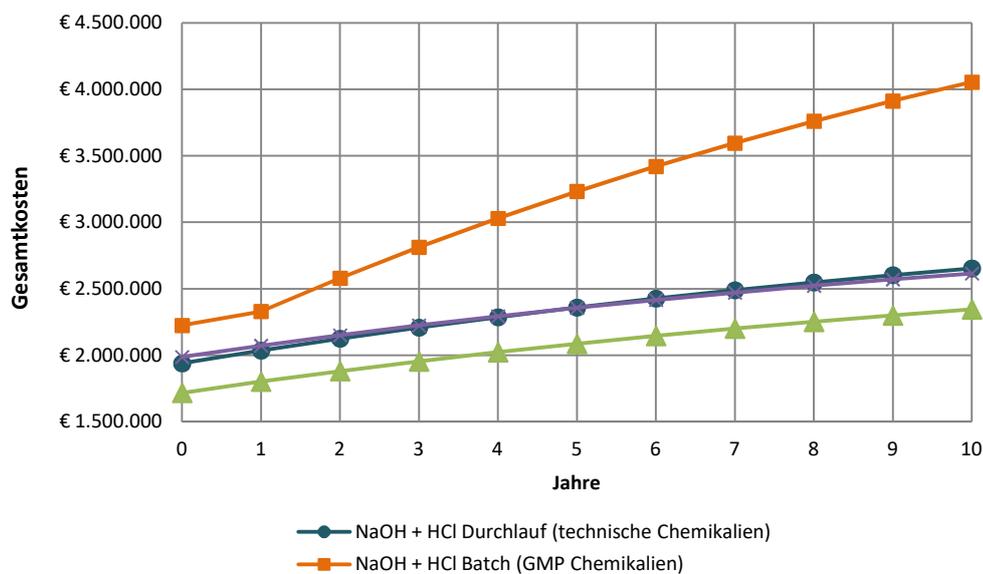


ABBILDUNG 33: REALE KOSTENENTWICKLUNG BAN

Es wird vorgeschlagen, auf die Kombination aus günstigstem und technologisch ausgereiftestem Verfahren zurückzugreifen. Somit geht die Durchlaufvariante NaOH + CO₂ als Favorit hervor. Der Kostenvergleich wurde auch mit einem internen Zinssatz von 9,5 % durchgeführt. An den obigen Aussagen ändert sich dabei nichts.

Die zusätzlichen Kosten zur Realisierung der BAN-Varianten setzten sich im Wesentlichen aus den Rohrleitungskosten und den Kosten für Umbauten im Bestand zusammen. Diese Kosten betragen ca. 410.000 €. Zur Realisierung dieser Variante der zentralen BAN-Behandlung benötigt somit Investitionskosten von ca. 2.128.000 € ohne Förderung.

3.3. BAS

Das gesamte BAS aus Gebiet 1, Gebiet 2, Gebäude 1 und Process Science wird am auf dem freien Grundstück gesammelt und dort inaktiviert. Danach wird es in die Sammel- bzw. Abholtanks gefördert. Die bestehenden Sammelbehälter im Gebiet 1 und Gebiet 2 fungieren als Hebeanlagen, von denen aus das BAS über Rohrbrücken befördert wird.

Die Anlagen auf diesem Grundstück dienen zur Inaktivierung des BAS und können teilweise als Batch- oder als Durchlaufanlagen konzipiert werden. Nachfolgend werden die einzelnen Varianten näher erläutert. Die angegebenen Behältervolumen sind Bruttowerte, die Anlagendurchsätze und Puffervolumen wurden mit den Nettowerten ermittelt.

Da die Abwasserfraktionen aus Gebiet 1 und Gebiet 2 mit unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich pH-Wert und Haltedauer inaktiviert werden sollen, werden die Abwässer aus Gebiet 1 und Gebiet 2 in einem separaten Pufferbehälter gesammelt. Dadurch kann Natronlauge eingespart werden.

Nachfolgend werden die Kosten für die Szenarien Abwasser aus Bestandsanlagen und Abwasser aus Bestandsanlagen + Gebäude 1 miteinander verglichen, um den Einfluss der Abwassermengen des Gebäude 1 auf den Konzeptentwurf deutlich zu machen.

Die Bewertung aller praktisch möglichen Varianten ohne die Berücksichtigung der Gebäude 1-Abwassermengen befindet sich in Annex 1.

3.3.1. VARIANTE 1

Diese Variante beschreibt die Inaktivierung von BAS aus den Bestandsanlagen Gebiet 1, Gebiet 2 und Process Science mittels pH-Wert Erhöhung im Batch-Betrieb. Das Abwasser wird durch Natronlauge (50 %, technische Qualität) auf pH 13 bzw. pH 12 (je nach Anforderung) gebracht und für 60 bzw. 30 Minuten gehalten. Danach wird das Abwasser transferiert. Kennzahlen zur Anlagenkonfiguration sind in Tabelle 30 und Abbildung 34 ersichtlich.

TABELLE 30: ANLAGENTECHNIK UND KENNZAHLEN VARIANTE 1

Variante 1	
2 x Pufferbehälter	30 m ³
4 x Pumpen	30 m ³ /h
3 x Inaktivierungsbehälter mit Rührwerk	5 m ³
2x Pufferbehälter mit Rührwerk	30 m ³
Anlagendurchsatz	2,4 m ³ /h
Puffervolumen	147,2 m ³
Pufferdauer	2,9 Tage

Zum Puffervolumen zählen auch die als Hebeanlagen verwendeten Sammelbehälter im Gebiet 1 und Gebiet 2. Der dritte Inaktivierungsbehälter dient der Redundanz, sollte einer der beiden restlichen Inaktivierungsbehälter ausfallen. Die Pufferdauer des BAS-Systems liegt für den Peakmengenanstieg bei knapp 3 Tagen. Somit kann über ein langes Wochenende produziert werden, ohne dass eine Entsorgung notwendig wird.

Für die Entsorgung wird ein durchschnittlicher LKW mit einer Kapazität von 20 m³ herangezogen. Demnach müssen bei einem durchschnittlichen Abwasseranfall von 35 m³/d pro Tag 2 LKW das inaktivierte BAS abholen.

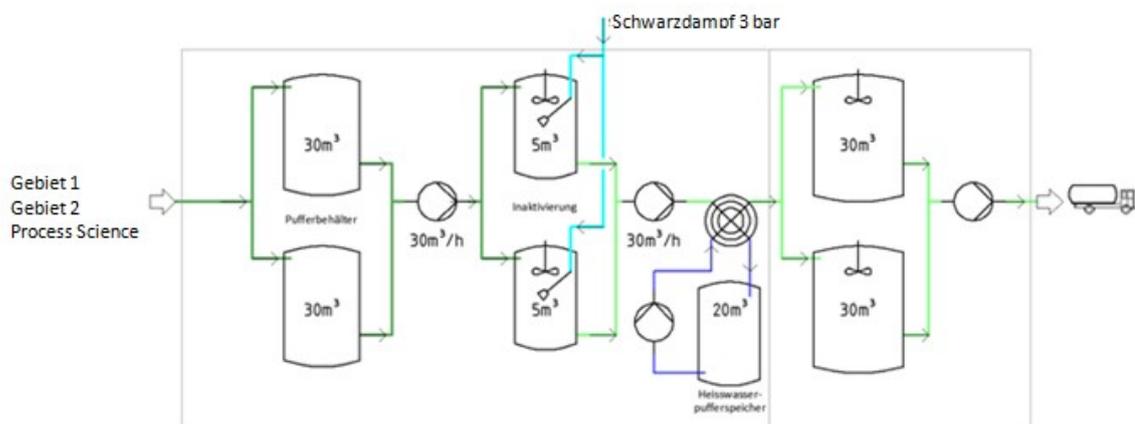


ABBILDUNG 34: BAS VARIANTE 1 (OHNE RESERVE-INAKTIVIERUNGSBEHÄLTER)

3.3.2. VARIANTE 2

Diese Variante beschreibt die Inaktivierung von BAS aus den Bestandsanlagen mittels pH-Wert Erhöhung im Batch-Betrieb sowie die Entsorgung von BAS aus allen Anlagen (Bestand + Gebäude 1). Das Abwasser wird durch Natronlauge (50 %, technische Qualität) auf pH 13 bzw. pH 12 (je nach Anforderung) gebracht und für 60 bzw. 30 Minuten gehalten. Danach wird das Abwasser zu den Pufferbehältern transferiert. Kennzahlen zur Anlagenkonfiguration sind in Tabelle 31 und Abbildung 35 ersichtlich.

TABELLE 31: ANLAGENTECHNIK UND KENNZAHLEN VARIANTE 2

Variante 2	
2 x Pufferbehälter	30 m ³
4 x Pumpen	30 m ³ /h
3 x Inaktivierungsbehälter mit Rührwerk	5 m ³
4x Pufferbehälter mit Rührwerk	50 m ³
Anlagendurchsatz	2,24 m ³ /h
Puffervolumen	440 m ³
Pufferdauer für Durchschnittswert	ca. 3 Tage

Die Anzahl an Inaktivierungsbehältern bleibt gleich zu jener in Variante 1, da die zu inaktivierende Menge des BAS die Menge aus den Bestandsanlagen ist (1.000 m³/Monat).

Zur Pufferung der durchschnittlich anfallenden Tagesmenge an BAS von ca. 145 m³ benötigt man ein Volumen von ca. 435 m³, um einen Zeitraum von 3 Tagen abzudecken. Dieser Zeitraum wurde konservativ angesetzt, da auch mit Peakmengen ein langes Wochenende überbrückbar sein soll.

Das bestehende bzw. geplante BAS -System verfügt über ein Puffervolumen von ca. 183 m³. Zur Realisierung des notwendigen Puffervolumens sind weitere 250 m³ notwendig. Dieses Volumen setzt sich aus den Pufferbehältern vor und nach den Inaktivierungsbehältern zusammen.

Alternativ zu den 4 × 50 m³ Behältern für das inaktivierte BAS können auch 2 × 100 m³ Behälter verwendet werden. Beide Optionen können allerdings nicht im bestehenden Gebäude realisiert werden, da dort nur Platz für 2 × 30 m³ Behälter vorgesehen ist.

Geht man von einer durchschnittlichen Abholmengung von 20 m^3 pro LKW aus, ergibt sich ein Abholintervall des externen Entsorgers von ca. 3 Stunden bei einem mittleren BAS -Anfall von $145 \text{ m}^3/\text{d}$. Dieses Szenario kann als unrealistisch angesehen werden, da der Entsorger nicht über die entsprechenden Kapazitäten an LKWs und Durchsatz in der CP-Anlage verfügt. Die bestehende Anlage vom Entsorger wird derzeit auf eine Kapazität von 250 t/d erweitert. Das Zwischenlager kann 1.500 t fassen. Somit wäre der Entsorger bereits durch die BAS -Mengen fast ausgelastet, wobei die BAU-Mengen mit einem Wert von weit über $150 \text{ m}^3/\text{d}$ ebenfalls abgeholt und behandelt werden sollen. Zusammengenommen kann das abzuholende Abwasser somit nicht durch den bisherigen Entsorger behandelt und aufgereinigt werden.

Diese Variante wird vorerst trotzdem weiter betrachtet, um ein erstes Bild über die Situation zu erhalten.

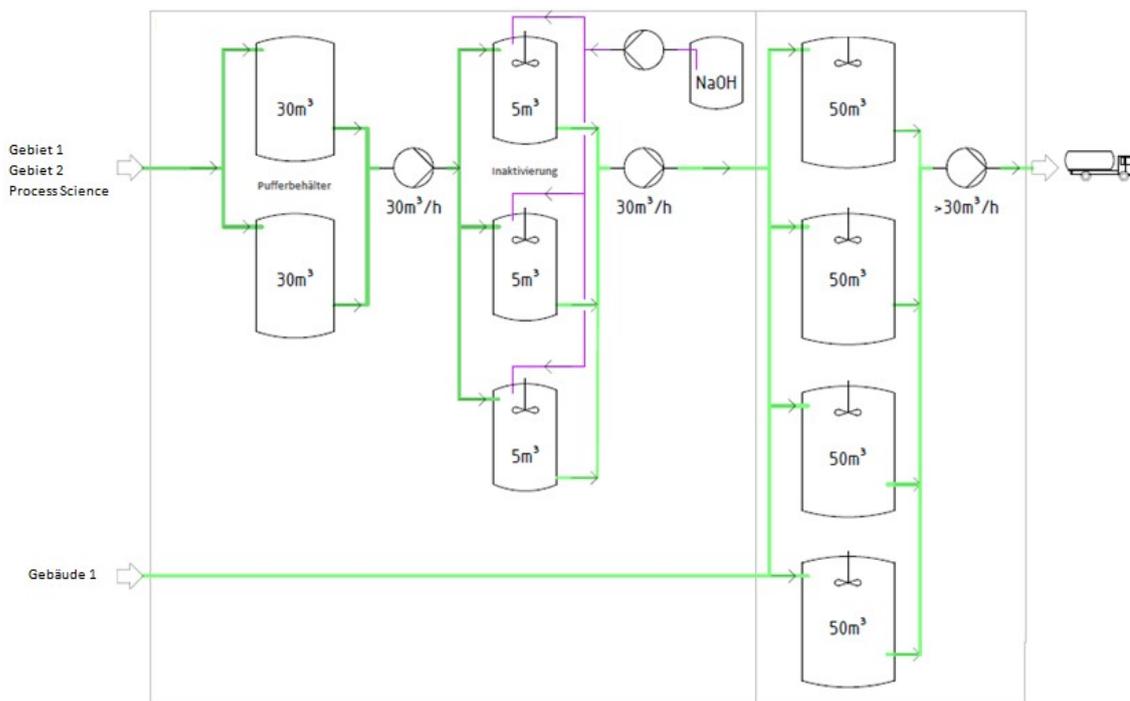


ABBILDUNG 35: BAS VARIANTE 2

3.3.3. KOSTENVERGLEICH BAS

Da keine Daten zur Ammoniak-Belastung bekannt sind, wurden die Kosten für einen Wäscher nicht berücksichtigt.

Die betrachteten Varianten beinhalten beide eine Inaktivierung mit NaOH. Der Unterschied liegt in dem vom externen Entsorger abzuholenden BAS-Mengen. Der linke Balken (BAS ohne Gebäude 1) steht für die prognostizierte Menge von 1.000 m³ BAS pro Monat aus den Bestandsanlagen. Der rechte Balken (BAS mit Gebäude 1) steht für die Gesamtmenge von BAS mit Gebäude 1 (ca. 4.300 m³/Monat). Inaktiviert werden allerdings auch hier nur die 1.000 m³/h.

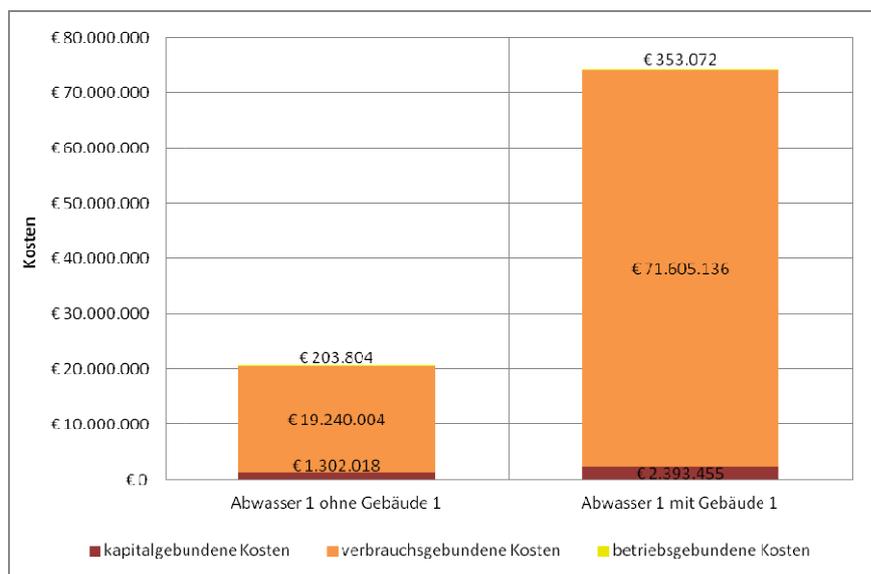


ABBILDUNG 36: KOSTENGEGENÜBERSTELLUNG BAS (ÜBER 10 JAHRE)

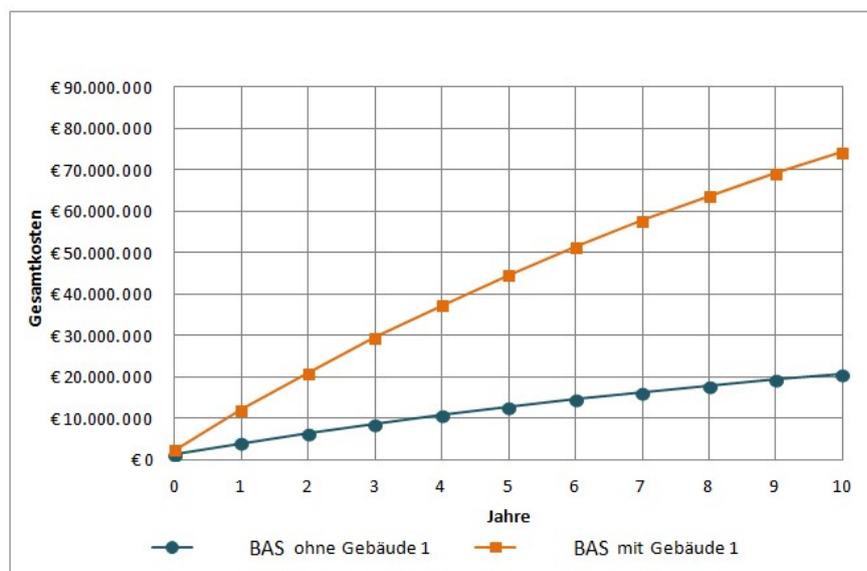


ABBILDUNG 37: REALE KOSTENENTWICKLUNG VON BAS

3.3.4. ALTERNATIVE BAS-INKTIVIERUNG

Alternativ zu dem in dieser Studie verfolgten Konzept der zentralen Inaktivierung auf der vorgesehenen Fläche besteht die Möglichkeit, das BAS auch innerhalb der jeweiligen Gebäude zu inaktivieren.

Für das Gebiet 1 ergibt sich folgendes Szenario: Die beiden BAN-Neutralisationsbehälter mit je 6 m^3 Volumen können als Inaktivierungsbehälter genutzt werden, da das BAN zentral auf der freiliegenden Grundstücksfläche neutralisiert wird. Die prognostizierte Menge an BAS aus dem Gebiet 1 beträgt ca. $0,54 \text{ m}^3/\text{h}$. Die Inaktivierung schafft ca. $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$ und würde somit ausreichen.

Für das Gebiet 2 ergibt sich folgendes Szenario: Die beiden BAN-Neutralisationsbehälter mit je 10 m^3 Volumen können als Inaktivierungsbehälter genutzt werden, da das BAN zentral auf der freiliegenden Grundstücksfläche neutralisiert wird. Die prognostizierte Menge an BAS aus dem Gebiet 2 beträgt ca. $0,65 \text{ m}^3/\text{h}$. Die Inaktivierung schafft ca. $3,1 \text{ m}^3/\text{h}$ und würde somit ausreichen.

3.4. PLATZBEDARF

Der Platzbedarf wurde bereits in der Kostengegenüberstellung berücksichtigt und wird nachfolgend für die favorisierten Varianten zusammengefasst. Die Flächen der bereits eingereichten BAS-Sammelbehälter im bestehenden Gebäude werden nicht mitgezählt.

Platzbedarf BAN: 160 m²

Platzbedarf BAS: 150 m²

Platzbedarf Chemikalienlager: 108 m²

Als mögliche Kombination von BAN Variante 2.1 (NaOH + CO₂) und BAS Variante 2 (NaOH) ergibt sich beispielhaft ein Platzbedarf von ca. 310 m². Rechnet man noch einen Sammelbehälter für GW-Verwurfswasser und diverse Reserveflächen hinzu, ergeben sich knapp 400 m² als Aufstellfläche für die Anlagentechnik ohne Chemikalienlagerung. Diese Variante ist im folgendem dargestellt. Die BAS-Puffertanks mit dem bereits inaktivierten BAS können auch außerhalb der Energiezentrale aufgestellt werden.

Im Sinne eines redundanten Anlagenkonzepts können die jeweiligen Anlagen aufgeteilt werden. Eine Anlage ist dann je 1-mal in 2 separaten Brandabschnitten vorhanden und kann z.B. 50 % der Maximalmenge der jeweiligen Abwasserfraktion behandeln.

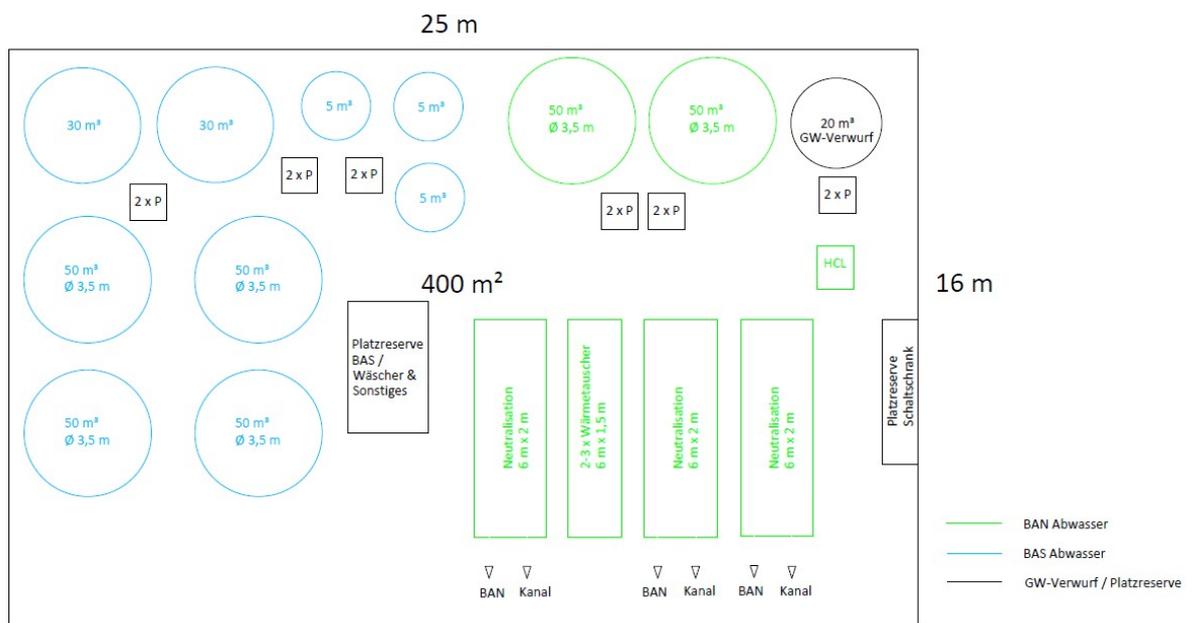


ABBILDUNG 38: PLATZBEDARF ABWASSERANLAGE

Mit betrachtet wird der Lagerbehälter für den benötigten Harnstoff (BHKWs), sowie eine Reservefläche für einen weiteren 30 m³ Tank.

Die Verbrauchsmengen von Natronlauge sind in nachfolgender Tabelle aufgelistet.

TABELLE 32: VERBRAUCH NATRONLAUGE

Chemikalie	Lagervolumen	Verbrauch BAN Neutralisation für Ø 67 m ³ /h	Verbrauch BAS-Inaktivierung für 1.000 m ³ /Monat
NaOH 50 %	60 m ³	7,4 m ³ /Monat	92 m ³ /Monat

Der Gesamtverbrauch an technischer NaOH liegt somit bei ca. 99,4 m³/Monat. Ein Tankwagen kann maximal 24 t Chemikalien transportieren. Umgerechnet auf das Volumen ergeben sich maximal 15,8 m³ NaOH 50 % pro Tankwagen. Zur Befüllung eines 30 m³ Behälters werden also zwei Tankwagenladungen benötigt, im Intervall von einem Tankwagen alle 4 bis 5 Tage. Bei einem effektiven Lagervolumen von 60 m³ ergibt sich eine Laugenreserve für ca. 18 Tage.

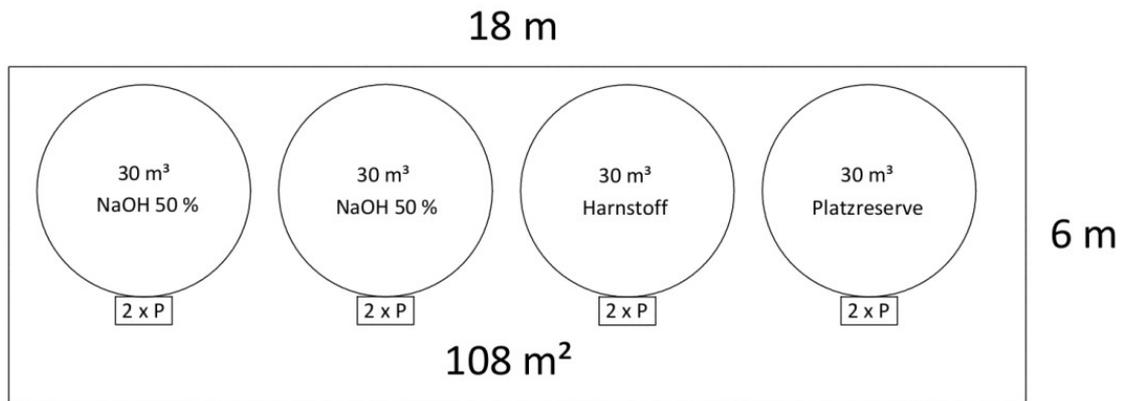


ABBILDUNG 39: PLATZBEDARF CHEMIKALIENLAGER

3.5. BAI

Die Behandlung des BAIs ist für das Unternehmen nicht relevant und wird zur Vollständigkeit im Annex 1 beschrieben.

3.6. ROHRLEITUNGEN ZUR ZENTRALEN ABWASSERBEHANDLUNG

In den bisher in dieser Studie betrachteten Verfahren und Varianten der Abwasserbehandlung wird die notwendige Verrohrung auf das freiliegende Grundstück nicht mitberücksichtigt. Dadurch kann eine wirtschaftliche Gegenüberstellung nach einheitlichen Parametern erfolgen.

Zur Ermittlung der Gesamtkosten einer bestimmten Anlagenkonfiguration sind die zusätzlich auftretenden Kosten der Rohrleitungen zu den anfallenden Kosten der Anlage hinzuzurechnen. Diese Rohrleitungskosten sind für alle Varianten gleich, da sich nur die Kosten der Abwasserbehandlung unterscheiden. Dieses Grundkonzept der Studie ist in Abbildung 4 dargestellt.

Die Rohrleitungen aus Gebiet 1, Gebiet 2, Process Science und Gebäude 1 zur zentralen Abwasserbehandlung werden auf einer Rohrbrücke verlegt. Die Kosten für diese Rohrbrücke sind nicht Teil dieser Studie. Die bisher einzige bekannte Abwasserfraktion aus dem Gebäude 1 die BAN -Menge von $30 \text{ m}^3/\text{h}$. Aus diesem Grund wird aus dem Gebäude 1 nur die Rohrleitung für das BAN mit betrachtet. Die Dimensionierung der Rohrleitungen wurde so vorgenommen, dass im selten auftretenden Fall des maximalen Durchflusses der Druckverlust in einem vertretbaren Rahmen bleibt. Die Leitungslängen wurden nach dem Letztstand der Lage der Abwasserbehandlung ermittelt.

Die einzelnen Kosten setzen sich aus folgenden Positionen zusammen:

- Rohrschuhe
- Isolierung
- Begleitheizung
- Leckageüberwachung
- Rohrmaterial (über die jeweilige Nennweite)
- Bögen
- Engineering
- Arbeit / Montage

Aufgrund des Redundanzgedankens und einer wirtschaftlich sinnvollen Rohrleitungsdimensionierung werden die einzelnen Stränge von BAN und BAS separat in das Gebäude der zentralen Abwasserbehandlung eingeleitet. Für die Gesamtsummen der Kosten der einzelnen Abwasserfraktionen wurde eine Sicherheit von 30 % angesetzt.

TABELLE 33: ROHRLEITUNGEN ZUR ZENTRALEN ABWASSERBEHANDLUNG

Abwasserfraktion und Abschnitt	Kosten [€]
BAN Gebiet 1 - Abwasserbehandlung	66.764
BAN Gebiet 2 - Abwasserbehandlung	62.555
BAN Gebäude 1 - Abwasserbehandlung	108.118
BAS Gebiet 1 - Abwasserbehandlung	72.705
BAS Gebiet 2 - Abwasserbehandlung	66.194
BAS Process Science - Abwasserbehandlung	19.533
BAS Abwasserbehandlung - Sammel tanks	51.002
BAI Gebiet 1 - Abwasserbehandlung	72.705
BAN Summe	332.069
BAS Summe	303.464
BAI Summe	102.317
Gesamt Summe	737.850

* KOSTENANGABEN BILFINGER BOHR- UND ROHRTECHNIK)

Da vor allem bei den GVO-belasteten Abwässern ein hoher Verschmutzungsgrad der Rohrleitungen angenommen wird, müssen Maßnahmen gegen Ablagerungen getroffen werden. Da auch nicht inaktiviertes Abwasser über die Rohrleitungen transportiert wird, stellen Molchsysteme ein Problem hinsichtlich Kontamination dar.

Eine Alternative ist die Spülung der Leitungen in regelmäßigen Abständen mit Wasser, Lauge und Säure. Die Zeit der Spülschritte ist kurz genug, um die anfallenden Abwasserfraktionen in der Hebeanlage ab zu puffern. Ein mögliches Konzept kann in Anlehnung an die CIP-Prozedur im Gebiet 1 für eine BAS, 3, 4-Rohrleitung folgendermaßen aussehen:

Spülschritt 1: Laugenschritt (NaOH)

Spülschritt 2 (optional): Wasser

Spülschritt 3: Säureschritt (HCl oder H₃PO₄)

Spülschritt 4 (optional): Wasser

Das gesamte Volumen der größten Leitung beträgt ca. 1,5 m³. Für einen effektiven Spülschritt sollte jedoch eine Chemikalienmenge < 1 m³ ausreichen. Die Konzentration der Chemikalien kann zur Spülung auch deutlich reduziert werden, um Kosten zu sparen. Ein pH-Wert von 13 würde z.B. für den Laugenschritt ausreichen. Die Nachspülung erfolgt mit Wasser, Verwurfswasser oder BAN.

Jeder Strang enthält an einem Ende einen Spülanschluss. Dieser sollte sich so nahe wie möglich am Chemikalienlager befinden. Die entsprechende Hebeanlage stoppt den Pumpvorgang, die Rohrleitung sperrt Richtung Abwasserbehandlung ab. Der Spülschritt erfolgt in die Hebeanlage mit Bypass der dortigen Pumpe. Am Ende des Spülzyklus wird wieder auf Standardbetrieb umgeschaltet und die Hebeanlage fördert das Spülmedium zurück in die jeweilige Abwasserbehandlungsanlage. Sollte Salzsäure nicht in den Behandlungsprozessen eingesetzt werden, muss zur Spülung ein eigener HCl-Behälter vorgesehen werden.

4. FÖRDERUNGEN

4.1. WÄRMERÜCKGEWINNUNG

Sollten das BAI oder BAS thermisch inaktiviert werden, kann die Abwärme aus diesem Prozess in Heizungssystemen genutzt werden.

Die Wärmerückgewinnung aus dem heißen BAN speist mit einer Leistung von bis zu 600 kW in die Heizungssysteme ein. Für Wärmerückgewinnung bzw. Nutzung von bisher ungenutzten Wärmeströmen (z.B. Druckluftkompressoren, Industrieprozessen, Abwärme aus Abwässern) von > 100 kW stellt sich die Fördersituation wie folgt dar.

TABELLE 34: WÄRMERÜCKGEWINNUNG ≥ 100 kW

Förderstelle	Abwicklung	Förderungsart	Form
BMLFUW	KPC	AGVO	Investitionskosten- zuschuss
Förderungssatz	Basis	Grenze	Antragstellung
max. 30 %	<i>Investitionsmehr-</i>	min. Investment	vor Umsetzung
max. 450 €/t CO ₂	<i>kosten</i>	5.000 €; > 4 t CO ₂ /a	

Investitionsmehrkosten sind förderungsfähige Kosten, die unmittelbar mit dem entstehenden Umwelteffekt (Energieeinsparung, CO₂-Reduktion, ...) in Verbindung stehen bzw. förderungsfähige Kosten abzüglich Kosten einer vergleichbaren Anlage ohne Umweltnutzen.

TABELLE 35: WÄRMERÜCKGEWINNUNG ≥ 100 kW, FÖRDERUNGSFÄHIGE KOSTEN

Förderungsfähige Anlagen(teile)	Nicht förderungsfähige Anlagen(teile)
<p>Anlagenteile im Eigentum des Förderwerbers, die zum Anschluss an ein Fernwärmenetz erforderlich sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wärmetauscher • Wärmepumpen • Boiler • Pufferspeicher • Pumpen • Steuerungselektronik • Zentrallüftungsgeräte mit Wärmetauscher • Weitere, für den Betrieb relevante Anlagenteile • Investitionskosten, Planung und Montage 	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebsgewöhnlicher Anlagentausch • Abluftwärmerückgewinnung in Neubauten • Bürogeräte • Lüftungskanäle • Effiziente Server u.a. IKT-Anlagen • zentrale elektronische Vorschaltgeräte zur Stromeinsparung • Induktionsherde • Personal-Eigenleistungen des Antragstellers

Die entsprechenden Investment-Grenzen der der Mindestkosten und der CO₂-Einsparung werden eingehalten. Die CO₂-Einsparung beträgt je nach Abnahmeverhalten der Anlagen zwischen ca. 650 t/a (volle Abnahme für 8 Monate, keine Abnahme für 4 Monate) und ca. 1.000 t/a (volle Abnahme über 12 Monate). Da es sich bei der hier angedachten Wärmerückgewinnung um keine Ersatzinvestition handelt sondern der eigentliche Zweck eine Wärmerückgewinnung darstellt, beläuft sich der maximale Förderungssatz von 30 % auf die Gesamtprojektinvestitionskosten. Die maximal förderbaren 30 % der Investitionskosten begrenzen auch die maximal förderbare Menge an CO₂. Vor der Umsetzung des Projekts muss mit der Förderstelle KPC Rücksprache gehalten werden, um Details wie den anwendbaren Umrechnungsfaktor für CO₂ festzulegen.

4.2. GEFÄHRLICHE ABFÄLLE

Gefördert werden Maßnahmen zur Vermeidung, stofflichen und thermischen Verwertung oder sonstigen Behandlung von gefährlichen Abfällen.

TABELLE 36: NICHT CHLORHALTIGE OXIDATIONSMITTEL, VERMEIDUNG VON ABFÄLLEN

Förderstelle	Abwicklung	Förderungsart	Form
BMLFUW	KPC	AGVO	Investitionskostenzuschuss
Förderungssatz	Basis	Grenze	Antragstellung
30 % der Förderungsbasis bei Reduktion \geq 90 %	Förderungsfähige Kosten ohne	Mindestinvestition € 35.000, Förderung	vor Umsetzung
25 % der Förderungsbasis bei Reduktion < 90 %	Kapazitätsausweitung	max. 1.500.000 €	

TABELLE 37: NICHT CHLORHALTIGE OXIDATIONSMITTEL, STOFFLICHE VERWERTUNG

Förderstelle	Abwicklung	Förderungsart	Form
BMLFUW	KPC	AGVO	Investitionskostenzuschuss
Förderungssatz	Basis	Grenze	Antragstellung
20 % der Förderungsbasis bei Reduktion \geq 90 %	Förderungsfähige Kosten ohne	Mindestinvestition € 35.000, Förderung	vor Umsetzung
15 % der Förderungsbasis bei Reduktion < 90 %	Kapazitätsausweitung	max. 1.500.000 €	

TABELLE 38: NICHTCHLORHALTIGE OXIDATIONSMITTEL, THERM. VERWERTUNG, SONSTIGE BEHANDLUNG

Förderstelle	Abwicklung	Förderungsart	Form
BMLFUW	KPC	AGVO	Investitionskostenzuschuss
Förderungssatz	Basis	Grenze	Antragstellung
10 % der Förderungsbasis	Förderungsfähige Kosten ohne	Mindestinvestition € 35.000, Förderung	vor Umsetzung
	Kapazitätsausweitung	max. 1.500.000 €	

Förderungsbasis sind förderungsfähige Kosten der Umweltinvestition.

Kapazitätsausweitungen werden abgezogen.

TABELLE 39: NICHT CHLORHALTIGE OXIDATIONSMITTEL, FÖRDERUNGSFÄHIGE KOSTEN

Förderungsfähige Kosten	Nicht förderungsfähige Anlagen(teile)
<ul style="list-style-type: none"> • Aufbereitungsanlagen für gefährliche Abfälle • Anlagenteile für eine Prozessumstellung zur Vermeidung von gefährlichen Abfällen • weitere relevante Anlagenteile • Investitionskosten, Planung und Montage 	<ul style="list-style-type: none"> • Maßnahmen, die lediglich zu einer Verlagerung von Abfällen führen (Sortierung, Lagerung) • Investitionsanteile für Kapazitätsausweitungen bei Vermeidungsprojekten • Personal-Eigenleistungen des Antragstellers

Detailinformation:

Es können nur Maßnahmen gefördert werden, die gefährliche Abfälle gemäß Abfallwirtschaftsgesetz (AWG) betreffen. Darunter fallen gemäß Festsetzungsverordnung gefährliche Abfälle, Anhang 1 z.B. (Schlüsselnummern nach ÖNORM S 2100):

- 52102 Säuren und Säuregemische, anorganisch
- 52402 Laugen, Laugengemische
- 53502 Produktionsabfälle der Arzneimittelerzeugung
- 53508 Lebendimpfstoffe
- 53510 Arzneimittel, wassergefährdend, schwermetallhaltig (z.B. Blei, Cadmium, Zink, Quecksilber, Selen), Zytostatica und unsortierte Arzneimittel
- 97101 Abfälle, die innerhalb und außerhalb des medizinischen Bereichs eine Gefahr darstellen können, z.B. mit gefährlichen Erregern behafteter Abfall gemäß ÖNORM S 2104, u.a. nicht desinfizierte mikrobiologische Kulturen, siehe ÖNORM S 2104 3.3 (1)

Es gilt in Absprache mit KPC zu klären, ob die Behandlung von BAN und BAI als thermische oder sonstige Behandlung förderungsfähig wäre. (vgl. (Kommunalkredit Public Consulting GmbH)

4.3. REDUKTION KLIMARELEVANTER GASE

Gefördert werden Umweltschutzmaßnahmen die in §4 der Förderungsrichtlinien 2015 für die Umweltförderung im Inland aufgezählt sind und keinem anderen definierten Förderungsbereich zuordenbar sind.

- Maßnahmen zur Vermeidung oder Verringerung von betrieblichen Lärmemissionen
- Maßnahmen zur Verringerung von Umweltbelastungen durch klimarelevante Gase
- Pilot- oder Demonstrationsanlagen zur Erprobung und Einführung neuer oder wesentlich verbesserter Technologien in Zusammenhang mit förderungsfähigen Maßnahmen
- Projekte zur Erprobung der Anwendungstauglichkeit innovativer Systemkomponenten, zum Nachweis der Anwendbarkeit im großtechnischen Maßstab mit Bezug auf förderungsfähige Maßnahmen

Laut § 4 Abs. 1 Z 1 Lit. cc FRL, werden als Gegenstand der Förderung Investitionen definiert, welche Umweltbelastungen insbesondere klimarelevante Gase durch Behandlung oder Verwertung von Reststoffen, auch soweit die Verbesserung der Ressourceneffizienz in Produktionsprozessen anderer Unternehmen eintritt, vermeiden oder verringern. Gemäß Lit. d sind alle Investitionen förderbar, die zur Verringerung von Umweltbelastungen durch klimarelevante Gase führen.

TABELLE 40: REDUKTION KLIMARELEVANTER GASE

Förderstelle	Abwicklung	Förderungsart	Form
BMLFUW	KPC	AGVO	Investitionskostenzuschuss
Förderungssatz	Basis	Grenze	Antragstellung
30 % der Förderungsbasis bei Vermeidungsmaßnahmen	Förderungsfähige Kosten	Förderung max. 1.500.000 €	vor Umsetzung

TABELLE 41: REDUKTION KLIMARELEVANTER GASE, FÖRDERUNGSFÄHIGE KOSTEN

Förderungsfähige Kosten	Nicht förderungsfähige Anlagen(teile)
<ul style="list-style-type: none"> • Anteile einer Investition in unmittelbarem Zusammenhang mit der Erzielung des Umwelteffekts • Planung und Montage 	<ul style="list-style-type: none"> • Kosten, die in keinem oder nur mittelbarem Zusammenhang mit dem Umwelteffekt stehen

TABELLE 42: REDUKTION KLIMARELEVANTER GASE, INVESTITIONSKOSTENZUSCHUSS

Investitionskostenzuschuss	
Zuschlagsmöglichkeiten	5 % (max. 10.000 Euro) für EMAS zertifizierte Unternehmen

Mit der Realisierung der CO₂-Neutralisation von BAN kann diese Förderung in Anspruch genommen werden. Mit einer realistisch angesetzten BAN - Durchschnittsmenge von 67 m³/h ergibt sich für den notwendigen CO₂-Verbrauch pro Jahr eine Menge von ca. 75 t.

Mit dem Förderungssatz von 30 % auf förderungsfähige Kosten lässt sich eine Einsparung von etwa 90.000 € pro Strang erreichen. Bei den förderungsfähigen Kosten werden nur die Kosten der Anlage selbst betrachtet. In Abstimmung mit der KPC lassen sich im Falle einer Realisierung der CO₂-Neutralisation vermutlich auch die zugehörigen Abgasleitungen samt Armaturen und sonstigen Einbauten als förderungsfähige Kosten deklarieren. (vgl. (Kommunalkredit Public Consulting GmbH)

Kosten CO₂-Anlagentechnik ohne Förderung: 600.000 €

Kosten CO₂-Anlagentechnik mit Förderung: 420.000 €

4.4. ABWÄRMEAUSKOPPLUNG UND VERTEILNETZE

Gefördert werden:

- Anlagen zur Auskopplung von Abwärme aus industriellen und gewerblichen Prozessen
- die Einspeisung von Abwärme in bestehende oder neue Nah- und Fernwärmenetze mittels Transportleitung und Verteilzentrale
- Verteilnetze mit Übergabestationen
- Wärmepumpen zur zentralen Temperaturanhebung von Abwärme für Heizzwecke
- Niedertemperatur- bzw. Anergienetze mit verbraucherseitigen Wärmepumpen zur Nutzbarmachung der Abwärme

TABELLE 43: ABWÄRMEAUSKOPPLUNG UND VERTEILNETZE

Förderstelle	Abwicklung	Förderungsart	Form
BMLFUW	KPC	AGVO	Investitionskosten-zuschuss
Förderungssatz	Basis	Grenze	Antragstellung
30 % Auskopplung, 25 % Netz	Förderungsfähige Kosten	min. Investment 10.000 €; > 4 t CO ₂ /a.	vor Umsetzung
Förderungsobergrenze	Abwärme- auskopplung	Transportleitung, Verteilzentrale	Verteilnetz
	4,5 Mio. €	4,5 Mio. €	1,5 Mio. €
	900 €/t CO ₂	1.350 €/t CO ₂	1.350 €/t CO ₂

TABELLE 44: ABWÄRMEUSKOPPLUNG UND VERTEILNETZE, FÖRDERUNGSFÄHIGE KOSTEN

Förderungsfähige Anlagen(teile)	Nicht förderungsfähige Anlagen(teile)
<p>Anlagenteile im Eigentum des Förderwerbers, die zum Anschluss an ein Fernwärmenetz erforderlich sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auskoppelungsanlage mit Wärmetauscher • Fernwärmeleitungen und Verteilzentrale • Verteilnetz mit Übergabestationen • Zentrale und dezentrale Wärmepumpen zur Temperaturanhebung • Weitere, für den Betrieb relevante Anlagenteile • Investitionskosten, Planung und Montage 	<ul style="list-style-type: none"> • Anlagen zur Energieversorgung aus fossilen Energieträgern (z.B. fossiler Zusatzkessel) • Wärmeauskopplung aus fossilen Kraftwerken, fossilen KWK- & Müllverbrennungsanlagen • Nutzung der Abwärme komm. Abwässer • Erweiterungen bestehender Fernwärmeverteilstetze mit mehr als 20 % Anteil an fossiler Wärme nach Umsetzung der Maßnahme • Anlagenteile, die im Rahmen des Wärme- & Kälteleitungsausbaugesetzes gefördert werden • Grundstückskosten • Personal-Eigenleistungen des Antragstellers

Detailinformation:

- Für die Netzinfrastruktur (Transportleitung und Verteilnetz) ist ab vier versorgten Objekten im Gesamtnetz eine Kofinanzierung des jeweiligen Bundeslandes (im Verhältnis Bund 60 % und Land 40 %) notwendig.
- Bei der Errichtung neuer oder der Erweiterung bestehender Verteilnetze mit einer thermischen Gesamt-Nennwärmeleistung ≥ 400 kW oder einer Trassenlänge ≥ 1.000 Laufmeter nach Ausbau müssen bei BAU Beginn die Meilensteine I und II gemäß Qualitätsmanagementsystem m²-Heizwerke erreicht und vom Qualitätsbeauftragten bestätigt sein. Kosten für materielle Leistungen, die vor dem Abschluss des Meilensteins II anfallen, können nicht gefördert werden. (Ministerium für ein lebenswertes Österreich)
- Transportleitungen und Verteilzentralen zur Anbindung der Abwärmequelle an das Verteilnetz sind von den Bestimmungen des Qualitätsmanagements m²-Heizwerke nicht betroffen.
- Die Kosten der Rohrtrassen können mit dieser Förderung gesenkt werden, da sich auf ihnen neben anderen Medien auch notwendigerweise die Versorgungsleitungen von z. B. Warmwasser und Dampf befinden(vgl. (Kommunalkredit Public Consulting GmbH).

5. RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN

Als Grundlage zur Auswahl von Verfahren und Technologien zur Behandlung von mit GVO kontaminierten Abwässern muss ein Überblick über die rechtlichen Anforderungen gegeben sein. So können gewisse Prozesse bereits ohne eine besonders detaillierte Betrachtung ausgeschlossen werden. In den folgenden Kapiteln werden die relevanten Gesetze aufgelistet und kommentiert.

5.1. GENTECHNIKGESETZ (GTG 1994)

Nachstehend werden alle relevanten Abschnitte (**fett hervorgehoben**) in Bezug zur objektiven Einschätzung möglicher Entsorgungskonzepte der anfallenden Abwasserströme nach zitiert und kommentiert.

„Begriffsbestimmungen

§ 4. *Im Sinne dieses Bundesgesetzes bedeuten: [...]*

5. *Innerbetrieblicher Transport: **Transport von GVO**, bei dem*

a) derselbe Betreiber Absender und Empfänger ist und

*b) der **innerhalb des Betriebsgeländes oder über eine kurze Strecke außerhalb des Betriebsgeländes** in einer Weise stattfindet, daß eine **ständige Überwachung des Transportvorganges bei gleichzeitig einsatzbereiten betriebseigenen Sicherheitsvorkehrungen** gewährleistet ist;“ (§ 4 Abs.5 BGBl. Nr. 510/1994)*

Kommentar:

Es ist nicht zwingend vorgeschrieben, dass die MO-Inaktivierung unmittelbar im Gebäude des Anfalls zu erfolgen hat. Somit bestünde auch die Möglichkeit – nach entsprechender Abstimmung mit der zuständigen Behörde – das Inaktivierungssystem auf der freiliegenden Grundstücksfläche, welche für Abfallbehandlung vorgesehen ist, neu zu errichten. Hierfür müssten die Transportleitungen auf mögliche Leckagen überwacht werden.

„9. Arbeiten im kleinen Maßstab: Arbeiten mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen (GVM)

a) der Sicherheitsstufe 1: bis zu 600 Liter Kulturvolumen

b) der Sicherheitsstufe 2: bis zu 100 Liter Kulturvolumen

c) der Sicherheitsstufen 3 und 4: bis zu 10 Liter Kulturvolumen und Arbeiten mit gentechnisch veränderten Pflanzen und Tieren;“ (§ 4 Abs.9 BGBl. Nr. 510/1994)

„11. Arbeiten im großen Maßstab: alle anderen als die unter Z 9 angeführten Arbeiten mit GVM;“ (§ 4 Abs.11 BGBl. Nr. 510/1994)

Kommentar:

Lt. o.g. Definition sind die Produktionsprozesse des vorliegenden Unternehmens dem großen Maßstab zuzuordnen. Lt. Information von Unternehmen sind die derzeit verwendeten Produktionsstämme am Standort der Sicherheitsstufe 1 und 2 zuzuordnen.

„19. Biologische Sicherheitsmaßnahmen: die Anwendung von nach dem Stand von Wissenschaft und Technik anerkannten Maßnahmen oder Systemen, die außerhalb des Verwendungsortes die Vermehrungsfähigkeit von GVO oder den Transfer von gentechnisch veränderter Nukleinsäure ausschließen oder zumindest minimieren;“ (§ 4 Abs.19 BGBl. Nr. 510/1994)

Kommentar:

Der Gesetzgeber fordert – in Abhängigkeit der definierten Sicherheitsstufe – dass die Vermehrungsfähigkeit der GVO oder der Transfer von gentechnisch veränderter Nukleinsäure auszuschließen oder zumindest zu minimieren ist. Dies könnte für S1 und S2 für vegetative Keime (d.h. Sporenbildung beim GVO ist auszuschließen) auch durch eine Hitzebehandlung unter 100 °C („modifizierte Pasteurisation“) erreicht werden.

Sicherheitsstufen

„§ 5. Arbeiten mit GVO werden in vier Sicherheitsstufen eingeteilt:

1. Die Sicherheitsstufe 1 umfasst Arbeiten, bei denen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik von keinem oder nur einem vernachlässigbarem Risiko für die Sicherheit (§ 1 Z 1) auszugehen ist.

2. Die **Sicherheitsstufe 2** umfaßt Arbeiten, bei denen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik von **einem geringen Risiko für die Sicherheit** (§ 1 Z 1) auszugehen ist.
3. Die Sicherheitsstufe 3 umfaßt Arbeiten, bei denen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik von einem **mäßigen Risiko für die Sicherheit** (§ 1 Z 1) auszugehen ist.
4. Die Sicherheitsstufe 4 umfaßt Arbeiten, bei denen nach dem Stand von Wissenschaft und Technik von einem **hohen Risiko für die Sicherheit** (§ 1 Z 1) auszugehen ist.“ (Bundesgesetz 24.11.2015)“ (§5 BGBl. Nr. 510/1994)

Kommentar:

Die derzeit verwendeten Produktionsstämme im großen Maßstab sind der S1 und S2 zuzuordnen. Daher ist nach dem Stand von Wissenschaft und Technik maximal von einem geringen Risiko für die Sicherheit auszugehen.

Sicherheitseinstufung

„§ 6. (7) Bei Verwendung biologischer Sicherheitsmaßnahmen kann eine Einstufung in eine niedrigere Sicherheitsstufe erfolgen, als es der Risikogruppe der GVO entspricht, wenn die biologischen Sicherheitsmaßnahmen eine Herabsetzung des Risikos bewirken.

(8) Die Sicherheitseinstufung ist schriftlich festzuhalten und zu begründen. Dabei ist im Fall von Arbeiten mit GVM auch das Kulturvolumen der geplanten Arbeiten anzugeben.“ (§ 4 Abs.7-8 BGBl. Nr. 510/1994)

Kommentar:

§ 6 stellt eine mögliche argumentative Option für BAS (und BAU) dar, weil Aufarbeitungsschritte vorgelagert sind (z.B. Mikrofiltration, Zugabe von Lösungsmittel und sonstigen Hilfsstoffen), die zu einer deutlichen Reduktion vermehrungsfähiger Keime führen.

Sicherheitsmaßnahmen

„§ 10. (4) Abwasser, Abfall und Abluft aus geschlossenen Systemen, in denen Arbeiten mit GVO durchgeführt wurden, sind nach dem Stand von Wissenschaft und Technik so zu behandeln, daß entsprechend den Erfordernissen der jeweiligen Sicherheitsstufe der Kontakt der verwendeten GVO mit der Bevölkerung und der Umwelt mit dem Ziel begrenzt wird, eine unkontrollierte Vermehrung dieser GVO in der Außenwelt zu verhindern; unter Umweltbedingungen

vermehrungsfähige GVO der Risikogruppen 2 bis 4 müssen dabei inaktiviert werden.“ (§ 10 Abs.4 BGBL. Nr. 510/1994)

Kommentar:

Der Gesetzgeber schreibt für S1 und S2 eine Begrenzung der GVO-Freisetzung vor, wobei die unkontrollierte Vermehrung der verwendeten GVO zu verhindern ist. Diese Anforderung kann bereits durch einen Inaktivierungsprozess, welcher einer Pasteurisation sehr ähnlich ist, erreicht werden. Ein solcher thermischer Prozess könnte mit einer signifikanten Abtrennung der enthaltenen organischen Lösungsmittel (z.B. im BAS) kombiniert werden.

Änderung der Sicherheitsausstattung

„§ 31. Der Betreiber hat jede Änderung der Sicherheitsausstattung des geschlossenen Systems, die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik die Sicherheit (§ 1 Z 1) zu beeinträchtigen geeignet ist, auch nach der Anmeldung oder nach Abschluß des Genehmigungsverfahrens der Behörde schriftlich zu melden.“ (§ 31 BGBL. Nr. 510/1994)

Kommentar:

Die Änderung des Inaktivierungs- und Abwassersystems muss der Behörde mitgeteilt werden. Daher ist eine solche Mitteilung auch für die Neukonzeption des Abwasserbereiches durchzuführen.

5.2. AEV GENTECHNIK

Nachstehend werden alle relevanten Abschnitte (**fett hervorgehoben**) in Bezug zur objektiven Einschätzung möglicher Entsorgungskonzepte der anfallenden Abwasserströme zitiert und kommentiert.

„§ 1. (1) Im Sinne dieser Verordnung ist: [...]

3. **Arbeiten mit GVO: Handhabung von GVO** entsprechend § 4 Z 4 GTG 1994.

4. **Geschlossenes System: System** gemäß § 4 Z 7 GTG 1994.

5. **Sicherheitsstufe: Maßzahl für die Bewertung des Risikopotentials einer Arbeit mit GVO** entsprechend § 5 GTG 1994.

6. **Risikogruppe: Maßzahl für die Bewertung des Risikopotentials eines GVO** gemäß § 6 GTG 1994.

7. **Inaktivierung: Verfahren zur Beseitigung der Vermehrungsfähigkeit und Infektiosität von Organismen.**

8. **Sterilisierung: Validierte Verfahren mit dem Ziel, einen von den in der jeweiligen Arbeit verwendeten lebensfähigen Organismen freien Zustand zu erreichen.**“ (§ 1 Abs.1 BGBL II Nr. 350)

„(2) Bei der **wasserrechtlichen Bewilligung einer Einleitung von Abwasser** gemäß Abs. 3 in ein Fließgewässer oder in eine **öffentliche Kanalisation** sind die in **Anlage A festgelegten Emissionsbegrenzungen vorzuschreiben.**“ (§ 1 Abs.2 BGBL II Nr. 350/1997)

Kommentar:

In der VO wird zwischen Inaktivierung und Sterilisierung zur Beseitigung bzw. Befreiung der GVO unterschieden. Ebenso wird der Hinweis auf Anlage A zwecks Anforderung der Beschaffenheit der resultierenden Abwässer für die Indirekteinleitung gegeben.

„(6) Sofern es **bei einer rechtmäßig bestehenden Abwassereinleitung gemäß Abs. 2 für die Einhaltung der Emissionsbegrenzungen der Anlage A erforderlich ist, oder sofern bei einer beantragten Abwassereinleitung gemäß Abs. 2 die Einhaltung der Emissionsbegrenzungen der Anlage A nicht durch andere Maßnahmen gewährleistet ist, können ua. folgende die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse von Betrieben oder Anlagen, in denen Arbeiten gemäß Abs. 3 ausgeführt werden, betreffende Maßnahmen entweder bei alleinigem oder bei kombiniertem Einsatz in Betracht gezogen werden (Stand der Vermeidungs-, Rückhalte- und Reinigungstechnik):**

1. Einsatz von GVO ohne oder mit geringem Risikopotential, soweit dies auf Grund des angestrebten Arbeitszieles möglich ist; Einsatz von Spenderorganismen, Vektoren und Empfängerorganismen mit bekanntem Verhalten in der aquatischen Umwelt, welche durch die erprobten Kontroll- und Inaktivierungsverfahren beherrscht werden können;
2. Anwendung risikogruppenadäquater organisatorischer, arbeitstechnischer, baulicher und apparativer Sicherheitsvorkehrungen für die Abwassererfassung und -reinigung, insbesondere getrennte Erfassung und Reinigung von Abwasser (-teilströmen) mit unterschiedlichen Risikogruppen der darin enthaltenen GVO;
3. Einsatz von **physikalischen, physikalisch-chemischen oder chemischen Verfahren zur Inaktivierung oder Sterilisierung von in Abwässern oder Abwasserteilströmen enthaltenen GVO** (siehe Anlage A Fußnote b);
4. **gezielter, sparsamer und bestimmungsgemäßer Einsatz von bevorzugt biologisch abbaubaren Reinigungs-, Inaktivierungs- oder Sterilisierungsmitteln nach einem von einem verantwortlichen Hygieniker oder Biologen ausgearbeiteten und überwachten Inaktivierungs- oder Sterilisierungsplan;**

Beachtung der ökotoxikologischen Angaben in den Sicherheitsdatenblättern aller eingesetzten Reinigungs-, Inaktivierungs- und Sterilisierungsmittel;“ (§ 1 Abs.6 BGBL. II Nr. 350/1997)

Kommentar:

Dieser Abschnitt ist für die derzeitige Situation des vorliegenden Unternehmens lediglich als Hinweis zu verstehen, da ein genehmigter Betrieb der Abwasseraufbereitungssysteme vorliegt. Im Falle einer Erweiterungsinvestition (inkl. teilweisen räumlichen Transfer der Aufbereitungssysteme auf die freiliegende Grundstücksfläche) wären diese möglichen Anforderungen zu berücksichtigen.

„6. bei Produktions- oder Verwertungsanlagen, in denen GVO eingesetzt werden:

- a) *schonender Umgang beim Einsatz von Rohstoffen sowie sparsamer Umgang mit Arbeits- und Hilfsstoffen; **Beachtung der Gesichtspunkte der Wieder- oder Weiterverwertung der anfallenden Reststoffe bei der Auswahl von Roh-, Arbeits- und Hilfsstoffen,***
- b) *Auswahl und Einsatz solcher GVO in den Produktions- oder Verwertungsprozessen, welche sich gegenüber den sonst eingesetzten natürlichen Mikroorganismen durch wesentlich reduzierten Rohstoff-, Arbeitsstoff-, Hilfsstoff- und Energiebedarf sowie durch erhöhte Prozeßausbeuten und verminderten Abfall- und Abwasseranfall auszeichnen,*

- c) *Darstellung der einzelnen Verfahrensschritte des gesamten Produktions- oder Verwertungsprozesses mit Angabe der dabei eingesetzten Stoffe und Energie sowie der entstehenden Produkte und Reststoffe und darauf aufbauend Erstellung eines Abwasserkatasters, aus dem die Notwendigkeit oder Zweckmäßigkeit der Erfassung von Abwasserteilströmen hervorgeht,*
- d) *soweit auf Grund der eingesetzten Produktions- oder Verfahrenstechnik zweckmäßig Kreislaufführung von Kühl-, Wasch- oder sonstigen Prozeßwässern, erforderlichenfalls unter Einsatz von Zwischenreinigungsmaßnahmen,*
- e) *bevorzugter Einsatz von physikalischen Verfahren zur Produktanreicherung (zB Ultrafiltration, Umkehrosmose, Adsorption, Chromatographie),*
- f) **Kreislaufführung von organischen Lösemitteln, die in der Extraktion eingesetzt werden,**
- g) *Einsatz innerbetrieblicher Maßnahmen zum Feststoffrückhalt aus Kulturflüssigkeiten (zB Zentrifugierung, Filtration, Siebung), ...“(§ 1 Abs.6Nr.6 BGBL. II Nr.6 350/1997)*

„7. Einsatz von Ausgleichsbecken zur Abpufferung von Abwassermengen- und -konzentrationsspitzen bei Direkt- und Indirekteinleitern,“ (§ 1 Abs.6 BGBL. II Nr.7 350)

10. vom Abwasser gesonderte Erfassung und Verwertung der anfallenden Reststoffe sowie der bei der Abwasserreinigung anfallenden Rückstände oder deren Entsorgung als Abfall (AWG, BGBL. Nr. 325/1990).“ (§ 1 Abs.6 Nr. 10 BGBL. II Nr. 350/1997)

Kommentar:

Die VO weist auch auf technologische Weiterentwicklungen hin, welche vorteilhaft auch bei Ergänzungs- und Ersatzinvestitionen berücksichtigt werden sollten. Daher wäre es sinnvoll, die im BAS (und BAU) enthaltenen organischen Lösungsmittel destillativ abzutrennen und als separates, hochkonzentriertes organisches Lösungsmittelgemisch extern zu verwerten. Eine solche, aufbereitete BAS- (und BAU -) Fraktion könnte dann „lösungsmittelfrei“ als BAN -Qualität in die Kanalisation geleitet werden. Dies geschieht nur unter der Einhaltung der Parameter in AEV Pharmazeutika Anlage A.

„Anlage A – Emissionsbegrenzungen gemäß § 1

	Anforderungen an Einleitungen in ein Fließgewässer	Anforderung an Einleitungen in eine öffentliche Kanalisation
A.1 Allgemeine Parameter		
1. Temperatur	30 °C	35 °C
2. Toxizität		
2.1 Algentoxizität G_A	8	-
2.2 Bakterientoxizität G_L	4	-
2.3 Daphnientoxizität G_D	4	-
2.4 Fischttoxizität $G_F a)$	2	-
2.5 Toxizität durch GVO	b)	b)
2.6 Beeinträchtigung biologischer Abbauvorgänge	-	c)
3. Abfiltrierbare Stoffe d)	30 mg/l	150 mg/l
4. pH-Wert	6,5–8,5	6,5–9,5

[...]

b) GVO im Abwasser einer Einleitung gemäß § 1 Abs. 3 dürfen keine Gefährdung der aquatischen Ökosysteme hervorrufen. **Diese Forderung gilt als eingehalten, wenn**

1. **bei einer Arbeit der Sicherheitsstufe 1 gemäß § 5 GTG 1994 das Abwasser ausschließlich mit GVO der Risikogruppe 1 gemäß § 6 GTG 1994 belastet ist;**
2. **bei einer Arbeit der Sicherheitsstufe 1 gemäß § 5 GTG 1994 das Abwasser (oder der Abwasserteilstrom), welches(r) mit GVO einer Risikogruppe größer als 1 gemäß § 6 GTG 1994 belastet ist, am Ort des Anfalles einem Verfahren zur Inaktivierung entsprechend Z 3 unterworfen wird;**
3. **bei einer Arbeit der Sicherheitsstufe 2 gemäß § 5 GTG 1994 das gesamte mit GVO belastete Abwasser (oder der gesamte belastete Teilstrom) am Ort des Anfalles einem physikalischen, physikalisch-chemischen oder chemischen Verfahren zur Inaktivierung unterworfen wird, bei welchem nachgewiesen werden kann, daß eine vollständige Inaktivierung aller GVO erreicht wird. Diese Anforderung ist erfüllt, wenn die Inaktivierungsdauer des angewandten Verfahrens ausreicht, um dessen Inaktivierungskurve mit der Nulllinie zum Schnitt zu bringen (entsprechend einer Anzahl an koloniebildenden Einheiten von nicht größer als 1 KBE/ml); eine Sterilisierung unter den Bedingungen der Z 4 erfüllt diese Anforderung jedenfalls. Die Bedingungen der Inaktivierung sind bei Einsatz eines diskontinuierlichen Verfahrens für jeden Inaktivierungsvorgang, bei Einsatz eines kontinuierlichen Verfahrens kontinuierlich zu dokumentieren.“ (§ 5 Abs.2 BGBL. II Nr. 350/1997)**

Kommentar:

Für die Sicherheitsstufe S2 ist eine physikalische (= thermische) Inaktivierung lt. AEG Gentechnik ausreichend, wobei als Beurteilungskriterium $< 1 \text{ KBE/mL}$ zu erfüllen ist. Diese Anforderung kann für alle vegetativen Keime (jedoch nicht für Sporen) durch einen Pasteurisationsprozess ($\geq 75 \text{ °C}$ für wenige Minuten) sichergestellt werden. Um absolut sichere Pasteurisationsbedingungen (= hohe Sicherheit zur Abtötung vegetativer Keime) einzustellen, sollten Temperaturen nahe 100 °C verwendet werden, um die kostenintensivere Installation von Druckkessels vermeiden zu können. Die rasche Verflüchtigung der im BAS (und BAU) enthaltenen organischen Lösungsmittelbestandteile ist in diesem Temperaturbereich ebenso gegeben. Die entweichenden Lösungsmitteldämpfe aus dem Kopfraum sind dann:

- durch eine „einfache“ Kolonne (z.B. inertes Packungsmaterial in einem horizontal stehenden Edelstahlrohr) zu konzentrieren,
- In einem Kondensator/ Kühler zu kondensieren sowie in einem
- Vorlagebehälter zu sammeln (zwecks externer Verarbeitung – z.B. Aufreinigung oder Verbrennung).

Wegen der organischen Lösungsmittel ist eine solche Anlage ex-geschützt auszuführen und der Kopfraum sowie die nachgeschalteten Apparaturen mit Stickstoff zu überlagern.

Wie der „Ort des Anfalles“ im Konkreten zu definieren ist, ist zwecks Erlangung erhöhter Rechtssicherheit im Detail abzuklären. §4, Z5 sieht die Möglichkeit vor, dass GVO-haltige Lösungen innerhalb des Betriebsgeländes unter entsprechender Sicherheitsvorkehrung / Kontrolle transportiert werden können.

„4. bei einer Arbeit der Sicherheitsstufe 3 oder 4 gemäß § 5 GTG 1994 das gesamte mit GVO belastete Abwasser (oder der gesamte belastete Teilstrom) am Ort des Anfalles einer Sterilisierung unter Verwendung von Dampf bei zumindest $121,1 \text{ °C}$, 2 Bar Dampfdruck und 20minütiger Verweilzeit unterworfen wird; bei Anwesenheit von hitzebeständigen Organismen oder von Ruhestadien hat die Temperatur mindestens 134 °C zu betragen. Der zur Sterilisierung eingesetzte Apparat muß eine

*homogene Verteilung der Sterilisierungsparameter über den gesamten Sterilisierungsraum und die gesamte Sterilisierungszeit sicherstellen und muß so ausgelegt sein, daß bei Nichteinhaltung der Sterilisierungsanforderungen eine Freisetzung der GVO ausgeschlossen ist. Das eingesetzte Kühlsystem ist derart auszubilden, daß die **Belastung des Kühlwassers mit GVO ausgeschlossen** ist. Hinsichtlich der Dokumentation des Sterilisierungsvorganges gilt Z 3 sinngemäß. Abweichende Sterilisierungsverfahren sind zulässig, wenn ein mit den geforderten Sterilisierungskriterien gleichwertiger Sterilisierungserfolg nachgewiesen werden kann“. (§ 5 Abs.2 Nr.4 BGBI. II Nr. 350/1997)*

Kommentar:

Für S3 und S4 fordert die AEV Gentechnik im Konkreten die Dampfsterilisation. Somit kann postuliert werden, dass für S1 und S2 ein entsprechendes Pasteurisationsverfahren (≤ 100 °C) ausreichend ist.

5.3. TECHNISCHE ANLEITUNG ZUR BEGRENZUNG VON ABWASSEREMISSIONEN AUS ARBEITEN MIT GENTECHNISCH VERÄNDERTEN ORGANISMEN (BGBl. II NR. 350/1997) - PUBLIZIERT IM NOV. 2002

Nachstehend werden alle relevanten Abschnitte (**fett hervorgehoben**) in Bezug zur objektiven Einschätzung möglicher Entsorgungskonzepte der anfallenden Abwasserströme zitiert und kommentiert.

Im Folgenden wird aus der technischen Anleitung zur Begrenzung von Abwasseremissionen aus Arbeiten mit gentechnisch veränderten Organismen in Anlehnung an das BGBl. II Nr. 350/1997 zitiert (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2002, S.16ff):

„5.1. Inaktivierung/Sterilisierung von GVO

[...]

Folgende Verfahren kommen für die Inaktivierung/Sterilisierung prinzipiell in Frage:

Physikalische Verfahren:

- *Trockene Hitze (Heißluft, Ausglühen)*

Feuchte Hitze (Gespannter Dampf, fraktionierte Destillation)

- *Bestrahlung (UV-Strahlung, ionisierende Strahlung)*
- *Sterilfiltration (nicht geeignet bei Viren und Mykoplasmen).*

Chemische Verfahren:

- *Mikrobizide Gase (Formaldehyd, Ethylenoxid, Ozon, Chlor)*

Mikrobizide Flüssigkeiten (Säuren, Laugen, Alkohole, Phenole).

Die Wahl des Verfahrens richtet sich im Wesentlichen nach dem zu inaktivierenden/sterilisierenden biologischen Material, weil hierbei erhebliche Unterschiede in der Resistenz gegenüber Inaktivierungs- und Sterilisierungsverfahren auftreten können. Angewandte Temperatur, Dauer der Einwirkung, chemisches Wirkprinzip, Durchdringungsvermögen der eingesetzten Chemikalien, Diffusionswiderstand des biologischen Materials und Anzahl der Mikroorganismen sind bestimmende Größen für die Verfahrenswahl.

Da in der Systemverordnung keine nähere Spezifizierung der Vorgangsweisen bei Inaktivierung/Sterilisierung erfolgt, gibt die AEV Gentechnik die entsprechenden technischen Festlegungen für den Abwasserbereich vor. Sollte zu einem späteren Zeitpunkt eine definitive Festlegung von Inaktivierungs- und Sterilisierungsbedingungen in der Systemverordnung erfolgen, kann im Falle der Abweichung ein Harmonisierung durch Novellierung der AEV Gentechnik herbeigeführt werden.“

Kommentar:

Welches Inaktivierungssystem für S1 und S2 zu wählen ist, wird von Gesetzgeber nicht näher spezifiziert. Es können entweder physikalische oder chemische Inaktivierungsmethoden gewählt werden.

Aufgrund bisheriger Erfahrungen können thermische Verfahren (z.B. Aufheizen auf ein bestimmtes Temperaturniveau, Halten über einen bestimmten Zeitraum bei hoher Temperatur) sowie Zugabe von Laugen / Säuren als sehr betriebssicher eingestuft werden, wobei resultierende toxischen Effekte durch diese Behandlungsprozesse in der nachgeschalteten, externen biologischen Abwasserreinigung ebenfalls ausgeschlossen werden können.

„Der Erfolg der Inaktivierung/Sterilisierung ist laufend nachzuweisen, zu überprüfen und zu dokumentieren.

Abwasser aus Arbeiten der Sicherheitsstufe 1, in dem GVO der Risikogruppe 2 enthalten sind, sowie Abwasser aus Arbeiten der Sicherheitsstufe 2 ist einer Inaktivierung zuzuführen. Dafür kommen folgende Methoden in Frage:

a) **Inaktivierung durch Einwirkung von Chemikalien unter Beachtung definierter Temperatur-, Konzentrations- und Zeitvorgaben.**

b) **Physikalische Inaktivierung durch z.B. Temperatureinwirkung in Kombination mit Überdruck während einer definierten Einwirkzeit. Das Standardverfahren ist das Autoklavieren (121 °C über zumindest 20 min.). Der zur Verfahrensüberprüfung eingesetzte Referenzkeim (*Bacillus stearothermophilus*) erfährt dabei eine Reduktion der Lebendkeimzahlen von 13 Zehnerpotenzen.**

Für die Durchführung der Inaktivierung gibt es keine zwingende Methodenvorschrift; entscheidend ist die Vergleichbarkeit des gewählten Verfahrens und der nachweisbare Inaktivierungserfolg. Dieser ist mittels einer Inaktivierungskinetik nachzuweisen. Ziel des Nachweises ist es zu zeigen, daß die Dauer des angewandten Verfahrens ausreicht um die Vermehrungsfähigkeit der GVO zu zerstören. Häufig liegen in einer unsterilen Lösung keine einheitlichen Populationen vor, sondern Mischkulturen, Fällungsprodukte u.ä. Weiters müssen auch die Behälter, Abwasser- und Abluftsysteme sowie sonstige technische Ausrüstungen inaktiviert werden, so daß z.B. bei Hitzeinaktivierung die geforderte Temperatur von 121 °C wesentlich länger gehalten werden muß als 20 min.

Abwasser aus Arbeiten der Sicherheitsstufen 3 und 4 ist mit dem Standardverfahren des Autoklavierens bei 121 °C, 2 bar Dampfdruck und mindestens 20 minütiger Verweilzeit zu

sterilisieren; [...] (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2002, S.18f)

Kommentar:

Auch in diesem Abschnitt ist die Art und Weise, wie eine Inaktivierung der anfallenden Abwässer aus S1 und S2 zu erfolgen hat, nicht spezifiziert. Das gewählte Verfahren ist lediglich auf deren Inaktivierungserfolg zu prüfen. Dabei ist nachzuweisen (durch mikrobiologische In-Prozess-Kontrollen bzw. Prozessvalidierung), dass nach der Behandlung die Vermehrungsfähigkeit der GVO nicht mehr gegeben ist.

5.4. SYSTEMVERORDNUNG 2002

Nachstehend werden alle relevanten Abschnitte (**fett hervorgehoben**) in Bezug zur objektiven Einschätzung möglicher Entsorgungskonzepte der anfallenden Abwasserströme zitiert und kommentiert.

Sicherheitsmaßnahmen in besonderen Fällen

„§ 3. (2) Der Betreiber darf in begründeten Ausnahmefällen mit Zustimmung der Behörde gemäß § 10 Abs. 3 GTG einzelne organisatorische und technische Sicherheitsmaßnahmen einer bestimmten Einschließungsstufe nicht anwenden oder organisatorische und technische Sicherheitsmaßnahmen einer bestimmten Einschließungsstufe mit solchen einer niedrigeren Einschließungsstufe kombinieren.“

(§ 3 Abs.2 BGBL. II Nr. 431/2002)

Kommentar:

Dem Betreiber ist – mit plausibler Begründung gegenüber der Behörde – eine Anpassung der organisatorischen und technischen Sicherheitsmaßnahmen (z.B. wie auch beim bestehenden Inaktivierungsprocedere der Abwasserströme) möglich.

Relevante Zitate aus Anhang I zur Systemverordnung GTG

Teil B

Vorgehensweise zur Sicherheitseinstufung ...

„2. Als zweiter Schritt zur Sicherheitseinstufung sind ausgehend von der Risikogruppe der herzustellenden oder verwendeten GVO die nach dem Stand von Wissenschaft und Technik für die konkrete Arbeit mit GVO erforderlichen organisatorischen und technischen Sicherheitsmaßnahmen unter Berücksichtigung folgender Aspekte festzulegen:

- a) Merkmale der organismen- und standortbedingt allenfalls betroffenen Umwelt (zB Anwesenheit von für den GVM anfälligen Spezies, Überlebensfähigkeit des GVO in der Umwelt, Auswirkungen auf die physikalische Umwelt),*
- b) Merkmale der Arbeit oder Arbeitsreihe mit GVO (zB Maßstab, Arbeiten mit GVM an Pflanzen oder Tieren, **biologische Sicherheitsmaßnahmen, Kultivierungsbedingungen, geplante Beseitigung der Abfälle und Abwässer**).*

*Anhand der gemäß lit. a und b festgelegten **organisatorischen und technischen Sicherheitsmaßnahmen** ist die Einschließungsstufe festzustellen. Die so getroffene Feststellung der Einschließungsstufe kann **die im ersten Schritt vorläufig ermittelte***

Sicherheitsstufe der Arbeit oder Arbeitsreihe mit GVO erhöhen, erniedrigen oder unverändert lassen.“ (Anhang I Teil BAbs.2 BGBL. II Nr. 431/2002)

Kommentar:

Der Betreiber kann gem. dem Stand der Wissenschaft und Technik die organisatorischen und technischen Sicherheitsmaßnahmen für die Beseitigung der anfallenden Abfälle und Abwässer festlegen. Durch fundierte Argumentation – wie z.B. durch Praxiserfahrung – könnte die „vorläufig ermittelte Sicherheitsstufe“ geändert werden.

„3. Zur Bestätigung der Richtigkeit dieser Sicherheitseinstufung der Arbeit oder Arbeitsreihe mit GVO ist die Angemessenheit der in der festgestellten Einschließungsstufe vorgesehenen organisatorischen und technischen Sicherheitsmaßnahmen für die konkrete Arbeit mit GVO nach dem Stand von Wissenschaft und Technik zu überprüfen und gegebenenfalls die Sicherheitseinstufung zu korrigieren.“ (Anhang I Teil BAbs.3 BGBL. II Nr. 431/2002)

Kommentar:

Der Stand von Wissenschaft und Technik bezieht sich auch auf international praktizierte Verfahren zur GVO-Abwasserinaktivierung. Somit können hierfür erprobte Verfahren für S1 und S2 angewandt werden, welche von renommierten Organisationen (z.B. NIH in USA) für Referenzzwecke herangezogen werden, um den Stand von Wissenschaft und Technik darstellen und bewerten zu können.

Relevante Zitate aus Anhang II zur Systemverordnung GTG**Tabelle II****Organisatorische und technische Sicherheitsmaßnahmen für Arbeiten mit GVM im großen Maßstab**

Tabelle II enthält zusätzliche Bestimmungen und Änderungen zu Tabelle Ia für Arbeiten mit GVM im großen Maßstab.

		Einschließungsstufe			
		S1	S2	S3	S4
Allgemeines					
1	Vermehrungsfähige GVM müssen in einem System eingeschlossen sein, das den Prozess von der Umwelt trennt (geschlossenes System).	fakultativ	erforderlich	erforderlich	erforderlich
2	Überwachung der Prozessabluft aus dem geschlossenen System	nicht erforderlich	erforderlich, Entweichen von GVM auf ein Mindestmaß reduzieren	erforderlich, Entweichen von GVM verhindern	erforderlich, Entweichen von GVM verhindern
3	Überwachung der Aerosole während der Probenahme, der Zugabe von Material in ein geschlossenes System oder der Übertragung von Material in ein anderes geschlossenes System	fakultativ	erforderlich, Entweichen auf ein Mindestmaß reduzieren	erforderlich, Entweichen verhindern	erforderlich, Entweichen verhindern
4	Inaktivierung großer Mengen an Kulturflüssigkeit, bevor sie aus dem geschlossenen System genommen werden	nicht erforderlich	erforderlich, durch validierte Verfahren	erforderlich, durch validierte Verfahren	erforderlich, durch validierte Verfahren

ABBILDUNG 40: ORGANISATORISCHE UND TECHNISCHE SICHERHEITSMABNAHMEN FÜR ARBEITEN MIT GVM IM GROßEN MAßSTAB (ANHANG IITAB. II (NR.1-4) BGBl. II NR. 431/2002)

Kommentar:

Die organisatorischen und technischen Sicherheitsmaßnahmen für S2 (d.h. strengste Anforderung für den Abwasserinaktivierungsprozess) sind so durchzuführen, dass das Entweichen von GVM auf ein Mindestmaß reduziert wird. Lt. Pkt. 4 ist für die „Inaktivierung großer Mengen an Kulturflüssigkeit“ eine Prozessvalidierung (= Prüfung auf Effektivität eines solchen Prozesses) durchzuführen, welche jedoch nicht im Detail festgelegt ist.

Die oben angeführten Anforderungen gelten für den fermentativen Herstellprozess, könnten jedoch auch zur Bewertung bzw. Festlegung der Anforderungen für Inaktivierungssysteme herangezogen werden.

		Einschließungsstufe			
		S1	S2	S3	S4
5	Der Arbeitsbereich muss so ausgelegt sein, dass durch Auffangvorrichtungen, deren Volumina sich nach dem größten Einzelvolumen orientieren, ein unkontrolliertes Austreten der GVM aus dem Arbeitsbereich verhindert wird.	fakultativ	fakultativ	erforderlich	erforderlich
6	Der Arbeitsbereich muss abdichtbar sein, um eine Begasung zu ermöglichen.	nicht erforderlich	fakultativ	fakultativ	erforderlich
Arbeitsweise					
7	Arbeitsplatz und Umgebung sollen jeglichen physikalischen, chemischen und biologischen Agenzien nur in möglichst geringem Maß, angepasst an das Risiko, ausgesetzt werden.	erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich
8	Es müssen geeignete Sicherheitsmaßnahmen vor Ort durchgeführt werden. Wenn nötig, muss geeignete Schutzkleidung und Schutzausrüstung bereitgestellt werden.	erforderlich (Arbeitskleidung)	erforderlich	erforderlich	erforderlich
9	Sicherheitsmaßnahmen und Schutzausrüstung müssen in geeigneter Weise überprüft bzw. instand gehalten werden.	erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich
10	Stichprobenweise sind entsprechend den sich aus dem Stand von Wissenschaft und Technik ergebenden Anforderungen Überprüfungen hinsichtlich des Vorhandenseins von vermehrungsfähigen, gentechnisch veränderten Prozessorganismen sowohl am Arbeitsplatz als auch in der organismen- und standortbedingt allenfalls betroffenen Umgebung durchzuführen.	nicht erforderlich	fakultativ	erforderlich	erforderlich
11	Es muss sichergestellt sein, dass das Personal über entsprechende Ausbildung und Erfahrung verfügt.	erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich
12	Um die Sicherheit für das Personal und den Schutz der organismen- und standortbedingt allenfalls betroffenen Umwelt zu gewährleisten, sind schriftliche Arbeitsanweisungen zu erstellen.	nicht erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich
Ausrüstung					
13	Gegenüber Wasser, Säuren, Laugen, Lösungs-, Desinfektions- und Dekontaminationsmitteln resistente und leicht zu reinigende Oberflächen	fakultativ (Arbeitsflächen)	erforderlich (Arbeitsflächen), Fußboden muss leicht zu reinigen sein	erforderlich (Arbeitsflächen, Fußboden)	erforderlich (Arbeitsflächen, Fußboden, Decken, Wände)

ABBILDUNG 41: ORGANISATORISCHE UND TECHNISCHE SICHERHEITSMABNAHMEN FÜR ARBEITEN MIT GVM IM GROßEN MAßSTAB (ANHANG IITAB. II (NR.5-13)BGBL. II NR. 431/2002)

Kommentar:

Die Anforderungen lt. Pkt. 5 bis 13 sind für das Unternehmen für ein Inaktivierungssystem zur Behandlung von GVM der Stufen S1 und S2 erfüllbar. Da es sich bei einem neuen System auf der freiliegenden Grundstücksfläche um eine geschlossene und automatisierte Anlage handelt, könnten bestimmte, oben beschriebene Erfordernisse durch technische Maßnahmen „vereinfacht“ werden.

		Einschließungsstufe			
		S1	S2	S3	S4
14	Zugang zum Arbeitsbereich über eine Schleuse, dh. über einen vom Arbeitsbereich abgetrennten Raum. Die „saubere“ Seite der Schleuse muss von der gesperrten Seite durch Umkleide- oder Duscheinrichtungen und vorzugsweise durch verriegelbare Türen abgetrennt sein.	nicht erforderlich	nicht erforderlich	erforderlich	erforderlich
15	Schleuse als Luftschleuse ausgeführt	nicht erforderlich	nicht erforderlich	fakultativ	erforderlich
16	Spezifische Maßnahmen zur angemessenen Belüftung des Arbeitsbereiches, um die Kontamination der Luft auf ein Mindestmaß zu reduzieren	nicht zutreffend	fakultativ	fakultativ	erforderlich
17	Im Arbeitsbereich muss gegenüber der unmittelbaren Umgebung ein Unterdruck herrschen.	nicht zutreffend	nicht erforderlich	fakultativ	erforderlich
18	Zuluft und Abluft des Arbeitsbereiches muss HEPA-gefiltert werden.	nicht zutreffend	nicht erforderlich	erforderlich für Abluft, fakultativ für Zuluft	erforderlich für Zuluft und Abluft
19	Dichtungen müssen so beschaffen sein, dass das Entweichen von GVM auf ein Mindestmaß reduziert oder verhindert wird.	keine spezifischen Anforderungen	Entweichen auf ein Mindestmaß reduzieren	Entweichen verhindern	Entweichen verhindern
Arbeitsbereich					
20	Geschlossene Systeme müssen innerhalb eines kontrollierten Bereichs liegen.	nicht erforderlich	fakultativ	erforderlich	erforderlich
21	Kennzeichnung biologischer Gefahrenbereiche mit dem Warnzeichen „Biogefährdung“	nicht erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich
22	Zutritt ist nur autorisierten Personen erlaubt (Autorisierung durch den Projektleiter oder seinen Stellvertreter).	nicht erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich
23	Das Personal muss duschen, bevor es den Arbeitsbereich verlässt.	nicht zutreffend	nicht erforderlich	fakultativ	erforderlich
24	Schutzkleidung	geeignete Arbeitskleidung	geeignete Schutzkleidung	geeignete Schutzkleidung	vollständiger Kleidungs- und Schuhwechsel vor dem Betreten bzw. Verlassen
25	Hygieneanforderungen schriftlich festhalten	fakultativ	erforderlich	erforderlich	erforderlich

ABBILDUNG 42: BGBI. II (BUNDESMINISTERS FÜR SOZIALE SICHERHEIT UND GENERATIONEN 2015)

Kommentar:

Die Anforderungen lt. Pkt. 14 bis 25 wären für ein Inaktivierungssystem zur Behandlung von GVM der Stufen S1 und S2 erfüllbar. Da es sich bei einem neuen System auf der freiliegenden Grundstücksfläche um eine geschlossene und

automatisierte Anlage handelt, könnten bestimmte, oben beschriebene Erfordernisse durch technische Maßnahmen „vereinfacht“ werden.

Im Konkreten wäre zu berücksichtigen:

- Pkt. 18 und 19: auch hier wird für S2 die Anforderung gestellt „GVM-Entweichen auf ein Mindestmaß reduzieren“. Dies kann durch gezielte technische Maßnahmen jedenfalls erfüllt werden.
- Pkt. 20: Im Falle der Übersiedlung der Inaktivierungssysteme auf die freiliegende Grundstücksfläche muss ein definierter Arbeitsbereich deklariert werden; dies könnte u.a. durch eine „Auffangwanne“ erreicht werden, um im Falle einer Leckage eine zusätzliche Absicherung gegen unbeabsichtigtes Austreten zu erreichen.

3756

BGBL. II – Ausgegeben am 29. November 2002 – Nr. 431

		Einschließungsstufe			
		S1	S2	S3	S4
Abfall					
26	Inaktivierung von GVM in Abwässern von Waschbecken und Duschen oder in ähnlichen Abwässern	nicht erforderlich	nicht erforderlich	fakultativ	erforderlich
27	Inaktivierung von GVM in Material und Abfall, einschließlich jener in Abwässern aus dem Verarbeitungsprozess vor der endgültigen Ableitung	fakultativ	erforderlich, durch validierte Verfahren	erforderlich, durch validierte Verfahren	erforderlich, durch validierte Verfahren

ABBILDUNG 43: ORGANISATORISCHE UND TECHNISCHE SICHERHEITSMABNAHMEN FÜR ARBEITEN MIT GVM IM GROßEN MAßSTAB (ANHANG IITAB. II (NR.26-27)BGBL. II NR. 431/2002)

Kommentar:

Pkt. 27: Die Validierung (= Nachweis der effektiven GVM-Inaktivierung) einer neu errichteten Anlage ist jedenfalls durchzuführen. Die entsprechende Dokumentation ist vorzunehmen.

5.5. UMWELTINFORMATIONSGESETZ (UIG)

Ziel des Gesetzes

„§ 1. Ziel dieses Bundesgesetzes ist die Information der Öffentlichkeit über die Umwelt, insbesondere durch

1. **Gewährleistung des Rechts auf Zugang zu den bei den informationspflichtigen Stellenvorhandenen oder für diese bereitgehaltenen Umweltinformationen;**

2. Förderung der systematischen und umfassenden Verfügbarkeit und Verbreitung von Umweltinformationen. Zu diesem Zweck werden, nach Maßgabe vorhandener Mittel, bevorzugt elektronische Kommunikationsmittel eingesetzt.“ (§ 1 BGBL II Nr. 495/1993)

Umweltinformationen

„§ 2. Umweltinformationen sind sämtliche Informationen in schriftlicher, visueller, akustischer, elektronischer oder sonstiger materieller Form über

1. den **Zustand von Umweltbestandteilen wie Luft und Atmosphäre, Wasser, Boden, Land, Landschaft und natürliche Lebensräume einschließlich Berggebiete, Feuchtgebiete, Küsten und Meeresgebiete, die Artenvielfalt und ihre Bestandteile, einschließlich genetisch veränderter Organismen, sowie die Wechselwirkungen zwischen diesen Bestandteilen;**

2. **Faktoren wie Stoffe, Energie, Lärm und Strahlung oder Abfall einschließlich radioaktiven Abfalls, Emissionen, Ableitungen oder sonstiges Freisetzen von Stoffen oder Organismen in die Umwelt, die sich auf die in Z 1 genannten Umweltbestandteile auswirken oder wahrscheinlich auswirken;**“ (§ 2 BGBL II Nr. 495/1993)

Informationspflichtige Stellen

„§ 3. (1) **Informationspflichtige Stellen** im Sinne dieses Bundesgesetzes sind – soweit sich die Umweltinformationen auf Angelegenheiten beziehen, die in Gesetzgebung Bundessache sind

1. **Verwaltungsbehörden** und unter deren sachlicher Aufsicht stehende sonstige Organe der Verwaltung, die durch Gesetz oder innerstaatlich unmittelbar wirksamen internationalen Rechtsakt übertragene Aufgaben der öffentlichen Verwaltung wahrnehmen, sowie diesen zur Verfügung stehende gesetzlich eingerichtete Beratungsorgane;
2. **Organe von Gebietskörperschaften, soweit sie Aufgaben der Privatwirtschaftsverwaltung des Bundes besorgen;**

3. **juristische Personen öffentlichen Rechts**, *sofern sie durch Gesetz übertragene Aufgaben der öffentlichen Verwaltung einschließlich bestimmter Pflichten, Tätigkeiten oder Dienstleistungen im Zusammenhang mit der Umwelt ausüben;*“ (§ 3 BGBl. II Nr. 495/1993)

Freier Zugang zu Umweltinformationen

„§ 4. (1) Das Recht auf freien Zugang zu Umweltinformationen, die bei den informationspflichtigen Stellen vorhanden sind oder für sie bereitgehalten werden, wird jeder natürlichen oder juristischen Person ohne Nachweis eines Rechtsanspruches oder eines rechtlichen Interesses nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen gewährleistet. Umweltinformationen sind vorhanden, wenn sie sich im Besitz der informationspflichtigen Stelle befinden und von ihr erstellt wurden oder bei ihr eingegangen sind. Umweltinformationen werden bereitgehalten, wenn eine natürliche oder juristische Person, die selbst nicht informationspflichtige Stelle ist, Umweltinformationen für eine informationspflichtige Stelle aufbewahrt und diese Stelle darauf einen Übermittlungsanspruch hat.

(2) Dem freien Zugang unterliegen jedenfalls Informationen über

1. **den Zustand von Umweltbestandteilen wie Wasser, Luft und Atmosphäre, Boden, die Artenvielfalt und ihre Bestandteile einschließlich genetisch veränderter Organismen und natürliche Lebensräume, sowie die Wechselwirkungen zwischen diesen Bestandteilen;**“ (§ 42 BGBl. II Nr. 495/1993)

Mitteilungspflicht

„§ 5. (1) Das Begehren auf Mitteilung von Umweltinformationen kann schriftlich oder soweit es der Natur der Sache nach tunlich erscheint, mündlich gestellt werden. Dies kann in jeder technischen Form geschehen, die die informationspflichtige Stelle zu empfangen in der Lage ist.“ (§ 5 BGBl. II Nr. 495/1993)

Kommentar:

Sofern relevante Informationen bei informationspflichtigen Stellen (z.B. Behörden, juristische Personen öffentlichen Rechtes) betreffend GTG und GVO-Freisetzung vorliegen, sind diese bei Anfragen bekanntzugeben.

Daher ist es zweckmäßig, konkrete Vorschläge zu möglichen Inaktivierungskonzepten bei Stellen wie dem Umweltbundesamt und/oder AGES auf deren Umsetzbarkeit gem. österreichischer gesetzlicher Rahmenbedingungen vorab prüfen zu lassen.

Es sind keine konkreten Anforderungen für unterschiedliche biologische Sicherheitsstufen (S1 & S2) enthalten.

5.6. UMWELTKONTROLLGESETZ

Aufgabe und Ziel

„§ 1.(1) Der Bundesminister für Umwelt, Jugend und Familie hat im **Allgemeininteresse zum Schutz der Umwelt in ihrer Gesamtheit, insbesondere im Interesse der Erhaltung, der Verbesserung und Wiederherstellung der natürlichen, gesunden Lebensbedingungen für Menschen, Tiere und Pflanzen,**

a) **den Zustand und die Entwicklung der Umwelt sowie der Umweltbelastungen zu beobachten und laufend zu erheben, ...“** (§ 1 Abs.1 BGBL. II Nr. 495/1993)

Umweltbundesamt GmbH

Errichtung

„§ 5. (1) Die bisherige Dienststelle „Umweltbundesamt“ des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie wird aus der Bundesverwaltung ausgegliedert. Ihre Aufgaben übernimmt nach Maßgabe dieses Bundesgesetzes eine Gesellschaft mit beschränkter Haftung. Die Gesellschaft führt die Firma „Umweltbundesamt Gesellschaft mit beschränkter Haftung (UBA-GmbH)“. Im folgenden wird diese Gesellschaft als „Umweltbundesamt“ bezeichnet.“ (§ 5 Abs.1 BGBL. II Nr. 495/1993)

Gesellschaftszweck und Aufgaben

„§ 6. [...]

(2) Insbesondere hat das Umweltbundesamt gemäß Abs. 1 folgende Aufgaben:

5. Entwicklung und Empfehlung von Methoden und Techniken, die geeignet sind, Umweltbeeinträchtigungen mit Vorrang an ihrem Ursprung zu bekämpfen;

6. Abschätzung der Umweltauswirkungen wirtschaftlicher Tätigkeiten und technischer Verfahren; ...“(§ 6 Abs.2 Nr.5-6 BGBL. II Nr. 495/1993)

„8. Ermittlung, Beschreibung und Empfehlung der besten verfügbaren Techniken zur Vermeidung oder Verminderung gefährlicher oder lästiger Emissionen;

9. Mitwirkung am Informationsaustausch über die besten verfügbaren Techniken gemäß Art. 16 der Richtlinie 96/61/EG;“ (§ 6 Abs.2 Nr.8-9 BGBL. II Nr. 495/1993)

Kommentar:

Lt. Umweltkontrollgesetz (s.o.) ist das Umweltbundesamt die erste Adresse in Österreich, um überarbeitete Konzepte (wie in der Feasibility-Studie dargestellt) zur Inaktivierung von GMO auf deren Gesetzeskonformität zu beurteilen.

Daher könnten fachliche Fragen zu den ausgearbeiteten Konzepten/ zur Abklärung der Erfordernisse zwecks Inaktivierung der anfallenden Abwässer und Abfälle bei Arbeiten im großen Maßstab mit S1 und S2 an folgende Behördenvertreter zur Erstabklärung gerichtet werden.

AGES – Spargelfeldgasse:

Nationales Referenzlaboratorium für genetisch veränderte Organismen (GVO)

Die Abteilung Molekular- und Mikrobiologie des Instituts für Lebensmittelsicherheit Wien ist nach der Verordnung (EG) Nr. 882/2004 des europäischen Parlaments und des Rates zu den amtlichen GVO-Kontrollen als Nationales Referenzlabor nominiert. Auch ist das Labor nach der Verordnung (EG) Nr. 1981/2006 zur Unterstützung des Gemeinschaftlichen Referenzlabors der Europäischen Union tätig.

Ein Schwerpunkt ist die Harmonisierung von Nachweisverfahren für gentechnisch veränderte Lebens- und Futtermittel. Dazu etabliert das NRL für GVO durch das Gemeinschaftsreferenzlabor validierte Nachweisverfahren und beteiligt sich an der Entwicklung und Validierung neuer Untersuchungsmethoden zur Analytik gentechnisch veränderter Lebens- und Futtermittel.

Eine zentrale Aufgabe auf nationaler Ebene ist die Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden und Kontrolllaboratorien, die für die Überprüfung der Einhaltung des Lebensmittel- und Futtermittelrechts hinsichtlich GVO zuständig sind.

5.7. GENTECHNIK-KENNZEICHNUNGSVERORDNUNG

Geltungsbereich

„§ 1. (1) Diese Verordnung gilt für die Kennzeichnung von Erzeugnissen, die aus gentechnisch veränderten Organismen (GVO) bestehen oder solche enthalten und deren Inverkehrbringen gemäß § 54 Abs. 1 und 4 GTG zulässig ist.

(2) Diese Verordnung gilt nicht für

1. gentechnisch veränderte Lebens- und Futtermittel im Sinne der Verordnung (EG) Nr. 1829/2003

2. Saatgut im Sinne der Saatgut-Gentechnik-Verordnung, BGBl. II Nr. 478/2001

3. Arzneimittel im Sinne des § 1 Abs. 1 und Abs. 2 Z 1 des Arzneimittelgesetzes, BGBl. Nr. 185/1983, in der geltenden Fassung

4. Produkte, die Erzeugnisse gemäß Abs. 1 enthalten, sofern diese Produkte für eine unmittelbare Verarbeitung vorgesehen sind, der Anteil an GVO in diesen Produkten oder Produktmischungen einen Schwellenwert von 0,9% nicht übersteigt und dieser Anteil unbeabsichtigt oder technisch unvermeidbar ist.“ (Bundesministerin für Gesundheit und Frauen 12.12.2015) (§ 1 Abs.1 BGBl. II Nr. 5/2006)

Kommentar:

Die Gentechnik – Kennzeichnungsverordnung ist zur Beurteilung von Inaktivierungskonzepten von GVO-hältigen Abwässern nicht unmittelbar relevant.

Mit der „Schwellenregelung von 0,9%“ zeigt jedoch der Gesetzgeber, dass aufgrund bisheriger Erfahrungen die absolute Freiheit von GMO in der Umwelt nicht vermieden werden kann und daher ein gewisses Maß an GMO in der Umwelt toleriert werden muss, um Produktionsprozesse gemäß dem „Stand der Technik und Wissenschaft“ u.a. im Lebensmittel- und Agrarbereich überhaupt durchführen zu können.

Es sind keine konkreten Anforderungen für unterschiedliche biologische Sicherheitsstufen (S1 & S2) enthalten.

5.8. STÖRFALLINFORMATIONSVORORDNUNG (STIV)

Geltungsbereich und generelle Verweisungsbestimmung

„§ 1. (1) Diese Verordnung gilt für die vorsorgliche Information durch Inhaber/innen informationspflichtiger Anlagen im Sinn des § 14 Abs. 2 UIG über die Gefahren und Auswirkungen von Störfällen (§ 14 Abs. 1a UIG, BGBl. I Nr. 76/2003) mit einem außenwirksamen, das heißt einem über den Bereich der Anlage hinausgehenden, Gefährdungspotential und über die notwendigen Verhaltensmaßnahmen im Störfall für die durch Störfälle möglicherweise betroffene Öffentlichkeit.“ (§ 1 Abs.1 BGBl. Nr. 391/1994)

Informationspflichtige Anlagen

„§ 2. Informationspflichtige Anlagen im Sinn des § 14 Abs. 2 UIG sind ortsfeste Anlagen [...] 7. in denen mit biologischen Arbeitsstoffen gemäß § 40 Abs. 4 Z 3 und 4 ArbeitnehmerInnenschutzgesetz – (ASchG), BGBl. Nr. 450/1994, gearbeitet wird. Ausgenommen sind gentechnische Anlagen gemäß § 4 Z 6 Gentechnikgesetz (GTG), BGBl. Nr. 510/1994, soweit eine Erst- und Folgeinformation gemäß § 11 Abs. 1 Z 4 GTG erfolgt.“ (§ 2 Abs.7 BGBl. Nr. 391/1994)

Kommentar:

Gem. StIV besteht keine Informationspflicht für gentechnische Anlagen, da diese anderweitig geregelt ist.

Es sind keine konkreten Anforderungen für unterschiedliche biologische Sicherheitsstufen (S1 & S2) enthalten.

5.9. ANHÖRUNGSVERORDNUNG

„§ 1. Diese Verordnung ist anzuwenden auf Anhörungen über Anträge auf Genehmigung

- 1. erstmaliger Arbeiten mit gentechnisch veränderten Organismen (GVO) in einer gentechnischen Anlage in der Sicherheitsstufe 2 im großen Maßstab, sofern diese Arbeiten nicht zu Entwicklungszwecken dienen oder nicht mit zumindest zwei Arten von Schranken im Sinne des § 4 Z 7 GTG durchgeführt werden,..“** (§ 1 Abs.1 BGBl. II Nr. 61/1997)

Anlage zu § 3 Abs. 2

„A. Kurzfassung des Antrags von Arbeiten mit GVO im geschlossenen System und Angaben zur Anhörung

1. Name und Anschrift des Antragstellers.
2. Zusammenfassende Beschreibung der verwendeten GVO.
3. Zweck der Arbeiten mit GVO und Ort der Anwendung.
4. Zusammenfassung der Methoden und Pläne zur Überwachung der GVO und für Notfallmaßnahmen.
5. Zusammenfassung der Beurteilung der vorhersehbaren Wirkungen, insbesondere der für die Sicherheit von Mensch und Umwelt nachteiligen Wirkungen.
6. Ort und Termin der Anhörung.“ (Bundesministerin für Gesundheit und Konsumentenschutz 12.12.2015)“ (§ 3 Abs.2 Anlage BGBl. II Nr. 61/1997)

Kommentar:

Die Anhörungsverordnung ist keinesfalls anzuwenden, wenn lediglich eine Änderung beim Inaktivierungsverfahren der anfallenden GMO-Abwässer erfolgt. Es handelt sich im Konkreten nicht um erstmaliges Arbeiten mit GVO der Sicherheitsstufe S2. Es ist daher ausreichend – nach Abklärung mit dem Umweltbundesamt – wenn die Effektivität des Inaktivierungsprozesses durch eine Validierung nachgewiesen wird.

5.10. WEITERE GÜLTIGE GESETZLICHE RAHMENBEDINGUNGEN IN DER EU BETREFFEND GMO SOWIE INDIREKTEINLEITUNG DER ANFALLENDEN ABWASSERSTRÖME

5.10.1. *RICHTLINIE 2001/18/EG*

RICHTLINIE 2001/18/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

vom 12. März 2001, Fassung: 2001L0018 — DE — 02.04.2015

über die absichtliche Freisetzung genetisch veränderter Organismen in die Umwelt und zur Aufhebung der Richtlinie 90/220/EWG des Rates

Kommentar:

Umfang: 60 Seiten; Anmerkung: Im Wesentlichen in österreichisches Recht umgesetzt, daher wurde keine Detailrecherche dieses Gesetzestextes vorgenommen.

5.10.2. *RICHTLINIE 2001/82/EG*

RICHTLINIE 2001/82/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

vom 6. November 2001, 2001L0082 — DE — 07.08.2009

zur Schaffung eines Gemeinschaftskodexes für Tierarzneimittel

Kommentar:

Umfang: 123 Seiten, nicht relevant für die Inaktivierung von GVO-Abwasserfraktionen.

5.10.3. *RICHTLINIE 2009/41/EG*

RICHTLINIE 2009/41/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES

vom 6. Mai 2009

über die Anwendung genetisch veränderter Mikroorganismen in geschlossenen Systemen (Neufassung)

Kommentar:

Umfang: 23 Seiten; Diese EU-Verordnung wurde in Österreich durch die Systemverordnung umgesetzt.

5.10.4. *RICHTLINIE (EU) 2015/412*

RICHTLINIE (EU) 2015/412 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. März 2015 zur Änderung der Richtlinie 2001/18/EG zu der den Mitgliedstaaten eingeräumten Möglichkeit, den Anbau von gentechnisch veränderten Organismen (GVO) in ihrem Hoheitsgebiet zu beschränken oder zu untersagen

Kommentar:

Umfang: 8 Seiten, diese EU-VO betrifft lediglich den beabsichtigten Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen und ist daher für Systeme zur kontrollierten GVO-Inaktivierung nicht relevant.

5.10.5. *VERORDNUNG (EG) NR. 1829/2003*

VERORDNUNG (EG) Nr. 1829/2003 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 22. September 2003 über genetisch veränderte Lebensmittel und Futtermittel

Kommentar:

Umfang: 40 Seiten, nicht relevant für kontrollierte GVO-Inaktivierung wie diese bei dem vorliegendem Unternehmen durchgeführt wird oder zukünftig neu organisiert werden soll.

5.10.6. *VERORDNUNG (EG) NR. 1830/2003*

VERORDNUNG (EG) Nr. 1830/2003 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 22. September 2003 über die Rückverfolgbarkeit und Kennzeichnung von genetisch veränderten Organismen und über die Rückverfolgbarkeit von aus genetisch veränderten Organismen hergestellten Lebensmitteln und Futtermitteln sowie zur Änderung der Richtlinie 2001/18/EG

Kommentar:

Umfang: 9 Seiten, nicht relevant für die kontrollierte GVO-Inaktivierung wie diese bei dem Unternehmen durchgeführt wird oder zukünftig neu organisiert werden soll.

5.10.7. VERORDNUNG (EG) NR. 1981/2006

VERORDNUNG (EG) Nr. 1981/2006 DER KOMMISSION

vom 22. Dezember 2006

mit Durchführungsbestimmungen zu Artikel 32 der Verordnung (EG) Nr. 1829/2003 des Europäischen Parlaments und des Rates über das gemeinschaftliche Referenzlaboratorium für gentechnisch veränderte Organismen

idF: Durchführungsverordnung (EU) Nr. 503/2013 vom 8. Juni 2013

ANHANG II

Nationale Referenzlaboratorien, die das GRL bei der Testung und Validierung der Nachweis- und Identifizierungsmethoden gemäß Artikel 6 Absatz 1 unterstützen

Österreich

- Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH —
Kompetenzzentrum Biochemie (AGES - CC BIOG),
- Umweltbundesamt GmbH;

Kommentar:

Umfang: 15 Seiten, nicht relevant für die kontrollierte GVO-Inaktivierung wie diese bei dem Unternehmen durchgeführt wird oder zukünftig neu organisiert werden soll.

5.10.8. INTEGRIERTE VERMEIDUNG UND VERMINDERUNG DER UMWELTVERSCHMUTZUNG (IVU)

5.10.8.1. Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken für die Herstellung organischer Feinchemikalien

Für die Ausarbeitung der unterschiedlichen Lösungen sind die Rahmenbedingungen einer IPPC-Anlage (Integrated Pollution Prevention and Control, eine EG-Richtlinie: RL 96/61/EG: IVU-Richtlinie, dt. *integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung*) zu betrachten, da es sich auch bei dem Projekt um eine IPPC-Anlage handelt und deswegen die BVT-Dokumente anwendbar.

Die Ausarbeitung zu den relevanten Kapiteln ist in Kapitel 0.

5.10.9. *WEITERE BVT-MERKBLÄTTER. ÜBERSETZUNG DER BREFS DER EUROPÄISCHEN KOMMISSION*

In dieser Arbeit wurden folgende Merkblätter auch berücksichtigt:

- Umweltbundesamt: Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken für Abfallbehandlungsanlagen (BVT Abfallbehandlung). Dessau: August 2006.
- Umweltbundesamt: BVT-Merkblatt zu Abwasser- und Abgasbehandlung/-management in der chemischen Industrie. Berlin: Februar 2003

5.10.10. *WEITERE RELEVANTE DEUTSCHE GESETZESTEXTE UND VORSCHRIFTEN, WELCHE BEI DER PROBLEMLÖSUNG ALS GRUNDLAGEN DIENEN:*

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit: Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft). GMBI. 2002, Heft 25–29, S. 511–605 vom 24.07.2002. Köln: Carl Heymanns Verlag, 2002.

Normen und Richtlinien:

- ÖNORM M 7140:2013. Betriebswirtschaftliche Vergleichsrechnung für Energiesysteme nach dynamischen Rechenmethoden. Wien: Österreichisches Normungsinstitut (ON), 2013.
- VDI 2067-1:2000. Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen: Grundlagen und Kostenberechnung. Düsseldorf: Verein Deutscher Ingenieure, 2000.

SCHLUSSFOLGERUNGEN

Im Zuge der Diplomarbeit wurde für ein bestehendes Abwasserproblem in einem pharmazeutischen Unternehmen mit vier unterschiedlichen Abwasserströmen eine passende Lösung gefunden. Durch die parallele Produktion von mehreren Produkten weisen die Abwasserströme sehr unterschiedliche Zusammensetzungen, welche sich in ihren Eigenschaften, wie pH-Wert täglich mehrmals änderten. Der erste Abwasserstrom (BAS) wird als gefährlicher und flüssiger Abfall definiert. Der zweite Abwasserstrom (BAU) enthält einen höheren Lösemittelgehalt und enthält keine genetisch veränderte Mikroorganismen (GVO). Abwasserstrom Nummer Drei (BAN) enthält weder GVO noch Lösungsmittel - nachdem es neutralisiert und gekühlt wurde, kann es in den öffentlichen Kanal eingebracht werden. Der vierte Abwasserstrom (BAI) ist mit GVO kontaminiert.

Das Problem hierbei ist eine Lösung zu finden, welche die technische Realisierbarkeit mit den rechtlichen Rahmenbedingungen, sowie auch mit der wirtschaftlichen Analyse zu vereinen.

Hierbei wurde auf Kosten, sowie auch auf eine gewährte Sicherheit überprüft. Aus der detaillierten Betrachtung der relevanten Behandlungsmethoden stellt sich heraus, dass das optimale Verfahren für die untersuchte Problemstellung die thermische oder chemische Inaktivierung ist. Zwar stellt sich die thermische Inaktivierung als kostengünstigere Variante heraus, jedoch ist mit dieser Variante keine vollständige Auflösung der Mikroorganismen gewährleistet. Diese Sicherheit kann die chemische Inaktivierung garantieren. Des Weiteren ist zu beachten, dass es bei der thermischen Durchlaufanlage aus Erfahrungswerten Probleme mit den Verschmutzungen bei dem anschließenden Wärmetauscher gibt.

Für die Inaktivierung des BAS ist durch die Studie hervorgegangen, dass eine chemische Inaktivierung am Standort in Form einer Batchanlage und anschließender Abholung durch den externen Entsorger am sinnvollsten ist. Zu beachten ist jedoch die Menge an BAS aus dem Gebäude 1. Sollte diese Menge nach aktuellem Wert gleich bleiben, so ist eine externe Entsorgung aus wirtschaftlichen und logistischen Gründen

nicht empfehlenswert. Eine passende Alternative hierfür wäre eine Kläranlage (z.B. in Containerform) am Standort, welche idealerweise das BAS auf einen einleitefähigen Zustand bringt. Um dies weiter zu verfolgen, müssen jedoch die Parameter, vor allem die Menge von Gebäude 1, bekannt sein.

Das BAI kann je nach zukünftiger Mengenentwicklung mittels thermischem Batch-Verfahren entweder im Gebiet 1 oder auf dem dafür vorgesehenen Grundstück inaktiviert werden. Für beide Fälle würde sich eine Wärmerückgewinnung als sinnvoll erweisen. Diese würde eine Reduktion der Zykluszeit und somit eine Erhöhung des Anlagendurchsatzes mit sich bringen.

Zur Behandlung des BANs konnten Schwefelsäure und Kalkmilch ausgeschlossen werden, da weder der Sulfat- noch der Feststoffgehalt im Abwasser erhöht werden soll. Bevorzugt wird der Einsatz von Salzsäure und Natronlauge zur Neutralisation. Um die gegenwärtige Situation zu optimieren, muss die Konzentration der beiden Chemikalien erhöht werden. Weiters ist eine Umstellung von GMP-Standard auf technische Qualität empfehlenswert, da sie einen erheblichen Kostenvorteil mit sich bringt. Bei einer Konzentrationserhöhung von 32 % auf 50 % wird eine Einsparung der Natronlauge von 37 % erreicht. Für dieselbe stöchiometrische Wirkung liegt die Volumenersparnis bei 43 %. Bezieht man den Kostenvorteil der technischen gegenüber der GMP-Qualität mit ein, ergibt sich ein Gesamtkostenvorteil für Natronlauge von ca. 75 %. Würde man für die andere Chemikalie, Salzsäure, eine Konzentrationserhöhung von 34 % auf 37% vornehmen, so würde sich eine Kosteneinsparung von ca. 15 % ergeben. Dieser Kostenvorteil basiert, wie auch bei der Natronlauge, aufgrund der Volumeneinsparung. Bezieht man den Kostenvorteil der technischen gegenüber der GMP-Qualität mit ein, ergibt sich ein Gesamtkostenvorteil für Salzsäure von ca. 85 %. Dieser Wert ist vor allem den derzeit sehr niedrigen Preisen für Salzsäure technischer Qualität geschuldet.

Die anlagentechnische Umsetzung der Neutralisation des BANs ist als Durchlaufanlage sinnvoll, da diese Variante weniger Platz benötigt und für die vorgegebenen Abwassermengen üblich und etabliert ist. Dies bezüglich wäre eine Kombination einer

Durchlaufanlage mit CO₂ und NaOH als Neutralisierungsmittel die günstigste Option, welche auch durch die Einsparung von CO₂ förderungsfähig ist.

Mit der Realisierung der CO₂-Neutralisation kann die Förderung zur „Reduktion klimarelevanter Gase“ in Anspruch genommen werden. Mit einer realistisch angesetzten BAN -Durchschnittsmenge von 67 m³/h ergibt sich für den notwendigen CO₂-Verbrauch pro Jahr eine Menge von ca. 75 t. Durch eine Förderung von BMLFUW würde dies eine Einsparung von etwa 90.000 € pro Strang bedeuten. Bevor die Realisierung einer solchen Anlage stattfindet, muss eine Abwasseranalyse durchgeführt werden. Dadurch kann man die genaue Mengen an CO₂ bestimmen und das Einsparungspotential gegenüber der Variante mit HCl. In diesem Vergleich spielt die Förderung eine wichtige Rolle, da sich ohne Förderung die Umsetzung einer CO₂-Anlage in einem Vergleichszeitraum von 10 Jahren gerade so auszahlt. Zur Not muss HCl vorgelagert werden, um bei Ausfall des Abgasstroms das BAN weiterhin neutralisieren zu können. Hier reicht ein Volumen mit 37 %iger HCl von 2 m³ aus, um über einen Zeitraum von knapp 4 Tagen (bei 67 m³/h BAN) den Betrieb der Abwasseranlage sicherstellen zu können. Je nach Umsetzung der Rohrleitungsspülung müssen auch bei Realisierung der CO₂-Neutralisation zusätzlich mehrere m³ HCl vorgehalten werden.

LITERATURVERZEICHNIS

- Abwassertechnische Vereinigung (Hg.) (1986): Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik. Organisch verschmutzte Abwässer sonstiger Industriegruppen. 3. Aufl. 7 Bände: Ernst & Sohn (6).
- Abwassertechnische Vereinigung (Hg.) (1997): Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik. Biologisch-chemische und weitergehende Abwasserreinigung. Berlin: Ernst & Sohn (4).
- Abwassertechnische Vereinigung (Hg.) (1999): Industrieabwasser. Grundlagen. 4. Aufl.: Ernst & Sohn.
- AW-Abwasser-Wasser-Technik GmbH (2016): Neutralisationsanlagen. Hamburg. Online verfügbar unter http://www.awwater.de/awwater/products_de_neutral.html], zuletzt geprüft am 27.01.2017.
- Baukosteninformationszentrum Deutscher Architektenkammern: BKI Baukosten 2015.
- Brauer, Heinz (1996): Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik. Additiver Umweltschutz: Behandlung von Abwässern. Berlin, Heidelberg: Springer (4).
- Bundesministerin für Gesundheit und Frauen (12.12.2015): Gentechnik-Kennzeichnungsverordnung - Verordnung über die Kennzeichnung von Erzeugnissen, die aus gentechnisch veränderten Organismen bestehen oder solche enthalten, vom BGBl. II Nr. 5/2006, S. 1–2.
- Bundesministerin für Gesundheit und Konsumentenschutz (12.12.2015): Verordnung über das Anhörungsverfahren gemäß dem Gentechnikgesetz. Anhörungsverordnung, vom BGBl. II Nr. 61/1997, S. 1–3.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft: Technische Anleitung zur Begrenzung von Abwasseremissionen aus Arbeiten mit gen-technisch veränderten Organismen, vom BGBl. II Nr. 350/1997, S. 1–21. Online verfügbar unter <https://www.bmlfuw.gv.at/wasser/wasserqualitaet/abwasserreinigung/tierproduktion.html>, zuletzt geprüft am 27.01.2017.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (24.07.2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft). Online verfügbar unter http://www.verwaltungsvorschriften-im-internet.de/bsvwvbund_24072002_IGI2501391.htm, zuletzt geprüft am 28.01.2017.
- Bundesministers für soziale Sicherheit und Generationen (10.12.2015): Systemverordnung 2002 - Verordnung über die Sicherheit bei Arbeiten mit gentechnisch veränderten Organismen in geschlossenen Systeme, vom BGBl. II Nr. 431/2002, S. 1–20.
- Bundesverband der Deutschen Kalkindustrie e.V. (2014): Hinweise zur Dosierung und Bevorratung von Kalkprodukten. Köln. Online verfügbar unter <http://www.kalk.de/service/publikationen/fachpublikationen/kalk-allgemein/>, zuletzt geprüft am 28.01.2017.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV): GESTIS-Stoffdatenbank. Hg. v. Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA). Berlin. Online verfügbar

unter

[http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates\\$fn=default.htm\\$3.0](http://gestis.itrust.de/nxt/gateway.dll/gestis_de/000000.xml?f=templates$fn=default.htm$3.0), zuletzt geprüft am 27.01.2017.

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. (2013): Merkblatt DWA-M-205. Desinfektion von biologisch gereinigtem Abwasser. Hennef.

Förtsch, Gabi; Meinholz, Heinz (2014): Handbuch betrieblicher Gewässerschutz. 1. Aufl. Wiesbaden: Springer, zuletzt geprüft am 27.01.2017.

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik (2013): Schonende Pasteurisierung von Milch mit Mikrowellen. Stuttgart. Online verfügbar unter <http://www.pharma-food.de/texte/anzeigen/7590>, zuletzt geprüft am 27.01.2017.

GTec Wasseraufbereitung GmbH: Neutralisationssysteme. Online verfügbar unter <http://www.gtec-gmbh.de/neutralisation.html>, zuletzt geprüft am 27.01.2017.

Hartinger, Ludwig (Hg.) (1976): Taschenbuch der Abwasserbehandlung. für die metallverarbeitende Industrie. Chemie. 2 Bände. München, Wien: Carl Hanser (1).

Hartinger, Ludwig (Hg.) (1977): Taschenbuch der Abwasserbehandlung. für die metallverarbeitende Industrie. Technik. 1. Aufl. 2 Bände. München, Wien: Carl Hanser (2).

Institut für Wassergüte (2015): Biologie und Chemie in der Wassergütwirtschaft. Technische Universität Wien, 2015.

Kommunalkredit Public Consulting GmbH: Auskopplung, Einspeisung und Verteilnetze zur Abwärmenutzung. Online verfügbar unter <https://www.umweltfoerderung.at/betriebe/abwaermeauskopplung/navigator/waerme/abwaermeauskopplung-und-verteilnetze-1.html>, zuletzt geprüft am 27.01.2017.

Kommunalkredit Public Consulting GmbH: Förderungsrechtlinien 2015 für die Umweltförderung im Inland. UFG, S. 1–14. Online verfügbar unter <https://www.umweltfoerderung.at/rechtliche-grundlagen-ufi.html>, zuletzt geprüft am 28.01.2017.

Kommunalkredit Public Consulting GmbH: Vermeidung, stoffliche und thermische Verwertung, sonstige Behandlung. Online verfügbar unter <https://www.umweltfoerderung.at/betriebe/gebraehrliche-abfaelle/navigator/luft-laerm-abfall/gebraehrliche-abfaelle-1.html>, zuletzt geprüft am 27.01.2017.

Meinck, Fritz; Stooff, Hans; Kohlschütter, Heinrich (1960): Industrie-Abwässer. 3. Aufl. Stuttgart: Fischer.

Ministerium für ein lebenswertes Österreich: Effiziente Heizwerke. Online verfügbar unter http://www.klimaaktiv.at/erneuerbare/effiziente_heizwerke.html, zuletzt geprüft am 27.01.2017.

Rieger, Andreas; Pollinger, Markus; Birner, Matthias (2008): Ammoniak – NH₃. Universität Regensburg, Institut für Anorganische Chemie. Regensburg. Online verfügbar unter <http://docplayer.org/6791718-Ammoniak-nh-3-eigenschaften-1-3.html>, zuletzt geprüft am 28.01.2017.

Rießner-Gase GmbH & Co (2011): CO₂-Neutralisation. Lichtenfels. Online verfügbar unter http://www.riessner.de/documents/beratung/gd.02.02a_co2-neutralisation-0311.pdf, zuletzt geprüft am 27.01.2017.

Umweltbundesamt (Dezember 2005): Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU) Merkblatt über die besten verfügbaren Techniken für die Herstellung organischer Feinchemikalien, S. 1–460. Online verfügbar unter <http://www.bvt.umweltbundesamt.de/kurzue.html>, zuletzt geprüft am 28.01.2017.

Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von Arzneimitteln und Kosmetika und deren Vorprodukten (04.09.2015): AEV Pharmazeutika, vom BGBl. II Nr. 212/2000, S. 1–7.

Wagner, Martina; Menapace, Hannes; Frate, Roman (2010): Stand der Technik bei der chemisch-physikalischen Behandlung von flüssigen Abfällen. Hg. v. Institut für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik der Montanuniversität Leoben. Online verfügbar unter http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at/cms/dokumente/11270827_135033048/b1aa5b46/Endversion%20SdT-Studie%20CP-Anlagen%20100130%20Deckblatt_.pdf, zuletzt geprüft am 28.01.2017.

Wintermantel, Erich; Suk-Woo Ha (2009): Medizintechnik. Life Science Engineering. 4. Aufl.: Springer.

ABKÜRZUNGEN

% v/v. Volumsprozent

AOX...Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (Chlor-, Brom- und Iodverbindungen)

BAIBiologisches Abwasser, inaktivierungspflichtig

BAN...Biologisches Abwasser, neutralisierungspflichtig

BAS ...Sonderabwasser

BAU...Biologisches Abwasser, lösemittelhaltig

BGBI..Bundesgesetzblatt

BHKW.Blockheizkraftwerk

BTXE . aromatische Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol, Ethylbenzol und die Xylole

CES....CES clean energy solutions GesmbH

CIPCleaning in Place

COD ..chemical oxygen demand (dt. CSB)

CP-Anlage ... chemisch-physikalische Anlage

CSB ...Chemischer Sauerstoffbedarf (engl. COD)

GMBI.Gemeinsames Ministerialblatt

GMP..Good Manufacturing Practice, gute Herstellungspraxis bei der Herstellung von Arzneimitteln, Medizinprodukten, Arzneistoffen, Kosmetika sowie Lebensmitteln und Futtermitteln

GVO ..Gentechnisch veränderter Organismus

GW---Gereinigtes Wasser

Hrsg. .Herausgeber

idF.....in der Fassung

MO....Mikroorganismen

n.a.g..nicht anderweitig genannt

NA.....Normalabwasser

PAK ...Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

SMP ..Site Master Plan

StF.....Stammfassung

WRG . Wärmerückgewinnung

6. ANNEX 1

6.1. KONZEPTAUSARBEITUNG OHNE ABWASSERMENGEN AUS GEBÄUDE 1

6.1.1. BAN

Das gesamte BAN aus Gebiet 1 und Gebiet 2 wird gesammelt und neutralisiert und gekühlt. Danach wird es in den Kanal eingeleitet. Die bestehenden Sammelbehälter im Gebiet 1 und Gebiet 2 fungieren dabei als Hebeanlagen, von denen aus das BAN über Rohrbrücken befördert wird.

Die Anlagen auf der freiliegenden Grundstücksfläche dienen zur Neutralisation des BANs und können wie bereits erwähnt als Batch- oder als Durchlaufanlagen konzipiert werden. Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden Systemen ist der geringere Platzbedarf einer Durchlaufanlage. Fallen kontinuierlich größere Mengen an Abwasser an, ist der Einsatz einer solchen Anlage sinnvoll. Bei einem Einsatz von Kalk kann bei vermehrtem Schlammanfall ein Nachklärbecken notwendig werden. Durch die geringen prognostizierten Mengen an ausfallenden Stoffen im BAN wurde in der Kostengegenüberstellung kein solches Becken berücksichtigt.

Die angegebenen Behältervolumen sind Bruttowerte, die Anlagendurchsätze und Puffervolumen wurden mit den Nettowerten ermittelt.

TABELLE 45: VARIANTEN BAN

Variante	Beschreibung
1.1	HCl + NaOH Batch
1.2	HCl + NaOH Durchlauf
2.1	H ₂ SO ₄ + NaOH Batch
2.2	H ₂ SO ₄ + NaOH Durchlauf
3.1	CO ₂ + NaOH Batch
3.2	CO ₂ + NaOH Durchlauf
4	HCl + Ca(OH) ₂ Batch
5	H ₂ SO ₄ + Ca(OH) ₂ Batch
6	CO ₂ + Ca(OH) ₂ Batch

Die Batchanlagen werden nach dem in Abbildung 28 dargestellten Layout konzipiert. Für Kalk als Neutralisationsmittel wird im Gegensatz zur Natronlauge der zusätzliche anlagentechnische Aufwand zur Herstellung und Förderung der Kalkmilch sowie ein Rührer im Lagerbehälter benötigt.

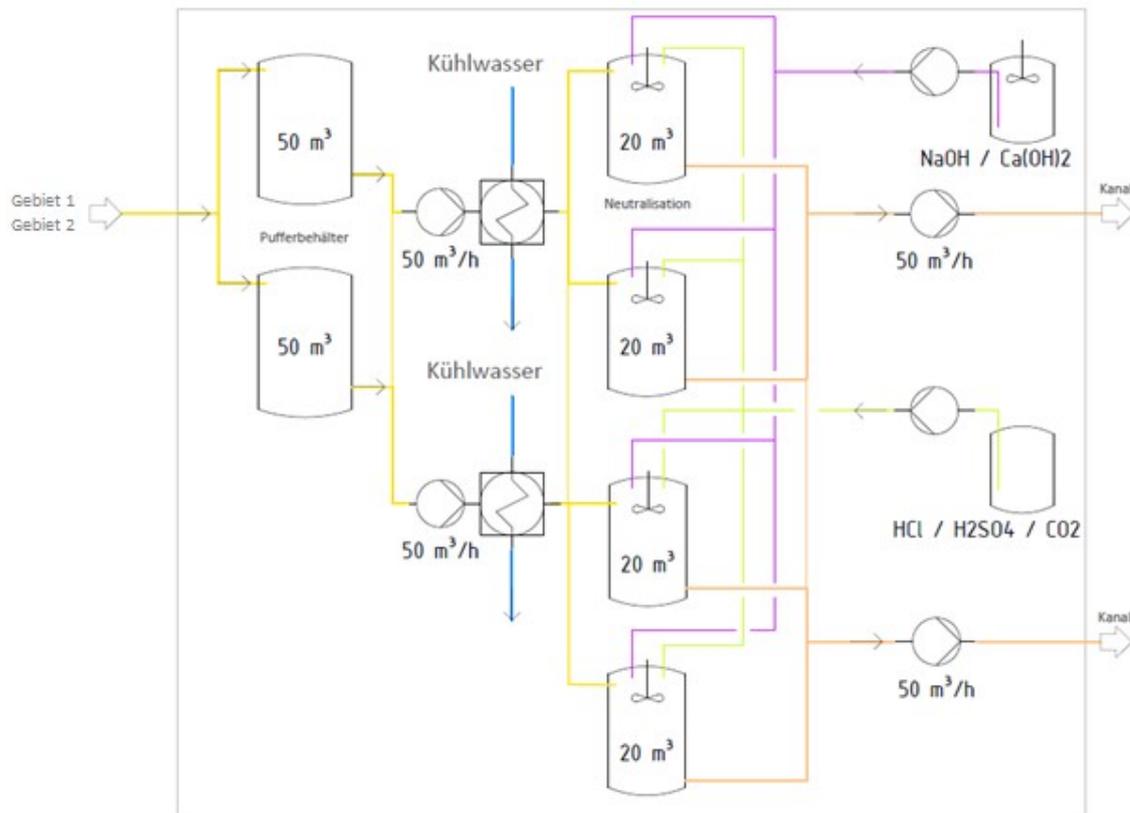


ABBILDUNG 44: BAN BATCHANLAGEN

Zwei der Batch-Behälter können die Grundlast an BAN von $40 \text{ m}^3/\text{h}$ neutralisieren. Dazu ist die abwechselnde Befüllung und Entleerung der Behälter mit $50 \text{ m}^3/\text{h}$ ausreichend. Die Pumpen sind jeweils redundant ausgeführt. Die Neutralisationsanlage wird in 2 Stränge aufgeteilt, wobei jeder Strang eine Neutralisation von ca. $70 \text{ m}^3/\text{h}$ erlaubt. Bei längerem Betrieb mit Spitzenlast können pro Strang je beide Pumpen zur Befüllung verwendet werden. Damit ist eine Durchsatzmenge von ca. $140 \text{ m}^3/\text{h}$ erreichbar. Jede Pumpe kann auch für den jeweils anderen Strang verwendet werden. Sollte ein Strang komplett ausfallen, ist genug Puffer vorhanden, um die Spitzenmenge von $130 \text{ m}^3/\text{h}$ für mehr als 1,5 h abzufangen (bzw. die verbleibende Mehrmenge von $70 \text{ m}^3/\text{h}$). Aus den bisherigen Betriebsdaten erfolgte niemals eine annähernd lange

konstant hohe Abwasserspitze, bezogen auf die derzeitigen Spitzenmengen. Somit kann die gewählte Menge von $70 \text{ m}^3/\text{h}$ als solide Redundanz angesehen werden.

Jeder redundanten Pumpe nach den Pufferbehältern muss ein Wärmetauscher nachgeschaltet werden. Mit der Annahme einer maximalen Abwassertemperatur von 40 °C muss jeder Wärmetauscher für die maximale Durchflussmenge von $50 \text{ m}^3/\text{h}$ eine Leistung von 580 kW aufweisen. Die Anlagendaten sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben.

TABELLE 46: VARIANTEN BAN BATCH

Varianten Batch	
2 x Pufferbehälter	50 m^3
8 x Pumpen	$50 \text{ m}^3/\text{h}$
4 x Neutralisationsbehälter	20 m^3
Anlagendurchsatz	$140 \text{ m}^3/\text{h}$
Puffervolumen	106 m^3
Pufferdauer ($138 \text{ m}^3/\text{h}$)	0,8 h
Turmwasserverbrauch pro Strang ($1 \times 130 \text{ m}^3/\text{h}$)	$38 \text{ m}^3/\text{h}$

Bei der Durchlaufvariante werden deutlich kleinere Behälter benötigt. Für den Redundanzgedanken gilt dieselbe Annahme wie für den Batch-Betrieb. Das Anlagenlayout ist in Abbildung 29 dargestellt.

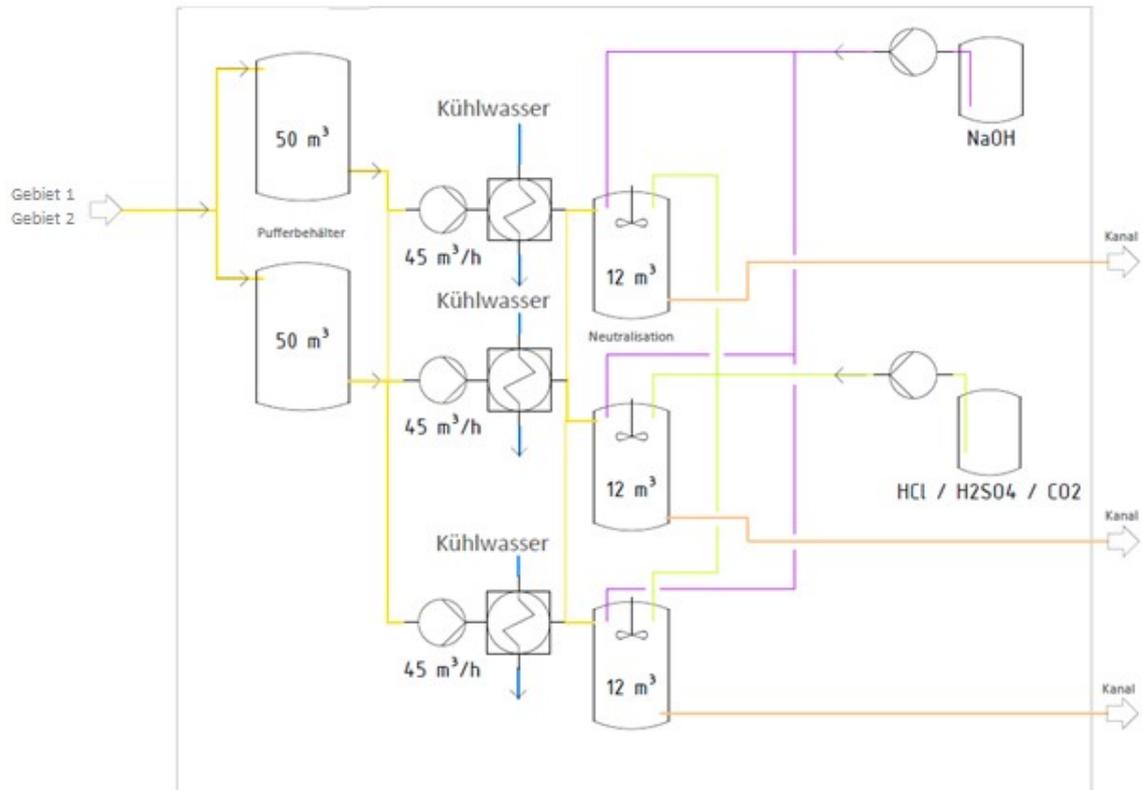


ABBILDUNG 45: BAN DURCHLAUFANLAGEN

Jeder Durchlauf-Behälter kann $45 \text{ m}^3/\text{h}$ neutralisieren. Die Pumpen sind jeweils redundant ausgeführt. Die Neutralisationsanlage wird in 3 Stränge aufgeteilt, wobei jeder Strang eine Neutralisation von ca. $45 \text{ m}^3/\text{h}$ erlaubt. Bei längerem Betrieb mit Spitzenlast können pro Strang je beide Pumpen über separate Leitungen zur Befüllung verwendet werden. Damit ist eine Durchsatzmenge von $135 \text{ m}^3/\text{h}$ erreichbar. Jede Pumpe kann auch für den jeweils anderen Strang verwendet werden. Sollte ein Strang komplett ausfallen, ist genug Puffervolumen vorhanden, um bei einem Spitzenmengenanfall von $130 \text{ m}^3/\text{h}$ die verbleibende Mehrmenge von $45 \text{ m}^3/\text{h}$ für ca. 2,5 h abzufangen. Ein längerer Anfall einer solch hohen Menge an BAN ist nicht zu erwarten.

Jeder redundanten Pumpe nach den Pufferbehältern muss ein Wärmetauscher nachgeschaltet werden. Mit der Annahme einer maximalen Abwassertemperatur von $40 \text{ }^\circ\text{C}$ muss jeder Wärmetauscher für die maximale Durchflussmenge von $45 \text{ m}^3/\text{h}$ eine Leistung von 520 kW aufweisen. Die Anlagendaten sind in der nachfolgenden Tabelle angegeben.

TABELLE 47: VARIANTEN BAN DURCHLAUF

Varianten Durchlauf	
2 x Pufferbehälter	50 m ³
12 x Pumpen	45 m ³ /h
3 x Neutralisationsbehälter	12 m ³
Anlagendurchsatz	140 m ³ /h
Puffervolumen	106 m ³
Pufferdauer (130 m ³ /h)	0,8 h
Turmwasserverbrauch pro Strang (1 x 45 m ³ /h)	34 m ³ /h

Eine alternative Ausführung der Durchlaufanlage ist jene mit einem oder zwei Strängen und Durchsatzmengen von 1 x 130 m³/h bzw. 2 x 65 m³/h.

Das zur Neutralisation notwendige Abgas wird aus dem Hauptabgasstrom entnommen und dem Abwasser zugeführt. Die Natronlauge wird im selben Reaktionsbehälter zu dosiert. Es ist kein Rührwerk notwendig. Die Kosten für eine solche Behandlungsanlage liegen bei ca. 320.000 € für die Variante mit 130 m³/h und bei 250.000 € für 65 m³/h. Da bei Realisierung dieser Variante beide der derzeit geplanten BHKW abgasseitig angezapft werden müssten, werden zur Absicherung Doppelklappen in den Leitungen notwendig.

Die BAN-Kühlung benötigt bei einer angenommenen Maximaltemperatur von 40 °C ca. 750 kW pro redundanten Strang. Das entspricht einem Turmwasservolumenstrom von ca. 50 m³/h. Da aus den GW-Anlagen Verwurfswässer anfallen, könnten auch diese zur Kühlung verwendet werden. Diese fallen insgesamt mit ca. 20 m³/h bzw. 32 % der Gesamtwassermenge (Menge vor den Umkehrosmoseanlagen) an. Somit lassen sich über 30 % der gesamten notwendigen Kühlwassermenge mit Verwurfswasser abdecken.

Da eine CO₂-Neutralisationsanlage ohne Pufferbehälter und sonstige Nebenaggregate nur ca. 15 bis 20 m² benötigt, ergeben sich in etwa dieselben Investitionskosten wie für die alternative Durchlaufneutralisation mit drei Behältern.

6.1.2. KOSTENVERGLEICH BAN

Für CO₂ wurden keine Kosten angesetzt, da von einer Einleitung von Abgas in das Abwasser ausgegangen wird. Allerdings wurde bereits ein Fördersatz von 30 % auf die CO₂-Neutralisationsanlagen berücksichtigt.

Für den Kostenvergleich wurden die für jede Variante optimale Anlagenkonfiguration gewählt. Damit ergeben sich für den Einsatz von NaOH Durchlaufanlagen, für den Einsatz von Ca(OH)₂ Batch-Anlagen. Dort wo eine Durchlaufanlage sinnvoll umsetzbar ist, können etwa 5–10 % höhere Kosten für eine gleichwertige Batch-Anlage angenommen werden. Hauptsächlicher Kostenfaktor ist der höhere Platzbedarf einer Batch-Anlage.

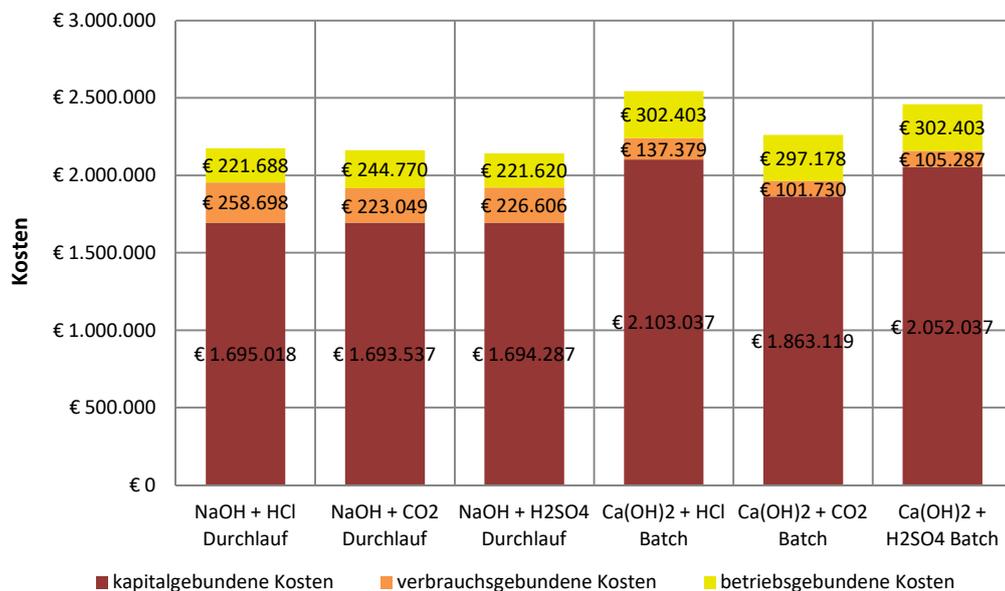


ABBILDUNG 46: KOSTENGEGENÜBERSTELLUNG BAN (10 JAHRE) OHNE MENGEN VON GEBÄUDE1

Aus dem Kostenvergleich geht hervor, dass die Neutralisation mit Kalk etwas höhere Investitionskosten erfordert. Die Mehrkosten entstehen hauptsächlich durch die Anlagentechnik und den höheren Platzbedarf. Die Varianten mit NaOH liegen sehr eng beisammen, da die Anlagentechnik sehr ähnlich ist bzw. im Fall von CO₂ dieselben Kosten erreicht.

Am günstigsten ist Variante 2.2, gefolgt von Variante 3.2. Der Schwefelsäureverbrauch ist durch die hohe Konzentration sehr gering. Aufgrund der Energiekosten für den notwendigen Verdichter ist somit die Durchlaufneutralisation mit NaOH + CO₂ nur die

zweitgünstigste. Die Wasserkosten zur Verdünnung der Schwefelsäure sind hier allerdings nicht berücksichtigt.

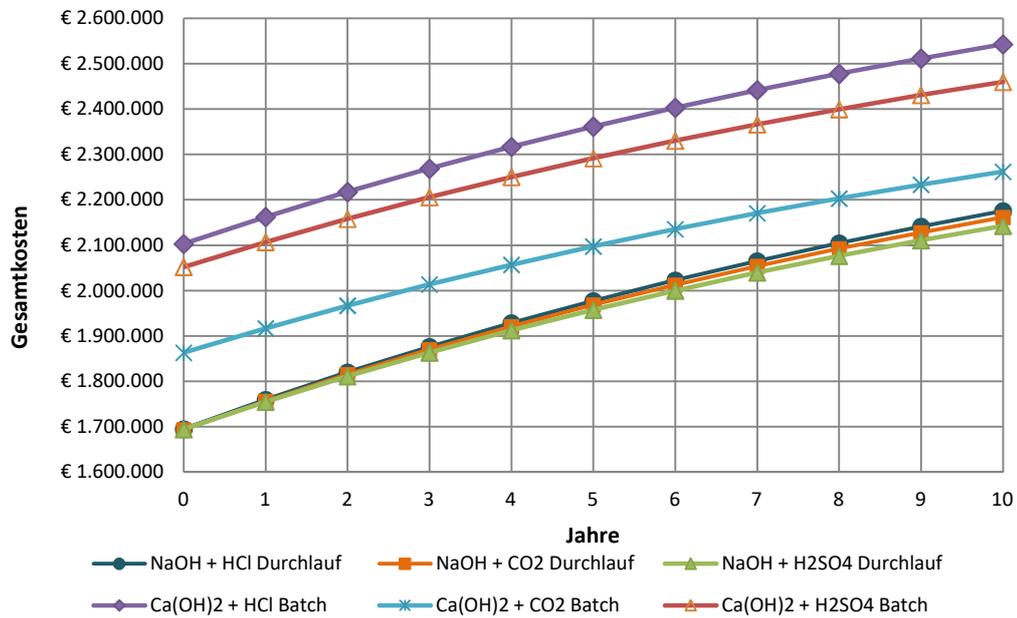


ABBILDUNG 47: REALE KOSTENENTWICKLUNG BAN OHNE MENGEN VON GEBÄUDE 1

Die betrachteten Varianten mit Durchlaufverfahren liegen Kostentechnisch deutlich unter jenen mit Batch-Anlagen. Da es unter den günstigsten Varianten keinen klaren Ausreißer in eine Richtung gibt, wird vorgeschlagen, auf das technologisch ausgereifteste Verfahren zurückzugreifen. Hier gehen die Durchlaufvarianten NaOH + HCl und NaOH + CO₂ als Favoriten hervor.

Der Kostenvergleich wurde auch mit einem internen Zinssatz von 5 % durchgeführt. An den obigen Aussagen ändert sich dabei nichts.

6.2. BAS

Das gesamte BAS aus Gebiet 1, Gebiet 2 und Process Science wird am auf dem freien Grundstück gesammelt und dort inaktiviert. Danach wird es in die Sammel tanks gefördert. Die bestehenden Sammelbehälter im Gebiet 1 und Gebiet 2 fungieren als Hebeanlagen, von denen aus das BAS über Rohrbrücken befördert wird.

Die Anlagen auf diesem Grundstück dienen zur Inaktivierung des BAS und können teilweise als Batch- oder als Durchlaufanlagen konzipiert werden. Nachfolgend werden die einzelnen Varianten näher erläutert. Die angegebenen Behältervolumen sind Bruttowerte, die Anlagendurchsätze und Puffervolumen wurden mit den Nettowerten ermittelt.

Da die Abwasserfraktionen aus Gebiet 1 und Gebiet 2 mit unterschiedlichen Anforderungen hinsichtlich pH-Wert und Haltedauer inaktiviert werden sollen, werden die Abwässer aus Gebiet 1 und Gebiet 2 in einem separaten Pufferbehälter gesammelt. Dadurch kann Natronlauge eingespart werden.

TABELLE 48: VARIANTEN BAS

Variante	Beschreibung
1.1	thermisch Batch
1.2	thermisch Durchlauf
2	NaOH Batch
3	NaOH + Ca(OH) ₂ Batch

6.2.1. VARIANTE 1.1

Diese Variante beschreibt die thermische Inaktivierung von BAS im Batch-Betrieb. Das Abwasser wird bei 121 °C in Rührbehältern mit Dampfplanten inaktiviert und anschließend über eine Wärmerückgewinnung auf < 60 °C gekühlt. Danach wird das Abwasser in die Sammel tanks transferiert. Kennzahlen zur Anlagenkonfiguration sind in Tabelle 49 und Abbildung 48 ersichtlich.

TABELLE 49: ANLAGENTECHNIK UND KENNZAHLEN VARIANTE 1.1

Variante 1.1	
2 x Pufferbehälter	30 m ³
4 x Pumpen	30 m ³ /h
2 x Inaktivierungsbehälter mit Rührwerk und Dampf injektion	5 m ³
Anlagendurchsatz	2,4 m ³ /h
Durchsatzreserve zu Abwasserprognose	15 %
Puffervolumen	147,2 m ³
Pufferdauer	2,9 Tage

Zum Puffervolumen zählen auch die als Hebeanlagen verwendeten Sammelbehälter im Gebiet 1 und Gebiet 2.

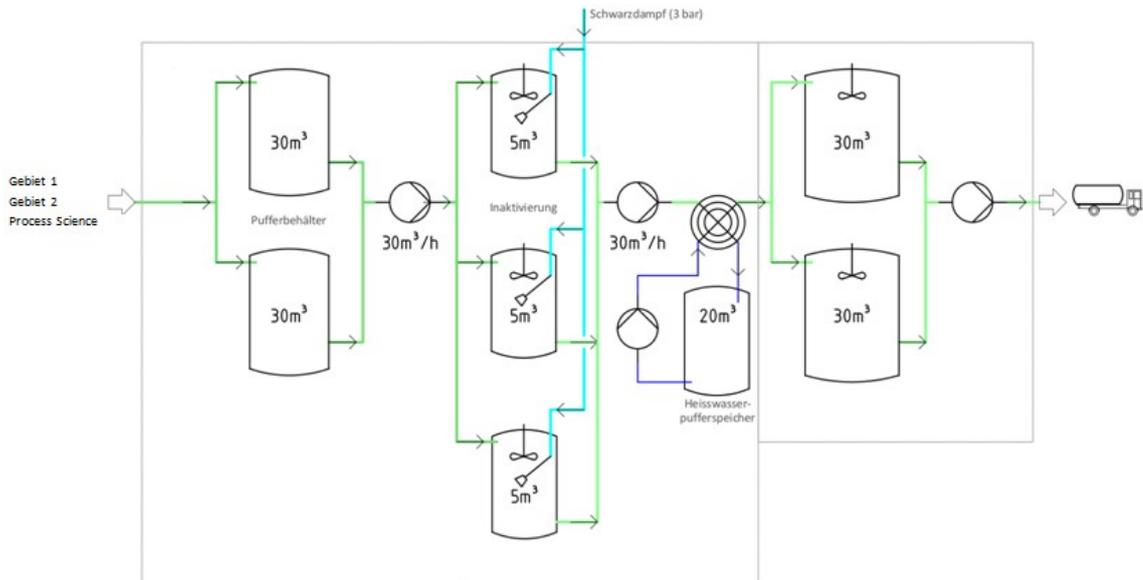


ABBILDUNG 48: BAS VARIANTE 1.1

Der Wärmerückgewinnung muss noch ein Wärmetauscher nachgeschaltet werden, sollte keine Wärmeabfuhr über den Speicher möglich sein.

6.2.2. VARIANTE 1.2

Diese Variante beschreibt die thermische Inaktivierung von BAS Abwasser im Durchlauf-Betrieb. Das Abwasser wird bei ca. 140 °C in einem Durchlaufsystem inaktiviert und anschließend über eine Wärmerückgewinnung auf < 60 °C gekühlt. Danach wird das Abwasser in die Sammel tanks transferiert. Kennzahlen zur Anlagenkonfiguration sind in Tabelle 50 und Abbildung 49 ersichtlich.

TABELLE 50: ANLAGENTECHNIK UND KENNZAHLEN VARIANTE 1.2

Variante 1.2	
2 x Pufferbehälter	30 m ³
4 x Pumpen	30 m ³ /h
2 x Durchlaufinaktivierung	2 m ³ /h
Puffervolumen	147,2 m ³
Pufferdauer	2,9 Tage

Auch bei dieser Variante wäre eine WRG umsetzbar. Durch bestehende Probleme mit der Verschmutzung des Wärmetauschers ist eine Realisierung dieser Variante erst nach ausgiebigen Tests denkbar.

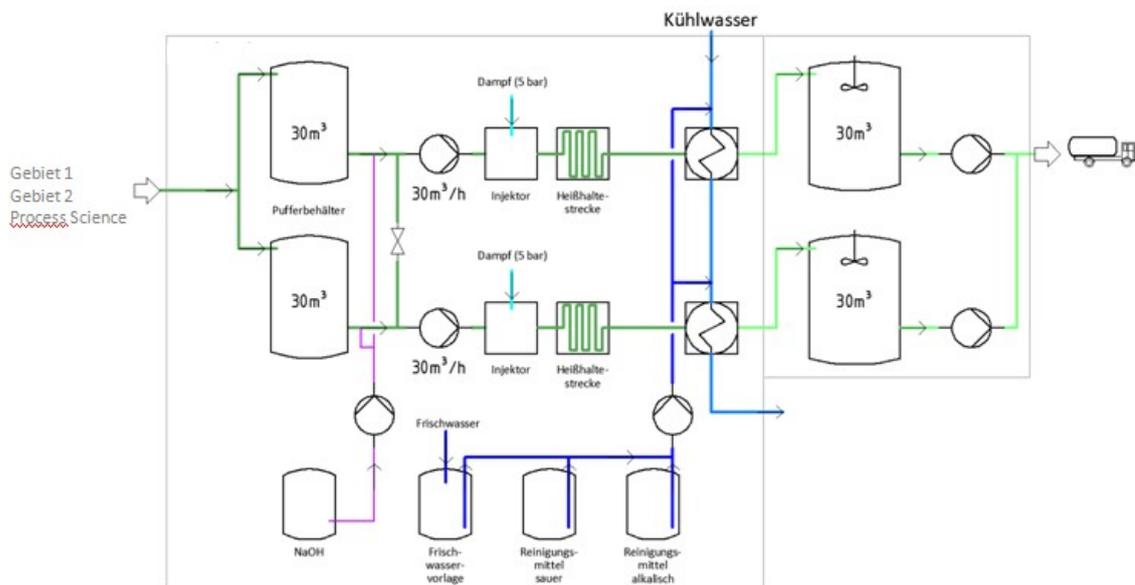


ABBILDUNG 49: BAS VARIANTE 1.2

6.2.3. VARIANTE 2

Diese Variante beschreibt die Inaktivierung von BAS mittels pH-Wert Erhöhung im Batch-Betrieb. Das Abwasser wird durch Natronlauge (50 %, technische Qualität) auf pH 13 bzw. pH 12 (je nach Anforderung) gebracht und für 60 bzw. 30 Minuten gehalten. Danach wird das Abwasser in die Sammel tanks transferiert. Kennzahlen zur Anlagenkonfiguration sind in den folgenden Abbildungen ersichtlich.

TABELLE 51: ANLAGENTECHNIK UND KENNZAHLEN VARIANTE 2

Variante 2	
2 x Pufferbehälter	30 m ³
4 x Pumpen	30 m ³ /h
2 x Inaktivierungsbehälter mit Rührwerk	5 m ³
Anlagendurchsatz	2,24 m ³ /h
Durchsatzreserve zu Abwasserprognose	8 %
Puffervolumen	147,2 m ³
Pufferdauer	2,9 Tage

Als Reserve ist auch die Installation eines 3. Inaktivierungsbehälters möglich.

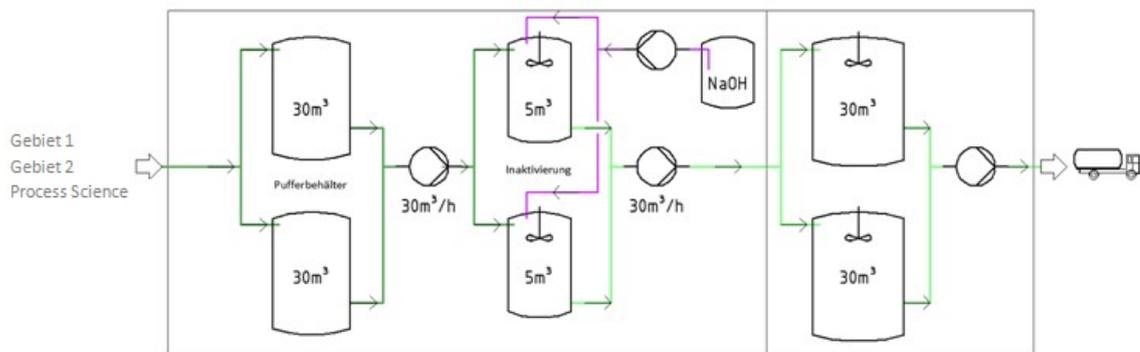


ABBILDUNG 50: BAS VARIANTE 2

6.2.4. VARIANTE 3

Diese Variante beschreibt die Inaktivierung von BAS mittels pH-Wert Erhöhung im Batch-Betrieb. Das Abwasser wird durch Natronlauge (50 %, technische Qualität) und Kalkmilch (10 %) auf pH 13 bzw. pH 12 (je nach Anforderung) gebracht und für 60 bzw. 30 Minuten gehalten. Danach wird das Abwasser in die Sammel tanks transferiert. Kennzahlen zur Anlagenkonfiguration sind in Tabelle 52 und Abbildung 51 ersichtlich.

TABELLE 52: ANLAGENTECHNIK UND KENNZAHLEN VARIANTE 3

Variante 3	
2 x Pufferbehälter	30 m ³
4 x Pumpen	30 m ³ /h
2 x Inaktivierungsbehälter mit Rührwerk	5 m ³
Anlagendurchsatz	2,24 m ³ /h
Durchsatzreserve zu Abwasserprognose	8 %
Puffervolumen	147,2 m ³
Pufferdauer	2,9 Tage

Als Reserve ist auch die Installation eines 3. Inaktivierungsbehälters möglich.

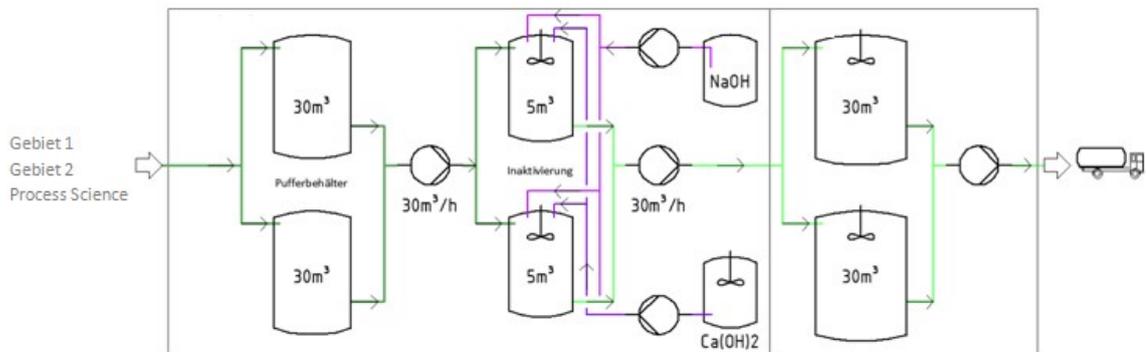


ABBILDUNG 51: BAS VARIANTE 3

6.2.5. KOSTENVERGLEICH BAS

Der Kostenvergleich wurde auf Basis der in Kapitel erläuterten Annahmen durchgeführt. Da keine Daten zur Ammoniak-Belastung bekannt sind, wurden die Kosten für einen Wäscher nicht berücksichtigt.

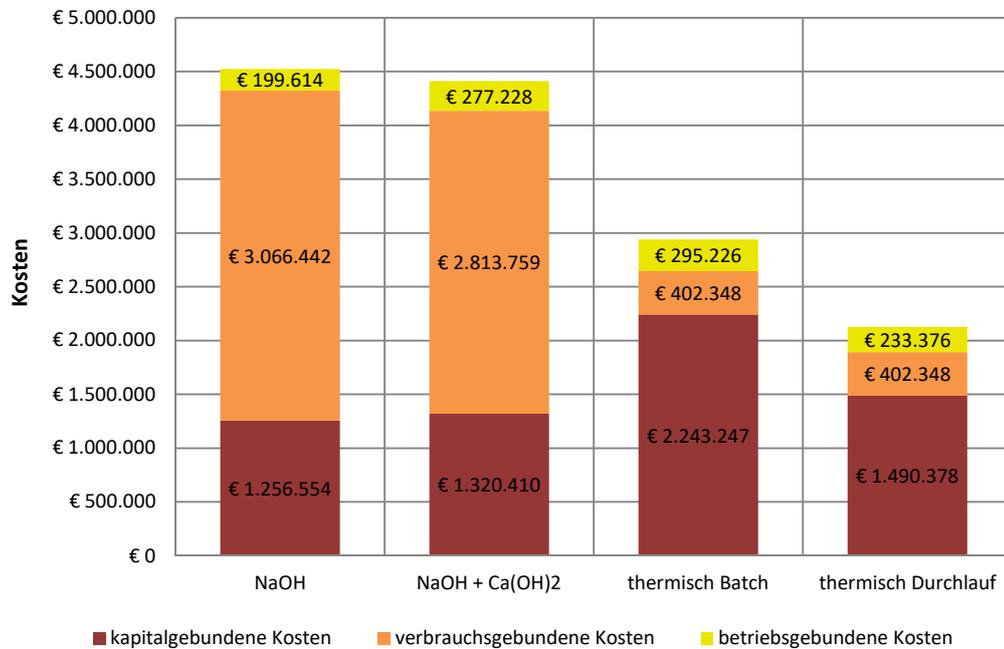


ABBILDUNG 52: KOSTENGEGENÜBERSTELLUNG BAS

Aus dem Kostenvergleich geht hervor, dass die thermische Inaktivierung mit höheren Investitionskosten verbunden ist. Da jedoch der Laugenbedarf sehr hoch ist, rechnet sich eine thermische Inaktivierung nach spätestens 3 Jahren.

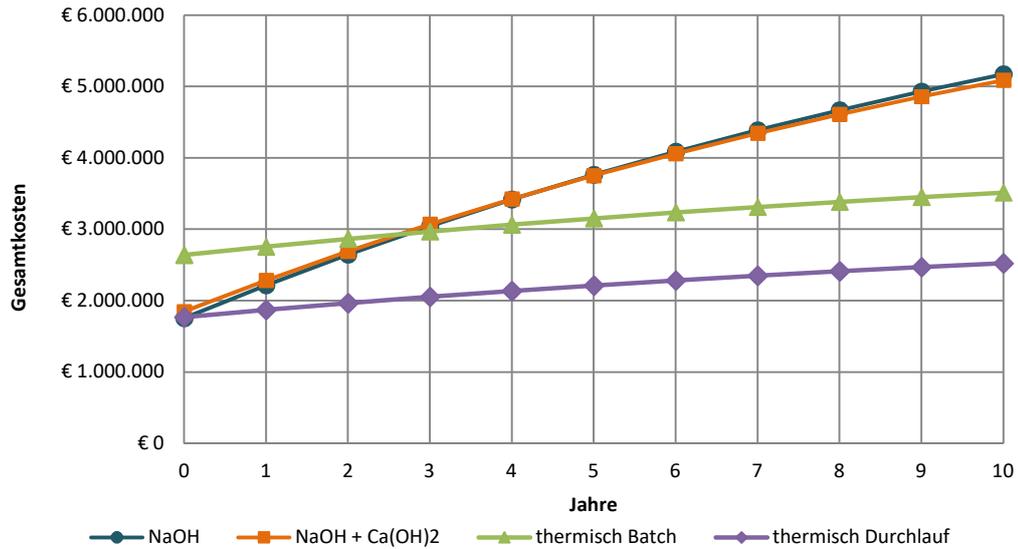


ABBILDUNG 53: REALE KOSTENENTWICKLUNG BAS

Die Kosten für eine thermische Durchlaufanlage liegen bei ca. 70 % von jenen einer Batchanlage. Die beiden Möglichkeiten zur chemischen Inaktivierung liegen sehr eng beisammen. Aufgrund prozesstechnischer Gegebenheiten ist zu prüfen, ob für die prognostizierten Mengen an Lösungsmittel einen Einsatz der thermischen Inaktivierung ermöglichen. Im Falle der chemischen Inaktivierung sollte auf das bewährte Verfahren mit NaOH zurückgegriffen werden.

Der Kostenvergleich wurde auch mit einem internen Zinssatz von 5 % durchgeführt. An den obigen Aussagen ändert sich dabei nichts.

6.2.6. ALTERNATIVE INAKTIVIERUNG VON BAS

Alternativ zu dem in dieser Studie verfolgten Konzept der zentralen Inaktivierung am Hopeland besteht die Möglichkeit, das BAS auch innerhalb der jeweiligen Gebäude zu inaktivieren.

Für das Gebiet 1 ergibt sich folgendes Szenario: Die beiden BAS-Neutralisationsbehälter mit je 6 m^3 Volumen können als Inaktivierungsbehälter genutzt werden, da das BAS zentral auf dem dafür vorgesehenen Grundstück neutralisiert wird. Die prognostizierte Menge an BAS aus dem Gebiet 1 beträgt ca. $0,54 \text{ m}^3/\text{h}$. Die Inaktivierung schafft ca. $2,3 \text{ m}^3/\text{h}$ und würde somit ausreichen.

Für das Gebiet 2 ergibt sich folgendes Szenario: Die beiden BAS-Neutralisationsbehälter mit je 10 m^3 Volumen können als Inaktivierungsbehälter genutzt werden, da das BAS zentral auf dem dafür vorgesehenen Grundstück neutralisiert wird. Die prognostizierte Menge an BAS aus dem Gebiet 2 beträgt ca. $0,65 \text{ m}^3/\text{h}$. Die Inaktivierung schafft ca. $3,1 \text{ m}^3/\text{h}$ und würde somit ausreichen.

Der Vorteil dieser Varianten liegt in der deutlich günstigeren Umsetzung. Das BAS aus den noch anderen Gebäuden muss allerdings in die Gebiete 1 und 2 geleitet werden, was wieder ein Verlassen des Gebäudes von GVO-belastetem Abwasser erfordert. Die NaOH Dosierung benötigt einen NaOH Tank vor Ort. Das bedeutet, dass NaOH aus dem zentralen Lager in einen kleineren Behälter in Gebiet 1 und 2 gefördert werden muss. Die Kosten für die Rohrleitungen sind relativ hoch, da auch eine Begleitheizung notwendig ist. Die NaOH Behälter müssten ein Volumen von ca. 10 m^3 haben um einen Wochenvorrat an NaOH vorzuhalten.

6.3. BAI

Das gesamte BAI aus dem Gebiet 1 wird am freien Grundstück gesammelt und dort inaktiviert. Danach wird es als BAN deklariert und in das BAN System eingeleitet. Der bestehende Sammelbehälter im Gebiet 1 fungiert als Hebeanlage, von denen aus das BAI über eine Rohrbrücke befördert wird.

Die Anlagen auf der freiliegenden Grundstücksfläche dienen zur Inaktivierung des BAIs und können teilweise als Batch- oder als Durchlaufanlagen konzipiert werden. Die angegebenen Behältervolumen sind Bruttowerte, die Anlagendurchsätze und Puffervolumen wurden mit den Nettowerten ermittelt. Nachfolgend werden die einzelnen Varianten näher erläutert.

TABELLE 53: VARIANTEN BAI

Variante	Beschreibung
1.1	thermisch Batch
1.2	thermisch Durchlauf
2	NaOH Batch
3	NaOH + Ca(OH) ₂ Batch

6.3.1. VARIANTE 1.1

Diese Variante beschreibt die thermische Inaktivierung von BAI im Batch-Betrieb. Das Abwasser wird bei 121 °C in Rührbehältern mit Dampf injektion inaktiviert und anschließend über eine Wärmerückgewinnung auf < 30 °C gekühlt. Danach wird das Abwasser in das BAN System eingeleitet. Kennzahlen zur Anlagenkonfiguration sind in Tabelle 54 und Abbildung 54 ersichtlich.

TABELLE 54: ANLAGENTECHNIK UND KENNZAHLEN VARIANTE 1.1

Variante 1.1	
2 x Pufferbehälter	30 m ³
4 x Pumpen	30 m ³ /h
2 x Inaktivierungsbehälter mit Rührwerk	5 m ³
Anlagendurchsatz	2,4 m ³ /h
Durchsatzreserve zu Abwasserprognose	64 %
Puffervolumen	60,8 m ³
Pufferdauer	1,7 Tage

Als Reserve ist auch die Installation eines 3. Inaktivierungsbehälters möglich.

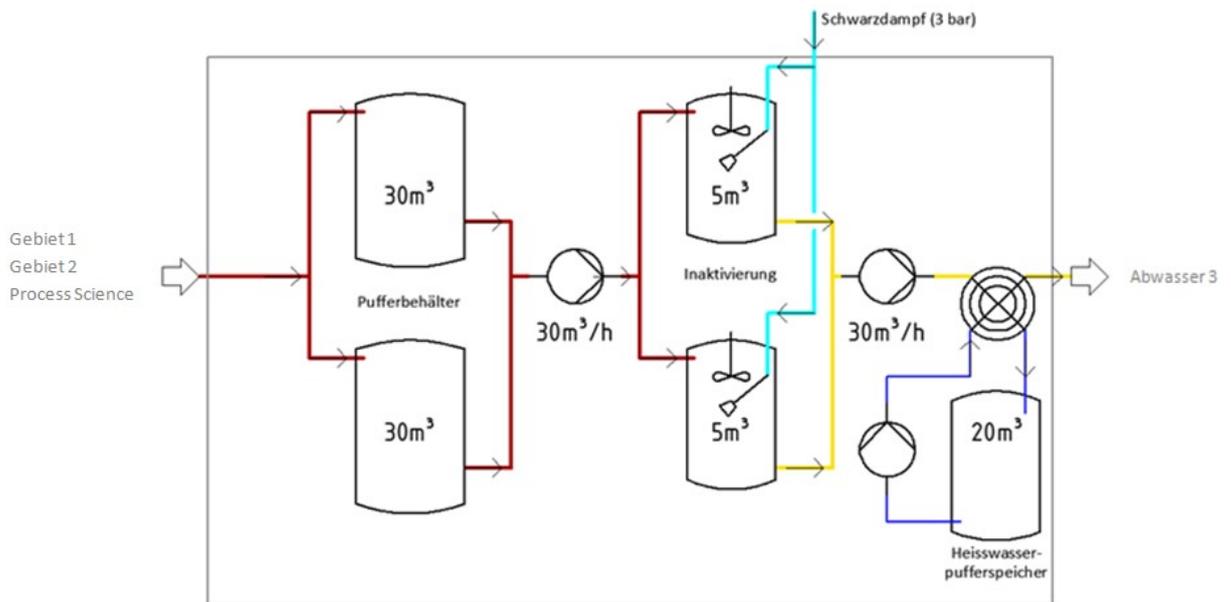


ABBILDUNG 54: BAI VARIANTE 1.1

6.3.2. VARIANTE 1.2

Diese Variante beschreibt die thermische Inaktivierung von BAI im Durchlauf-Betrieb. Das Abwasser wird bei ca. 140 °C in einem Durchlaufsystem inaktiviert und anschließend über eine Wärmerückgewinnung auf < 30 °C gekühlt. Danach wird das Abwasser in das BAN -System eingeleitet. Kennzahlen zur Anlagenkonfiguration sind in Tabelle 55 und Abbildung 55: BAI Variante 1.2 ersichtlich.

TABELLE 55: ANLAGENTECHNIK UND KENNZAHLEN VARIANTE 1.2

Variante 1.2	
2 x Pufferbehälter	30 m ³
4 x Pumpen	30 m ³ /h
2 x Durchlaufinaktivierung	2 m ³ /h
Puffervolumen	60,8 m ³
Pufferdauer	1,7 Tage

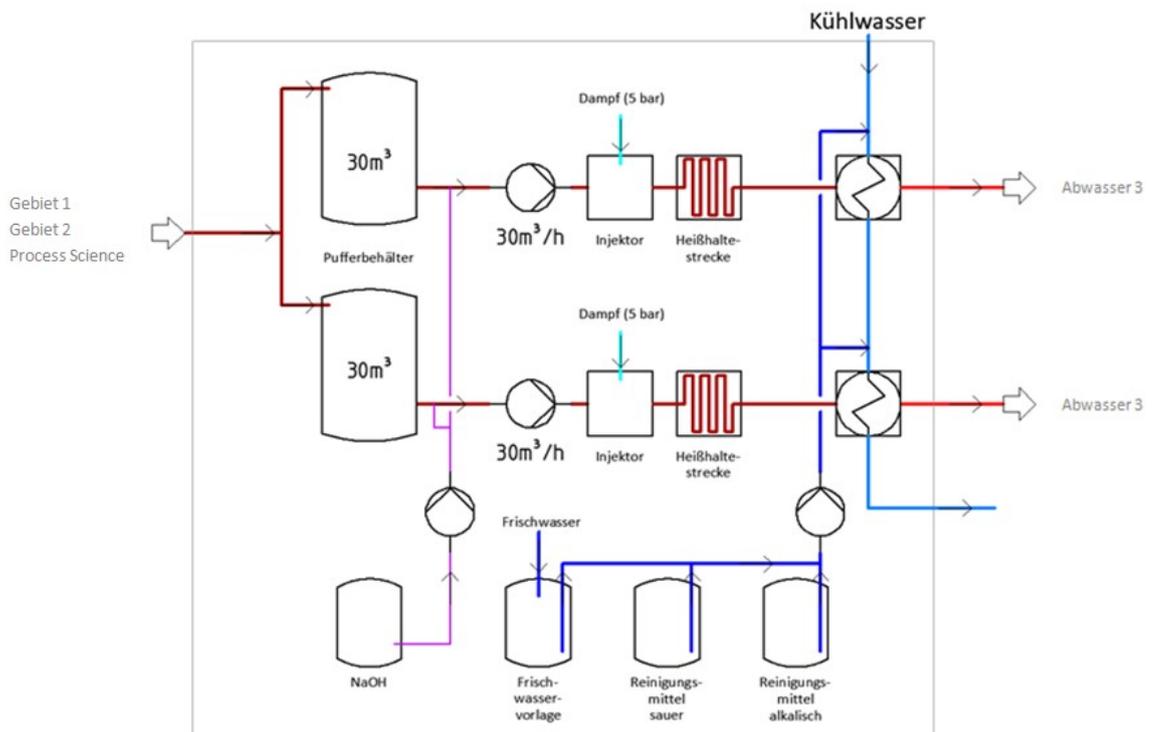


ABBILDUNG 55: BAI VARIANTE 1.2

Auch bei dieser Variante wäre eine WRG umsetzbar. Durch bestehende Probleme mit der Verschmutzung des Wärmetauschers ist eine Realisierung dieser Variante erst nach ausgiebigen Tests denkbar.

6.3.3. VARIANTE 2

Diese Variante beschreibt die Inaktivierung von BAI mittels pH-Wert Erhöhung im Batch-Betrieb. Das Abwasser wird durch Natronlauge (50 %, technische Qualität) auf pH 13 bzw. pH 12 (je nach Anforderung) gebracht und für 60 bzw. 30 Minuten gehalten. Danach wird das Abwasser in das BAN System eingeleitet. Kennzahlen zur Anlagenkonfiguration sind in Tabelle 56 und Abbildung 56 ersichtlich.

TABELLE 56: ANLAGENTECHNIK UND KENNZAHLEN VARIANTE 2

Variante 2	
3 x Pufferbehälter	30 m ³
4 x Pumpen	30 m ³ /h
2 x Inaktivierungsbehälter mit Rührwerk	5 m ³
Anlagendurchsatz	2,24 m ³ /h
Durchsatzreserve zu Abwasserprognose	8,5 %
Puffervolumen	60,8 m ³
Pufferdauer	1,7 Tage

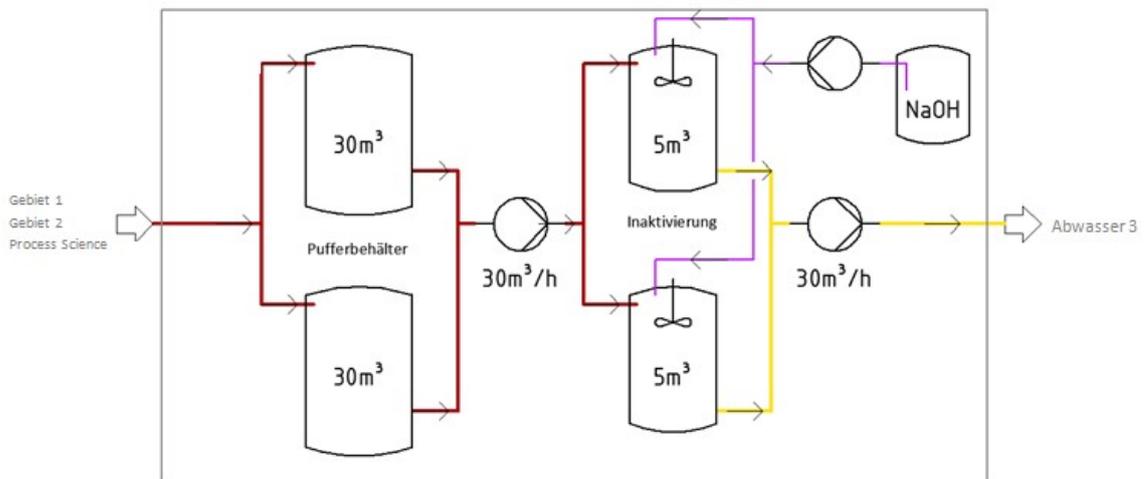


ABBILDUNG 56: BAI VARIANTE 2

6.3.4. VARIANTE 3

Diese Variante beschreibt die Inaktivierung von BAI mittels pH-Wert Erhöhung im Batch-Betrieb. Das Abwasser wird durch Natronlauge (50 %, technische Qualität) und Kalkmilch (10 %) auf pH 13 bzw. pH 12 (je nach Anforderung) gebracht und für 60 bzw. 30 Minuten gehalten. Danach wird das Abwasser in das BAN System eingeleitet. Kennzahlen zur Anlagenkonfiguration sind in der nachfolgenden Tabelle und Abbildung ersichtlich.

TABELLE 57: ANLAGENTECHNIK UND KENNZAHLEN VARIANTE 3

Variante 3	
2 x Pufferbehälter	30 m ³
4 x Pumpen	30 m ³ /h
2 x Inaktivierungsbehälter mit Rührwerk	5 m ³ /h
Anlagendurchsatz	2,24 m ³ /h
Durchsatzreserve zu Abwasserprognose	8,5 %
Puffervolumen	60,8 m ³
Pufferdauer	1,7 Tage

Als Reserve ist auch die Installation eines 3. Inaktivierungsbehälters möglich.

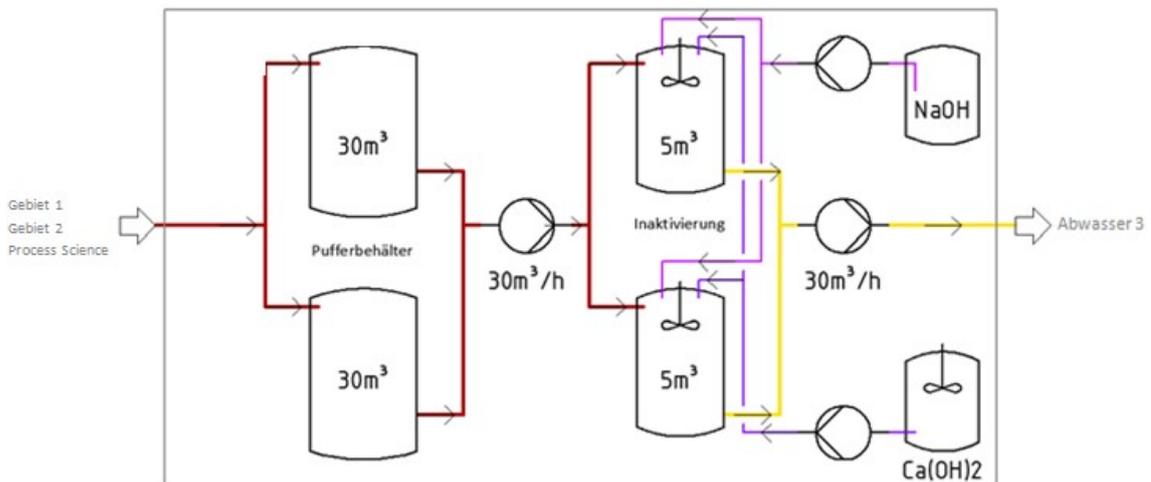


ABBILDUNG 57: BAI VARIANTE 3

6.3.5. KOSTENVERGLEICH BAI

Der Kostenvergleich wurde auf Basis der in Kapitel 0 erläuterten Annahmen durchgeführt. Die für Turmwasser anfallenden Kosten wurden dabei nicht berücksichtigt.

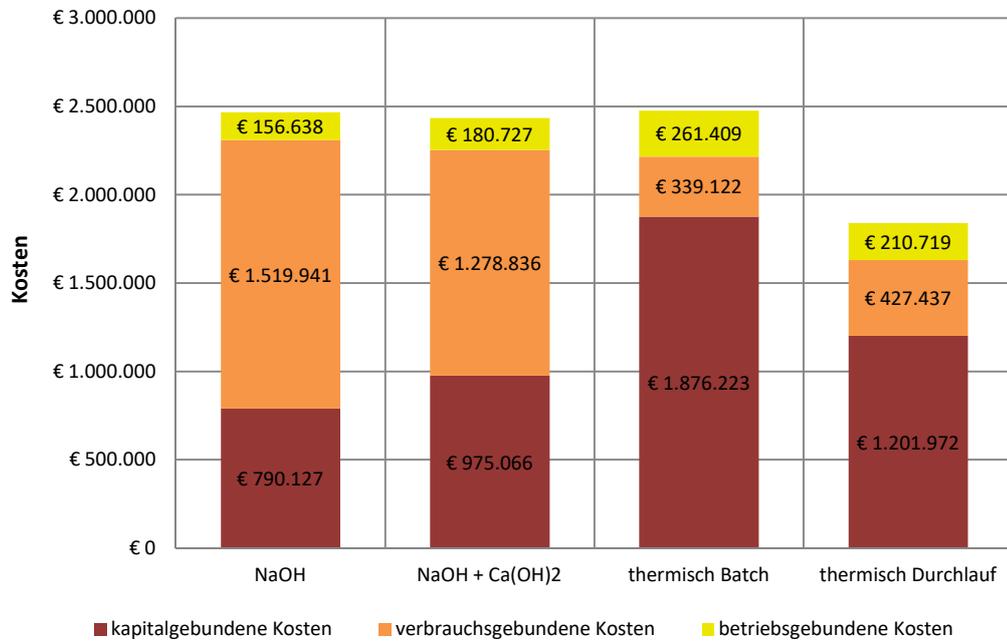


ABBILDUNG 58: KOSTENGEGENÜBERSTELLUNG (10 JAHRE) BAI

Aus dem Kostenvergleich geht hervor, dass die thermische Inaktivierung im Batch-Verfahren mit höheren Investitionskosten verbunden ist. Da jedoch der Laugenbedarf sehr hoch ist, rechnet sich diese Form der thermischen Inaktivierung nach spätestens 6 Jahren.

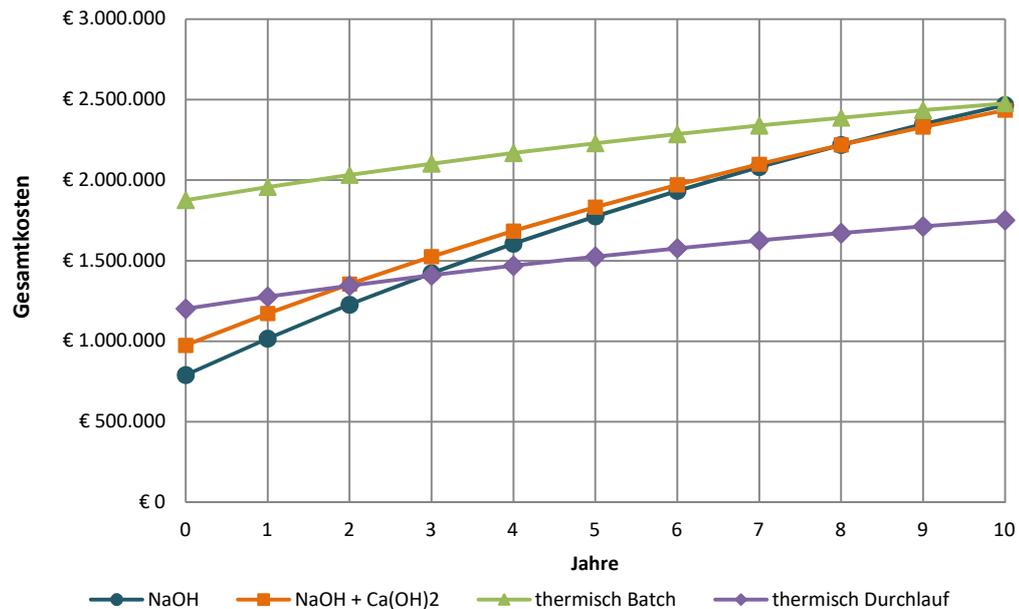


ABBILDUNG 59: REALE KOSTENENTWICKLUNG BAI

Die Kosten für eine thermische Durchlaufanlage liegen bei ca. 2/3 von denen einer Batchanlage. Die beiden Möglichkeiten zur chemischen Inaktivierung liegen sehr eng beisammen. Aufgrund prozesstechnischer Gegebenheiten ist zu prüfen, ob der Einsatz einer thermischen Durchlaufanlage möglich ist. Im Falle der chemischen Inaktivierung sollte auf das bewährte Verfahren mit NaOH zurückgegriffen werden. Bei Betrachtung von technischer Anwendbarkeit und Kosten ist Variante 1.1 (thermisch Batch) die zu favorisierende.

Der Kostenvergleich wurde auch mit einem internen Zinssatz von 5 % durchgeführt. An den obigen Aussagen ändert sich dabei nichts.

Alternative BAI-Inaktivierung

Alternativ zu dem in dieser Studie verfolgten Konzept der zentralen Inaktivierung am dafür vorgesehenen Grundstück besteht die Möglichkeit, das BAI auch dort vor Ort zu inaktivieren. Die Menge des BAIs ist seit September 2015 stark rückläufig. Auch bei Wiederanstieg der Menge könnte durch weitere Maßnahmen wie Optimierung der CIP-Schritte oder Umsetzung einer Wärmerückgewinnung das Abwasser im Gebiet 1 inaktiviert werden. Das inaktivierte Abwasser kann dann dem BAN im Gebiet 1

zugeführt werden bevor dieses zum Grundstück zur Abwasserbehandlung transportiert wird.

Platzbedarf

Der Platzbedarf wurde bereits in der Kostengegenüberstellung berücksichtigt und wird in Tabelle 58 für alle Varianten zusammengefasst. Die Flächen der bereits eingereichten BAS-Sammelbehälter werden nicht mitgezählt.

TABELLE 58: PLATZBEDARF VARIANTEN

Abwasser / Variante	Platzbedarf Variante [m ²]
BAN	
Variante 1.1	200
Variante 1.2	140
Variante 2.1	200
Variante 2.2	140
Variante 3.1	200
Variante 3.2	140
Variante 4	200
Variante 5	200
Variante 6	200
BAS	
Variante 1.1	90
Variante 1.2	75
Variante 3	130
Variante 4	130
BAI	
Variante 1.1	90
Variante 1.2	75
Variante 3	130
Variante 4	130

Als mögliche Kombination von BAN Variante 3.2 (NaOH + CO₂), BAS Variante 2 (NaOH) und BAI Variante 1.1 (thermisch Batch) ergibt sich beispielhaft ein Platzbedarf von ca. 400 m². Dieser Platzbedarf sieht, wie in Abbildung 60 ersichtlich, gewisse Reserven wie z.B. Pumpensumpf, Abgaswäscher und Schaltschränke vor.

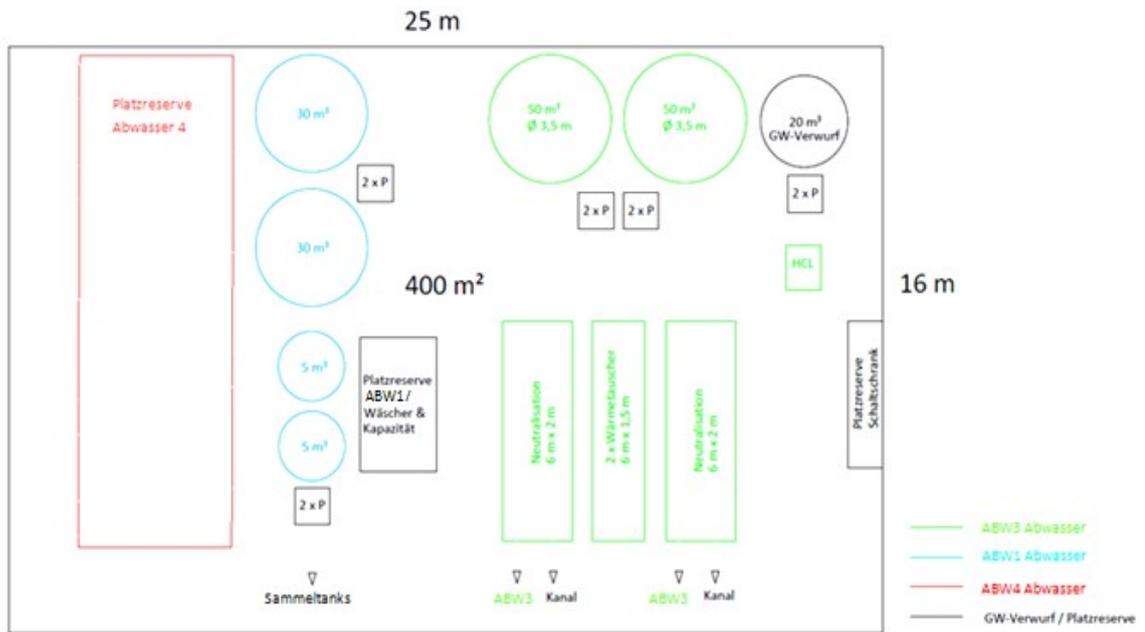


ABBILDUNG 60: PLATZBEDARF ABWASSERANLAGE

Im Sinne eines redundanten Anlagenkonzepts können die jeweiligen Anlagen aufgeteilt werden. Eine Anlage ist dann je 1 x in zwei separaten Brandabschnitten vorhanden und kann z.B. 50 % der Maximalmenge der jeweiligen Abwasserfraktion behandeln.

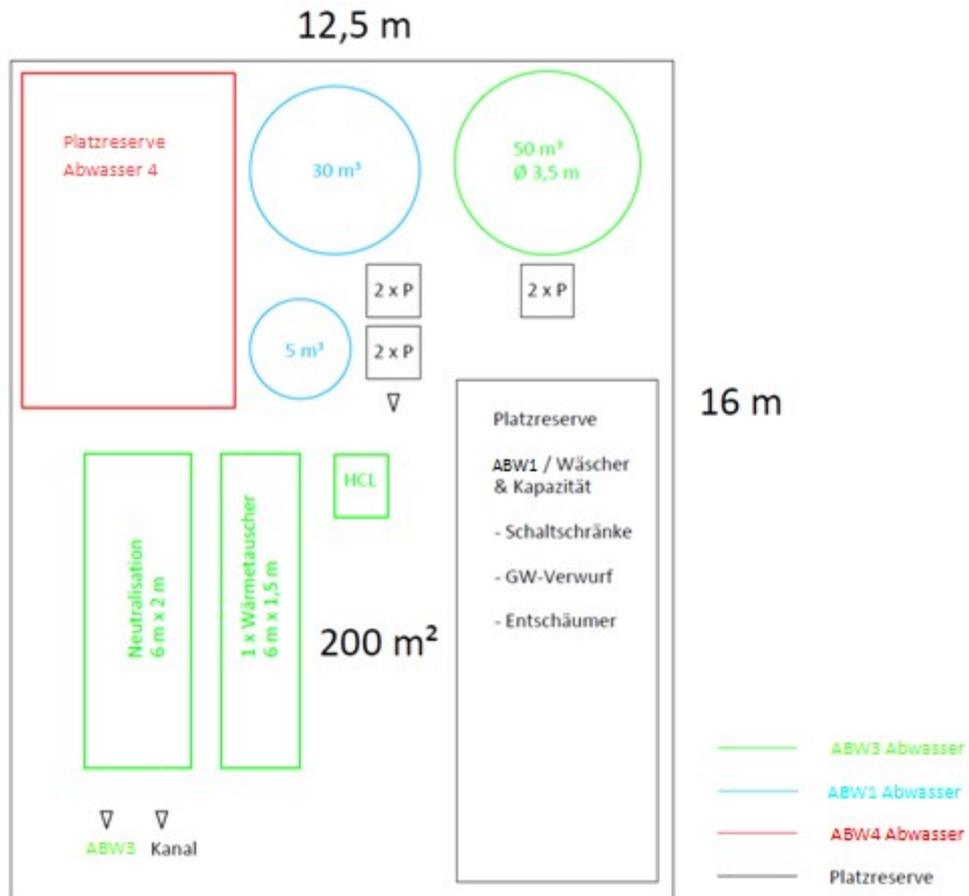


ABBILDUNG 61: PLATZBEDARF ABWASSERANLAGE TEILAUSSBAU 50 %

Eine solche Anlage kann deutlich mehr als die Grundlast der Abwasserfraktionen verarbeiten. Bei Ausfall einer BAN -Anlage mit 50 % der Maximalmenge kann die verbleibende redundante 50 % Anlage einen Peakmengenanstieg von 130 m³/h über 1,6 h ab puffern.

Der Platzbedarf für die notwendigen Chemikalien wird in Tabelle 59 betrachtet. Diese werden an einem zentralen Ort gelagert. Je nach Variante der Abwasserbehandlung stellen sich unterschiedliche Anforderungen an dieses Lager, welches in der Kostenbetrachtung nicht mitberücksichtigt wurde. Für realistische Kombinationen der Abwasserbehandlung wurde der Flächenbedarf ermittelt.

TABELLE 59: PLATZBEDARF CHEMIKALIEN

Szenario	Platzbedarf Chemikalien Innen [m ²]	Platzbedarf Chemikalien Außen [m ²]	Platzbedarf Chemikalien Gesamt [m ²]
BAN ohne Kalk + BAS Inaktivierung mit NaOH	108	0	108
BAN mit Kalk + BAS Inaktivierung mit NaOH	105	16	121

Nicht inkludiert sind hier die CIP-Medien. Diese sollen weiterhin dezentral in den jeweiligen Gebäuden gelagert werden.

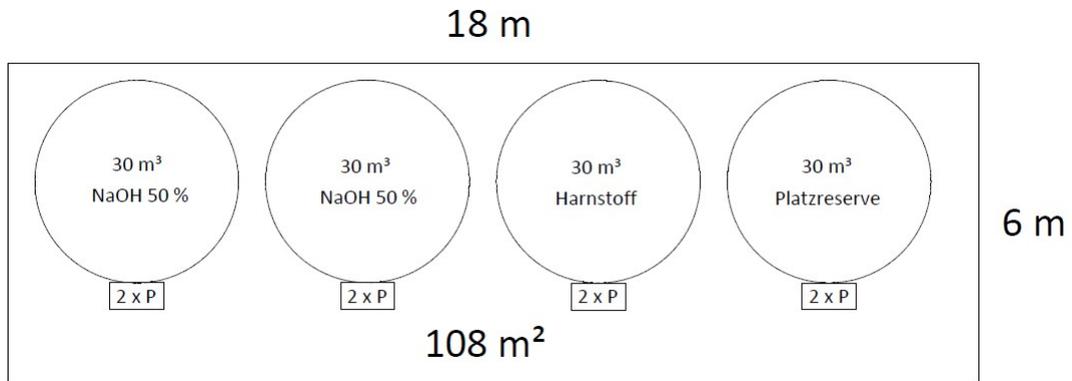


ABBILDUNG 62: PLATZBEDARF CHEMIKALIENLAGER

7. ANNEX 2

7.1. KOSTENZUSAMMENSETZUNG ABWASSERBEHANDLUNG BAN

Variante 3.1

Neutralisation mit NaOH + HCl Durchlauf

Barwert der kapitalgebundenen Kosten

FZ	0 €	Förderung ab gezinst (von Termin der Fälligkeit weg)
AI _{neu}	2382476 €	Anfangsinvestitionskosten mit Förderung berücksichtigt
BAI	2382476 €	Barwert der kapitalgebundenen Kosten
Q	1,095	Faktor für kalkulatorische Zinsen
A	1,02	Faktor für die Preissteigerung
BRW	0 €	
BKK	2382476 €	Summe der Barwerte der kapitalgebundenen Kosten

Barwert der verbrauchsgebundenen

Kosten

SF	6,9	Steigerungsfaktor für Barwertermittlung
BVK _D	0 €	Dampfkosten
BVK _{el}	13821 €	Kosten el. Energie
BVK _w	0 €	Wasserkosten
BVK _w	550721 €	
BVK	564541 €	Summe der Barwerte der verbrauchsgebundenen Kosten

Barwert der betriebsgebundenen Kosten

BBK	287379 €	Summe der Barwerte der betriebsgebundenen Kosten
-----	----------	--

B 3.234.396 € Gesamtkosten

Annuitätenrechnung

KF	0,16	Annuitätenfaktor
MKK	379448 €	mittlere jährliche kapitalgebundene Kosten
MVK	89912 €	mittlere jährliche verbrauchsgebundene Kosten
MBK	45770 €	mittlere jährliche betriebsgebundene Kosten
MGK	515.130	€ Summe der Barwerte der mittleren jährlichen Gesamtkosten

Variante 3.2

Neutralisation mit NaOH + HCl Batch mit GMP Preisen

Barwert der kapitalgebundenen Kosten

FZ	58447 €	Förderung ab gezinst (von Termin der Fälligkeit weg)
AI _{neu}	2554296 €	Anfangsinvestitionskosten mit Förderung berücksichtigt
BAI	2554296 €	Barwert der kapitalgebundenen Kosten
Q	1,095	Faktor für kalkulatorische Zinsen

A	1,02	Faktor für die Preissteigerung
BRW	0 €	
BKK	2554296 €	Summe der Barwerte der kapitalgebundenen Kosten

Barwert der verbrauchsgebundenen Kosten

SF	6,9	Steigerungsfaktor für Barwertermittlung
BVK _D	0 €	Dampfkosten
BVK _{el}	13821 €	Kosten el. Energie
BVK _W	0 €	Wasserkosten
BVK _W	2049195 €	
BVK	2063016 €	Summe der Barwerte der verbrauchsgebundenen Kosten

Barwert der betriebsgebundenen Kosten

BBK	303896 €	Summe der Barwerte der betriebsgebundenen Kosten
-----	----------	--

B 4.921.208 € Gesamtkosten

Annuitätenrechnung

KF	0,16	Annuitätenfaktor
MKK	406813 €	mittlere jährliche kapitalgebundene Kosten
MVK	328569 €	mittlere jährliche verbrauchsgebundene Kosten
MBK	48400 €	mittlere jährliche betriebsgebundene Kosten

MGK 783.782 € Summe der Barwerte der mittleren jährlichen Gesamtkosten

Variante 3.3

Neutralisation mit NaOH + CO₂ Durchlauf mit Förderung

Barwert der kapitalgebundenen Kosten

FZ	0 €	Förderung ab gezinst (von Termin der Fälligkeit weg)
AI _{neu}	1924091 €	Anfangsinvestitionskosten mit Förderung berücksichtigt
BAI	1924091 €	Barwert der kapitalgebundenen Kosten
Q	1,095	Faktor für kalkulatorische Zinsen
A	1,02	Faktor für die Preissteigerung
BRW	0 €	
BKK	1924091 €	Summe der Barwerte der kapitalgebundenen Kosten

Barwert der verbrauchsgebundenen Kosten

SF	6,9	Steigerungsfaktor für Barwertermittlung
BVK _D	0 €	Dampfkosten
BVK _{el}	60267 €	Kosten el. Energie
BVK _W	0 €	Wasserkosten
BVK _W	322025 €	Chemikalienkosten
BVK	382292 €	Summe der Barwerte der verbrauchsgebundenen Kosten

Barwert der betriebsgebundenen Kosten

BBK	298469 €	Summe der Barwerte der betriebsgebundenen Kosten
B	2.604.853 €	Gesamtkosten

Annuitätenrechnung

KF	0,16	Annuitätenfaktor
MKK	306443 €	mittlere jährliche kapitalgebundene Kosten
MVK	60886 €	mittlere jährliche verbrauchsgebundene Kosten
MBK	47536 €	mittlere jährliche betriebsgebundene Kosten
MGK	414.865 €	Summe der Barwerte der mittleren jährlichen Gesamtkosten

Variante 3.4**Neutralisation mit NaOH + CO₂ Durchlauf ohne Förderung***Barwert der kapitalgebundenen Kosten*

FZ	0 €	Förderung ab gezinst (von Termin der Fälligkeit weg)
AI _{neu}	2098091 €	Anfangsinvestitionskosten mit Förderung berücksichtigt
BAI	2098091 €	Barwert der kapitalgebundenen Kosten
Q	1,095	Faktor für kalkulatorische Zinsen
A	1,02	Faktor für die Preissteigerung
BRW	0 €	
BKK	2098091 €	Summe der Barwerte der kapitalgebundenen Kosten

Barwert der verbrauchsgebundenen Kosten

SF	6,9	Steigerungsfaktor für Barwertermittlung
BVK _D	0 €	Dampfkosten
BVK _{el}	60267 €	Kosten el. Energie
BVK _w	0 €	Wasserkosten
BVK _w	322025 €	Chemikalienkosten
BVK	382292 €	Summe der Barwerte der verbrauchsgebundenen Kosten

Barwert der betriebsgebundenen Kosten

BBK	298469 €	Summe der Barwerte der betriebsgebundenen Kosten
B	2.778.853 €	Gesamtkosten

Annuitätenrechnung

KF	0,16	Annuitätenfaktor
MKK	334155 €	mittlere jährliche kapitalgebundene Kosten
MVK	60886 €	mittlere jährliche verbrauchsgebundene Kosten
MBK	47536 €	mittlere jährliche betriebsgebundene Kosten
MGK	442.577 €	Summe der Barwerte der mittleren jährlichen Gesamtkosten

7.2. KOSTENZUSAMMENSETZUNG ABWASSERBEHANDLUNG BAS*Barwert der kapitalgebundenen Kosten*

FZ	0 €	Förderung ab gezinst (von Termin der Fälligkeit weg)
AI _{neu}	1892466 €	Anfangsinvestitionskosten mit Förderung berücksichtigt
BAI	1892466 €	Barwert der kapitalgebundenen Kosten
Q	1,095	Faktor für kalkulatorische Zinsen
A	1,02	Faktor für die Preissteigerung
BRW	0 €	Restbarwert (bei Überschreitung der gewählten SOLL-Nutzungsdauer)
BKK	1892466 €	Summe der Barwerte der kapitalgebundenen Kosten

Barwert der verbrauchsgebundenen Kosten

SF	6,9	Steigerungsfaktor für Barwertermittlung
BVK _D	0 €	Dampfkosten
BVK _{el}	9767 €	Kosten el. Energie
BVK _W	0 €	Wasserkosten
BVK _C	3365370 €	Chemikalienkosten
BVK _{En}	25388850 €	Mehrkosten Entsorger gegenüber thermischem Verfahren
BVK	28763987 €	Summe der Barwerte der verbrauchsgebundenen Kosten

Barwert der betriebsgebundenen Kosten

BBK	214035 €	Summe der Barwerte der betriebsgebundenen Kosten
-----	----------	--

B **30.870.489 €** **Gesamtkosten**

Annuitätenrechnung

KF	0,16	Annuitätenfaktor
MKK	301406 €	mittlere jährliche kapitalgebundene Kosten
MVK	4581130 €	mittlere jährliche verbrauchsgebundene Kosten
MBK	34089 €	mittlere jährliche betriebsgebundene Kosten
MGK	<u>4.916.624</u> €	Summe der Barwerte der mittleren jährlichen Gesamtkosten

Inaktivierung mit NaOH mit Abwasser aus Gebäude 1*Barwert der kapitalgebundenen Kosten*

FZ	0 €	Förderung ab gezinst (von Termin der Fälligkeit weg)
AI _{neu}	2393455 €	Anfangsinvestitionskosten mit Förderung berücksichtigt
BAI	2393455 €	Barwert der kapitalgebundenen Kosten
Q	1,095	Faktor für kalkulatorische Zinsen
A	1,02	Faktor für die Preissteigerung
BRW	0 €	Restbarwert (bei Überschreitung der gewählten SOLL-

Nutzungsdauer)

BKK 2393455 € Summe der Barwerte der kapitalgebundenen Kosten

Barwert der verbrauchsgebundenen Kosten

SF	6,9	Steigerungsfaktor für Barwertermittlung
BVK _D	0 €	Dampfkosten
BVK _{el}	12697 €	Kosten el. Energie
BVK _W	0 €	Wasserkosten
BVK _C	3365370 €	Chemikalienkosten
BVK _{En}	68229536 €	Mehrkosten Entsorger gegenüber thermischem Verfahren
BVK	71607603 €	Summe der Barwerte der verbrauchsgebundenen Kosten

Barwert der betriebsgebundenen Kosten

BBK 353072 € Summe der Barwerte der betriebsgebundenen Kosten

B 74.354.130 € Gesamtkosten

Annuitätenrechnung

KF	0,16	Annuitätenfaktor
MKK	381196 €	mittlere jährliche kapitalgebundene Kosten
MVK	11404667 €	mittlere jährliche verbrauchsgebundene Kosten
MBK	56232 €	mittlere jährliche betriebsgebundene Kosten

MGK 11.842.096 € Summe der Barwerte der mittleren jährlichen Gesamtkosten

7.3. KOSTENZUSAMMENSETZUNG ABWASSERBEHANDLUNG BAI**Variante 2.1 Inaktivierung mit NaOH***Barwert der kapitalgebundenen Kosten*

FZ	0 €	Förderung ab gezinst (von Termin der Fälligkeit weg)
AI _{neu}	790127 €	Anfangsinvestitionskosten mit Förderung berücksichtigt
BAI	790127 €	Barwert der kapitalgebundenen Kosten
Q	1,095	Faktor für kalkulatorische Zinsen
A	1,02	Faktor für die Preissteigerung
BRW	0 €	Restbarwert (bei Überschreitung der gewählten SOLL-Nutzungsdauer)
BKK	790127 €	Summe der Barwerte der kapitalgebundenen Kosten

*Barwert der verbrauchsgebundenen**Kosten*

SF	6,9	Steigerungsfaktor für Barwertermittlung
BVK _D	0 €	Dampfkosten
BVK _{el}	8385 €	Kosten el. Energie
BVK _w	0 €	Wasserkosten
BVK _w	1443122 €	Chemikalienkosten
BVK _Z	68434 €	Zusatzkosten durch HCl in der Neutra
BVK	1519941 €	Summe der Barwerte der verbrauchsgebundenen Kosten

Barwert der betriebsgebundenen Kosten

BBK	156638 €	Summe der Barwerte der betriebsgebundenen Kosten
-----	----------	--

B	<u>2.466.706</u> €	Gesamtkosten
----------	---------------------------	---------------------

Annuitätenrechnung

KF	0,16	Annuitätenfaktor
MKK	125840 €	mittlere jährliche kapitalgebundene Kosten
MVK	242075 €	mittlere jährliche verbrauchsgebundene Kosten
MBK	24947 €	mittlere jährliche betriebsgebundene Kosten

MGK	<u>392.863</u> €	Summe der Barwerte der mittleren jährlichen Gesamtkosten
------------	-------------------------	---

Variante 2.2 Inaktivierung mit NaOH + Ca(OH)₂*Barwert der kapitalgebundenen Kosten*

FZ	0 €	Förderung ab gezinst (von Termin der Fälligkeit weg)
AI _{neu}	975066 €	Anfangsinvestitionskosten mit Förderung berücksichtigt
BAI	975066 €	Barwert der kapitalgebundenen Kosten
Q	1,095	Faktor für kalkulatorische Zinsen
A	1,02	Faktor für die Preissteigerung

BRW	0 €	Restbarwert (bei Überschreitung der gewählten SOLL-Nutzungsdauer)
BKK	975066 €	Summe der Barwerte der kapitalgebundenen Kosten

Barwert der verbrauchsgebundenen

Kosten

SF	6,9	Steigerungsfaktor für Barwertermittlung
BVK _D	0 €	Dampfkosten
BVK _{el}	12757 €	Kosten el. Energie
BVK _W	0 €	Wasserkosten
BVK _W	1266079 €	Chemikalienkosten (ohne Dynamik, Preise stark schwankend in beide Richtungen)
BVK	1278836 €	Summe der Barwerte der verbrauchsgebundenen Kosten

Barwert der betriebsgebundenen Kosten

BBK	180727 €	Summe der Barwerte der betriebsgebundenen Kosten
-----	----------	--

B	<u>2.434.629</u> €	Gesamtkosten
----------	---------------------------	---------------------

Annuitätenrechnung

KF	0,16	Annuitätenfaktor
MKK	155295 €	mittlere jährliche kapitalgebundene Kosten
MVK	203675 €	mittlere jährliche verbrauchsgebundene Kosten
MBK	28784 €	mittlere jährliche betriebsgebundene Kosten
MGK	<u>387.754</u> €	Summe der Barwerte der mittleren jährlichen Gesamtkosten

Variante 2.3 thermische Inaktivierung - Batch

Barwert der kapitalgebundenen Kosten

FZ	0 €	Förderung ab gezinst (von Termin der Fälligkeit weg)
Al _{neu}	1876223 €	Anfangsinvestitionskosten mit Förderung berücksichtigt
BAI	1876223 €	Barwert der kapitalgebundenen Kosten
Q	1,095	Faktor für kalkulatorische Zinsen
A	1,02	Faktor für die Preissteigerung
BRW	0 €	Restbarwert (bei Überschreitung der gewählten SOLL-Nutzungsdauer)
BKK	1876223 €	Summe der Barwerte der kapitalgebundenen Kosten

Barwert der verbrauchsgebundenen

Kosten

SF	6,9	Steigerungsfaktor für Barwertermittlung
BVK _D	315488 €	Dampfkosten
BVK _{el}	9813 €	Kosten el. Energie
BVK _W	0 €	Wasserkosten

BVK _w	13821 €	Chemikalienkosten
BVK	339122 €	Summe der Barwerte der verbrauchsgebundenen Kosten

Barwert der betriebsgebundenen Kosten

BBK	261409 €	Summe der Barwerte der betriebsgebundenen Kosten
-----	----------	--

B	<u>2.476.753</u> €	Gesamtkosten
----------	--------------------	---------------------

Annuitätenrechnung

KF	0,16	Annuitätenfaktor
MKK	298819 €	mittlere jährliche kapitalgebundene Kosten
MVK	54011 €	mittlere jährliche verbrauchsgebundene Kosten
MBK	41634 €	mittlere jährliche betriebsgebundene Kosten

MGK	<u>394.463</u> €	Summe der Barwerte der mittleren jährlichen Gesamtkosten
------------	------------------	---

Variante 2.4 thermische Inaktivierung - Durchlauf

Barwert der kapitalgebundenen Kosten

FZ	0 €	Förderung ab gezinst (von Termin der Fälligkeit weg)
Al _{neu}	1201972 €	Anfangsinvestitionskosten mit Förderung berücksichtigt
BAI	1201972 €	Barwert der kapitalgebundenen Kosten
Q	1,095	Faktor für kalkulatorische Zinsen
A	1,02	Faktor für die Preissteigerung
BRW	0 €	Restbarwert (bei Überschreitung der gewählten SOLL-Nutzungsdauer)
BKK	1201972 €	Summe der Barwerte der kapitalgebundenen Kosten

Barwert der verbrauchsgebundenen Kosten

SF	6,9	Steigerungsfaktor für Barwertermittlung
BVK _D	315488 €	Dampfkosten
BVK _{el}	98128 €	Kosten el. Energie
BVK _w	0 €	Wasserkosten
BVK _w	13821 €	Chemikalienkosten
BVK	427437 €	Summe der Barwerte der verbrauchsgebundenen Kosten

Barwert der betriebsgebundenen Kosten

BBK	210719 €	Summe der Barwerte der betriebsgebundenen Kosten
-----	----------	--

B	<u>1.840.128</u> €	Gesamtkosten
----------	--------------------	---------------------

Annuitätenrechnung

KF	0,16	Annuitätenfaktor
MKK	191433 €	mittlere jährliche kapitalgebundene Kosten

MVK	68076 €	mittlere jährliche verbrauchsgebundene Kosten
MBK	33560 €	mittlere jährliche betriebsgebundene Kosten
MGK	<u>293.070</u> €	Summe der Barwerte der mittleren jährlichen Gesamtkosten

7.4. KOSTENENTWICKLUNG IN ANLEHNUNG AN ÖNORM M 7140

Abwasserbehandlung BAS

Jahr	reale Kapitalgeb. Kosten				Verbrauchsgeb. Kosten			
	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
0								
1	1.892.466	2.393.455	2.243.247	1.490.378	3.877.317	9.652.533	54.235	54.235
2	1.892.466	2.393.455	2.243.247	1.490.378	7.489.064	18.643.934	104.756	104.756
3	1.892.466	2.393.455	2.243.247	1.490.378	10.853.431	27.019.486	151.817	151.817
4	1.892.466	2.393.455	2.243.247	1.490.378	13.987.362	34.821.369	195.654	195.654
5	1.892.466	2.393.455	2.243.247	1.490.378	16.906.640	42.088.877	236.488	236.488
6	1.892.466	2.393.455	2.243.247	1.490.378	19.625.967	48.858.611	274.526	274.526
7	1.892.466	2.393.455	2.243.247	1.490.378	22.159.039	55.164.664	309.958	309.958
8	1.892.466	2.393.455	2.243.247	1.490.378	24.518.614	61.038.796	342.964	342.964
9	1.892.466	2.393.455	2.243.247	1.490.378	26.716.573	66.510.590	373.709	373.709
10	1.892.466	2.393.455	2.243.247	1.490.378	28.763.987	71.607.603	402.348	402.348

Jahr	Betriebsgeb. Kosten				reale Gesamtkosten			
	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4
0					1.892.466	2.393.455	2.243.247	1.490.378
1	28.851	47.593	39.796	31.459	5.798.634	12.093.581	2.337.278	1.576.073
2	55.727	91.927	76.866	60.762	9.437.256	21.129.316	2.424.869	1.655.897
3	80.761	133.224	111.397	88.059	12.826.658	29.546.164	2.506.461	1.730.254
4	104.081	171.692	143.563	113.486	15.983.909	37.386.516	2.582.463	1.799.519
5	125.804	207.525	173.525	137.172	18.924.909	44.689.858	2.653.261	1.864.039
6	146.039	240.905	201.436	159.235	21.664.472	51.492.970	2.719.209	1.924.140
7	164.887	271.997	227.435	179.787	24.216.393	57.830.116	2.780.640	1.980.124
8	182.445	300.961	251.653	198.932	26.593.525	63.733.211	2.837.864	2.032.274
9	198.800	327.940	274.212	216.765	28.807.839	69.231.985	2.891.168	2.080.852
10	214.035	353.072	295.226	233.376	30.870.489	74.354.130	2.940.821	2.126.103

Abwasserbehandlung BAI

Jahr	reale Kapitalgeb. Kosten				Verbrauchsgeb. Kosten			
	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4
0								
1	790.127	975.066	1.876.223	1.201.972	204.884	172.384	45.713	45.713
2	790.127	975.066	1.876.223	1.201.972	395.736	332.961	88.295	88.295
3	790.127	975.066	1.876.223	1.201.972	573.515	482.539	127.960	127.960
4	790.127	975.066	1.876.223	1.201.972	739.117	621.873	164.908	164.908
5	790.127	975.066	1.876.223	1.201.972	893.377	751.663	199.326	199.326
6	790.127	975.066	1.876.223	1.201.972	1.037.071	872.563	231.386	231.386
7	790.127	975.066	1.876.223	1.201.972	1.170.923	985.183	261.251	261.251
8	790.127	975.066	1.876.223	1.201.972	1.295.607	1.090.088	289.069	289.069
9	790.127	975.066	1.876.223	1.201.972	1.411.751	1.187.809	314.983	314.983
10	790.127	975.066	1.876.223	1.201.972	1.519.941	1.278.836	339.122	339.122

Jahr	Betriebsgeb. Kosten				reale Gesamtkosten			
	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4	Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3	Variante 2.4
0					790.127	975.066	1.876.223	1.201.972
1	21.114	24.362	35.237	28.404	1.016.126	1.171.811	1.957.173	1.276.089
2	40.783	47.055	68.061	54.863	1.226.645	1.355.081	2.032.578	1.345.130
3	59.104	68.193	98.637	79.510	1.422.745	1.525.799	2.102.819	1.409.442
4	76.170	87.884	127.118	102.468	1.605.414	1.684.823	2.168.249	1.469.349
5	92.068	106.226	153.649	123.854	1.775.571	1.832.955	2.229.197	1.525.152
6	106.876	123.312	178.362	143.776	1.934.074	1.970.941	2.285.971	1.577.134
7	120.670	139.228	201.383	162.332	2.081.720	2.099.476	2.338.856	1.625.555
8	133.520	154.053	222.827	179.618	2.219.254	2.219.207	2.388.119	1.670.660
9	145.489	167.863	242.802	195.720	2.347.367	2.330.738	2.434.007	1.712.675
10	156.638	180.727	261.409	210.719	2.466.706	2.434.629	2.476.753	1.751.812

Abwasserbehandlung BAN

Jahr	reale Kapitalgeb. Kosten				Verbrauchsgeb. Kosten			
	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Variante 3.4	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Variante 3.4
0								
1	2.382.476	2.554.296	1.924.091	2.098.091	76.099	278.090	51.532	51.532
2	2.382.476	2.554.296	1.924.091	2.098.091	146.985	537.132	99.535	99.535
3	2.382.476	2.554.296	1.924.091	2.098.091	213.017	778.432	144.249	144.249
4	2.382.476	2.554.296	1.924.091	2.098.091	274.525	1.003.204	185.901	185.901
5	2.382.476	2.554.296	1.924.091	2.098.091	331.821	1.212.581	224.700	224.700
6	2.382.476	2.554.296	1.924.091	2.098.091	385.192	1.407.617	260.842	260.842
7	2.382.476	2.554.296	1.924.091	2.098.091	434.908	1.589.294	294.508	294.508
8	2.382.476	2.554.296	1.924.091	2.098.091	481.219	1.758.528	325.869	325.869
9	2.382.476	2.554.296	1.924.091	2.098.091	524.357	1.916.171	355.081	355.081
10	2.382.476	2.554.296	1.924.091	2.098.091	564.541	2.063.016	382.292	382.292

Jahr	Betriebsgeb. Kosten				reale Gesamtkosten			
	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Variante 3.4	Variante 3.1	Variante 3.2	Variante 3.3	Variante 3.4
0					2.382.476	2.612.744	1.924.091	2.098.091
1	38.738	40.964	40.233	40.233	2.497.312	2.873.350	2.015.856	2.189.856
2	74.823	79.123	77.710	77.710	2.604.284	3.170.551	2.101.336	2.275.336
3	108.436	114.668	112.620	112.620	2.703.928	3.447.396	2.180.961	2.354.961
4	139.747	147.779	145.140	145.140	2.796.748	3.705.279	2.255.132	2.429.132
5	168.913	178.621	175.431	175.431	2.883.210	3.945.499	2.324.223	2.498.223
6	196.081	207.352	203.649	203.649	2.963.750	4.169.265	2.388.582	2.562.582
7	221.389	234.114	229.933	229.933	3.038.773	4.377.705	2.448.533	2.622.533
8	244.964	259.043	254.417	254.417	3.108.658	4.571.868	2.504.377	2.678.377
9	266.923	282.265	277.224	277.224	3.173.756	4.752.732	2.556.397	2.730.397
10	287.379	303.896	298.469	298.469	3.234.396	4.921.208	2.604.853	2.778.853

Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.
 The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

7.5. KOSTENRECHNUNG –CHEMIKALIENVERBRAUCH

Ersparnis NaOH 50 % zu NaOH 32 % - Annahme: ohne Pufferwirkung

pH, A	3	pH-Wert zu neutralisierendes Abwasser
c	0,001 mol/L	Stoffmengenkonzentration
V	1 m ³	Volumen zu neutralisierendes Abwasser
n	3 mol	Stoffmenge
W	3	Wertigkeit der Säure (H ₃ PO ₄)
<i>NaOH 32 %</i>		
w	37 %	
c	12,95 mol/L	Stoffmengenkonzentration (aus Literatur)
pH	15,1	pH-Wert NaOH 32%ige Lösung
ρ	1,40 g/mL	Dichte NaOH 32 % aus Literatur
V	0,232 L	Volumen NaOH zur Neutralisation
<i>NaOH 50 %</i>		
w	50 %	
m	500 g	Masse
m'	1000 g	
M	40 g/mol	
V	657,89 mL	Volumen NaOH in Lösung
ρ	1,52 g/mL	Dichte NaOH 50 % aus Literatur
n	12,50 mol	Stoffmenge
c	19,0 mol/L	Stoffmengenkonzentration
pH	15,3	pH-Wert NaOH 50%ige Lösung
V'	0,158 L	notendiges Volumen NaOH zur Neutralisation
		Einsparung des Volumens an NaOH 50 % gegenüber 32 %
x	32 %	%
<i>Einsparungspotential</i>		
k 32 %	270 €/t	
k 50 %	290 €/t	
m 32 %	67,7 t	Jahresverbrauch NaOH - derzeitiger Verbrauch x 2
m 50%	50,1 t	
V 32 %	48,36 m ³	
V 50%	33,0 m ³	
k' 32 %	18279 €	Kosten NaOH 32 % pro Jahr
k' 50 %	14528 €	Kosten NaOH 50 % pro Jahr
k''	3750,58 €	Einsparung Kosten NaOH 50 % gegenüber 32 %
x	20,5185185 %	Einsparung Kosten NaOH 50 % gegenüber 32 %

Einsparung technischer Säure zu GMP Säure

k 32 %	270 €/t	Kosten NaOH technisch pro Tonne
k 50 %	290 €/t	Kosten NaOH technisch pro Tonne
k 32 %	930 €/t	Kosten NaOH GMP pro Tonne
		Kosten NaOH GMP pro Tonne mit selber
k 50 %	950 €/t	Preissteigerung wie technische
m 32 %	33,85 t	derzeitiger Verbrauch NaOH GMP 2014 für Neutra
		derzeitiger Verbrauch NaOH GMP 2014 umgerechnet
		auf 50 %ige
m 50%	25,0 t	
k' 32 %	31481 €	Kosten NaOH 32 % pro Jahr
k' 50 %	23797 €	Kosten NaOH 50 % pro Jahr

k'' 7683,95 € **Einsparung Kosten NaOH 50 % gegenüber 32 % bei
derzeitigem Betrieb**

x 24,4 % **Einsparung Kosten NaOH 50 % gegenüber 32 % bei
derzeitigem Betrieb**

k' 32 % 62961 € Kosten NaOH 32 % pro Jahr GMP prognostizierter
Verbrauch

k' 50 % 47593 € Kosten NaOH 50 % pro Jahr GMP prognostizierter
Verbrauch

k' 32 % 18279 € Kosten NaOH 32 % pro Jahr technisch prognostizierter
Verbrauch

k' 50 % 14528 € Kosten NaOH 50 % pro Jahr technisch prognostizierter
Verbrauch

k'' 44682 € **Einsparung Kosten NaOH technisch 32 % gegenüber
GMP 32 %**

x 71,0 % **Einsparung Kosten NaOH technisch 32 % gegenüber
GMP 32 %**

k'' 33065 € **Einsparung Kosten NaOH technisch 50 % gegenüber
GMP 50 %**

x 69,5 % **Einsparung Kosten NaOH technisch 50 % gegenüber
GMP 50 %**

*für Menge 1000 m³ pro Monat wie Vorgabe - Annahme Dichte wie Wasser - auch für spez.
Kosten pro m³*

V, BAS 1000 m³ Volumen für BAS pro Monat als Vorgabewert

V, NaOH Ø 162 L / m³ durchschnittliche Menge NaOH 32 % pro m³ BAS

V', NaOH Ø 92 L / m³ durchschnittliche Menge NaOH 50 % pro m³ BAS

V, ges 162 m³ Volumen NaOH 32 % im Monat

V', ges 92 m³ Volumen NaOH 50 % im Monat

delta V 70 m³

m, ges 227 t Menge NaOH 32 % im Monat

m', ges 140 t Menge NaOH 50 % im Monat

delta m 87 t

k, ges	61236 €	Kosten NaOH 32 % technisch im Monat
k', ges	40554 €	Kosten NaOH 50 % technisch im Monat
Einsparung Kosten NaOH technisch 50 % gegenüber technisch 32 % - müsste realisiert werden, da Entsorger die Kosten abziehen muss		
k''	20682 €	Einsparung Kosten NaOH technisch 50 % gegenüber technisch 32 %
x	33,8 %	

Berechnung BAN - Menge NaOH - nach Verhältnis der m³/h Vorgaben

V, 1, NEU	32 m ³ /h	vorgegebener Anlagendurchsatz SMP Gebiet 1
V, 2, NEU	100 m ³ /h	vorgegebener Anlagendurchsatz SMP Gebiet 2
f 1	4	Erhöhungsfaktor von 2014 auf SMP Gebiet 1
f 2	7,5	Erhöhungsfaktor von 2014 auf SMP Gebiet 2
m, N Ges	218854 kg	Menge NaOH 32 % für Neutra SMP Gesamt
m', N Ges	149166 kg	Menge NaOH 50 % für Neutra SMP Gesamt
delta m	69688 kg	Ersparnis NaOH 50 % gegen 32 %

Berechnung BAN - spezifische Kosten NaOH

m, N 2014	33849 kg	Menge NaOH zur Neutra 2014 Gesamt
		Menge an NaOH 32 % zur Neutralisation pro m ³ BAN 2014
m, 2014	0,31 kg	
		Volumen an NaOH 32 % zur Neutralisation pro m ³ BAN 2014
V, 2014	0,224 L	
		Menge an NaOH 50 % zur Neutralisation pro m ³ BAN 2014
m', 2014	0,23 kg	
		Volumen an NaOH 50 % zur Neutralisation pro m ³ BAN 2014
V, 2014	0,153 L	
k 32 % GMP	0,29 €	spezifische Kosten NaOH 32 % GMP pro m ³ BAN 2014
		spezifische Kosten NaOH 32 % technisch pro m ³ BAN 2014
k 32 % techn	0,08 €	
		spezifische Kosten NaOH 50 % technisch pro m ³ BAN 2014
k 50 %	0,07 €	
k 32 % abs	31479 €	absolute Kosten NaOH 32 % technisch pro m ³ BAN 2014
k 50 % abs	7264 €	absolute Kosten NaOH 50 % technisch pro m ³ BAN 2014
k'	24215 €	Einsparung

Berechnung BAN - Menge NaOH - nach Stundenvorgabe aufgerechnet auf ein Jahr

V, SMP 32 %	259 m ³	Volumen NaOH 32 % für Jahresmenge Neutra BAN SMP
V, SMP 50 %	176 m ³	Volumen NaOH 50 % für Jahresmenge Neutra BAN SMP
k 32 %	97821 €	Gesamtkosten NaOH 32 % technisch
k 50 %	77750 €	Gesamtkosten NaOH 50 % technisch
delta k	20071 €	Kosteneinsparung mit NaOH 50 %

Berechnung BAI - Inaktivierung mit NaOH

		Volumen an NaOH 32 % pro m ³ Abwasser zur Inaktivierung von BAS
V, spez	162 L	
		Volumen an NaOH 50 % pro m ³ Abwasser zur Inaktivierung von BAS
V, spez	92 L	
		Volumen an NaOH 32 % zur Inaktivierung von BAI pro Monat
V 32%	113,4 m ³	

V 50%	64,4 m ³	Volumen an NaOH 50 % zur Inaktivierung von BAI pro Monat
m 32%	158760 kg	Masse an NaOH 32 % zur Inaktivierung von BAI pro Monat
m 50%	97888 kg	Masse an NaOH 50 % zur Inaktivierung von BAI pro Monat
k 32 %	42865 €	monatliche Kosten NaOH 32 % technisch pro 700 m ³ BAI SMP
k 50 %	28388 €	monatliche Kosten NaOH 50 % technisch pro 700 m ³ BAI SMP
delta k	14478 €	Einsparung

Anmerkung: spezifische Kosten BAI wie jene von BAS (mit Annahme der selben Menge)

Mehrkosten für Entsorgung durch Volumserhöhung BAS mit Inaktivierung durch NaOH

k spez BAS	270 €/t	Entsorgungskosten BAS pro Tonne
k Ges BAS	270000 €	Entsorgungskosten BAS pro Monat SMP
k NaOH	61236 €	Entsorgungskosten BAS pro Monat SMP ohne Kosten NaOH
k' Ges BAS	208764 €	Entsorgungskosten BAS pro Tonne ohne Kosten NaOH
k' spez BAS	209 €/t	BAS Menge NEU mit NaOH 50 % SMP
m Ges	1092 t	Entsorgungskosten BAS pro Monat SMP ohne Kosten NaOH 50 % mit Menge NaOH 50 %
k'' Ges BAS	227970 €	Kostenersparnis pro Monat bei NaOH 50 % Einsatz am Standort
delta k	42030 €	

Mehrkosten für Entsorgung durch Volumserhöhung BAS mit Inaktivierung durch Ca(OH)₂ und NaOH - ohne Pufferwirkung für Kalk

k spez BAS	270 €/t	Entsorgungskosten BAS pro Tonne
k Ges BAS	270000 €	Entsorgungskosten BAS pro Monat SMP
k NaOH	61236 €	Kosten CaO bzw. Ca(OH) ₂ (konservativ, bis 190 € möglich)
k Kalk	130 €/t	Menge Kalk für pH 3 auf pH 12,5
V Kalk 1	18,7 L/m ³	Menge Kalk für pH 3 auf pH 12
V Kalk 2	7,1 L/m ³	Menge Kalk für pH 3 auf pH 11,5
V Kalk 3	2,8 L/m ³	Menge Kalk für pH 3 auf pH 12,5 für Monatsmenge BAS
V' Kalk 1	18,7 m ³	Menge Kalk für pH 3 auf pH 12 für Monatsmenge BAS
V' Kalk 2	7,1 m ³	Menge Kalk für pH 3 auf pH 11,5 für Monatsmenge BAS
V' Kalk 3	2,8 m ³	Kosten Kalk mit Dichte wie Wasser
k, k Ges 1	2431 €	Kosten Kalk mit Dichte wie Wasser
k, k Ges 2	923 €	Kosten Kalk mit Dichte wie Wasser
k, k Ges 3	364 €	Menge NaOH 50 % für pH 12,5 auf pH 13 mit Pufferwirkung
V NaOH 1	70,8 L/m ³	Menge NaOH 50 % für pH 12 auf pH 13 mit Pufferwirkung
V NaOH 2	84,9 L/m ³	Menge NaOH 50 % für pH 11,5 auf pH 13 mit Pufferwirkung
V NaOH 3	90,2 L/m ³	

V' NaOH 1	70,8 m ³	Menge NaOH 50 % für pH 12,5 auf pH 13 für Monatsmenge BAS
V' NaOH 2	84,9 m ³	Menge NaOH 50 % für pH 12 auf pH 13 für Monatsmenge BAS
V' NaOH 3	90,2 m ³	Menge NaOH 50 % für pH 11,5 auf pH 13 für Monatsmenge BAS
k', Ges 1	20532 €	
k', Ges 2	24621 €	
k', Ges 3	26158 €	
k 1 Summe	22963 €	Kosten Fall 1 - Ca(OH) ₂ bis pH 12,5 + Rest NaOH
k 2 Summe	25544 €	Kosten Fall 2 - Ca(OH) ₂ bis pH 12 + Rest NaOH
k 3 Summe	26522 €	Kosten Fall 3 - Ca(OH) ₂ bis pH 11,5 + Rest NaOH
k' Ges BAS	208764 €	Entsorgungskosten BAS pro Monat SMP ohne Kosten NaOH
k' spez BAS	209 €/t	Entsorgungskosten BAS pro Tonne ohne Kosten NaOH
m Ges 1	1089,5 t	BAS Menge NEU mit NaOH 50 % SMP + Ca(OH) ₂ 10 % bis pH 12,5
k'' 1 Ges BAS	227448 €	Entsorgungskosten BAS pro Monat SMP ohne Kosten NaOH 50 % mit Menge NaOH 50 % + Menge Ca(OH)₂ 10 %
delta k 1	42552 €	Kostensparnis pro Monat bei NaOH 50 % + Ca(OH)₂ 10 % Einsatz am Standort
m Ges 2	1092 t	BAS Menge NEU mit NaOH 50 % SMP + Ca(OH) ₂ 10 % bis pH 12
k'' 2 Ges BAS	227970 €	Entsorgungskosten BAS pro Monat SMP ohne Kosten NaOH 50 % mit Menge NaOH 50 % + Menge Ca(OH)₂ 10 %
delta k 2	42030 €	Kostensparnis pro Monat bei NaOH 50 % + Ca(OH)₂ 10 % Einsatz am Standort
m Ges 3	1093 t	BAS Menge NEU mit NaOH 50 % SMP + Ca(OH) ₂ 10 % bis pH 11,5
k'' 3 Ges BAS	228179 €	Entsorgungskosten BAS pro Monat SMP ohne Kosten NaOH 50 % mit Menge NaOH 50 % + Menge Ca(OH)₂ 10 %
delta k 3	41821 €	Kostensparnis pro Monat bei NaOH 50 % + Ca(OH)₂ 10 % Einsatz am Standort
<i>Kostensparnis Entsorger durch Wegfall NaOH</i>		
k Ges BAS	270000 €	Entsorgungskosten BAS pro Monat SMP
V, NaOH	162 m ³	
k, NaOH	61236 €	
k', BAS	208764 €	neue Kosten BAS ohne Berücksichtigung NaOH
k, spez NEU	209 €	neue spezifische Kosten für 1 Tonne BAS
x	0,23 %	prozentualer Rückgang der Entsorgungskosten ohne NaOH