



**Klärschlammverwertung Region Nürnberg GmbH
Standortstudie zur Errichtung einer Monoverbrennungsanlage
Erläuterungsbericht**

Böblingen, 27. Mai 2021

Impressum

Auftraggeber

Klärschlammverwertung Region Nürnberg GmbH
Adolf-Braun-Straße 33
90429 Nürnberg

Kontaktperson: Frau Claudia Ehrensberger
Telefon: 0911 231 56 84
Mail: claudia.ehrensberger@stadt.nuernberg.de

Kontaktperson: Herr Volker Nachtmann
Telefon: 0911 231 39 00
Mail: volker.nachtmann@stadt.nuernberg.de

Auftragnehmer

TBF + Partner AG
Calwer Straße 7
71034 Böblingen

Kontaktperson: Herr Thomas Vollmeier
Telefon: +41 91 610 26 21
Mail: tv@tbf.ch

Autoren:
Thomas Vollmeier
Ralf Wellhäuser
Dr. Timo Pittmann
Marcus Neuerer
Lara Antabli

Inhaltsverzeichnis

1. Ausgangslage	9
1.1 Veranlassung	9
1.2 Aufgabenstellung	9
2. Grundlagen	10
2.1 Vorab untersuchte Standorte	10
2.1.1 Ehemaliges Kraftwerk Franken II, Erlangen	10
2.1.2 Ehemalige Schwelbrennanlage, Fürth	10
2.1.3 Müllverbrennungsanlage, Nürnberg	10
2.1.4 Kraftwerk Franken I, Nürnberg	11
2.1.5 Ehemalige Sondermüllverbrennungsanlage, Schwabach und Rednitzhembach	11
2.2 Standort Klärwerk	12
2.2.1 Allgemeines	12
2.2.2 Baugrundstück	12
2.2.3 Erschließung	13
2.2.4 Gemeinsam nutzbare Betriebseinrichtungen	14
2.2.5 Am Standort vorhandene Energie	14
2.2.6 Nutzung der BHKW Abwärme für separaten Trockner	14
2.2.7 Akzeptanz und Öffentlichkeitsarbeit	15
2.2.8 Personal und Verwaltung	16
2.2.9 Flächenkonkurrenz	17
2.2.10 Genehmigungsfähigkeit	17
2.3 Standort Hafen	18
2.3.1 Allgemeines	18
2.3.2 Baugrundstück	19
2.3.3 Erschließung	19
2.3.4 Gemeinsam nutzbare Betriebseinrichtungen	20
2.3.5 Am Standort vorhandene Energie	20
2.3.6 Akzeptanz und Öffentlichkeitsarbeit	20
2.3.7 Personal und Verwaltung	21
2.3.8 Genehmigungsfähigkeit	21
2.4 Technische Randbedingungen	22
2.5 Wirtschaftliche Randbedingungen	24
2.5.1 Eingangparameter und besondere Annahmen	24

2.5.2	Aufbau des Finanzmodells und finanzwirtschaftliche Parameter	26
3.	Technische Auslegung	27
3.1	Verfahrenstechnisches Konzept	29
3.1.1	Anlieferung und Speicherung EKS	29
3.1.2	Anlieferung und Speicherung TKS	29
3.1.3	Trocknung	29
3.1.4	Pelletierung	30
3.1.5	Reaktionszellen	31
3.1.6	Trockengutspeicher	31
3.1.7	Klärschlammischung	31
3.1.8	Verbrennung	32
3.1.9	Energienutzung	32
3.1.10	Rauchgasreinigung	32
3.2	Standortbedingte Unterschiede	33
3.2.1	Anlieferung und Speicherung EKS	33
3.2.2	Anlieferung und Speicherung TKS	33
3.2.3	Abtransport Reststoffe	34
4.	Anlagenlayout	35
4.1	Standort Klärwerk	35
4.1.1	Szenario 1	35
4.1.2	Szenario 2	37
4.1.3	Szenario 3	38
4.2	Standort Hafen	39
4.2.1	Szenario 1	40
4.2.2	Szenario 2	41
4.2.3	Szenario 3	42
5.	Kostenschätzung	44
6.	Bewertungsmatrix	49
7.	Fazit	52
8.	Alternatives Verfahrenskonzept	53

Anhang

Anhang 1: Blockschemata

Anhang 2: Anlagenlayouts

Anhang 3: Kostenschätzung

Anhang 4: Bewertungsmatrix

Anhang 5: Google Earth – 3D-Anlagenmodelle

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Für eine Klärschlammmonverbrennung zur Verfügung stehende Fläche (rot) auf dem Klärwerk 1	13
Abbildung 2:	Das Klärwerk 1 inklusive angrenzender Umgebung	16
Abbildung 3:	Für eine Klärschlammmonverbrennung zur Verfügung stehende Fläche (rot umrandet) im Hafen Nürnberg	19
Abbildung 4:	Das zur Verfügung stehende Hafengrundstück inklusive angrenzende Umgebung	20
Abbildung 5:	Blockfließbild zweiliner Anlagenbetrieb mit Volltrocknung	28
Abbildung 6:	Schematische Darstellung Pelletierung Klärschlamm	30
Abbildung 7:	Grundstück Klärwerk 1	35
Abbildung 8:	Anlagenlayout Szenario 1, Klärwerk 1	36
Abbildung 9:	Anlagenlayout Szenario 2, Klärwerk 1	37
Abbildung 10:	Anlagenlayout Szenario 3, Klärwerk 1	38
Abbildung 11:	Anlagenlayout Szenario 3 - 3D, Klärwerk 1	39
Abbildung 12:	Grundstück Hafen	40
Abbildung 13:	Anlagenlayout Szenario 1, Hafen	41
Abbildung 14:	Anlagenlayout Szenario 2, Hafen	42
Abbildung 15:	Anlagenlayout Szenario 3, Hafen	43
Abbildung 16:	Anlagenlayout Szenario 3 - 3D, Hafen	43
Abbildung 17:	Vergleich Investitionskosten unter Berücksichtigung von Synergien bzw. Standortfaktoren	47
Abbildung 18:	Spezifische Behandlungskosten bezogen auf die jährliche behandelte Klärschlammmenge (EKS mit 25 % TS)	48
Abbildung 19:	Blockfließbild einliniger Anlagenbetrieb mit Teiltrocknung	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht Wärmeerzeugung und Einspeisung auf dem Klärwerk 1	15
Tabelle 2:	Annahmen für den Standortvergleich	23
Tabelle 3:	Annahme der Klärschlammzusammensetzung des EKS.....	23
Tabelle 4:	Übersicht der drei Szenarien.....	24
Tabelle 5:	Aufbau des Finanzmodells	24
Tabelle 6:	Personalkonzept	25
Tabelle 7:	Spezifische Preise für die Betriebsmittel und die Entsorgung.....	26
Tabelle 8:	Kalkulationsparameter für das Finanzmodell.....	26
Tabelle 9:	Dimensionierungsgrößen der verschiedenen Szenarien (ca.-Angabe)	28
Tabelle 10:	Ergebnisse der Kostenschätzung am Klärwerk (netto-Angabe; +/- 30 %; Stand 2021)	44
Tabelle 11:	Ergebnisse der Kostenschätzung am Hafen (netto-Angabe; +/- 30 %; Stand 2021)	45
Tabelle 12:	Vergleich der Investitions-, Betriebskosten und der spez. Behandlungskosten.....	46
Tabelle 13:	Erklärung der Bewertungskriterien	49
Tabelle 14:	Kriterien der Bewertungsmatrix und deren Wichtung.....	50
Tabelle 15:	Bewertungsmatrix als Vergleich aller untersuchter Szenarien	51
Tabelle 16:	Dimensionierungsgrößen der einlinigen Anlagen mit Teiltrocknung	54
Tabelle 17:	Kostenschätzung einlinige Anlage mit Teiltrocknung (exemplarisch Standort Hafen).....	55

Abkürzungsverzeichnis

BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
E-Filter	Elektrofilter
EKS	Entwässerter Klärschlamm
EMSRLT	Elektro-, Steuerungs-, Mess-, Regel- und Leittechnik
FW	Fernwärme
FWL	Feuerungswärmeleistung
KSV	Klärschlammverwertung Region Nürnberg GmbH
LK	Landkreis
MD-Dampf	Mitteldruck-Dampf
OS	Originalsubstanz
RGR	Rauchgasreinigung
SCR	Selektive katalytische Reduktion
SNCR	Selektive nichtkatalytische Reduktion
SUN	Stadtentwässerung und Umweltanalytik Nürnberg
TKS	Vollgetrockneter Klärschlamm
TKV	Thermische Klärschlammverwertung
TM	Trockenmasse (Mg)
TR	Trockenrückstand (%)
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
VE-Wasser	vollentsalztes Wasser
WSO	Wirbelschichtofen
ZTKS	Zweckverband Thermische Klärschlammverwertung Schwandorf

1. Ausgangslage

1.1 Veranlassung

Die Stadt Nürnberg hat ihr Tochterunternehmen "Klärschlammverwertung Region Nürnberg GmbH" (KSV) beauftragt, für die Städtepartner Erlangen, Fürth, Nürnberg und Schwabach und ggf. weitere kommunale Klärschlammwerke in der Metropolregion ein Verfahren der stofflichen und energetischen Verwertung des Klärschlammes auszuwählen.

Die der thermischen Klärschlammbehandlung zugeführte Menge an Klärschlamm-trockenmasse beträgt ca. 17.000 Mg/a aus dem Verbund der Städtepartner. Die Stadt Nürnberg ist jedoch ebenfalls daran interessiert, Klärschlämme weiterer kommunaler Erzeuger mit einzu-beziehen, so dass einer thermischen Behandlung insgesamt ca. 30.000 Mg/a oder gar 43.000 Mg/a Klärschlamm-trockenmasse zur Verfügung stünden.

Ein Verfahren zur Rückgewinnung von Phosphor aus der Klärschlamm-asche wird in dieser Standortstudie nicht betrachtet und in der Vorplanung separat behandelt.

Ein Standort für die zu planende Anlage ist ebenfalls noch nicht festgelegt. Durch Voruntersuchungen konnten jedoch bereits einige Standorte ausgeschlossen werden.

1.2 Aufgabenstellung

Aufbauend auf den durch die KSV zur Verfügung gestellten Informationen soll in dieser Mach-barkeitsstudie untersucht werden, inwieweit die potenziellen Standorte für den Bau einer ther-mischen Klärschlammverwertung nutzbar sind. Zudem soll die Wirtschaftlichkeit einer Anlage mit der Kapazität von 17.000 Mg/a Klärschlamm-trockenmasse mit der Wirtschaftlichkeit einer Anlage mit der Kapazität von 30.000 Mg/a bzw. von 43.000 Mg/a verglichen werden. Folgende Aufgabenstellungen sollen abgearbeitet werden:

- Vergleich zweier gemeinsam festgelegter Standorte (Klärwerk 1 und Hafen) für die thermische Klärschlammverwertung der KSV,
- Vergleich dreier Anlagenvarianten mit der Kapazität von 17.000 Mg/a, 30.000 Mg/a und 43.000 Mg/a Klärschlamm-trockenmasse.

2. Grundlagen

Im Vorfeld dieser Studie wurden von der KSV bereits einige Überlegungen zur Standortauswahl durchgeführt. Die untersuchten Standorte werden in Kapitel 2.1 beschrieben und erläutert, weshalb sie für eine weitere Betrachtung nicht in Frage kommen.

Gegenstand dieser Studie waren daher die grundsätzlich in Frage kommenden Standorte auf dem Klärwerk 1 und im Nürnberger Hafen, welche in den folgenden Kapiteln 2.2 und 2.3 genauer beschrieben werden.

Anschließend werden die dieser Studie zu Grunde liegenden technischen (Kapitel 2.4) und die wirtschaftlichen Randbedingungen (Kapitel 2.5) erläutert.

2.1 Vorab untersuchte Standorte

2.1.1 Ehemaliges Kraftwerk Franken II, Erlangen

Das Kraftwerk Franken II war ein Steinkohlekraftwerk der Großkraftwerk Franken AG westlich von Erlangen-Kriegenbrunn am Main-Donau-Kanal. Das Kraftwerk ging 1967 in Betrieb. Nachdem das Großkraftwerk Franken 2001 in der E.ON Bayern AG aufgegangen ist, wurde Franken II stillgelegt und ist mittlerweile vollständig demontiert worden. Im Jahre 2002 wurde der 202 Meter hohe Schornstein, im August 2005 das ehemalige Kesselhaus gesprengt. Im ehemaligen Verwaltungsgebäude finden kulturelle Nutzungen und Bildungsangebote statt. Die meisten Flächen wurden gewerblichen Nutzungen zugeführt. Die verbliebenen Restflächen sind für eine Nutzung durch eine Klärschlammmonverbrennungsanlage zu klein.

2.1.2 Ehemalige Schwelbrennanlage, Fürth

Die 1997 fertiggestellte Fürther Müll-Schelbrennanlage war ein Pilotprojekt der Firma Siemens zur Verschmelzung von Müll und Herstellung von elektrischer Energie und nur kurzzeitig in Betrieb. Im August 2018 begannen nach 20 Jahren Leerstand die Abrissarbeiten, die im April 2019 beendet wurden. Im Herbst 2020 wurde das Grundstück an einen großen deutschen Konzern verkauft und steht nicht mehr zur Verfügung.

2.1.3 Müllverbrennungsanlage, Nürnberg

Seit 2001 ist die Müllverbrennungsanlage in der Hinteren Marktstraße, Nürnberg als Ersatz für die alte MVA in Betrieb. Dadurch wird die umweltfreundliche thermische Behandlung von Abfall

aus Nürnberg und den angrenzenden Städten und Landkreisen im bewährten Verfahren auf dem Stand neuester Technik gewährleistet. Der Abfallwirtschaftsbetrieb Stadt Nürnberg plant die Erneuerung perspektivisch in ca. 10 bis 15 Jahren, da die Nutzungsdauer von Müllverbrennungsanlagen begrenzt ist. Dafür werden die derzeit vorhandenen freien Flächen benötigt und stehen für eine Klärschlammmonoverbrennungsanlage nicht zur Verfügung.

2.1.4 Kraftwerk Franken I, Nürnberg

Das Kraftwerk Franken I in Nürnberg-Gebersdorf ging 1913 in Betrieb und kann mit einer Bruttoleistung von 843 Megawatt zur Strombedarfsdeckung beitragen. Die derzeit in Betrieb befindlichen, jeweils 83 Meter hohen, Blöcke 1 und 2 des Kraftwerks wurden in den Jahren 1973 und 1976 fertiggestellt. Sie werden mit Erdgas und im Bedarfsfall mit leichtem Heizöl betrieben. Das Kraftwerk versorgt die Stadt Nürnberg an sehr kalten Tagen zusätzlich mit Fernwärme, um das Haupt-Heizkraftwerk Sandreuth zu unterstützen. Das Kraftwerk Franken I wurde von der Bundesnetzagentur als systemrelevant eingestuft.

Das untersuchte und ca. 15.000 m³ große Grundstück befindet sich im Eigentum der Firma Uniper SE. Die Anfrage bei Uniper SE ergab, dass die Fläche für die unternehmerische Weiterentwicklung gebraucht wird und nicht für eine Klärschlammmonoverbrennungsanlage zur Verfügung gestellt werden kann.

2.1.5 Ehemalige Sondermüllverbrennungsanlage, Schwabach und Rednitzhembach

Die Fläche der ehemaligen Sondermüllverbrennungsanlage befindet sich im Gewerbegebiet Schwabach-Ost, ist ausreichend dimensioniert und befindet sich im Eigentum einer rumänischen Firma, die grundsätzliche Verkaufsbereitschaft signalisiert hat. Wesentliche Teile der Fläche sind mit beschränkten persönlichen Dienstbarkeiten (Betriebsverbot) für eine Anlage zur Entsorgung von besonders überwachungsbedürftigen Abfällen im Sinne des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes für die Stadt Schwabach und die Gemeinde Rednitzhembach belastet. Klärschlamm stellt keinen besonders überwachungsbedürftigen Abfall im Sinne des Kreislaufwirtschaftsgesetzes dar. Die in einer Monoverbrennungsanlage entstehende Asche hingegen durchaus, so dass eine Phosphorrückgewinnung auf dieser Fläche ausgeschlossen wäre. Rücksprachen mit der Stadt Schwabach und der Gemeinde Rednitzhembach ergaben, dass von beiden Kommunen die Herstellung des Planungsrechts für eine Klärschlammverbrennungsanlage für äußerst problematisch erachtet wird. Der Standort wird daher nicht weiterverfolgt.

2.2 Standort Klärwerk

2.2.1 Allgemeines

Klärschlammmonoverwertungsanlagen können theoretisch an vielen Standorten errichtet werden, doch bieten sich gerade große Klärwerke aufgrund zahlreicher Synergien als optimal geeignet an.

Synergien ergeben sich aus den nachfolgend beschriebenen Sachverhalten, insbesondere aus dem Standort selbst, aus der vorhandenen Erschließung, aus gemeinsam nutzbaren Betriebseinrichtungen, aus am Standort vorhandener Energie, einem potenziell nutzbaren Fernwärmeüberschuss, aus der Betriebserfahrung insbesondere des vorhandenen Personals sowie aus der Öffentlichkeitsarbeit der SUN.

Eine Behandlung der Klärschlämme am Standort Nürnberg (Klärwerk oder Hafen) würde vielen Anlieferern aus der Region zum Teil deutlich weitere Transportstrecken mit den entsprechenden Kosten und Umweltbelastungen, wie zum Beispiel den Emissionen von CO₂, ersparen.

Die Synergien können genutzt werden, um für alle Partner organisatorische und wirtschaftliche Vorteile zu schaffen, die auch den notwendigen finanziellen Spielraum für eine verstärkte Umsetzung ökologischer Ziele, wie z. B. der Dekarbonisierung schaffen.

2.2.2 Baugrundstück

Ungeachtet anderer Synergien muss auf dem vorgesehenen Gelände ein ausreichend großes Baugrundstück zur Errichtung und zum Betrieb einer TKV vorhanden sein. Als möglicher Standort wurde eine freie Fläche direkt angrenzend an das Entwässerungsgebäude des Klärwerks ausgewiesen. Zusätzlich kann eine Freifläche genutzt werden die sich direkt daneben, abgegrenzt durch eine Straße, in Richtung der Pegnitz befindet.



Abbildung 1: Für eine Klärschlammmonoverbrennung zur Verfügung stehende Fläche (rot) auf dem Klärwerk 1
Quelle: BayernAtlas und eigene Darstellung

2.2.3 Erschließung

Das Grundstück ist bereits erschlossen. Vorbehaltlich der ausreichenden Dimensionierung können die vorhandenen Erschließungseinrichtungen für die TKV mitgenutzt werden. Im Zuge der Planung müssen die Kapazitäten der vorhandenen Einrichtungen jedoch genauer überprüft werden. Erweiterungen sind absehbar, da aufgrund des Betriebsalters möglicherweise einige Einrichtungen ersetzt werden.

Das Gelände der SUN ist über eine Zufahrtsstraße erschlossen, über welche auch der LKW- sowie PKW-Verkehr zum Klärwerk erfolgt.

Aktuell wird auf dem Klärwerk 1 die erzeugte Wärme aus den Klärgas-BHKWs, über ein internes Nahwärmenetz für die Vorwärmung des Dünnschlammes vor der Faulung und für die Gebäudeheizung verwendet. Ein Anschluss an das Fernwärmenetz der N-ERGIE AG ist im ca. 800 m entfernten Spitzenlastheizwerk (60 MW) Muggenhof möglich, um die erzeugte und benötigte Wärme beziehen bzw. einspeisen zu können. Die genaue technische Ausführung, wurde in der hier vorliegenden Standortstudie noch nicht betrachtet.

Im Zuge der weiteren Planung ist zu prüfen, ob zur Entlastung der Kläranlage eine Brüdenbehandlungsanlage, bestehend aus einer Brüdenkondensation und einer Brüdenwäscherkolonne, vorgesehen werden muss.

2.2.4 Gemeinsam nutzbare Betriebseinrichtungen

Die Eingangskontrolle samt Waagen können gemeinsam genutzt werden. Von den Betriebsanlagen der SUN können Trink- und Brauchwasser bereitgestellt werden. Gemeinsam genutzt werden können zudem Lager mit der Warenannahme sowie die mechanische und elektrische Werkstatt. Eventuell ergeben sich auch weitere Synergien durch die gemeinsame Lagerung von Betriebsmitteln wie Heizöl oder Säuren und Basen.

Das am Standort Klärwerk 1 bereits vorhandene Verwaltungsgebäude sowie Sozialräume und Werkstätten für das Personal der SUN wird aus Kapazitätsgründen nicht von der TKV genutzt werden können. Aus diesem Grunde wird ein separates Betriebsgebäude vorgesehen, inkl. einer Leitwarte und der oben genannten Einrichtungen.

2.2.5 Am Standort vorhandene Energie

Am Standort Klärwerk 1 sind mehrere 20 kV-Netzeinspeisungen vorhanden, die weitestgehend für den Kläranlagenbetrieb benötigt werden. Mögliche Synergien (z.B. Notstromversorgung, gemeinsame Schaltanlagen etc.) hängen unter anderem auch von den zukünftigen organisatorischen Strukturen ab. Diese Fragestellung ist nicht Teil der Studie und wird in der späteren Planung betrachtet.

2.2.6 Nutzung der BHKW Abwärme für separaten Trockner

Am Klärwerk 1 existieren aktuell vier Blockheizkraftwerke, ein weiteres fünftes befindet sich in der Planung. An allen vier Blockheizkraftwerken sind bereits Abgaswärmetauscher realisiert.

Bei einer Betrachtung der bereits vier vorhandenen Blockheizkraftwerke bezüglich der Wärmemengen hat sich herausgestellt, dass ca. 90 % der erzeugten Wärme aus den BHKW bereits für Heizzwecke (Faulschlammtürme sowie Gebäudeheizung) auf dem Klärwerk genutzt werden.

Die überschüssige Wärme ca. 10 % wird aktuell über Luftkühler an die Umgebung ungenutzt abgegeben.

Tabelle 1: Übersicht Wärmeerzeugung und Einspeisung auf dem Klärwerk 1

	Wärmemenge 2019	Wärmemenge 2020	Anteil der Gesamt- erzeugung
Wärmeerzeugung Kessel 1	555 MWh	578 MWh	2,36 %
Wärmeerzeugung Kessel 2	1.745,42 MWh	3.310,15 MWh	13,30 %
Wärmeeinspeisung BHKW 1+2	12.041,28 MWh	12.378 MWh	49,74 %
Wärmeeinspeisung BHKW 3	3.513 MWh	3.280 MWh	13,18 %
Wärmeeinspeisung BHKW 4	3.082 MWh	2.841 MWh	11,42 %
Wärmemengenzähler der Not- kühler für die BHKW 1+2	1.822 MWh	1.325 MWh	5,32 %
Wärmemengenzähler der Not- kühler für das BHKW 3	926 MWh	597 MWh	2,40 %
Wärmemengenzähler der Not- kühler für das BHKW 4	1.082 MWh	565 MWh	2,27 %
Summe der Erzeugung	24.756,08 MWh	24.883,96 MWh	100,00 %

Inwiefern die Abwärmenutzung beim Betrieb von fünf Blockheizkraftwerken in Verbindung mit einem Fernwärmeanschluss für eine separate Trocknungsanlage wirtschaftlich ist, wird in der Vorplanung betrachtet.

2.2.7 Akzeptanz und Öffentlichkeitsarbeit

Das Klärwerk 1 befindet sich im Westen der Stadt Nürnberg. Im Westen grenzt das Kläranlagengelände an den sog. Frankenschnellweg (A73), im Süden und Osten angrenzend befindet sich Wohnbebauung. Zusätzlich wird ein neues Bebauungsgebiet angrenzend an das ehemalige zu Luxuswohnungen umgebaute Straßenbahndepot erschlossen. Der im Norden begrenzte Deich liegt ab der Deichkrone bereits im Landschaftsschutzgebiet Pegnitztal West der Stadt Nürnberg. Die Kläranlage 1 der Stadt Nürnberg ist eng von angrenzender Wohnbebauung im Süden und Osten umgeben. Die geltenden Grenzwerte für Schallimmissionen nach

TA-Lärm sind bereits ausgeschöpft. Dies führt immer wieder zu Beschwerden aus der Nachbarschaft bezüglich Lärmbelästigung.

Erfahrungsgemäß wird die Umsetzung des TKV-Projektes besonders starken Widerspruch der benachbarten Bewohner hervorrufen. Die KSV steht vor der Herausforderung die Bevölkerung schon frühzeitig über das Projektvorhaben zu informieren und durch eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit die Notwendigkeit und Vorteile der TKV hervorzuheben.



Abbildung 2: *Das Klärwerk 1 inklusive angrenzender Umgebung*
Quelle: GoogleMaps

Weitere Bilder des in Google Earth dargestellten 3D-Anlagenmodells für Szenario 3 sind in Anhang 5 dargestellt.

2.2.8 Personal und Verwaltung

Sowohl das vorhandene technische als auch das administrative Personal verfügt über umfassende Betriebserfahrung mit dem Klärwerksbetrieb sowie der Entwässerung des Klärschlammes. Diese Erfahrungen können auch für die neue TKV genutzt werden. Darüber hinaus wird jedoch zusätzliches qualifiziertes Personal benötigt, mit einschlägigem Knowhow bezüglich des Betriebes einer thermischen Klärschlammverwertung inklusive der Trocknung und Pelletierung.

Die Einbindung von Verwaltung (z. B. Einkauf, Buchhaltung, Rechnungswesen, Personalwesen etc.), Beauftragtenwesen (Arbeitssicherheit, Umwelt, Abfall etc.), Öffentlichkeitsarbeit etc. für die TKV ist aufgrund der räumlichen Nähe einfach zu organisieren.

2.2.9 Flächenkonkurrenz

Die beauftragte Strukturplanung Klärwerk 1 Nürnberg führt zu einer grundlegenden Modernisierung und Erweiterung der Technik und Bauwerke der Abwasserreinigung. Zudem ist eine vierte Reinigungsstufe vorzuziehen. Das führt unweigerlich zu Platzmangel für die Bauwerke selbst und während der Bauerrichtung.

2.2.10 Genehmigungsfähigkeit

Der Standort Klärwerk 1 liegt im Westen Nürnberg im Bezirk Muggenhof. Im Westen grenzen öffentliche Verkehrsflächen an, im Norden ein Landschaftsschutzgebiet mit Erholungsflächen im Pegnitztal sowie der neu errichteten Nürnberger Surfzelle. Im Süden befindet sich ein Möbelhaus und, durch die Muggenhofstraße getrennt, eine dichte Bebauung mit mehrgeschossigen Wohnhäusern. Im Osten wurden jenseits der Adolf-Braun-Straße das frühere VAG-Gebäude zu hochwertigem Wohnen sowie ein derzeit in der Erschließung befindliches Gelände als Neubaugebiet ebenfalls für gehobenes Wohnen entwickelt. Das Gelände des Klärwerks 1 befindet sich im Außenbereich. In den Außenbereich nach § 35 Baugesetzbuch (BauGB) fallen alle Grundstücke, die weder im Geltungsbereich eines qualifizierten Bebauungsplans liegen noch zu einem im Zusammenhang bebauten Ortsteil gehören. Ein qualifizierter Bebauungsplan liegt für den Bereich der Kläranlage nicht vor.

Der Betrieb der Kläranlage ist privilegiert, nicht jedoch eine Verbrennungsanlage für Klärschlamm. Da die Anlage zusammen mit Fürth, Schwabach und Erlangen sowie weiteren kommunalen Trägern betrieben werden soll, kann auch nicht von einem untergeordneten Bestandteil der Kläranlage ausgegangen werden.

Die privilegierten Vorhaben sind in § 35 Abs. 1 BauGB abschließend aufgezählt; eine Analogie oder Erweiterung des Kataloges ist nicht zulässig. Die entsprechenden Einrichtungen gehören nach dem Willen des Gesetzgebers aufgrund ihrer Zweckbestimmung oder wegen ihrer Auswirkungen auf die Umgebung grundsätzlich in den Außenbereich. Hierzu zählen u.a. Vorhaben, die *„der öffentlichen Versorgung mit Elektrizität, Gas, Telekommunikationsdienstleistungen, Wärme und Wasser, der Abwasserwirtschaft oder einem ortsgebundenen gewerblichen Betrieb dienen.“*

Voraussetzung für die Genehmigung einer Klärschlamm-Monoverbrennungsanlage wäre die Schaffung der planungsrechtlichen Grundlagen und damit die Aufstellung eines qualifizierten Bebauungsplanes.

Am Standort Klärwerk I sind somit die bauplanungsrechtlichen Zulässigkeitsvoraussetzungen nicht gegeben.

Die Regierung von Mittelfranken weist ferner darauf hin, dass

- die Errichtung einer Klärschlammverwertungsanlage im Widerspruch zu den Entwicklungszielen des Sanierungsgebietes Weststadt steht, insbesondere den geplanten umfangreichen Wohnungsbaumaßnahmen,
- der neue erforderliche Kamin mit ca. 70 m Höhe eine Fernwirkung hinsichtlich des Stadtbildes im Pegnitztal entfaltet und
- eine Beeinträchtigung des Denkmalensembles Muggenhof nicht ausgeschlossen werden kann.

2.3 Standort Hafen

2.3.1 Allgemeines

Eine Behandlung der Klärschlämme am Standort Nürnberg (Klärwerk oder Hafen) würde vielen Anlieferern aus der Region zum Teil deutlich weitere Transportstrecken mit den entsprechenden Kosten und Umweltbelastungen, wie zum Beispiel den Emissionen von CO₂, ersparen.

Der Standort Hafen befindet sich im Süden Nürnbergs und ist als Sondergebiet Hafen bestens angeschlossen. Auch hier ließen sich vielerlei Synergieeffekte nutzbar machen. Die gute Infrastruktur und die Lage ermöglichen eine Anlieferung des Klärschlammes und von Betriebsmitteln per LKW, Zug oder Schiff. Die direkte Anbindung an überregionale Verkehrswege (A3, A6, A9, A73, B8) ermöglichen LKW-Verkehr ohne nennenswerte Durchfahrt von Wohngebieten.

2.3.2 Baugrundstück

Als Baugrundstück wurde ein Stück der Teilfläche 19 aus dem Bebauungsplan 3811 der Stadt Nürnberg ausgewiesen. Das Grundstück grenzt im Norden und Westen direkt an Bahngleise an. Im Osten liegt die Rotterdamer Straße.



Abbildung 3: Für eine Klärschlammmonoverbrennung zur Verfügung stehende Fläche (rot umrandet) im Hafen Nürnberg
Quelle: BayernAtlas und eigene Darstellung

2.3.3 Erschließung

Das ausgewiesene Baugrundstück wird derzeit als Betriebshof der Hafenverwaltung genutzt und ist entsprechend erschlossen. Das Gelände wird durch die von der Hafenverwaltung geplanten Umstrukturierung des Betriebshofs frei, die aufstehenden Gebäude werden abgerissen, da sie für die TKV nicht genutzt werden können. Die Zufahrt zum Grundstück erfolgt über eine aus dem Süden kommenden Zufahrtsstraße. Zusätzlich ist ein Bahnanschluss auf dem Gelände vorhanden.

2.3.4 Gemeinsam nutzbare Betriebseinrichtungen

Da es sich bei dem zur Verfügung stehenden Grundstück um einen Standort handelt, auf welchem bisher kein Klärschlamm behandelt wurde, sind keine nutzbaren Betriebseinrichtungen vorhanden.

2.3.5 Am Standort vorhandene Energie

Sollte der Standort Hafen als Grundstück für die TKV ausgewählt werden und das gewählte Betriebskonzept die Auskopplung von Fernwärme vorsehen, besteht die Möglichkeit des Anschlusses an eine noch zu realisierende Fernwärmeleitung. Die N-ERGIE Netz hat im Fall einer genehmigungsfähigen Anlage die Verlegung zugesichert. Bis ein positiver Genehmigungsbescheid für die TKV vorliegt, werden durch die langen Vorlaufzeiten bei der Planung einer Fernwärmetrasse bereits Planungskosten für die Fernwärmeleitung anfallen, deren Übernahme und Aufteilung geklärt werden muss.

2.3.6 Akzeptanz und Öffentlichkeitsarbeit

Der gesamte Hafen, inklusive des ausgewiesenen Flurstücks, ist als Sondergebiet Hafen im Bebauungsplan ausgewiesen. Die nächstliegende Wohnbebauung im Stadtteil Maiach in ca. 100 m Entfernung ist durch einen ca. 5 m hohen Wall und der Hafenstraße getrennt. Die nächsten Siedlungen sind mehrere hundert Meter entfernt.



Abbildung 4: Das zur Verfügung stehende Hafengrundstück inklusive angrenzende Umgebung
Quelle: GoogleMaps

Die Grundstücke des Bayernhafens wurde bereits vor vielen Jahren hinsichtlich des Bebauungsplans schalltechnisch begutachtet. Hintergrund war die im Norden geplante Ansiedlung eines Wohngebietes, in direkter Nachbarschaft zum Gelände des Bayerhafen. Aus diesem Grund wurden für die Parzellen Lärmemission-Kontingente vergeben. Eine erste Machbarkeitsstudie zur Lärmsituation der IBAS Ingenieurgesellschaft mbH untersuchte im Auftrag der Bayernhafen GmbH & Co. KG für eine Anlage (Szenario 3), ob die schalltechnischen Festsetzungen des Bebauungsplanes (Einhaltung der zulässigen Immissionskontingente) am Standort Hafen möglich sind. Für die betrachtete Teilfläche stehen als Lärmkontingente $L_{EK} = 62 \text{ dB} / 48,5 \text{ dB tags} / \text{nachts}$ zur Verfügung. Für Anlieferungen (LKW, Bahn) werden Anfahrten ausschließlich zur Tagzeit (von 6.00 Uhr bis 22.00 Uhr) angenommen.

Eine Prognoserechnung zur vorliegenden Konzeptplanung hat gezeigt, dass auf der Basis der angegebenen Schallemissionen von Klärschlammverbrennungsanlagen zur Nachtzeit deutliche Überschreitungen, um bis zu 10 dB, des zur Verfügung stehenden Immissionskontingentes erwartet werden können.

Aus diesem Grund wurden an den Hauptschallquellen notwendige Pegelminderungen und entsprechende prinzipielle Maßnahmen erarbeitet, mit denen die Vorgaben am Standort an allen Immissionsorten grundsätzlich eingehalten werden können.

Die erarbeiteten Maßnahmen sind als schalltechnisch sehr anspruchsvoll, aber noch als machbar einzustufen und müssen sich mindestens am Stand der Technik zur Lärminderung orientieren.

Weitere Bilder des in Google Earth dargestellten 3D-Anlagenmodells für Szenario 3 sind in Anhang 5 dargestellt.

2.3.7 Personal und Verwaltung

Ob Synergien mit der SUN-Verwaltung am Standort Hafen möglich sind, wird in den späteren Phasen der Umsetzung der TKV geprüft. Unabhängig davon ist am Standort neues fachtechnisch qualifiziertes Personal erforderlich. Verwaltung und Personal können exakt auf die Anforderungen des Betriebes der TKV abgestimmt werden.

2.3.8 Genehmigungsfähigkeit

Die seitens der Hafenverwaltung angebotene Fläche wird derzeit noch als Betriebshof genutzt. Östlich grenzt eine Verkehrsfläche an, daran schließt sich ein Gewerbegebiet, ein Mischgebiet

und ein allgemeines Wohngebiet an. Diese Flächen liegen im Bereich des qualifizierten Bebauungsplans Nr. 3561 in Maiach. Nördlich und westlich befinden sich gewerblich genutzte Flächen vorrangig im Bereich Logistik. Südlich grenzt der Frankenschnellweg an. Für den Standort liegt ein qualifizierter Bebauungsplan Nr. 3811 Maiach mit der Festsetzung als Sondergebiet Hafen - Güterverkehrszentrum vor. Eine Rücksprache mit dem Stadtplanungsamt Nürnberg ergab, dass eine Bebauungsplanänderung bei Errichtung einer Klärschlammverwertungsanlage für nicht erforderlich eingestuft wird.

Die Regierung von Mittelfranken sieht die planungsrechtliche Zulässigkeit einer Klärschlammverwertungsanlage im Bereich des Bebauungsplanes Nr. 3811 als naheliegend an. Eine abschließende Klärung kann erst nach Vorlage konkreter Angaben im weiteren Verfahren abschließend geklärt werden. Auf die unter § 3 Abs. 1 Satz 4 der Satzung festgelegten Emissionskontingente Schall wird besonders hingewiesen. Dies gilt auch für die verkehrliche Anbindung, insbesondere mit der Bahn.

Als Fazit wird auf der Grundlage der vorliegenden Informationen unter städtebaulichen, verkehrlichen und bauplanungsrechtlichen Gesichtspunkten die Hafenfläche als vorzugswürdiger Standort eingestuft.

2.4 Technische Randbedingungen

Die Dimensionierung der Anlagen in den unterschiedlichen Szenarien beruht sowohl auf Angaben, die von der KSV zur Verfügung gestellt wurden, als auch auf Erfahrungswerten aus vergangenen Studien.

Von der KSV wurden die folgenden in Tabelle 2 genannten Annahmen getroffen. Es wird davon ausgegangen, dass der entwässerte Klärschlamm im Mittel mit einem TR-Gehalt von 25 % (Schwankungsbreite 22 bis 30 % TR) angeliefert wird sowie der getrocknete Klärschlamm mit einem TR-Gehalt von mindestens 90 %. Der Tabelle 3 kann die in dieser Studie genutzte Elementarzusammensetzung des Klärschlammes entnommen werden. Die Fernwärmeeinspeisung im Sommer ist auf 1,5 MW limitiert, im Winter soll die Fernwärmeeinspeisung maximiert werden.

Tabelle 2: Annahmen für den Standortvergleich

Klärschlamm-Heizwert	11.600 kJ/kg TS
Glühverlust	60 %
Trockenrückstand EKS	25 % TS
Fernwärmeeinspeisung im Sommer	1,5 MW max.
Fernwärmeeinspeisung Heizperiode	Unbegrenzt
FW Vorlauftemperatur Sommer	110 °C
FW Vorlauftemperatur Winter	120 °C
FW Rücklauftemperatur	65 °C

Tabelle 3: Annahme der Klärschlammzusammensetzung des EKS

	EKS
Trockenrückstand (TS)	25 m%
Glühverlust (des TS)	40 m%
Heizwert (des TS)	11,6 MJ/kg
C Kohlenstoff	6,84 % (TS)
O Sauerstoff	5,26 % (TS)
N Stickstoff	0,32 % (TS)
S Schwefel	0,170 % (TS)
Cl Chlor	0,023 % (TS)
P Phosphor im Klärschlamm Phosphor in der Asche	3-4 m% (TS) 8 m% (TS)

Die drei zu untersuchenden Szenarien unterscheiden sich in ihrer Klärschlammgesamtmenge sowie durch unterschiedliche Anteile an entwässertem und getrocknetem Klärschlamm. Tabelle 4 zeigt die Grundlagen, die für die drei Szenarien zugrunde gelegt wurden.

Tabelle 4: Übersicht der drei Szenarien

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Beteiligte	ARGE	ARGE + LK Mittelfranken	ARGE + LK Mittelfranken + ZTK Schwandorf
Klärschlammmenge	16.506 Mg/a TS	30.564 Mg/a TS	43.064 Mg/a TS
Klärschlammmenge EKS (25 % TS)	53.704 Mg/a	77.739 Mg/a	77.739 Mg/a
Klärschlammmenge TKS (90 % TS)	3.422 Mg/a	12.365 Mg/a	26.254 Mg/a

2.5 Wirtschaftliche Randbedingungen

Die Investitions- und Betriebskosten werden unter Zugrundelegung von Erfahrungswerten für die in der vorliegenden Untersuchung gewählten Anlagendimension ermittelt. Alle Kosten und Preisangaben sind – sofern nicht explizit anders ausgewiesen – Beträge in netto, ohne Umsatzsteuer.

2.5.1 Eingangsparameter und besondere Annahmen

Die Investitions- und Betriebskosten werden nach dem Raster der folgenden Tabelle 5 ermittelt und anschließend in das Finanzmodell übernommen.

Tabelle 5: Aufbau des Finanzmodells

Kostengruppe	Bemerkung
Investitionskosten	Unterteilt in Maschinen – und EMSRLT sowie Bautechnik und Grundstückskosten
Energieverbrauch	Heizöl und Strom
Energieerzeugung	Stromproduktion, Fernwärme
Verbrauchsmaterialien	Hauptsächlich Einsatzstoffe für die RGR
Entsorgungskosten	Asche, Reststoffe aus der RGR, Abwasser
Instandhaltungskosten	Feste Prozentwerte der Herstellkosten
Versicherungskosten	Feste Prozentwerte der Herstellkosten

Die Investitionen werden mit einer Kostengenauigkeit von $\pm 30\%$ ermittelt. Als Basis dienen Angebote sowie Realisierungskosten aus den vergangenen Jahren für Klärschlammverbrennungsanlagen (u. a. Klärwerk Werdhölzli, Kanton Zürich; Klärwerk Karlsruhe; Klärwerk Sindlingen/Frankfurt, Klärwerk Waßmannsdorf/Berlin) sowie Projektdaten aus zahlreichen weite-

ren realisierten thermischen Behandlungsanlagen. Außerdem wurden als Kostenbasis konkrete Angebote verschiedener Projekte von Klärschlammmonoverwertungsanlagen, welche von TBF aktuell betreut werden, genutzt.

Eine Abschätzung des benötigten Betriebspersonals zeigt die Tabelle 6. Hinzu kommt noch Personal für die Geschäftsführung und unterstützende Funktionen, dies hängt jedoch von der zukünftigen Organisationsform ab. Grundlage für die Mitarbeiteranzahl im Schichtdienst ist eine Annahme von 5 Schichten mit jeweils 2 Personen, um die Anlage kontinuierlich betreiben zu können. Es wird die Annahme zugrunde gelegt, dass auf beiden Standorten dieselbe Anzahl an Personal benötigt wird und sich durch den Bau auf dem Klärwerk hierfür keine Synergien nutzen lassen.

Tabelle 6: Personalkonzept

Tätigkeit	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Schichtdienst	10	10	10
Steuerung / Warte	5	5	5
Anlagenkontrolle / Störungsbeseitigung	5	5	5
Tagesdienst (Anlagenkontrolle, Störungsbeseitigung, Wartung und Reparatur, Ver- und Entsorgung)	5	6	6
Maschinenmeister	1	1	1
Chemielaborant	1	1	1
Elektromeister	1	1	1
Arbeiter	2	3	3
Reserve	1	1	1
Ingenieure	1	1	1
Verwaltung	2	2	2
SUMME TKV	19	20	20

Die Tabelle 7 zeigt die spezifischen Preise für die Betriebsmittel und die Entsorgung. Sie basieren auf marktüblichen aktuellen Zahlen.

Tabelle 7: Spezifische Preise für die Betriebsmittel und die Entsorgung

	Einheit	Kosten
Heizöl	€/m³	541
Strom, Arbeit, Bezug	€/MWh	180
Stromeinspeisung	€/MWh	35
Fernwärmeabgabe	€/MWh	21
Aktivkohle	€/Mg	2160
Branntkalk	€/Mg	100
Quarzsand	€/Mg	27
Harnstoff	€/Mg	90
Trinkwasser	€/m³	4
Natronlauge (45 %)	€/m³	250
Schwefelsäure (98 %)	€/m³	400
Aschentsorgung durch Dritte	€/Mg	60
Reststoffentsorgung	€/Mg	95
Abwasserentsorgung	€/m³	4

2.5.2 Aufbau des Finanzmodells und finanzwirtschaftliche Parameter

Zur Berechnung der Kapitalkosten wird die Annuitätenmethode verwendet. Zusammen mit den Betriebskosten ergeben sie die jährlichen Behandlungskosten der TKV. Daraus lassen sich die spezifischen Behandlungskosten berechnen.

Die betriebswirtschaftlichen Kalkulationsparameter wurden mit dem Auftraggeber abgestimmt und sind in nachfolgender Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 8: Kalkulationsparameter für das Finanzmodell

Kalkulationsparameter	Ansatz
Zinssatz	1,5 %/a
Abschreibung EMSRLT	25 Jahre
Abschreibung Maschinenteknik	25 Jahre
Abschreibung baulicher Anlagen	25 Jahre
Preisbasis	2021

3. Technische Auslegung

Es wurden folgende Szenarien untersucht:

1. Szenario 1: Klärschlammengen der ARGE (16.506 Mg/a TS)
2. Szenario 2: Klärschlammengen ARGE + LK Mittelfranken (30.564 Mg/a TS)
3. Szenario 3: Klärschlammengen ARGE + LK Mittelfranken + ZTKS (43.064 Mg/a TS)

Durch die unterschiedlichen Klärschlammengen und den variierenden Anteil des angelieferten bereits getrockneten Klärschlammes, ergeben sich unterschiedliche Anforderungen an die Trocknung und Verbrennung in den drei Szenarien. Bei Szenario 1 ist die Trocknung eines Teils des EKS im Winter notwendig, während die Trocknung in Szenario 2 und 3 im Winter außer Betrieb genommen werden kann. Ebenfalls ergeben sich im Sommer- und Winterbetrieb unterschiedliche TR-Gehalte, die der Verbrennung zugeführt werden.

Für die Bewertung der Standorte wird die Anlage mit zwei Linien geplant. Berücksichtigt wird auch die Möglichkeit einer heizperiodenangepassten Betriebsweise. Durch erhöhte Trocknung sowie Speicherung von getrocknetem und pelletiertem Klärschlamm im Sommer und Einsatz dieses Klärschlammes im Winter wird eine Erhöhung der Fernwärmeeinspeisung während der Heizperiode erreicht und eine Abgabe von Wärme an die Umgebung im Sommer vermieden. Der für die Speicherung erforderliche Platzbedarf ist berücksichtigt.

In der nachfolgenden Tabelle 9 sind die wichtigsten Dimensionierungsgrößen der drei Szenarien gegenübergestellt.

Tabelle 9: Dimensionierungsgrößen der verschiedenen Szenarien (ca.-Angabe)

Aggregat oder Komponente	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
EKS-Anlieferstellen	2	2	2
TKS-Anlieferstellen	1	2	2
Verbrennungslinien	2	2	2
EKS-Trockner	Bandrockner 2 x 100 % 25 – 90 %TR 0,93 tTM/h	Bandrockner 2 x 60 % 25 – 90 %TR 1,34 tTM/h	Bandrockner 2 x 60 % 25 – 90 %TR 0,96 tTM/h
Pelletierung	1 x 100 % 1,28 tTM/h	1 x 100 % 2,61 tTM/h	1 x 100 % 3,66 tTM/h
Nennlast pro Linie	1,38 Mg/h TM	2,47 Mg/h TM	3,42 Mg/h TM
TR-Gehalt in Verbrennung	42,1 % (Sommer) 42,7 % (Winter)	42,5 % (Sommer) 41,5 % (Winter)	43,0 % (Sommer) 48,8 % (Winter)
Wirbelschichtofen (pro Linie)	FWL (ø): 3,17 MW	FWL (ø): 5,59 MW	FWL (ø): 8,58 MW
Dampfkessel	40 bara / 400 °C 6,25 t/h (ø)	40 bara / 400 °C 12,25 t/h (ø)	40 bara / 400 °C 18,40 t/h (ø)
Turbine	0,60 MW (ø)	1,18 MW (ø)	1,77 MW (ø)
FW-Abgabe im Winter	2,4 MW (ø)	7,3 MW (ø)	11,6 MW (ø)
E-Filter	1 (3 Felder)	1 (3 Felder)	1 (3 Felder)
Sprühabsorber	1	1	1
Gewebefilter	1	1	1
Nasswäscher	1	1	1
SCR	1	1	1
Saugzug	9.022 m³i.N./h f.(ø)	16.191 m³i.N./h f.(ø)	21.810 m³i.N./h f.(ø)

Es wurde ein verfahrenstechnisches Grundkonzept für alle Szenarien gewählt, um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Das vereinfachte Blockschema ist in Abbildung 5 dargestellt.

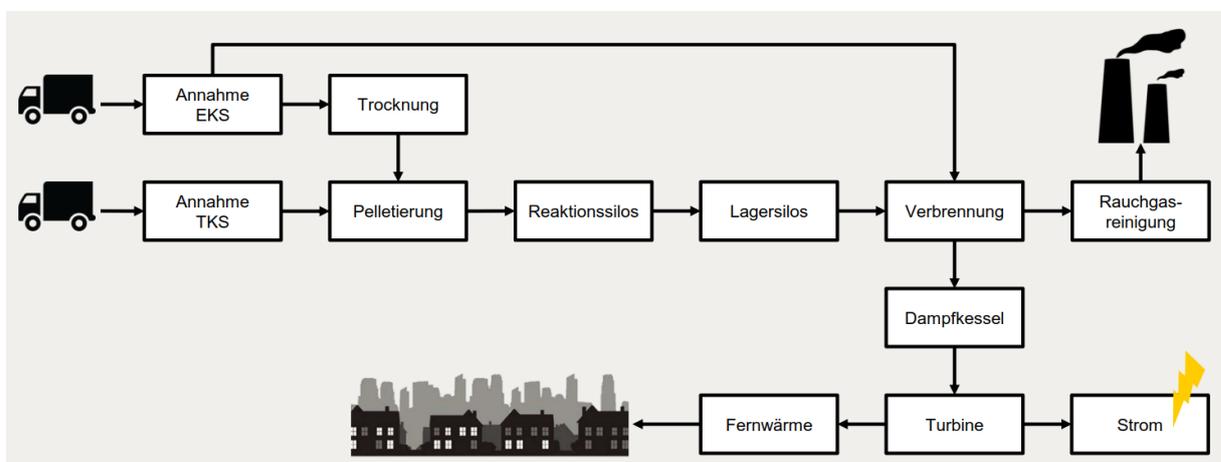


Abbildung 5: Blockfließbild zweiliniiger Anlagenbetrieb mit Volltrocknung

3.1 Verfahrenstechnisches Konzept

Im Bereich der Klärschlammmonoverwertung hat sich bisher kein durchgängiger Anlagenstandard etabliert. Einzig der Wirbelschichtofen als zentrales Element wird in allen Verbrennungsanlagen für teilgetrockneten Klärschlamm eingesetzt. In dieser Studie wird der Ansatz verfolgt, eine Mischung aus vollgetrocknetem und entwässertem Klärschlamm zu verbrennen, da der vollgetrocknete Klärschlamm im Sommer als Pellets gelagert wird, um die Fernwärmeproduktion im Winter zu maximieren. Auch für dieses Konzept wird ein Wirbelschichtofen vorgesehen. In welcher Form der Klärschlamm in den Ofen zugegeben wird – gemischt oder separat – ist nicht Gegenstand der Studie und muss im weiteren Verlauf der Planung genau untersucht werden.

3.1.1 Anlieferung und Speicherung EKS

Die angelieferten Klärschlämme gelangen über eine Fahrzeugwaage auf das Grundstück. Die Abgabe des EKS erfolgt in einer vollständig eingehausten Anlieferhalle. Der EKS wird in die Annahmesilos gepumpt und wird von dort mittels Dickstoffpumpe zu den Trocknern gefördert.

3.1.2 Anlieferung und Speicherung TKS

Die angelieferten Klärschlämme gelangen über eine Fahrzeugwaage auf das Grundstück. Die Annahme des getrockneten Klärschlammes erfolgt direkt über einen Anschluss in ein Annahmesilo. Von dort aus wird der Klärschlamm zur Pelletierung gefördert.

3.1.3 Trocknung

Der EKS wird über Dickstoffpumpen aus den Silos in die Trocknung gefördert. Für die Volltrocknung der Klärschlämme kommen zwei Bandrockner zum Einsatz. Bei der Volltrocknung mittels Bandrockner wird der entwässerte Klärschlamm zur Einstellung der erforderlichen Kornstrukturen granuliert und über eine Dosiereinrichtung in den Trockner eingebracht. Der Klärschlamm wird auf einem Förderband durch mehrere Kammern des Trockners transportiert und dabei in jeder Kammer von oben nach unten mit heißer Luft durchströmt. Dabei nimmt die Luft das im Klärschlamm enthaltene Wasser auf. Die Luft wird in einen Wasserdampf-Luft-Wärmetauscher durch den im Kessel erzeugten Dampf erwärmt.

Am Ende des Förderbandes gelangt der Klärschlamm i. d. R. in einer Umlenkkammer auf ein darunter angeordnetes Förderband und wird zurückgefördert. Der Ein- und Austrag des Bandrockners befindet sich somit bei den meisten Herstellern auf der gleichen Seite. Durch

die Umschichtung bei der Umlenkung wird ein homogenes Trockengut mit einem TR-Gehalt von > 90 % erzielt. Da die Resttrocknung auf dem unteren Förderband langsamer verläuft, wird das untere Förderband langsamer betrieben, was eine höheren Schütthöhe zur Folge hat.

Die belastete Abluft muss behandelt werden. Hierzu wird ein Eispritzkondensator mit nachgeschaltetem saurem und alkalischem Wäscher genutzt.

Während der Sommermonate erfolgt eine Vollstrom-Volltrocknung, während in den Wintermonaten eine Teilstrom-Volltrocknung vorgesehen ist (vergl. Unterkapitel „Klärschlammischung“) bzw. ganz auf die Trocknung verzichtet werden kann.

3.1.4 Pelletierung

Der getrocknete Klärschlamm wird mit Wasser vermischt und einer Pelletpresse zugeführt. Die hergestellten Pellets werden anschließend abgekühlt. Nach der Abtrennung des Feinkorns können die Pellets in den Speicher gefördert werden.

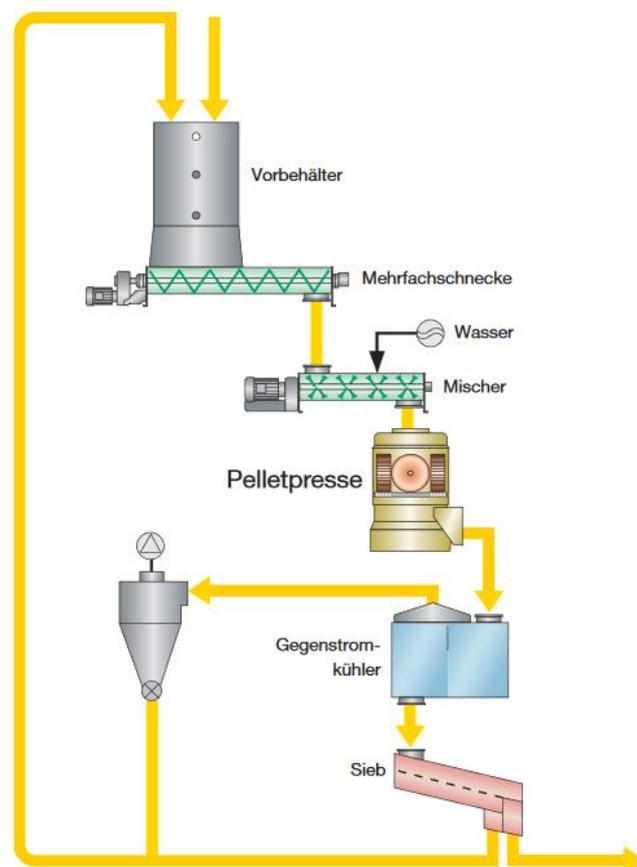


Abbildung 6: Schematische Darstellung Pelletierung Klärschlamm
(Firma AMANDUS KAHL GmbH & Co. KG)

Die Pellets weisen mit ca. 800 kg/m³ ein höheres Schüttgewicht als z. B. granulierter Klärschlamm (500 kg/m³) auf. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch Pellets die Staubbildung und damit die Explosionsgefahr vermindert wird.

3.1.5 Reaktionszellen

Während der Lagerung von getrockneten Klärschlamm finden anorganische bzw. organische Abbauprozesse statt. Im Rahmen der anorganischen Reaktion oxidieren Eisenionen unter Wärmefreisetzung. Bei langer Lagerung unter Sauerstoffbedingungen und aufgrund der bei dem anorganischen Prozess freigesetzten Wärme findet ein organischer Prozess statt, welcher ebenfalls Wärme produziert. Wird der organische Prozess dem anorganischen überlagert, so kann dies zu einer kritischen Temperaturerhöhung führen, welche zu einer Selbstentzündung des Klärschlammes führen kann. Folglich ist die Überlagerung des anorganischen und des organischen Abbauprozesses zu vermeiden. Vor diesem Hintergrund wird folgendes Abkühl- bzw. Trockengutlagerkonzept vorgesehen:

Der getrocknete Klärschlamm wird in Stahlsilos gefördert, wo eine kontrollierte Nachreaktion mit Wärmeabfuhr erfolgt. Hierzu wird Umgebungsluft in die Silos eingeblasen und die Pellets dadurch gekühlt. Der eingangs erläuterte anorganische Prozess findet so kontrolliert statt. Die erwärmte Abluft aus den Silos kann in den Trocknern als Wärmeträger genutzt werden.

3.1.6 Trockengutspeicher

Als Trockengutspeicher für den pelletierten Klärschlamm werden zur Vermeidung von großen Brandlasten mehrere Lagersilos vorgesehen. Die Silos verfügen über Inertisierungseinheiten, welche dafür sorgen, dass sich die Pellets ständig in einer Stickstoff-Atmosphäre befinden. Insbesondere bei der Langzeitlagerung soll so sichergestellt werden, dass die Pellets unter Sauerstoffabschluss gelagert werden. Dies beugt einer möglichen Brandentwicklung durch organische oder anorganische Prozesse vor.

3.1.7 Klärschlammischung

Während des Verbrennungsbetriebes wird ein Teilstrom des EKS getrocknet. Durch geeignete Anlagentechnik wird der vollgetrocknete Klärschlamm und der entwässerte Klärschlamm in den WSO eingebracht, so dass eine selbstgängige Verbrennung gewährleistet ist.

3.1.8 Verbrennung

Nach der Trocknung gelangen die Klärschlämme über Förderungssysteme und Eintragungssystem zur Verbrennung in einen Verbrennungssofen mit einer stationären Wirbelschicht. Dort werden die Klärschlämme bei 850 °C bis 900 °C verbrannt. Die Primärluft wird über das Dampfkondensat der Trocknung, über den im Kessel produzierten Dampf (MD-Dampf) sowie über einen Wärmetauscher im Rauchgas auf ca. 300 °C vorgewärmt. Dadurch wird im Normalbetrieb eine autarke Verbrennung der Klärschlämme ohne die Stützfeuerung mit Heizöl ermöglicht.

Denkbar ist es auch, die Brüden aus der Klärschlamm-trocknung zumindest teilweise in den Feuerraum der beiden Verbrennungslinien einzuleiten. Damit ließen sich Synergien hinsichtlich der Aufwendungen bei der Kondensation, Aufbereitung und Entsorgung von Brüden bzw. Brüdenkondensat erreichen.

3.1.9 Energienutzung

Die TKV soll einen wichtigen Beitrag zur CO₂-neutralen Wärmeversorgung der Stadt Nürnberg beitragen. Deshalb soll durch eine heizperiodenangepasste Betriebsweise und Kraft-Wärme-Kopplung die im Klärschlamm enthaltene Energie optimal genutzt werden. Der erzeugte Hochdruck-Dampf wird über eine Dampfturbine unter Gewinnung von elektrischem Strom entspannt und als Niederdruckdampf zur Klärschlamm-trocknung, zur Vorwärmung der Verbrennungsluft und zur Erzeugung von Fernwärme eingesetzt.

Da im vorliegenden Prozess die Auskopplung von Fernwärme im Fokus liegt, wird nur eine geringe Menge an Strom produziert. Die vollständige Deckung des Eigenbedarfes zum Betrieb der Anlage ist in keinem der Szenarien möglich.

Für den Fall, dass aus technischen Gründen kein Dampf abgegeben werden kann, ist eine luftgekühlte Dampfkondensation vorgesehen, welche im Normalfall nicht in Betrieb ist.

3.1.10 Rauchgasreinigung

Die Rauchgasreinigung besteht aus den Komponenten SNCR-Entstickung, Elektrofilter, Sprühabsorber, SCR, Gewebefilter und Nasswäscher. Bei der Entstickung nach dem SNCR-Verfahren wird Ammoniakwasser (oder Harnstoff) dem Rauchgas zugegeben. Die Eindüsung erfolgt direkt in den Feuerraum bei Temperaturen zwischen 850 °C und 900 °C. Dabei werden die Stickoxide weitestgehend zu Wasserdampf und Stickstoff umgesetzt. Die im Rauchgas

enthaltenen Staubpartikel werden im nächsten Verfahrensschritt an einem Elektrofilter mit drei Feldern abgeschieden. Für die Staubvorabscheidung direkt im Anschluss an den Dampfkessel ist ein Elektrofilter aufgrund seiner geringeren Temperaturempfindlichkeit und wegen des geringen Druckverlustes besser geeignet als ein Gewebefilter. Anschließend wird das Rauchgas in einem Sprühtrockner abgekühlt, im Anschluss wird in einem Reaktor dem Rauchgas Aktivkohle und Kalkmilch zugegeben. Dabei wird das Rauchgas durch Leitbleche in Turbulenzen versetzt und mit den eingingedühten Adsorptionsmitteln vermischt. Dadurch wird ein Großteil der gasförmigen Schadstoffe gebunden. Im nachgeschalteten Gewebefilter werden die Reaktions-salze, die Aktivkohle und die verbliebenen Staub-Partikel abgeschieden und aus dem Rauchgasvolumenstrom entfernt. Der Gewebefilter hat eine Abscheideleistung von über 99 %.

Im letzten Verfahrensschritt der Rauchgasreinigung wird mit Hilfe eines Nasswäschers eine sichere Unterschreitung der Schwefeloxide- sowie Ammoniakgrenzwerte sichergestellt. Hier können Emissionsspitzen abgefangen und der Verbrauch an Sorptionsmitteln im Sprühabsorber reduziert werden. Die in der Nasswäsche anfallenden Abwässer werden in den Sprühtrockner zurückgeführt und dort verdampft.

Der Rauchgasstrom verlässt im Anschluss an die Reinigung über einen Saugzugventilator und den Kamin die TKV. Anhand des gewählten Reinigungsverfahrens werden die aktuellen Grenzwerte der 17. BImSchV deutlich unterschritten.

3.2 Standortbedingte Unterschiede

3.2.1 Anlieferung und Speicherung EKS

Die in Kapitel 3.1.1 erläuterte Anlieferung und Speicherung der entwässerten Klärschlämme trifft für die Szenarien mit einer Anlage auf dem Klärwerk 1 nicht auf den EKS der Kläranlage Nürnberg zu. Dieser wird direkt aus den am Klärwerk 1 bereits vorhandenen Speichersilos in die Trocknung oder aber den WSO gefördert.

3.2.2 Anlieferung und Speicherung TKS

Die in Kapitel 3.1.2 erläuterte Anlieferung und Speicherung der getrockneten Klärschlämme kann in den Szenarien im Hafen auch über die am Grundstück vorhandene Schienenanbindung erfolgen. Dies ist insbesondere in Szenario 3 für den vom ZTKS gelieferten TKS vorge-

sehen. In der Vor- und Entwurfsplanung wird die Speicherung der Klärschlamm pellets detailliert untersucht und geprüft, ob alternative Lösungen wie z. B. in einem Betongebäude mit unterteilten Boxen kostengünstiger und ebenfalls betriebssicher möglich sind.

3.2.3 Abtransport Reststoffe

Der Abtransport der Reststoffe kann in den Szenarien im Hafen auch per Bahn erfolgen.

4. Anlagenlayout

Auf den beiden Grundstücken am Klärwerk 1 und am Hafen wurden unterschiedliche Aufstellungsvarianten geprüft. Die in diesem Kapitel vorgestellten Aufstellungen zeigen, dass die beiden Grundstücke für alle untersuchten Szenarien ausreichend groß sind.

4.1 Standort Klärwerk

In Abbildung 7 ist das verfügbare Grundstück auf dem Gelände des Klärwerks 1 dargestellt. Die in der Mitte verlaufende Straße trennt die beiden Teilflächen voneinander, gewährleistet jedoch gleichzeitig eine gute Zugänglichkeit zu allen Anlagenteilen. Oben rechts auf dem Bild befindet sich das Gebäude, in dem die Entwässerung des auf dem Klärwerk anfallenden Klärschlammes stattfindet. Auf der linken Teilfläche befindet sich aktuell noch eine Fahrzeug- und Lagerhalle, welche zurückzubauen sind, da diese Fläche für die Anlage und/oder als Baustelleneinrichtung benötigt wird.



Abbildung 7: Grundstück Klärwerk 1

4.1.1 Szenario 1

Die Aufstellung in Szenario 1 hat den geringsten Platzbedarf, sodass hauptsächlich nur die Teilfläche auf der rechten Seite der Straße genutzt wird. Die Trocknungshalle inklusive der Pelletierung befindet sich direkt neben dem Entwässerungsgebäude auf dem Klärwerk. Somit

müsste der auf dem Klärwerk anfallende entwässerte Klärschlamm nur eine sehr geringe Strecke zu den Trocknern transportiert werden.

Von der Pelletierung werden die Klärschlamm-Pellets in die direkt daneben befindlichen Reaktionsilos gefördert und von dort über die Straße in die vier Lagersilos. Die beiden Verbrennungslinien sind in einer Reihe aufgestellt, beginnend mit dem Wirbelschichtofen bis zur Rauchgasreinigung mit dem Kamin. Beide Linien befinden sich in einem Gebäude, mit Ausnahme des Kamins. Sämtliche Betriebseinrichtungen, die beide Linien versorgen müssen, oder von beiden Linien gespeist werden sowie z. B. die Turbine befinden sich im Gebäude zwischen den beiden Linien. Dadurch werden Wege verkürzt und das praktische Handling der Anlage wird durch den symmetrischen Aufbau für das Betriebspersonal vereinfacht.

Die Anlieferhalle für den entwässerten Klärschlamm der ARGE befindet sich gegenüber den beiden Wirbelschichtöfen, um auch hier Transportwege so kurz wie möglich zu halten. Die Anlieferstelle für den getrockneten Klärschlamm ist nah an der Pelletierung angeordnet, da hier die Förderung zur Pelletierung den nächsten Prozessschritt darstellt.

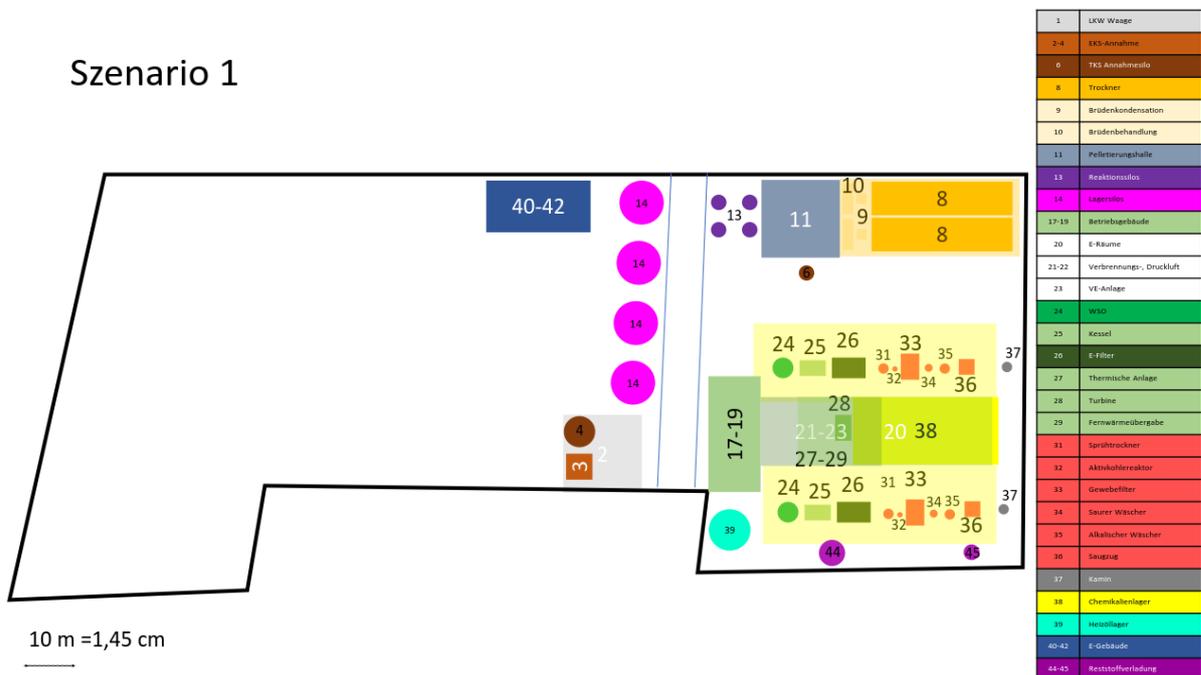


Abbildung 8: Anlagenlayout Szenario 1, Klärwerk 1

4.1.2 Szenario 2

Für das Szenario 2 ist der Platzbedarf im Vergleich zu Szenario 1 bereits deutlich erhöht. Neben der deutlich größeren Dimensionierung der Aggregate für die beiden Verbrennungslinien, werden 11 Langzeitlagersilos vorgesehen.

Anlieferung des entwässerten Klärschlammes erfolgt direkt an der Straße und wird von dort in die dahinter befindliche Trocknung transportiert. Ein Nachteil dieser Anordnung ist, dass der vom Klärwerk gelieferte Klärschlamm ebenfalls zur Trocknung gefördert werden muss. Die Trocknung wird jedoch nur während der Sommermonate betrieben. Während des Winterbetriebes wird sämtlicher entwässerter Klärschlamm mit dem bereits getrockneten Klärschlamm vermischt und direkt der Verbrennung zugeführt.

Analog zur Aufstellung im Szenario 1 folgt der Klärschlamm dem Weg entgegen dem Uhrzeigersinn in die Pelletierung, zu den Reaktionssilos und von dort in die Lagersilos. Das Hauptgebäude, in dem sich die beiden Verbrennungslinien sowie die Nebenanlagen der Thermischen Anlage und weitere Betriebseinrichtungen befinden, ist in diesem Entwurf auf der rechten Teilfläche angeordnet. Die beiden Kamine der Verbrennungslinien wären somit eher mittig auf dem Gelände des Klärwerks angeordnet. Eine umgekehrte Aufstellung wäre ebenfalls möglich und wurde im Szenario 3 näher betrachtet.

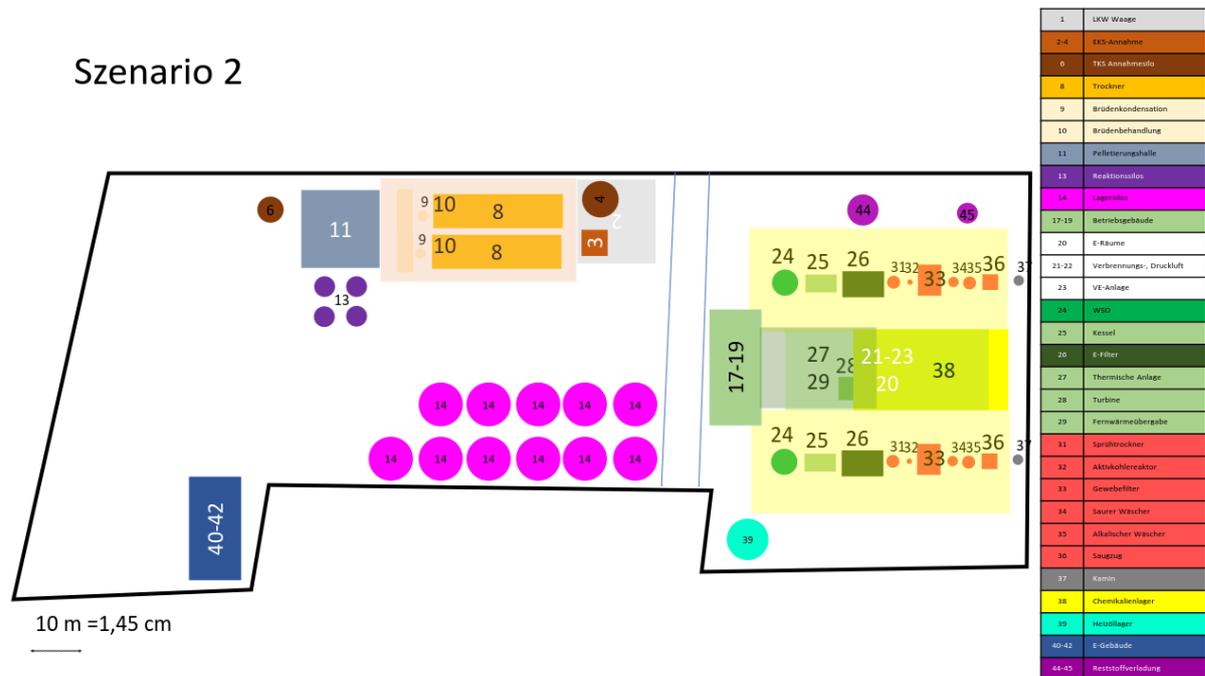


Abbildung 9: Anlagenlayout Szenario 2, Klärwerk 1

4.1.3 Szenario 3

Die Aufstellung in Abbildung 10 zeigt die bevorzugte Variante für das Szenario 3. Die beiden Verbrennungslinien sind erneut in einem Gebäude zusammengelegt. Das Hauptgebäude befindet sich nun auf der linken Teilfläche mit den Kaminen in Richtung der Grundstücksgrenze. Aufgrund der hohen Menge an angeliefertem getrocknetem Klärschlamm, muss nur noch ein geringerer Anteil des entwässerten Klärschlammes getrocknet werden. Aus diesem Grund werden kleinere Trockner benötigt und die Anordnung direkt neben der Entwässerung auf dem Klärwerk ist erneut möglich.

Für die hohen Mengen an getrocknetem Klärschlamm werden für die Lagerung in den Sommermonaten nun 14 Lagersilos vorgesehen.

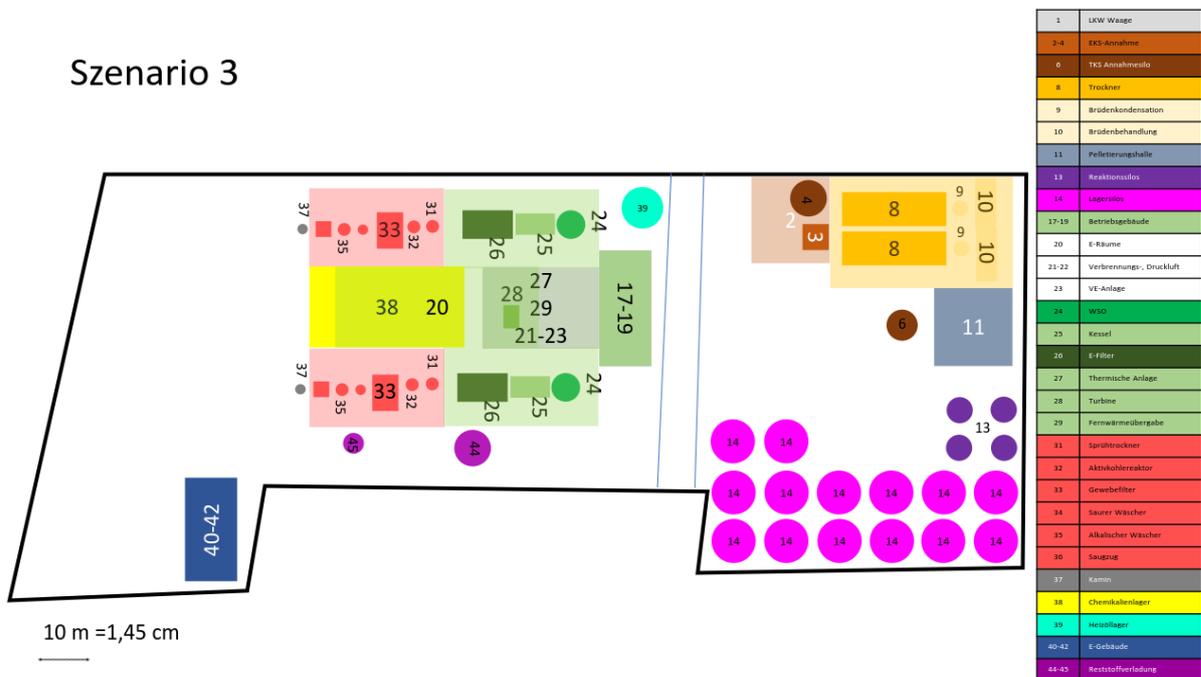


Abbildung 10: Anlagenlayout Szenario 3, Klärwerk 1

Um die Dimensionen der Anlage besser darstellen zu können, wurde in Abbildung 11 ein dreidimensionales Layout beispielhaft für das Szenario 3 erstellt.

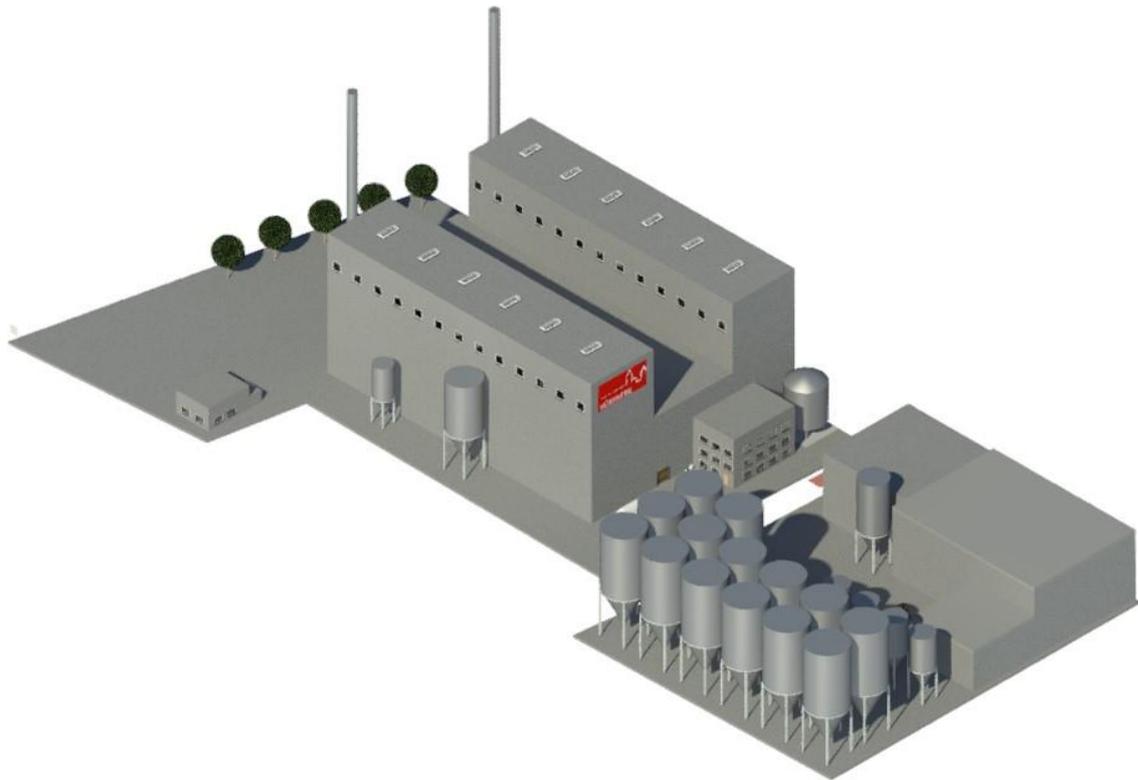


Abbildung 11: Anlagenlayout Szenario 3 - 3D, Klärwerk 1

4.2 Standort Hafen

In Abbildung 12 ist das zur Verfügung stehende Grundstück im Hafen abgebildet. Das Grundstück grenzt im Norden an die Hafenstraße und im Osten an die Rottdamer Straße. Die Zufahrt zum Gelände erfolgt südwestlich von der Feuerstraße. Auf der westlichen Seite des Grundstückes verlaufen Bahngleise. Eine Abzweigung dieser Gleise führt auch direkt auf das Grundstück, was eine Anlieferung der Klärschlämme per Zug ermöglichen würde.



Abbildung 12: Grundstück Hafen

4.2.1 Szenario 1

Das Prinzip der Aufstellungsplanung unterscheidet sich kaum zu dem Ansatz, der auf dem Grundstück des Klärwerks angewandt wurde. Die Verbrennungslinien befinden sich zusammen mit den Nebenanlagen (Thermische Anlage, Turbine, Räume für die Elektroverteilung etc.) in einem zentralen Hauptgebäude. Der Rest der Anordnung folgt den Verfahrensschritten, um die Transportwege möglichst zu minimieren.

Die Anlieferung des entwässerten Klärschlammes erfolgt im südlichen Teil, direkt nach der Fahrzeugwaage. Die Annahme für den getrockneten Klärschlamm befindet sich neben der Pelletierung, ebenfalls von der Zufahrt des Geländes gut erreichbar. Wende- und Umfahrungsmöglichkeiten für die LKWs wurden hier, sowie in jedem weiteren Anlagenlayout auch, beachtet und sind ausreichend vorhanden.

Die Trocknung schließt direkt an die Anlieferhalle des entwässerten Klärschlammes an, von der aus ein direkter Weitertransport in die daneben liegende Pelletierung möglich ist. Aus der Pelletierung werden die Pellets zuerst in die Reaktionssilos und anschließend in die vier Lagersilos gefördert. Sowohl aus den Lagersilos sowie aus der Anlieferhalle des EKS ist ein direkter Transport in die beiden Wirbelschichtöfen gewährleistet.



Abbildung 13: Anlagenlayout Szenario 1, Hafen

4.2.2 Szenario 2

In Abbildung 14 ist das exemplarische Anlagenlayout für Szenario 2 dargestellt. Die Anlieferung, Trocknung, Pelletierung und das Elektrogebäude bilden nun einen Komplex auf dem Gelände, der von LKWs gut umfahren werden kann.

Die Langzeitlagersilos befinden sich im nördlichen Teil des Grundstücks und sind in einer Reihe aufgebaut. Über die einzelnen Austragssysteme der Langzeitlagersilos und geeignete Fördereinrichtungen werden die Pellets auf die beiden WSO-Linien verteilt.

Das Hauptgebäude befindet sich in östlicher Lage mit den Kaminen, die nun auf der straßenabgewandten Seite angeordnet sind.

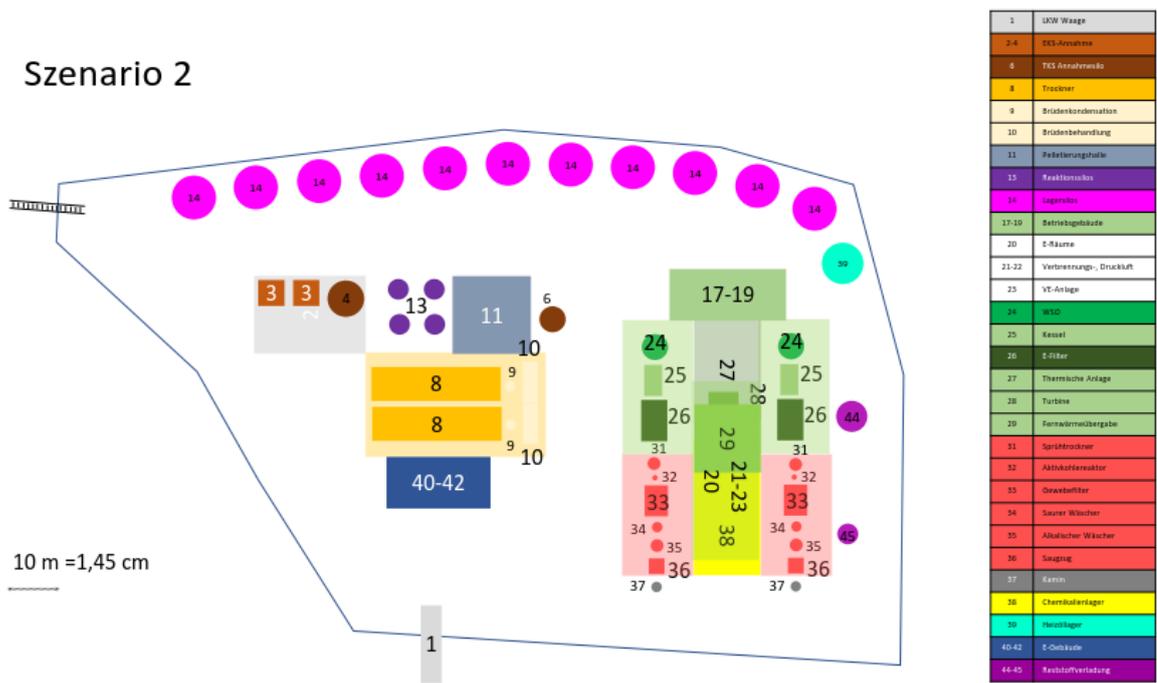


Abbildung 14: Anlagenlayout Szenario 2, Hafen

4.2.3 Szenario 3

Die Dimensionierung der Aggregate in Szenario 3 unterscheidet sich nur unwesentlich von denen in Szenario 2, wodurch eine gleiche Aufstellung wie bei Szenario 2 ebenfalls auf dem Grundstück möglich wäre. Die Aufstellung ist in Abbildung 15 dargestellt und erneut die zugehörige 3D-Aufstellung in Abbildung 16.

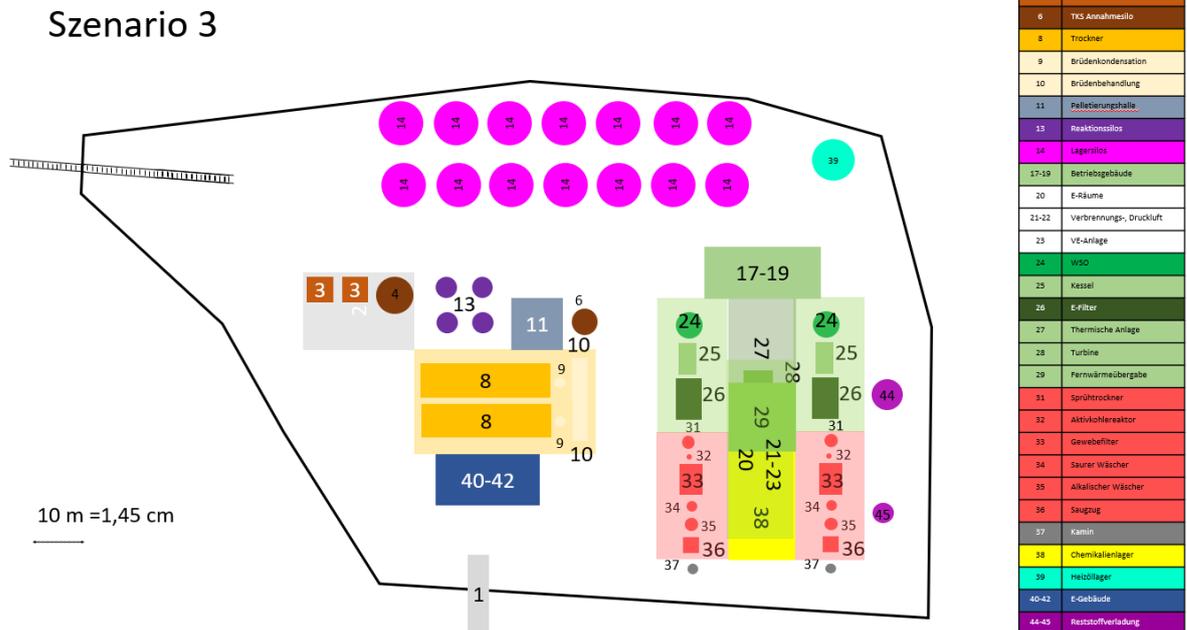


Abbildung 15: Anlagenlayout Szenario 3, Hafen

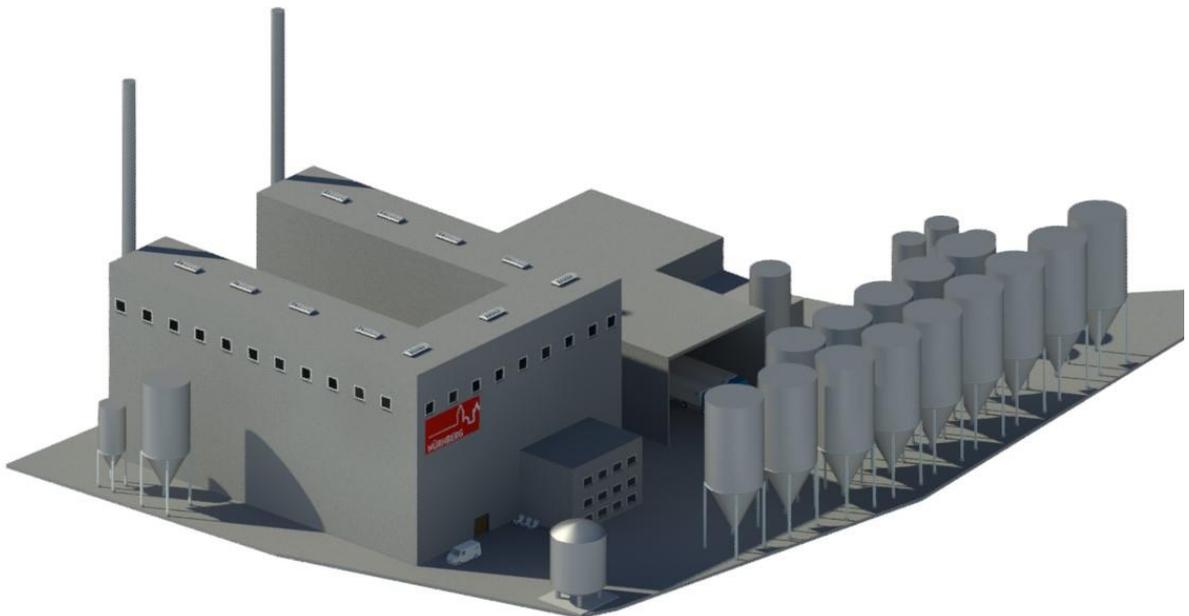


Abbildung 16: Anlagenlayout Szenario 3 - 3D, Hafen

5. Kostenschätzung

Die detaillierten Kostenschätzungen sind in den Anhängen enthalten.

Es sind insbesondere keine Grundstückskosten ausgewiesen. Stattdessen wurde für alle Szenarien und beide Standorte eine jährliche Pacht in Höhe von 200.000 €/a bei den Betriebskosten eingerechnet. Dieses Vorgehen wurde mit dem Auftraggeber so abgestimmt, da die KSV auch für das Grundstück auf dem Klärwerk 1 eine Pacht an die SUN bezahlen müsste. Die in den Kostenschätzungen als Geschäftskosten ausgewiesenen Positionen sind Angaben, die von KSV ermittelt und an TBF weitergeleitet wurden. Diese Kosten enthalten neben den Geschäftskosten auch Bauzeitinsen.

Nachfolgend sind die Kosten der Varianten zusammengefasst.

Tabelle 10: Ergebnisse der Kostenschätzung am Klärwerk (netto-Angabe; +/- 30 %; Stand 2021)

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Investitionskosten	90.800.000 €	122.300.000 €	146.100.000 €
davon Bautechnik	38.900.000 €	41.900.000 €	48.800.000 €
davon Maschinenteknik	34.500.000 €	58.600.000 €	72.600.000 €
davon EMSRLT	9.000.000 €	13.500.000 €	15.600.000 €
davon KSV-Geschäftskosten	8.400.000 €	8.700.000 €	9.200.000 €
Kapitalkosten	4.400.000 €/a	5.900.000 €/a	7.100.000 €/a
Betriebskosten	4.500.000 €/a	6.100.000 €/a	7.000.000 €/a
Behandlungskosten (OS ≡ EKS mit 25 % TR)	537 €/MgTR 134 €/MgOS	393 €/MgTM 98 €/MgOS	327 €/MgTM 82 €/MgOS

Tabelle 11: Ergebnisse der Kostenschätzung am Hafen (netto-Angabe; +/- 30 %; Stand 2021)

	Szenario 1	Szenario 2	Szenario 3
Investitionskosten	93.000.000 €	124.200.000 €	148.000.000 €
davon Bautechnik	38.900.000 €	41.900.000 €	48.800.000 €
davon Maschinenteknik	36.400.000 €	60.100.000 €	74.100.000 €
davon EMSRLT	9.300.000 €	13.500.000 €	15.900.000 €
davon KSV-Geschäftskosten	8.400.000 €	8.700.000 €	9.200.000 €
Kapitalkosten	4.500.000 €/a	6.000.000 €/a	7.100.000 €/a
Betriebskosten	4.600.000 €/a	6.200.000 €/a	7.100.000 €/a
Behandlungskosten (OS ≡ EKS mit 25 % TR)	548 €/MgTM 137 €/MgOS	398 €/MgTM 99 €/MgOS	331 €/MgTM 83 €/MgOS

Es gilt zu beachten, dass die Behandlungskosten auf die gesamte Menge des entwässerten Klärschlammes bezogen werden. Das bedeutet, dass auch die Menge an getrocknetem Klärschlamm auf die Vergleichsposition des entwässerten Klärschlammes mit einem TR-Gehalt von 25 % rückgerechnet wurde. Die tatsächlichen Behandlungskosten unterscheiden sich jedoch für den angelieferten entwässerten und den bereits angelieferten getrockneten Klärschlamm.

Insgesamt ergeben sich unter Berücksichtigung von Synergieeffekten bzw. Standortfaktoren folgende Investitionskosten, Betriebskosten und spezifische Behandlungskosten:

Tabelle 12: Vergleich der Investitions-, Betriebskosten und der spez. Behandlungskosten

	Szenario 1	
	Klärwerk 1	Hafen
Investitionskosten	90.800.000 €	93.000.000 €
Betriebskosten	4.500.000 €/a	4.600.000 €/a
Spez. Behandlungskosten	537 €/MgTM	548 €/MgTM
Spez. Behandlungskosten	134 €/MgOS	137 €/MgOS
	Szenario 2	
	Klärwerk 1	Hafen
Investitionskosten	122.300.000 €	124.200.000 €
Betriebskosten	6.100.000 €/a	6.200.000 €/a
Spez. Behandlungskosten	393 €/MgTM	398 €/MgTM
Spez. Behandlungskosten	98 €/MgOS	99 €/MgOS
	Szenario 3	
	Klärwerk 1	Hafen
Investitionskosten	146.100.000 €	148.000.000 €
Betriebskosten	7.000.000 €/a	7.100.000 €/a
Spez. Behandlungskosten	327 €/MgTM	331 €/MgTM
Spez. Behandlungskosten	82 €/MgOS	83 €/MgOS

Es gibt drei wesentliche Kostenpositionen, bei denen sich der Invest zwischen den beiden Standorten Klärwerk und Hafen unterscheidet. Beim Standort Hafen muss zusätzlich eine Fahrzeugwaage für die ankommenden LKW vorgesehen werden. Auf dem Standort Klärwerk ist bereits eine Fahrzeugwaage vorhanden, die mitgenutzt werden kann.

Die Schlammannahme für den entwässerten Klärschlamm muss beim Hafen deutlich größer dimensioniert werden, da hier die gesamte Menge des anfallenden EKS berücksichtigt werden muss. Der Standort Klärwerk bietet den Vorteil, dass es bereits Lagermöglichkeiten für den eigenen EKS gibt und dieser nur noch in die neue Trocknung bzw. direkt zum WSO gefördert werden muss. Dadurch ergeben sich für den Standort Hafen höhere Investitionskosten für die Schlammannahme, während am Standort Klärwerk die Schlammannahme geringer dimensioniert werden kann und noch eine zusätzliche Kostenposition bezüglich des Schlammtransportes von der Schnittstelle des Klärwerkes berücksichtigt werden muss.

Der höchste Kostenpunkt, der sich bei den Szenarien 1 bis 3 deutlich herauskristallisiert ist die Schlamm Lagerung in Form von Pellets. Durch die gewählte Verfahrensart wird eine hohe Menge KS während der Sommermonate als Pellets in geeigneten Silos gelagert. Diese Silos stellen eine hohe Kostenposition dar.

In Abbildung 17 wird deutlich, in welchen Kostenpositionen sich die Standorte pro Szenario unterscheiden. Der Anstieg der Investitionskosten ist darin begründet, dass ein höheres Schlammvolumen pro Jahr einen erhöhten Durchsatz und dementsprechend eine höhere Dimensionierung der einzelnen Anlagenteile erforderlich macht.

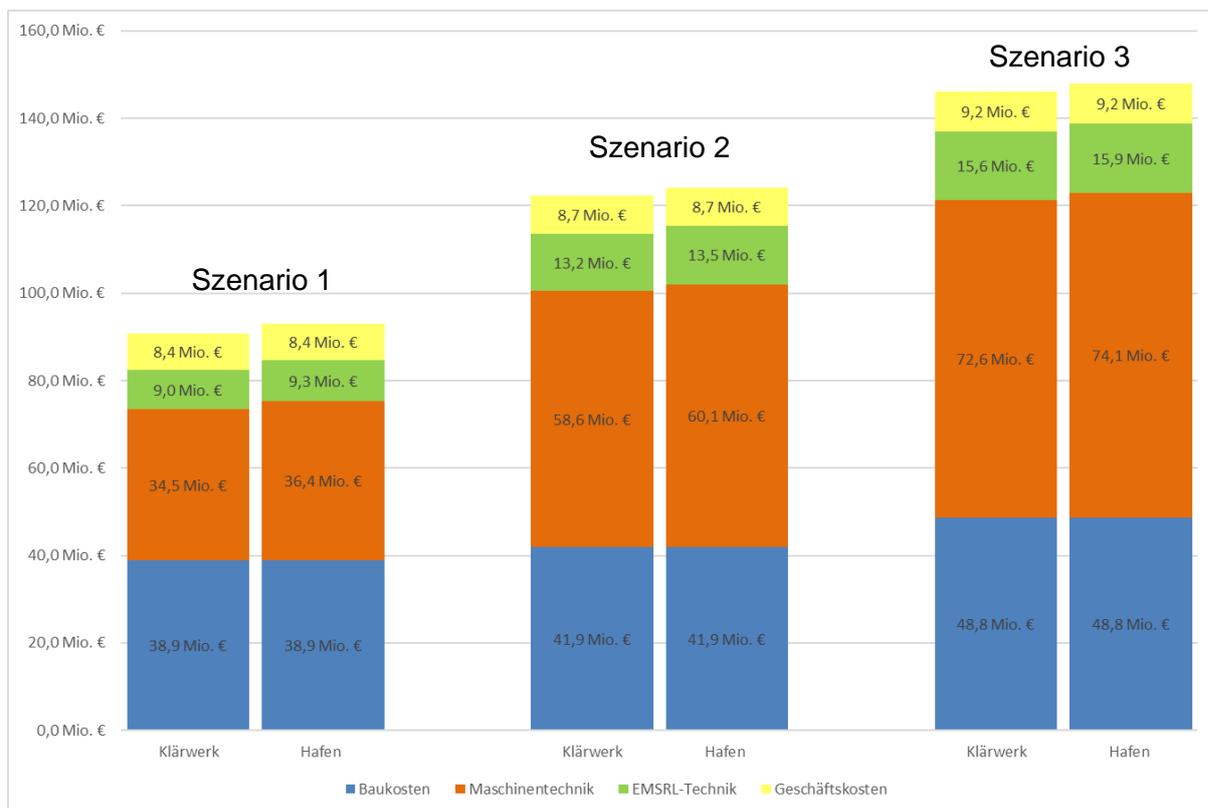


Abbildung 17: Vergleich Investitionskosten unter Berücksichtigung von Synergien bzw. Standortfaktoren

Trotz der deutlich höheren Investitionskosten fallen die spezifischen Behandlungskosten für das Szenario 3 am geringsten aus. Vergleicht man Szenario 1 mit einer EKS-Menge von rund 66.000 Mg/a und Szenario 2 mit einer EKS-Menge von rund 122.000 Mg/a sind die Investitionskosten für Szenario 2 um ca. ein Drittel höher, jedoch kann die doppelte Menge EKS behandelt werden. Diese Tatsache wird in Abbildung 18 verdeutlicht.

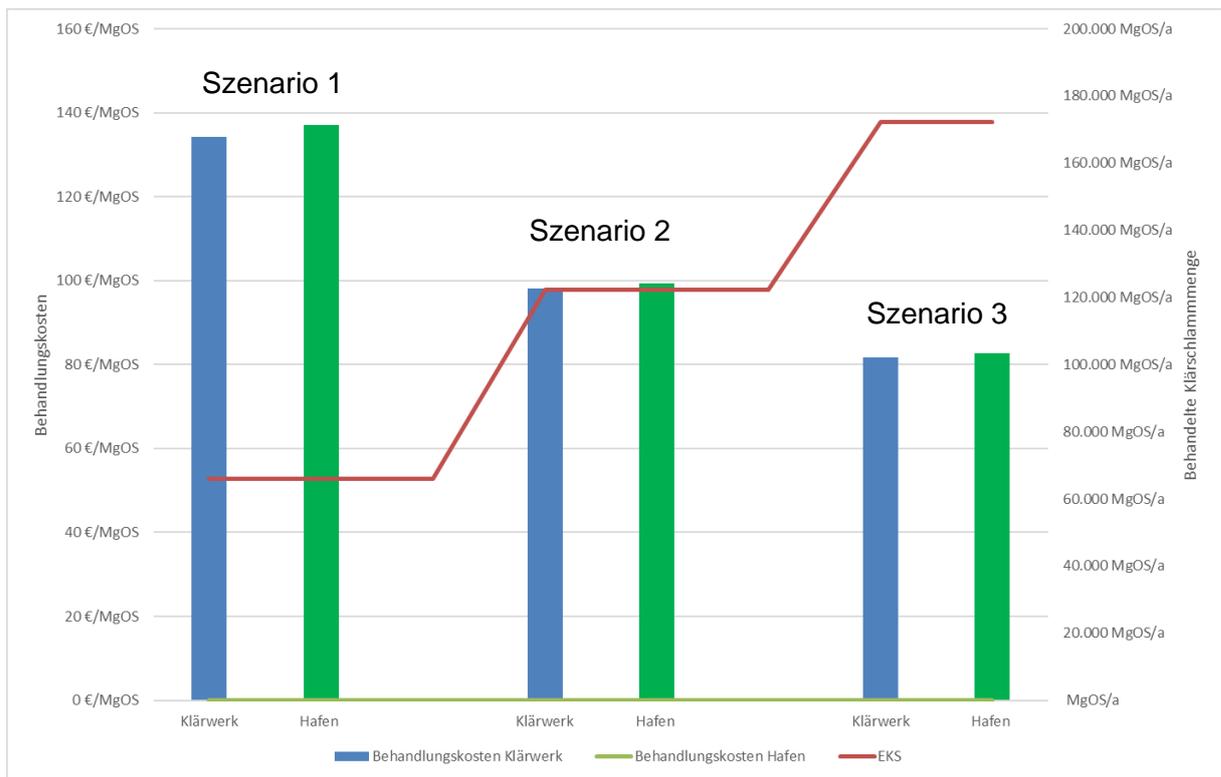


Abbildung 18: Spezifische Behandlungskosten bezogen auf die jährliche behandelte Klärschlammmenge (EKS mit 25 % TS)

6. Bewertungsmatrix

Zum Vergleich der Varianten wurden vier Hauptkriterien mit jeweils mehreren Unterkriterien definiert. Anschließend wurde jedes Szenario bewertet und eine Gesamtpunktzahl ermittelt.

Für jedes Kriterium gilt es die in Tabelle 13 in der Spalte "Erläuterung des Kriteriums" dargestellten Fragen zu beantworten.

Tabelle 13: Erklärung der Bewertungskriterien

Nr.		Kriterium und Unterkriterium	Erläuterung des Kriteriums
1		Betrieb und Technik	
	1.1	Synergien/Einschränkungen mit Bestand (Grundstückszuschnitt, Platzreserven Bauzeit, Erweiterungen)	<ul style="list-style-type: none"> • Kann die Anlage auf dem Grundstück optimal errichtet werden? • Sind auf dem Baufeld Störungen enthalten, welche vor dem Bau entfernt werden müssen? • Gibt es genügend Baustellenflächen? • Kann die Anlage erweitert werden? • Gibt es Synergien mit dem Anlagenbestand?
	1.2	Verkehr/Logistik innerhalb des Geländes	<ul style="list-style-type: none"> • Ist die Anlage ohne Einschränkungen durch das Grundstück erreichbar? • Ist die Zugänglichkeit zur Anlage gegeben?
2		Ökologie und gesetzliche Rahmenbedingungen	
	2.1	Umweltbelastung (Lärm, Geruch und Schadstoffe) einschließlich Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Entstehen Belastungen wie Lärm, Geruch, Schadstoffe, z.B. durch LKW oder durch die Anlage selbst?
	2.2	CO ₂ -Einsparungspotential (Fernwärme, Strom, Transport)	<ul style="list-style-type: none"> • Wie hoch ist das CO₂ Einsparpotential?
3		Verkehrsanbindung	
	3.1	Bahnanschluss	<ul style="list-style-type: none"> • Ist ein Bahnanschluss vorhanden?
	3.2	Straßenverkehrsanbindung	<ul style="list-style-type: none"> • Wie ist die Zugänglichkeit über die Straßenverkehrsinfrastruktur?
4		Ökonomie	
	4.1	Transportkosten Klärwerk 1 – Hafen	<ul style="list-style-type: none"> • Gibt es Transportaufkommen innerhalb der Stadt Nürnberg?
	4.2	Spezifische Behandlungskosten pro t TM	<ul style="list-style-type: none"> • Wie hoch sind die Behandlungskosten pro Tonne Trockenmasse?

Die einzelnen Kriterien und Unterkriterien wurden wie in Tabelle 14 dargestellt und gewichtet.

Tabelle 14: Kriterien der Bewertungsmatrix und deren Wichtung

Nr.		Kriterium	Hauptkriterium	Unterkriterium
			Wichtung	Wichtung
1		Betrieb und Technik	25 %	
	1.1	Synergien/Einschränkungen mit Bestand (Grundstückszuschnitt, Platzreserven Bauzeit, Erweiterungen)		50 %
	1.2	Verkehr/Logistik innerhalb des Geländes		50 %
2		Ökologie und gesetzliche Rahmenbedingungen	25 %	
	2.1	Umweltbelastung (Lärm, Geruch und Schadstoffe) einschließlich Transporte		50 %
	2.2	CO ₂ -Einsparungspotential (Fernwärme, Strom, Transport)		50 %
3		Verkehrsanbindung	20 %	
	3.1	Bahnanschluss		70 %
	3.2	Straßenverkehrsanbindung		30 %
4		Ökonomie	30 %	
	4.1	Transportkosten Klärwerk 1 – Hafen		10 %
	4.2	Spezifische Behandlungskosten pro t TM		90 %

Tabelle 15 zeigt die sich aus der ausgefüllten Bewertungsmatrix ergebenden Punkte für die einzelnen Szenarien. Die ausführliche Matrix ist zudem in Anhang 4 dargestellt. Dabei werden zunächst Punkte (0 bis 3) für die einzelnen Unterkriterien vergeben und diese entsprechend ihrer Wichtung zu der Gesamtpunktzahl des entsprechenden Kriteriums addiert. Im Anschluss findet eine Gesamtbewertung statt, in welcher die einzelnen Kriterien nach ihrer Wichtung addiert werden. Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt 3,0.

Szenario 3 im Hafen erzielt mit einer Gesamtpunktzahl von 2,34 Punkten das beste Ergebnis. Szenario 2 im Hafen und Szenario 3 auf dem Klärwerk erzielen mit einer Gesamtpunktzahl von 2,30 bzw. 2,21 Punkten geringfügig schlechtere Ergebnisse wie Szenario 3 im Hafen und können damit als gleichwertig betrachtet werden.

Die weiteren untersuchten Szenarien erzielen eine Gesamtpunktzahl von 2,04 (Szenario 2 auf dem Klärwerk), 1,86 (Szenario 1 im Hafen) und 1,69 (Szenario 1 auf dem Klärwerk) und können somit als nachrangige Alternativen angesehen werden.

Tabelle 15: Bewertungsmatrix als Vergleich aller untersuchter Szenarien

Nr.	Kriterium	Hauptkriterium	Unterkriterium	Standort Klärwerk 1 Szenario 1	Standort Klärwerk 1 Szenario 2	Standort Klärwerk 1 Szenario 3	Standort Hafen Szenario 1	Standort Hafen Szenario 2	Standort Hafen Szenario 3	
		Wichtung	Wichtung	Punkte	Punkte	Punkte	Punkte	Punkte	Punkte	
1	Betrieb und Technik									
	1.1	Synergien/Einschränkungen		50 %	2,5	2,5	2	2	1,5	
	1.2	Verkehr/Logistik		50 %	3	3	3	3	2	
		Summe		100 %	2,75	2,75	2,50	2,50	2,50	1,75
2	Ökologie und gesetzliche Rahmenbedingungen									
	2.1	Umweltbelastung		50 %	3	2	1,5	2	1,5	1
	2.2	CO2-Einsparungspotential		50 %	1	2	3	1	2	3
		Summe		100 %	2,00	2,00	2,25	1,50	1,75	2,00
3	Verkehrsanbindung									
	3.1	Bahnanschluss		70 %	0	0	0	3	3	3
	3.2	Straßenverkehrsanbindung		30 %	2	2	2	3	3	3
		Summe		100 %	0,60	0,60	0,60	3,00	3,00	3,00
4	Ökonomie									
	4.1	Transportkosten Klärwerk 1 -Hafen		10 %	3	3	3	0	0	0
	4.2	Spezifische Behandlungskosten pro t(TM)		90 %	1,07	2,39	3,00	0,97	2,35	2,96
		Summe		100 %	1,27	2,46	3,00	0,88	2,11	2,67
Gesamtbewertung										
1	Anteil Betrieb und Technik	25%		0,69	0,69	0,63	0,63	0,63	0,44	
2	Anteil Ökologie und gesetzliche Rahmenbedingungen	25%		0,50	0,50	0,56	0,38	0,44	0,50	
3	Anteil Verkehrsanbindung	20%		0,12	0,12	0,12	0,60	0,60	0,60	
4	Anteil Ökonomie	30%		0,38	0,74	0,90	0,26	0,63	0,80	
	Summe	100%		1,69	2,04	2,21	1,86	2,30	2,34	

7. Fazit

Anhand der durchgeführten vergleichenden Bewertungen der untersuchten Szenarien erreicht Szenario 3 im Hafen die höchste Punktzahl.

Beim Vergleich der drei Szenarien auf einem Standort erzielen die jeweils größeren Anlagen ein besseres Gesamtergebnis (Szenario 3 > Szenario 2 > Szenario 1). Dabei ist der Abstand zwischen Szenario 3 und Szenario 2 jeweils geringer als der Abstand zwischen Szenario 2 und Szenario 1.

Der Vergleich der beiden detailliert untersuchten Standorte Klärwerk 1 und Hafen ergibt für jedes der drei Szenarien ein nur leicht besseres Gesamtergebnis im Hafen, so dass von einer annähernden Gleichwertigkeit der beiden Standorte gesprochen werden kann.

Allerdings liegt ein qualifizierter Bebauungsplan für den Bereich der Kläranlage nicht vor. Da dieser für die Genehmigung einer Klärschlammmonverbrennungsanlage notwendig ist, sind somit die bauplanungsrechtlichen Zulässigkeitsvoraussetzungen am Klärwerk 1 nicht gegeben.

Aufgrund der in dieser Studie erarbeiteten Ergebnisse steht nur der Standort im Hafen für die weitere Planung zur Verfügung.

8. Alternatives Verfahrenskonzept

Als Alternative zu dem zweiliniigen Anlagenkonzept wurde der Betrieb mit nur einer Linie betrachtet. Der Vorteil, der sich dadurch ergibt, sind die geringeren Investitionskosten und damit auch deutlich geringere Behandlungskosten. Ein einliniger Betrieb führt zudem zu anderen Voraussetzungen für die Dimensionierung der Anlage.

Die jährliche Betriebsdauer verkürzt sich infolge einer planmäßigen Wartung um ca. 4 Wochen. Ein Stillstand für Wartung/Instandhaltung war bei der Anlagenvariante mit zwei redundanten Linien nicht erforderlich, da hier die Revisionen während der Sommerzeit über den Betrieb der jeweils anderen Linie abgedeckt werden konnte. Da die einlinige Anlage ebenfalls auf eine maximierte Wärmegewinnung im Winter dimensioniert ist, wird als Zeitraum für den geplanten Anlagenstillstand der Sommer gewählt. Der in diesem Zeitraum anfallende Klärschlamm muss auf dem Gelände der TKV zwischengelagert werden. Der bereits getrocknete Klärschlamm wird pelletiert und in den TKS-Lagersilos gelagert, der entwässerte Klärschlamm wird in einem entsprechend dimensionierten Klärschlambunker zwischengelagert.

Trotz dieser notwendigen Zwischenlagerung des entwässerten Klärschlammes, verringert sich die gesamte Lagerkapazität deutlich, da weniger pelletierter Klärschlamm für den Winterbetrieb zwischengespeichert werden muss. Der Wirbelschichtofen wird auf eine Last von 100 % ausgelegt, welche den Verbrennungsbetrieb im Winter abdecken soll. Für eine eigenständige stabile Verbrennung des Klärschlammes ohne Zufeuerung von z. B. Heizöl, ist eine Lastreduktion im Sommerbetrieb nur bis ca. 70 % möglich. Dies führt im Vergleich zu einer zweiliniigen Anlage dazu, dass während der Sommermonate ein größerer Teilstrom des entwässerten und getrockneten Klärschlammes verbrannt werden muss. Daraus resultiert im Sommer eine höhere Feuerungswärmeleistung des Ofens und eine geringere Wärmemenge, die im Winter an das Fernwärmenetz abgegeben werden kann.

Auch die erforderliche Trocknung wird für eine einlinige Anlage von ursprünglich 90 % TR auf 43 % TR und damit auf eine Teiltrocknung reduziert. Darüber hinaus ist die Trocknung nur im Sommer in Betrieb. Um den erforderlichen TR-Gehalt im Ofen zu erhalten, wird ein Teilstrom des entwässerten Klärschlammes mit dem teiltrockneten Klärschlamm und noch einem Anteil des vollgetrockneten Klärschlammes vermischt. Im Winter wird der vollgetrocknete Klärschlamm mit dem frisch angelieferten entwässerten Klärschlamm der Wirbelschicht zugeführt. Zur Verdeutlichung dient das Blockfließbild in Abbildung 19.

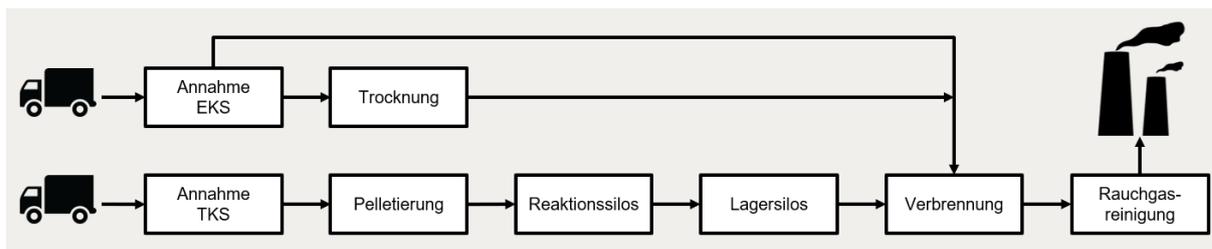


Abbildung 19: Blockfließbild einliniger Anlagenbetrieb mit Teiltrocknung

Da durch diese Betriebsweise weniger Klärschlamm pelletiert und anschließend gelagert wird, werden auch wesentlich weniger TKS-Lagersilos benötigt. Dies führt zu deutlich geringeren Investitionskosten der einlinigen Anlage, auch wenn bei dieser Anlagenkonfiguration ein zusätzlicher Klärschlamm bunker benötigt wird. Die Dimensionierungsparameter sind in Tabelle 16 enthalten.

Tabelle 16: Dimensionierungsgrößen der einlinigen Anlagen mit Teiltrocknung

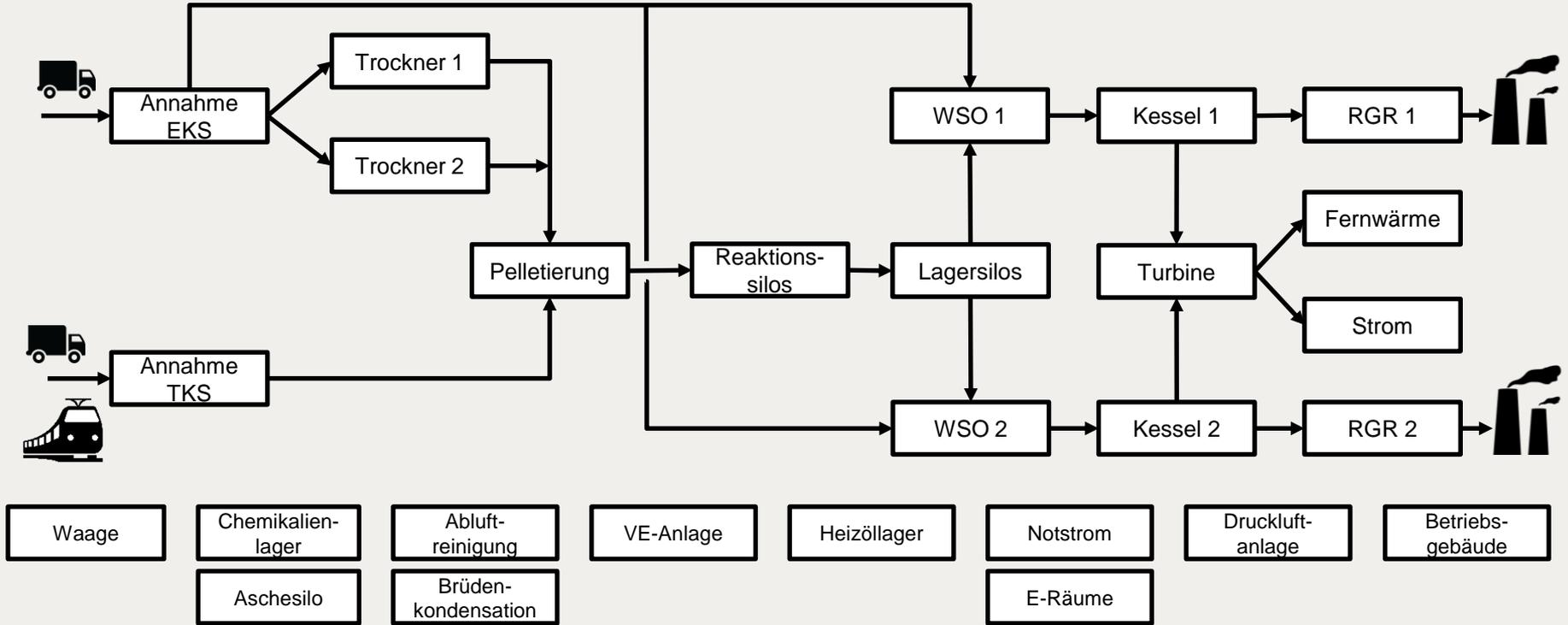
Aggregat oder Komponente	Szenario 2	Szenario 3
EKS-Anlieferstellen	2	2
EKS-Annahmehunker	5.500 m ³	5.500 m ³
TKS-Anlieferstellen	2	2
Verbrennungslinien	1	1
EKS-Trockner	Scheibentrockner 2 x 60 % 25 – 45 %TR 2,22 tTM/h	Scheibentrockner 2 x 60 % 25 – 45 %TR 2,22 tTM/h
Pelletierung	1 x 100 % 1,27 tTM/h	1 x 100 % 2,70 tTM/h
Nennlast pro Linie	4,33 Mg/h TM	6,0 Mg/h TM
TR-Gehalt in Verbrennung	47,0 % (Sommer) 38,6 % (Winter)	57,0 % (Sommer) 45,9 % (Winter)
Wirbelschichtofen	FWL (ø): 9,28 MW	FWL (ø): 14,54 MW
Dampfkessel	40 bara / 400 °C 9,97 t/h (ø)	40 bara / 400 °C 15,53 t/h (ø)
Turbine	1,00 MW (ø)	1,60 MW (ø)
FW-Abgabe im Winter	5,9 MW (ø)	9,8 MW (ø)
E-Filter	1 (3 Felder)	1 (3 Felder)
Sprühabsorber	1	1
Gewebefilter	1	1
Nasswäscher	1	1
SCR	1	1
Saugzug	28.794 m ³ i.N./h f.(ø)	36.827 m ³ i.N./h f.(ø)

Tabelle 17: Kostenschätzung einlinige Anlage mit Teilrocknung (exemplarisch Standort Hafen)

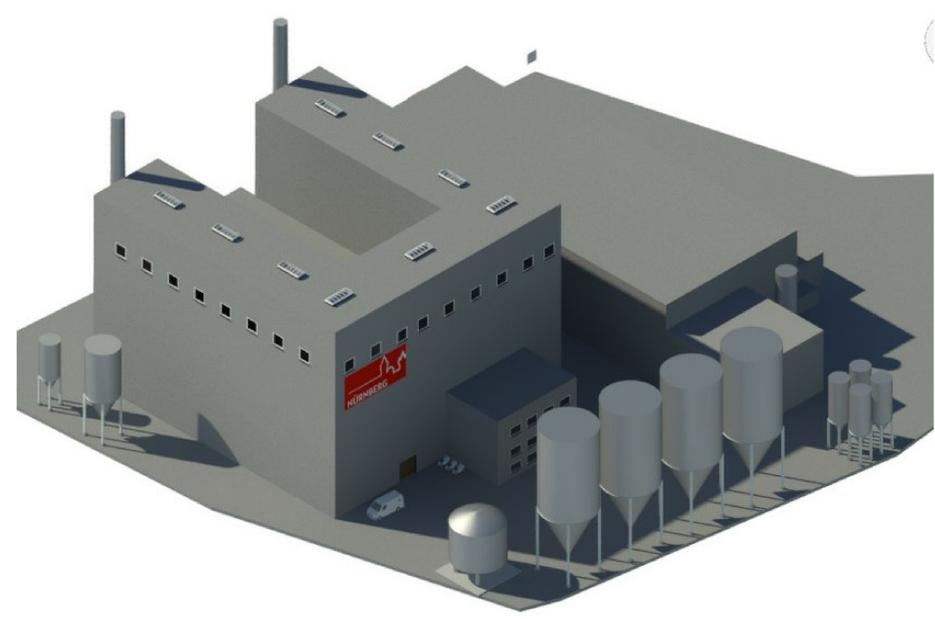
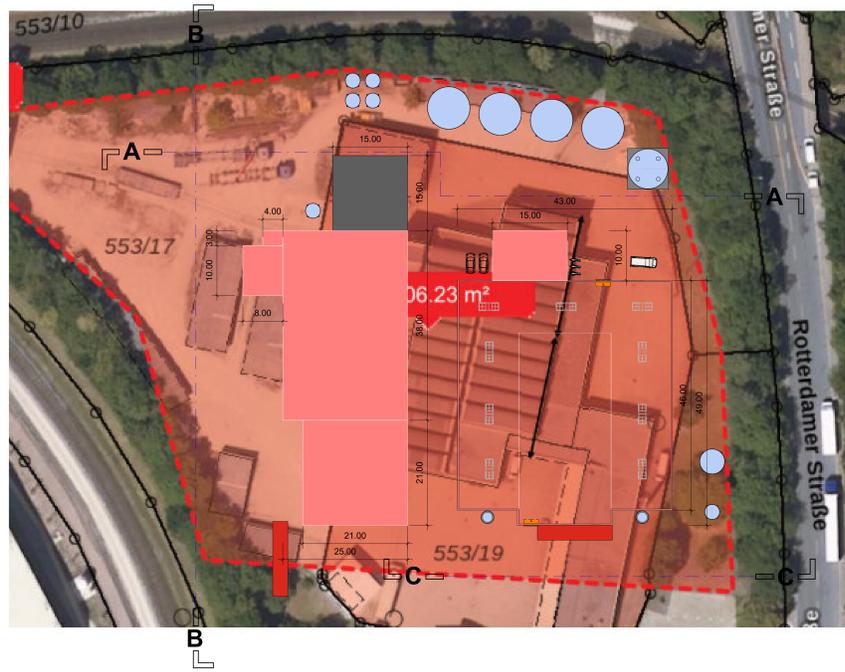
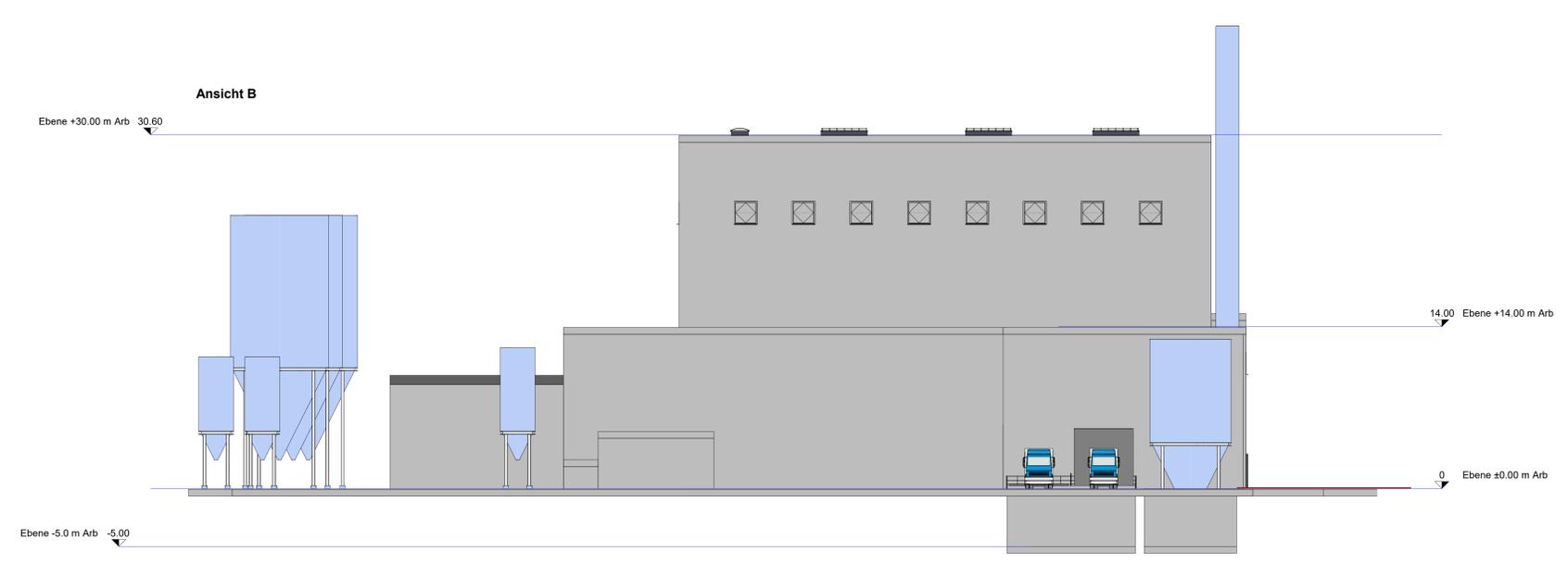
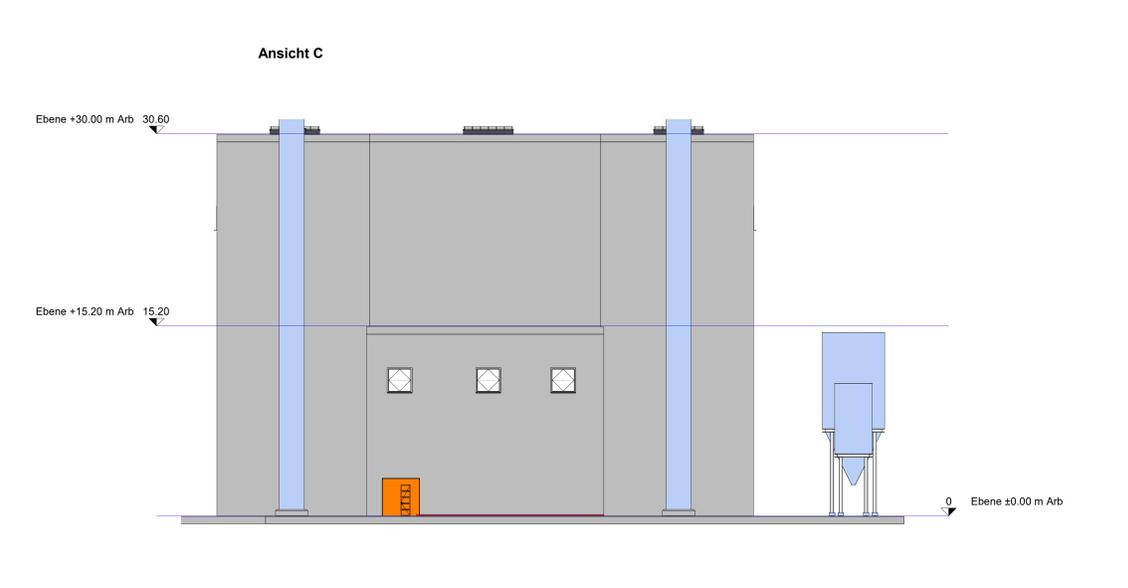
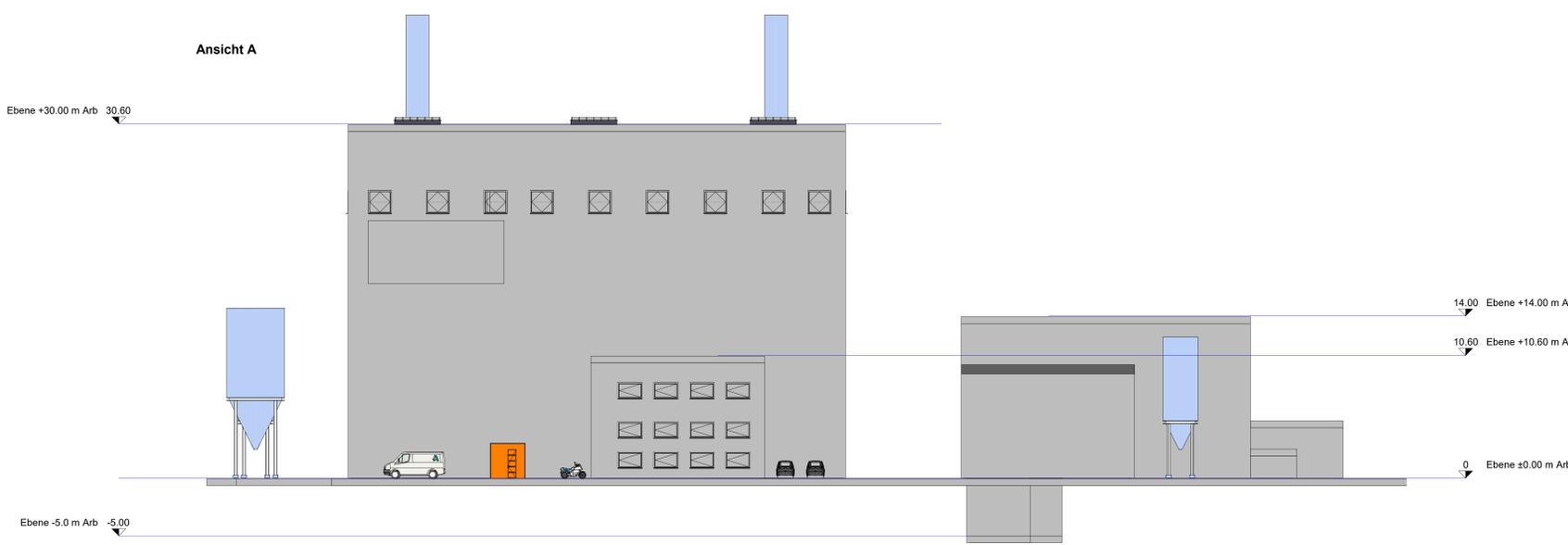
	Szenario 2 (eine Linie)	Szenario 3 (eine Linie)
Investitionskosten	109.400.000 €	129.900.000 €
davon Bautechnik	40.600.000 €	48.100.000 €
davon Maschinenteknik	48.600.000 €	59.300.000 €
davon EMSRLT	11.500.000 €	13.300.000 €
davon KSV-Geschäftskosten	8.700.000 €	9.200.000 €
Kapitalkosten	5.300.000 €/a	6.300.000 €/a
Betriebskosten	5.600.000 €/a	6.900.000 €/a
Behandlungskosten (OS ≡ EKS mit 25 % TM)	356 €/MgTM 89 €/MgOS	305 €/MgTM 76 €/MgOS

Anhang 1: Blockschema

Blockfließbild TKV Nürnberg



Anhang 2: Anlagenlayouts



Referenzhöhe: ± 0.00 = ... m ü. M. (± 0.00 Bestand =... m ü. M.)

Rev.	Datum	Erstellt	Geprüft	Freigegeben	Änderung / Ergänzung

Bauherrschaft		Bauherrunterstützung BHU	
XXX		xxx	
XXX		xxx	
XXX		xxx	

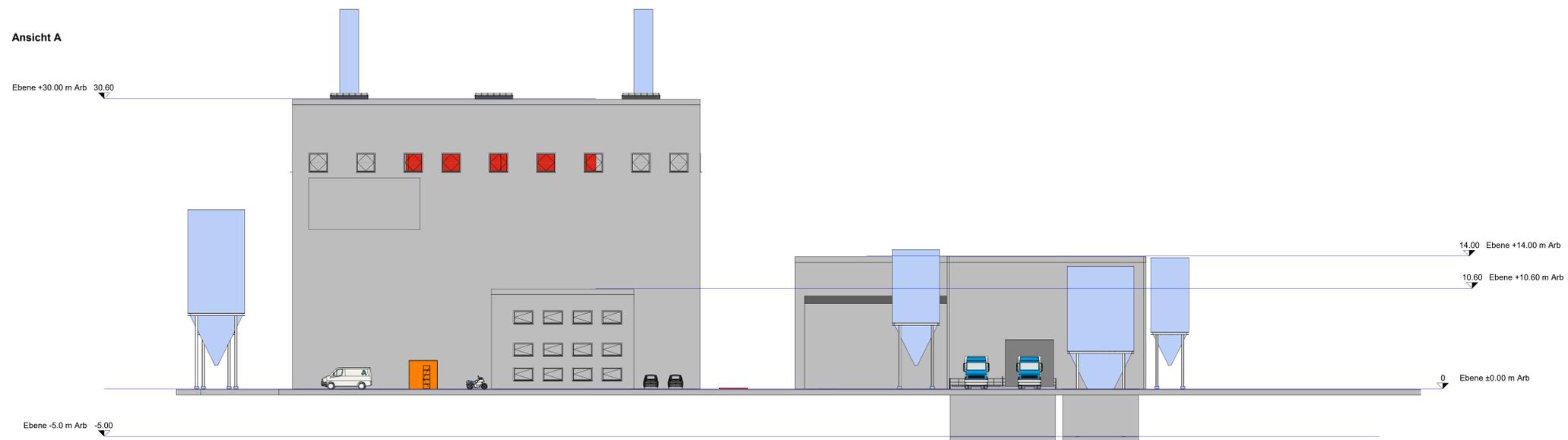
Dokumentfreigabe		<input checked="" type="checkbox"/> Projektleitung		<input checked="" type="checkbox"/> Unternehme	
<input checked="" type="checkbox"/> Bauherr					

TKV Nürnberg
 Machbarkeitsstudie TKV
 Übersichtsplan Variante 1 (Hafen)

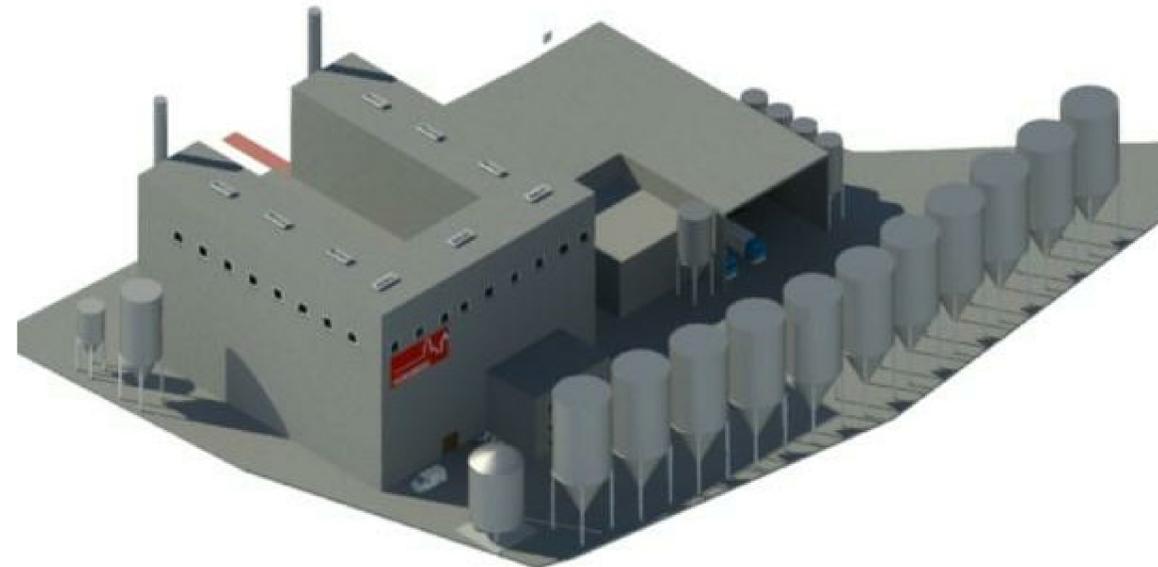
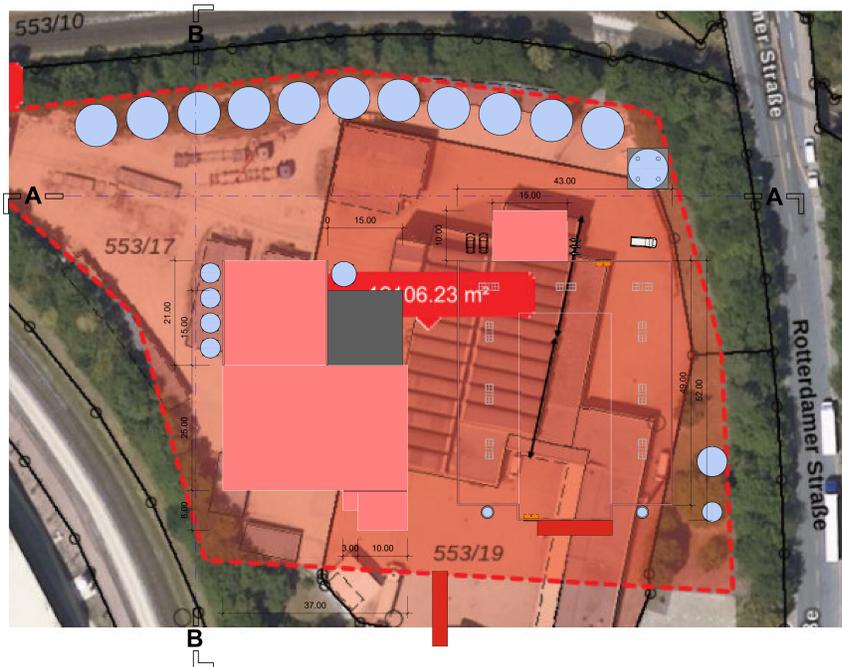
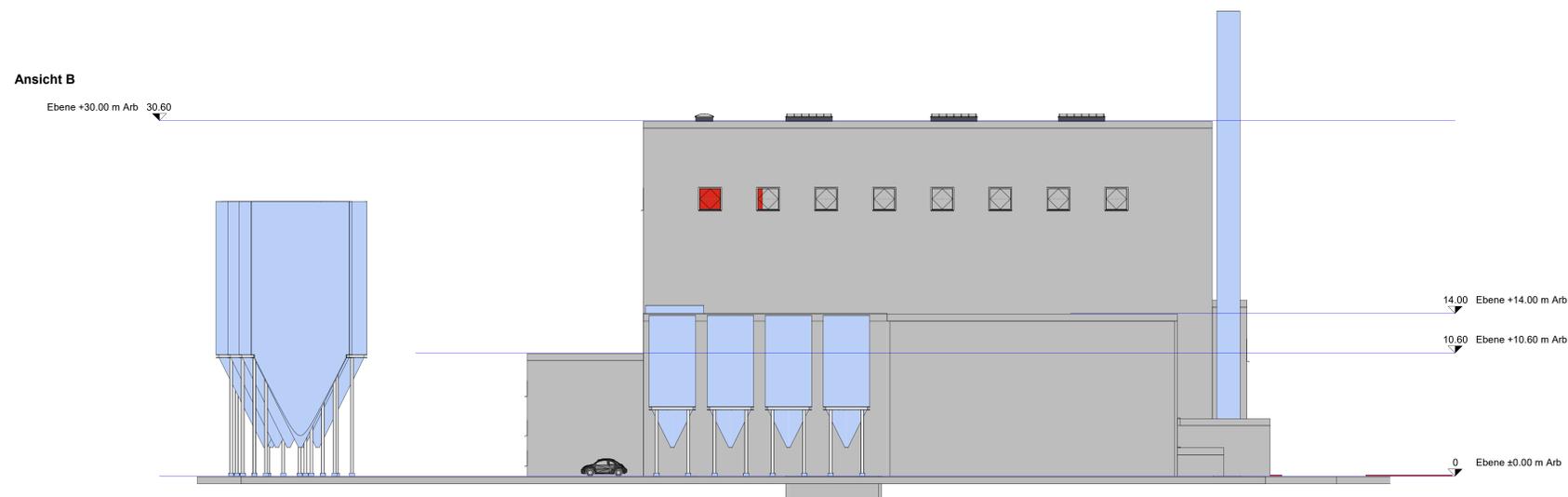
Dokumententsteller		tbfpartner		Planner und Ingenieure	
Ersteller	Näme	Näme	Datum		
Geprüft	Kicd		03/02/21		
Freigegeben	pit				
Dokumentenbezeichnung		108_28745-TKV-01-V2.1-P-01			
Massstab	Format	84 x 119			
Wie angezeigt					
Dokument-Nr.	Rev.	Art	Status		
28745-TKV-01-V2.1		P	01		



Ansicht A



Ansicht B



Referenzhöhe: ± 0.00 = ... m ü. M. (± 0.00 Bestand =... m ü. M.)

Rev.	Datum	Erstellt	Geprüft	Freigegeben	Änderung / Ergänzung

Bauherrschaft
 XXX
 XXX
 XXX

Gesamtleitung und Projektierung, Verfahrenstechnik	Bauherrunterstützung BHU
TBF + Partner AG Calwer Straße 7 71034 Böblingen Deutschland	tbfpartner Planer und Ingenieure
xxx xxx xxx	xxx xxx xxx

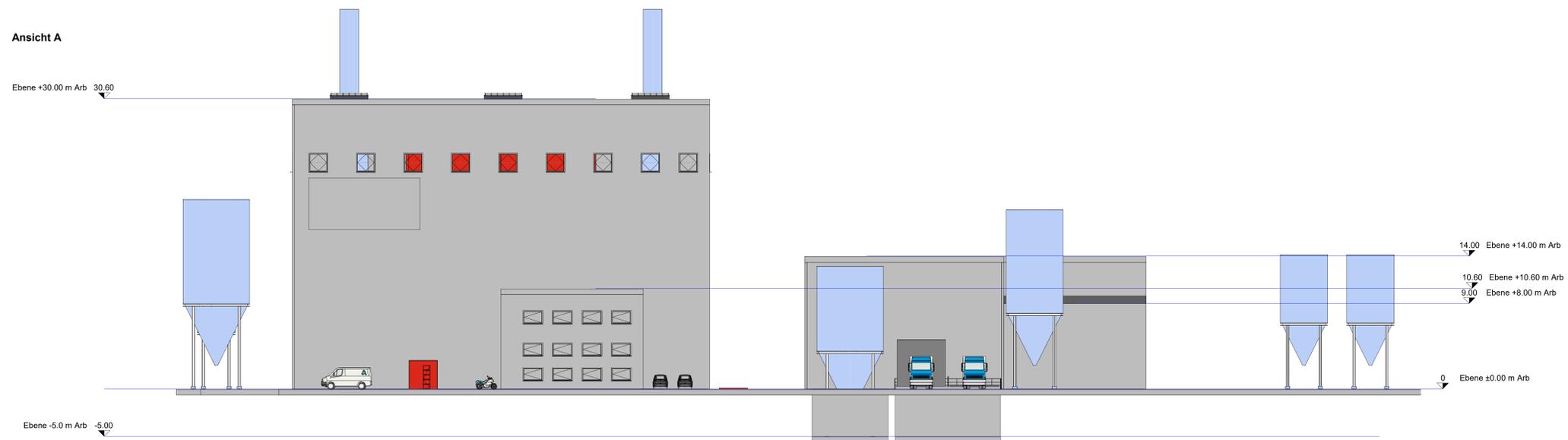
Dokumentfreigabe
 Bauherr Projektleitung Unternehme

TKV Nürnberg
 Machbarkeitsstudie TKV
 Übersichtsplan Variante 2 (Hafen)

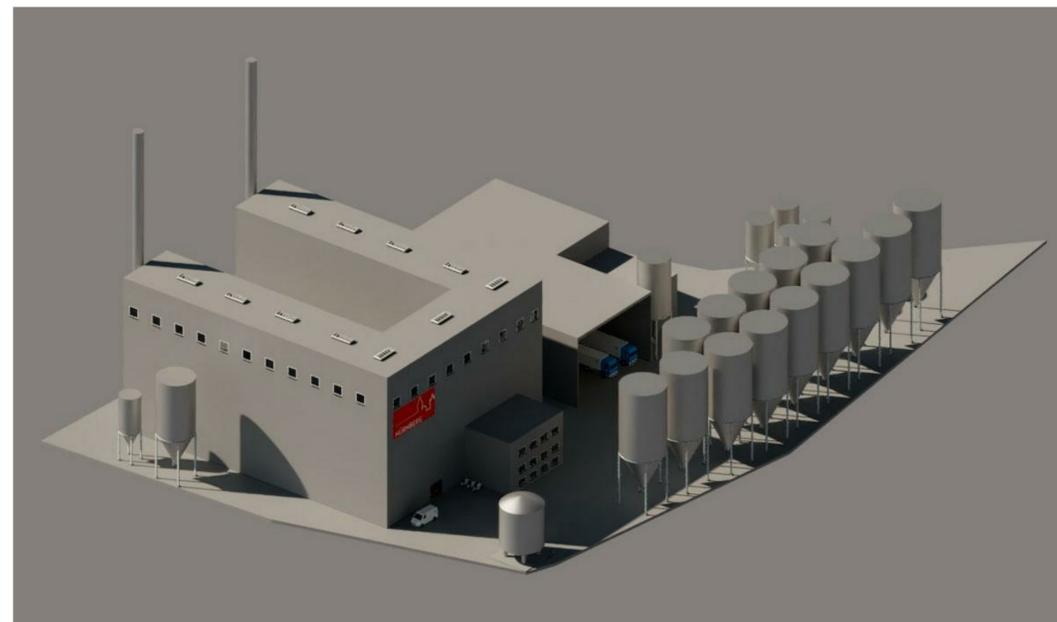
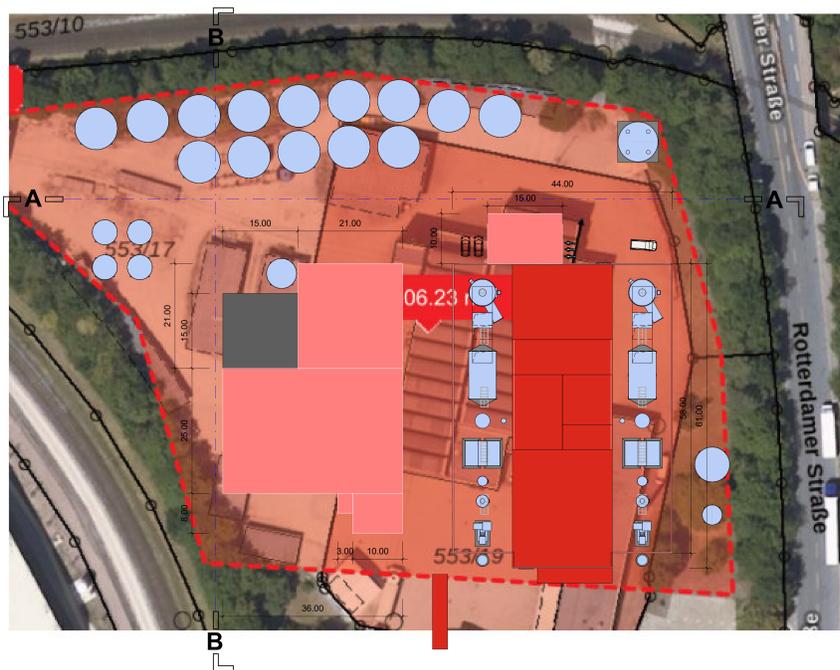
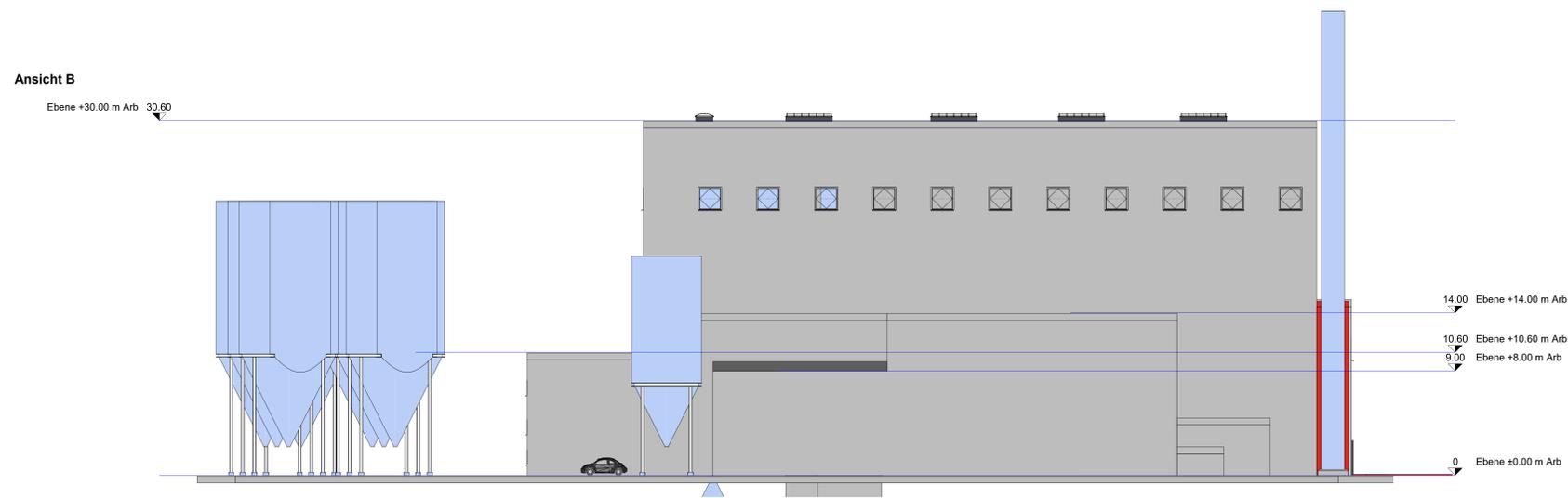
Dokumentinsteller tbfpartner Planer und Ingenieure		Dokumententeller	
Ersteller kicl	Name kicl	Datum 03/01/21	
Geprüft pit			
Freigegeben			
Dokumentenbezeichnung 108_28745-TKV-01-V2.2-P-01		Ersteller	
Massstab Wie angezeigt	Format 84 x 119		
Dokument-Nr. 28745-TKV-01-V2.2	Rev. P	Art P	Status 01



Ansicht A



Ansicht B



Referenzhöhe: ± 0.00 = ... m ü. M. (± 0.00 Bestand =... m ü. M.)

Rev.	Datum	Erstellt	Geprüft	Freigegeben	Änderung / Ergänzung

Bauherrschaft
 XXX
 XXX
 XXX

Gesamtprojektleitung und Projektierung, Verfahrenstechnik TBF + Partner AG Calwer Straße 7 71034 Böblingen Deutschland	tbfpartner Planer und Ingenieure	xxx xxx xxx
---	--	-------------------

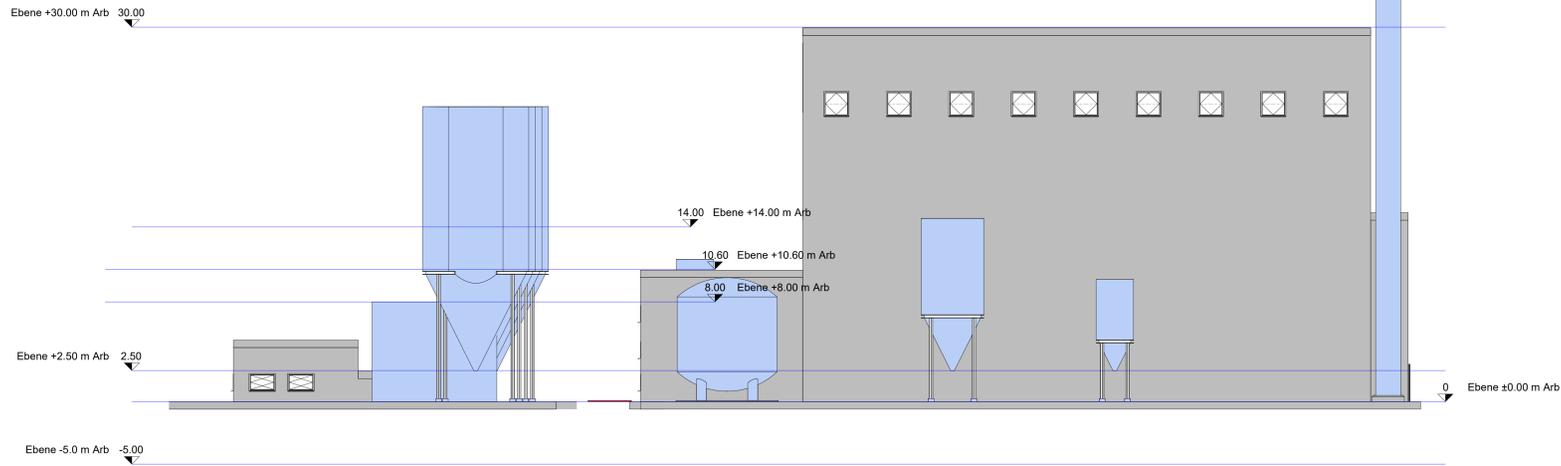
Dokumentfreigabe
 Bauherr Projektleitung Unternehme

TKV Nürnberg
 Machbarkeitsstudie TKV
 Übersichtsplan Variante 3 (Hafen)

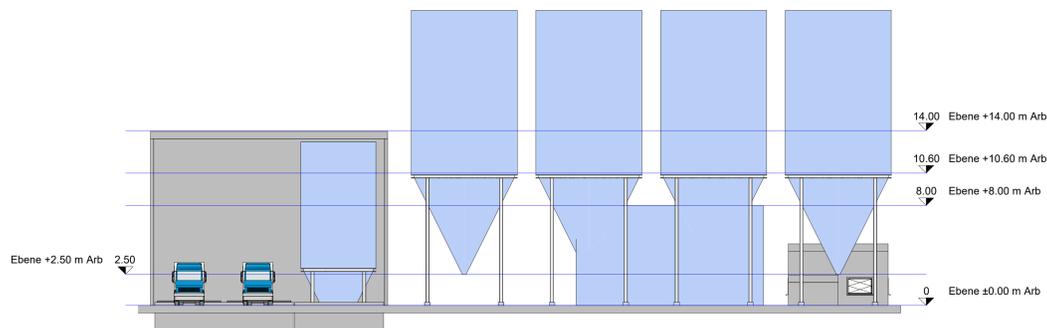
Dokumentersteller tbfpartner Planer und Ingenieure		Dokumententeller	
Ersteller	Name	Datum	
Geprüft	Kid	08/13/20	
Freigegeben	pit		
Dokumentbezeichnung		Ersteller	
108_28745-TKV-01-V2.3-P-01			
Maßstab	Format		
Wie angezeigt	84 x 119		
Dokument-Nr.	Rev.	Art	Status
28745-TKV-01-V2.3		P	01



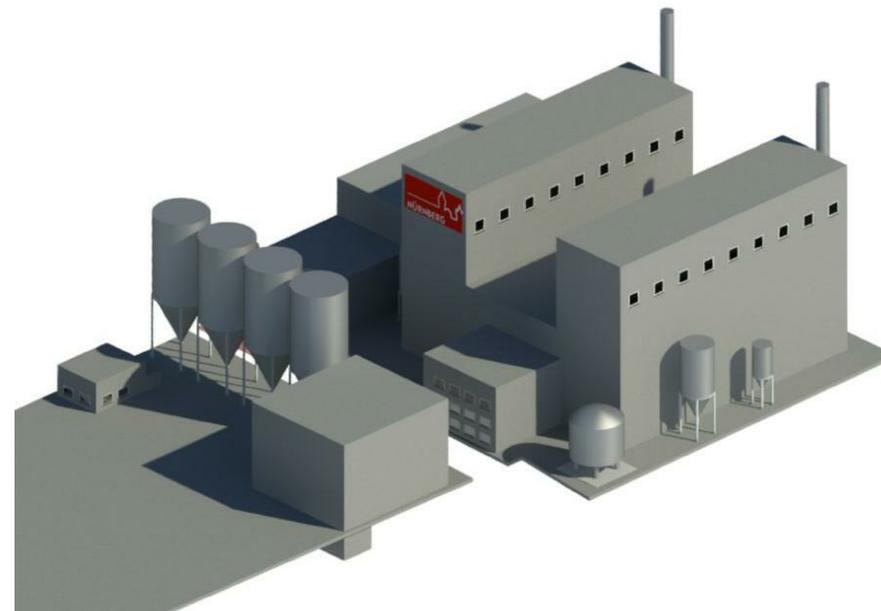
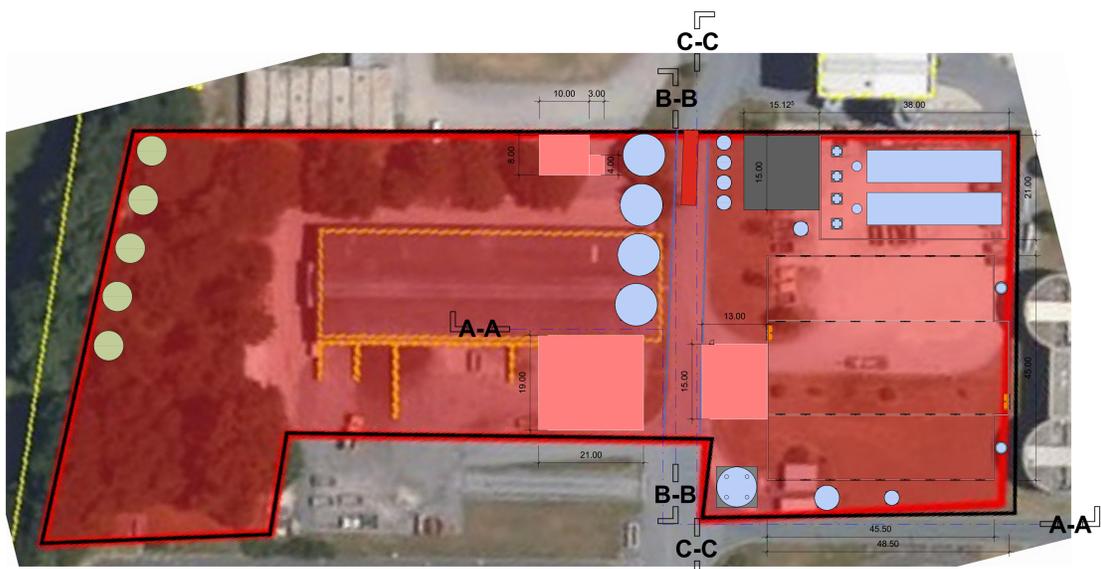
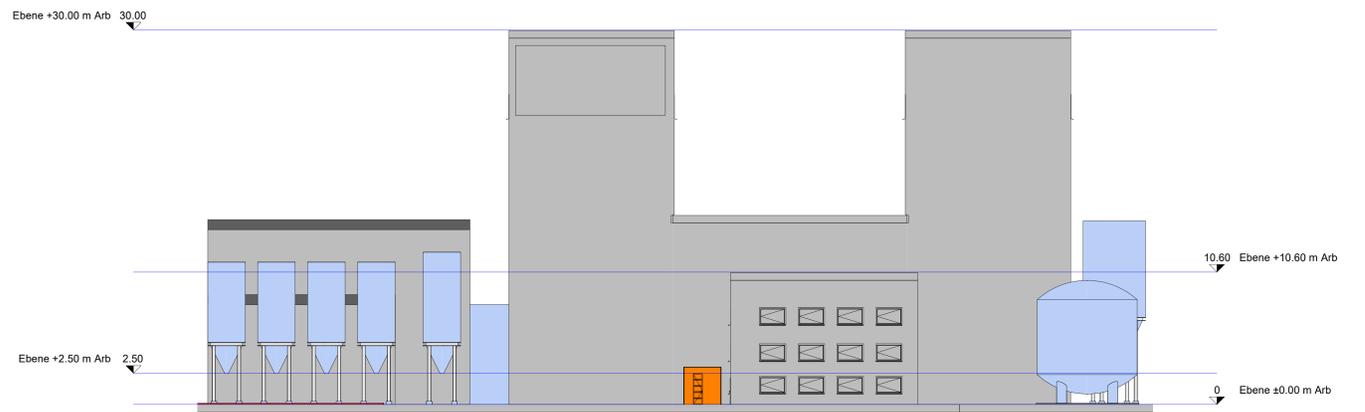
Ansicht A-A



Ansicht B-B



Ansicht C-C



Referenzhöhe: ± 0.00 =... m ü. M. (± 0.00 Bestand = ... m ü. M.)

Rev.	Datum	Erstellt	Geprüft	Freigegeben	Änderung / Ergänzung

Bauherrschaft
 XXX
 XXX
 XXX

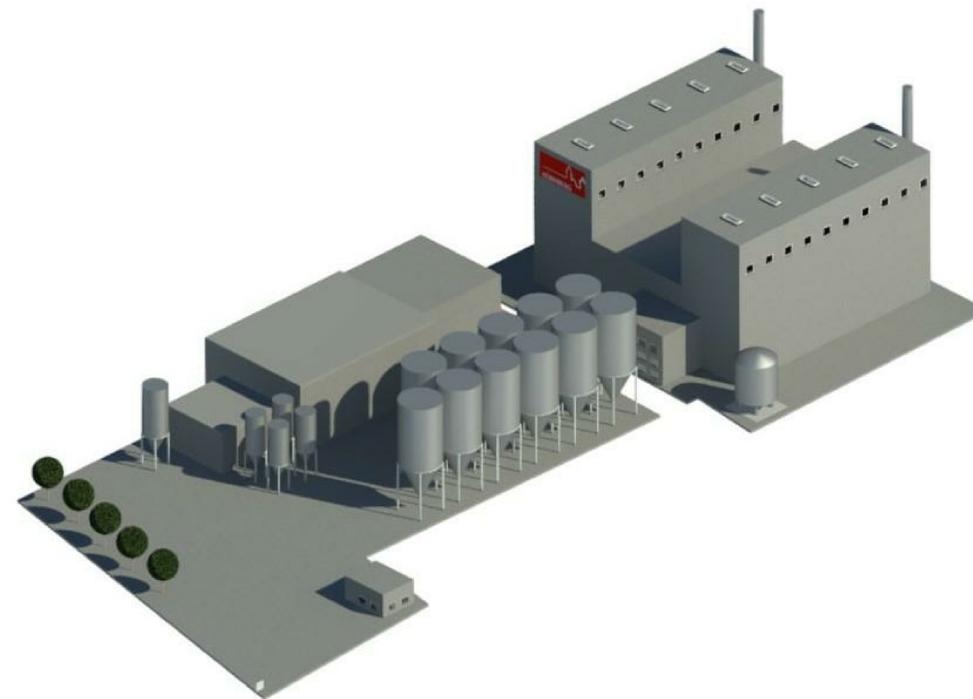
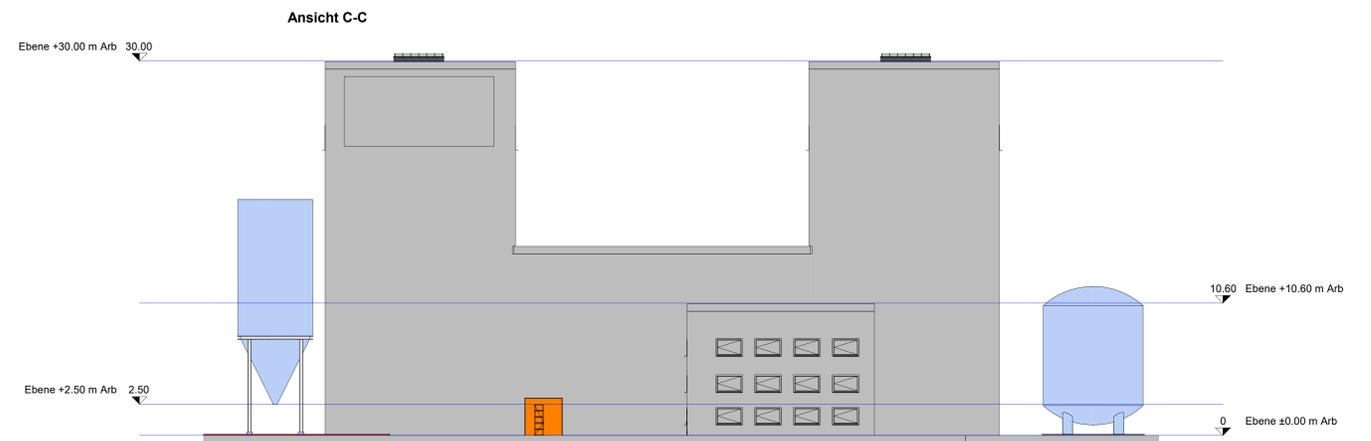
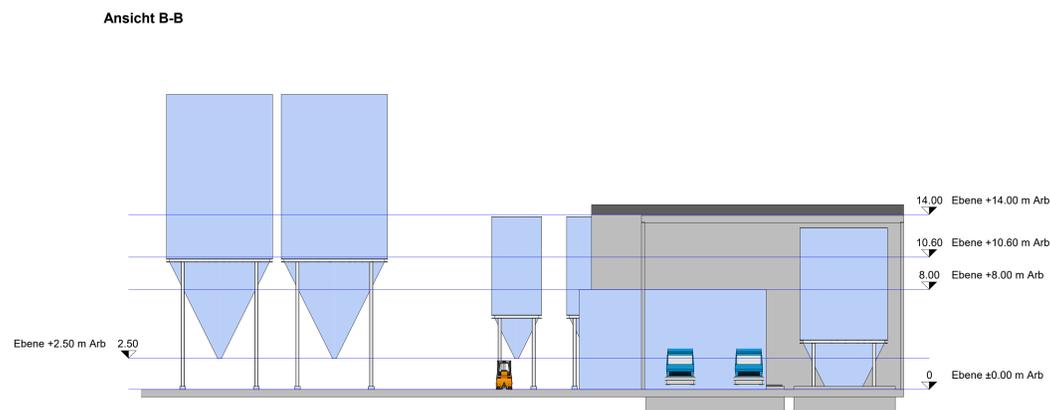
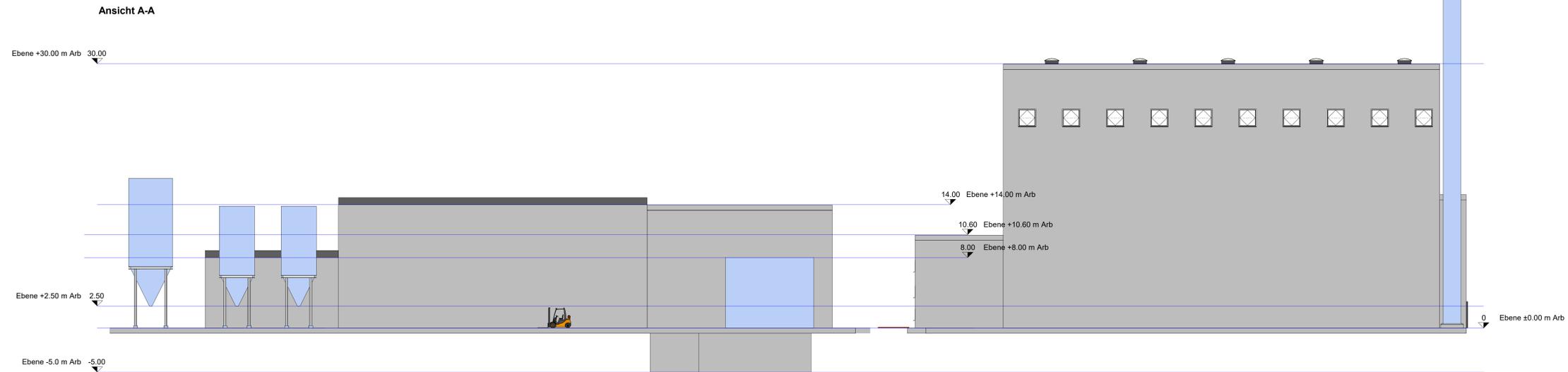
Gesamtleitung und Projektierung, Verfahrenstechnik	Bauherrunterstützung BHU
TBF + Partner AG Calwer Straße 7 71034 Böblingen Deutschland	tbfpartner Planer und Ingenieure
xxx xxx xxx	xxx xxx xxx

Dokumentfreigabe
 Bauherr Projektleitung Unternehmen

TKV Nürnberg
 Machbarkeitsstudie TKV
 Übersichtsplan Variante 1 (Klärwerk)

Dokumententeller		tbfpartner Planer und Ingenieure	
Ersteller	Näme	Datum	
Kicd		21/02/26	
Geprüft	pit		
Freigegeben			
Dokumentbezeichnung		Ersteller	
108_28745-TKV-01-V1.1-P-01			
Massstab	Format		
Wie angezeigt	84 x 119		
Dokument-Nr.	Rev.	Art	Status
28745-TKV-01-V1.1		P	01





Referenzhöhe: ± 0.00 =... m ü. M. (± 0.00 Bestand = ... m ü. M.)

Rev.	Datum	Erstellt	Geprüft	Freigegeben	Änderung / Ergänzung

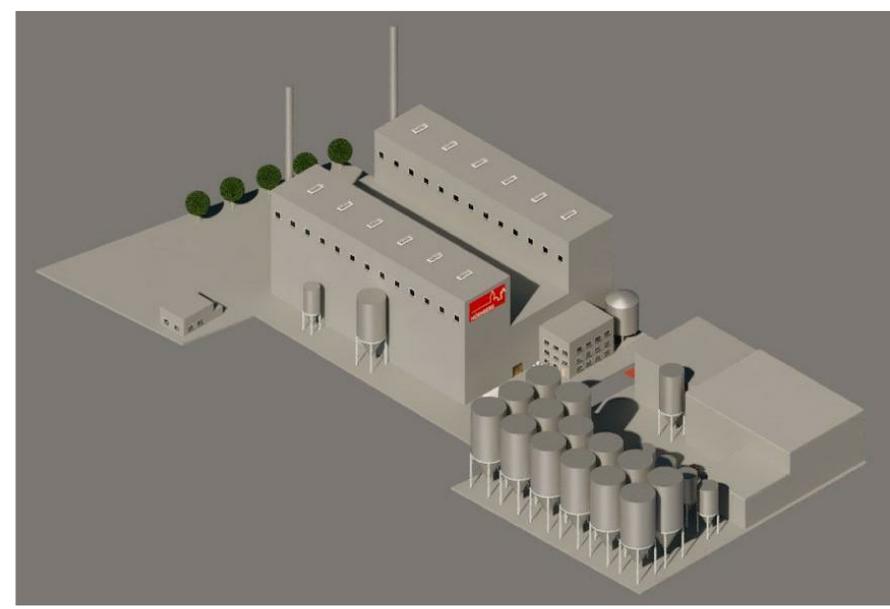
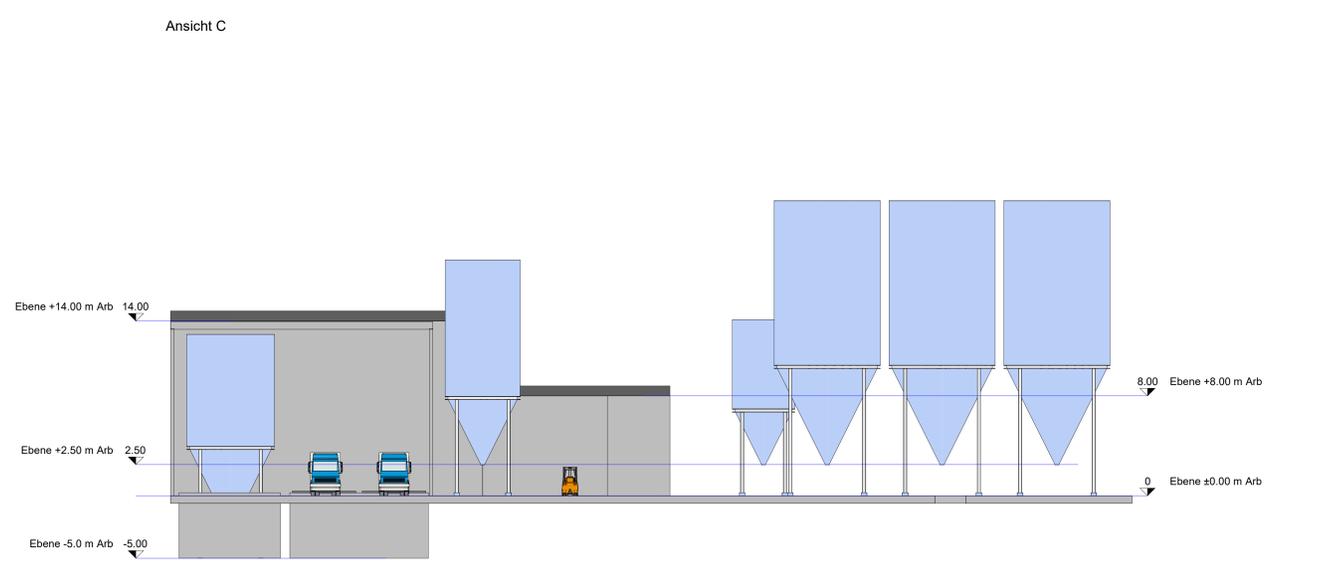
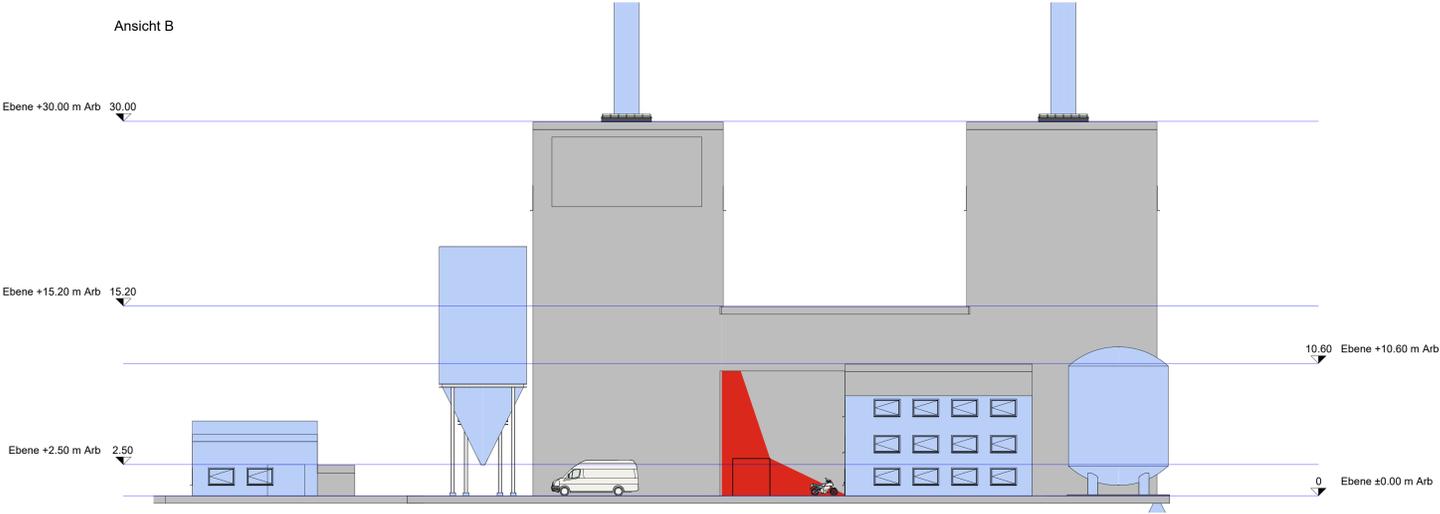
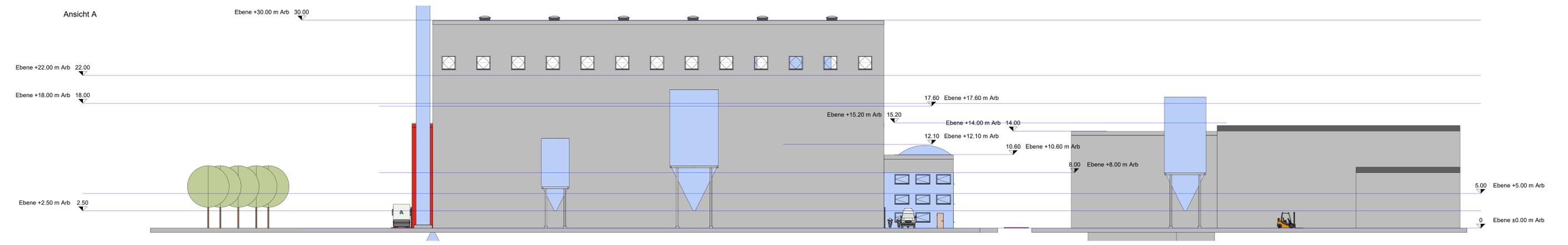
Bauherrschaft
 XXX
 XXX
 XXX

Gesamtprojektleitung und Projektierung, Verfahrenstechnik	Bauherrenunterstützung BHU
TBF + Partner AG Calwer Straße 7 71034 Böblingen Deutschland	 xxx xxx xxx

Dokumentfreigabe
 Bauherr Projektleitung Unternehme

TKV Nürnberg
 Machbarkeitsstudie TKV
 Übersichtsplan Variante 2 (Klärwerk)

		Dokumentenbezeichnung tbfpartner Planer und Ingenieure
Dokumentenbezeichnung 108_28745-TKV-01-V1.2-P-01	Ersteller kicd	Name kicd
Wie angezeigt 84 x 119	Geprüft pit	Datum 21/02/26
Dokument-Nr. 28745-TKV-01-V1.2	Rev. P	Art P
Status 01	Freigegeben	Ersteller pit



Referenzhöhe: ± 0.00 = 430.00 m ü. M. (± 0.00 Bestand = ... m ü. M.)

Rev.	Datum	Erstellt	Geprüft	Freigegeben	Änderung / Ergänzung

Bauherrschaft		Bauherrenunterstützung BHU	
XXX		xxx	
XXX		xxx	
XXX		xxx	

Dokumentfreigabe		<input checked="" type="checkbox"/> Projektleitung		<input checked="" type="checkbox"/> Unternehme	
<input checked="" type="checkbox"/> Bauherr					

TKV Nürnberg
 Machbarkeitsstudie TKV
 Übersichtsplan Variante 3 (Klärwerk)

tbfpartner Planer und Ingenieure		Dokumentenbezeichnung 108_28745-TKV-01-V1.3-P-0	
Dokumentenbezeichnung 108_28745-TKV-01-V1.3-P-0	Format 84 x 119	Name Kicl	Datum 21/02/24
Wie angezeigt 84 x 119	Rev. P	Art P	Status 0



Anhang 3: Kostenschätzung

Investitionskosten (2021)

Kostengruppe	Szenario 1		Szenario 2		Szenario 3	
	Klärwerk	Hafen	Klärwerk	Hafen	Klärwerk	Hafen
Grundstückskosten						
Gesamtkosten	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €
Summe Grundstückskosten	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €
Bauteil						
Klärschlammannahme	1,1 Mio. €	1,1 Mio. €	1,2 Mio. €	1,2 Mio. €	1,5 Mio. €	1,5 Mio. €
Hauptgebäude	18,4 Mio. €	18,4 Mio. €	20,0 Mio. €	20,0 Mio. €	23,6 Mio. €	23,6 Mio. €
Trocknung & Pelletierung & E-Gebäude	2,7 Mio. €	2,7 Mio. €	3,4 Mio. €	3,4 Mio. €	3,5 Mio. €	3,5 Mio. €
Betriebsgebäude	0,9 Mio. €	0,9 Mio. €	0,9 Mio. €	0,9 Mio. €	0,9 Mio. €	0,9 Mio. €
Fernwärmeleitung	10,0 Mio. €	10,0 Mio. €	10,0 Mio. €	10,0 Mio. €	12,0 Mio. €	12,0 Mio. €
Außenanlagen	2,3 Mio. €	2,3 Mio. €	2,6 Mio. €	2,6 Mio. €	2,9 Mio. €	2,9 Mio. €
Genehmigung / Planung / Engineering / Bauleitung / Dokumentation / Nebenkosten	3,5 Mio. €	3,5 Mio. €	3,8 Mio. €	3,8 Mio. €	4,4 Mio. €	4,4 Mio. €
Summe Baukosten	38,9 Mio. €	38,9 Mio. €	41,9 Mio. €	41,9 Mio. €	48,8 Mio. €	48,8 Mio. €
Maschinen und EMSRL-Technik						
Maschinentechnik						
Fahrzeugwaage	0,0 Mio. €	0,3 Mio. €	0,0 Mio. €	0,3 Mio. €	0,0 Mio. €	0,3 Mio. €
Schlammförderung von Schnittstelle KW	0,2 Mio. €	0,0 Mio. €	0,2 Mio. €	0,0 Mio. €	0,2 Mio. €	0,0 Mio. €
Schlammannahme	1,5 Mio. €	3,2 Mio. €	2,9 Mio. €	4,3 Mio. €	3,6 Mio. €	5,0 Mio. €
Schlamm Lagerung	6,4 Mio. €	6,4 Mio. €	18,5 Mio. €	18,5 Mio. €	24,5 Mio. €	24,5 Mio. €
Trocknung	4,3 Mio. €	4,3 Mio. €	4,4 Mio. €	4,4 Mio. €	3,3 Mio. €	3,3 Mio. €
Pelletierung	0,8 Mio. €	0,8 Mio. €	0,9 Mio. €	0,9 Mio. €	1,1 Mio. €	1,1 Mio. €
Verbrennung	3,4 Mio. €	3,4 Mio. €	4,9 Mio. €	4,9 Mio. €	6,5 Mio. €	6,5 Mio. €
Abhitze Kessel	3,4 Mio. €	3,4 Mio. €	5,0 Mio. €	5,0 Mio. €	6,6 Mio. €	6,6 Mio. €
Rauchgasreinigung mit Saugzug, Kamin und Siloanlagen	6,8 Mio. €	6,8 Mio. €	9,6 Mio. €	9,6 Mio. €	11,6 Mio. €	11,6 Mio. €
Wasserdampf-Kreislauf, übrige Nebenanlagen	3,2 Mio. €	3,2 Mio. €	4,5 Mio. €	4,5 Mio. €	5,8 Mio. €	5,8 Mio. €
Genehmigung / Planung / Engineering / Bauleitung / Dokumentation / Nebenkosten	4,5 Mio. €	4,7 Mio. €	7,6 Mio. €	7,8 Mio. €	9,5 Mio. €	9,6 Mio. €
Summe Maschinentechnik	34,5 Mio. €	36,4 Mio. €	58,6 Mio. €	60,1 Mio. €	72,6 Mio. €	74,1 Mio. €
EMSRL-Technik						
Gesamtkosten	6,0 Mio. €	6,3 Mio. €	10,2 Mio. €	10,5 Mio. €	12,6 Mio. €	12,9 Mio. €
Abnahme, Messungen, ERV	3,0 Mio. €	3,0 Mio. €	3,0 Mio. €	3,0 Mio. €	3,0 Mio. €	3,0 Mio. €
Summe EMSRL-Technik	9,0 Mio. €	9,3 Mio. €	13,2 Mio. €	13,5 Mio. €	15,6 Mio. €	15,9 Mio. €
Summe Maschinen und EMSRL-Technik	43,5 Mio. €	45,7 Mio. €	71,8 Mio. €	73,6 Mio. €	88,2 Mio. €	90,0 Mio. €
Summe Klärschlammverwertungsanlage (netto)	82,4 Mio. €	84,6 Mio. €	113,6 Mio. €	115,5 Mio. €	136,9 Mio. €	138,8 Mio. €

Kostengenauigkeit: +/- 30 %

Betriebskosten (2021)

Nr.	Komponente		Menge	Preis (netto) /ME	Szenario 1		Szenario 2		Szenario 3		
					Klärwerk	Hafen	Klärwerk	Hafen	Klärwerk	Hafen	
1	Herstellkosten	Maschinenteknik (MT) + EMSRLT	€		39.000.000	41.000.000	64.100.000	65.800.000	78.700.000	80.400.000	
		Bau	€		35.400.000	35.400.000	38.100.000	38.100.000	44.300.000	44.300.000	
	Herstellkosten gesamt		€		74.400.000	76.400.000	102.200.000	103.900.000	123.000.000	124.700.000	
2	Energieverbrauch	Heizöl	m³/a		37	37	69	69	98	98	
			€/a	541 €/m³	20.203	20.203	37.410	37.410	52.710	52.710	
		Strom KVA, Arbeit, Sommer	MWh/a		1.969	1.969	2.906	2.906	4.299	4.299	
			€/a	180 €/MWh	354.364	354.364	523.020	523.020	773.784	773.784	
		Strom KVA, Arbeit, Winter	MWh/a		3.110	3.110	6.214	6.214	8.680	8.680	
			€/a	180 €/MWh	559.732	559.732	1.118.587	1.118.587	1.562.398	1.562.398	
3	Energieerzeugung	Stromproduktion Sommer	MWh/a		876	876	876	876	1.752	1.752	
		Eigenbedarf, Sommer	MWh/a		876	876	876	876	1.752	1.752	
			inkl. EEG-Umlage (60,00 €/MWh)	€/a	-120 €/MWh	-105.120	-105.120	-105.120	-105.120	-210.240	-210.240
		Einspeisung öffentliches Netz, Sommer	MWh/a		0	0	0	0	0	0	
			€/a	-35 €/MWh	0	0	0	0	0	0	
		Stromproduktion Winter	MWh/a		2.628	2.628	5.256	5.256	7.884	7.884	
		Eigenbedarf, Winter	MWh/a		2.628	2.628	5.256	5.256	7.884	7.884	
			inkl. EEG-Umlage (60,00 €/MWh)	€/a	-120 €/MWh	-315.360	-315.360	-630.720	-630.720	-946.080	-946.080
		Einspeisung öffentliches Netz, Winter	MWh/a		0	0	0	0	0	0	
			€/a	-35 €/MWh	0	0	0	0	0	0	
	Abgabe Strom ans Klärwerk, Winter	MWh/a		0	0	0	0	0	0		
		inkl. EEG-Umlage (60,00 €/MWh)	€/a	-120 €/MWh	0	0	0	0	0		
	Fernwärmebereitstellung, gesamt	MWh/a		12.176	12.176	33.770	33.770	57.378	57.378		
		€/a	-20,1 €/MWh	-244.746	-244.746	-678.773	-678.773	-1.153.298	-1.153.298		
4	Verbrauchsmaterialkosten	Aktivkohle	Mg/a		7	7	13	13	19	19	
			€/a	2.162,40 €/Mg	15.747	15.747	29.158	29.158	41.083	41.083	
		Brantkalk	Mg/a		424	424	784	784	1.105	1.105	
			€/a	100,34 €/Mg	42.499	42.499	78.695	78.695	110.880	110.880	
		Quarzsand	Mg/a		100	100	185	185	260	260	
			€/a	27,03 €/Mg	2.694	2.694	4.988	4.988	7.028	7.028	
		Harnstoff	Mg/a		11	11	21	21	29	29	
			€/a	90,00 €/Mg	1.009	1.009	1.868	1.868	2.633	2.633	
		Trinkwasser	m³/a		3.345	3.345	6.194	6.194	8.727	8.727	
			€/a	3,78 €/m³	12.643	12.643	23.412	23.412	32.986	32.986	
	Natronlauge	m³/a		143	143	265	265	374	374		
		€/m³	248,68 €/m³	35.625	35.625	65.968	65.968	92.947	92.947		
	Schwefelsäure	m³/a		37	37	69	69	98	98		
		€/m³	400,04 €/m³	14.950	14.950	27.683	27.683	39.005	39.005		
5	Entsorgungskosten	Asche	Mg/a		6.702	6.702	12.410	12.410	17.486	17.486	
			€/a	59,47 €/Mg	398.567	398.567	738.031	738.031	1.039.869	1.039.869	
		Reststoffe RGR	Mg/a		934	934	1.730	1.730	2.438	2.438	
			€/a	95,47 €/Mg	89.197	89.197	165.167	165.167	232.716	232.716	
		Abwasserentsorgung	Mg/a		18.298	18.298	16.951	16.951	12.133	12.133	
		€/a	3,24 €/Mg	59.287	59.287	54.920	54.920	39.310	39.310		
6	Instandhaltungskosten	Instandhaltungskosten MT + EMSRLT 3% /a Investitionskosten	€/a		1.170.000	1.230.000	1.923.000	1.974.000	2.361.000	2.412.000	
		Grundstückspacht /a Instandhaltungskosten Bau 0,5% /a Investitionskosten	€/a	200.000 €/a							
			€/a		377.000	377.000	390.500	390.500	421.500	421.500	
7	Personalkosten	Anzahl Mitarbeiter (siehe Tabelle Personal)	Pers.jahre		19	19	20	20	20	20	
		€/a		1.245.000	1.245.000	1.300.000	1.300.000	1.300.000	1.300.000		
8	Versicherungskosten	1,0% /a Investitionskosten	€/a		744.000	764.000	1.022.000	1.039.000	1.230.000	1.247.000	
Σ	fixe Betriebskosten variable Betriebskosten Betriebskosten gesamt (netto)		€/a		3.536.000	3.616.000	4.635.500	4.703.500	5.312.500	5.380.500	
			€/a		941.290	941.290	1.454.294	1.454.294	1.717.732	1.717.732	
			€/a		4.477.290	4.557.290	6.089.794	6.157.794	7.030.232	7.098.232	

Behandlungskosten

bezogen auf EKS mit 25 % TM

Zinssatz	1,5%
Abschreibung Bautechnik	25 a
Abschreibung Maschinentechnik	25 a
Abschreibung EMSRLT	25 a
Abschreibung Geschäftskosten	25 a

Szenario 1 - Standort Klärwerk

Investitionskosten	90.800.000 €
davon Bautechnik	38.900.000 €
davon Maschinentechnik	34.500.000 €
davon EMSRLT	9.000.000 €
davon Geschäftskosten	8.400.000 €

Annuitätenfaktoren			
Annuitätenfaktor Bautechnik	5%		
Annuitätenfaktor Maschinentechnik	5%		
Annuitätenfaktor EMSRLT	5%		
Annuitätenfaktor Geschäftskosten	5%		
Kapitalkosten	4.382.300 €/a	66 €/MgOS	266 €/MgTM
Bautechnik	1.877.400 €/a	28 €/MgOS	114 €/MgTM
Maschinentechnik	1.665.100 €/a	25 €/MgOS	101 €/MgTM
EMSRLT	434.400 €/a	7 €/MgOS	26 €/MgTM
Geschäftskosten	405.400 €/a	6 €/MgOS	25 €/MgTM
Betriebskosten	4.477.290 €/a	68 €/MgOS	271 €/MgTM
Energie	513.819 €/a	8 €/MgOS	31 €/MgTM
Erlöse	-244.746 €/a	-4 €/MgOS	-15 €/MgTM
sonstige Betriebsmittel	125.167 €/a	2 €/MgOS	8 €/MgTM
Entsorgung	547.050 €/a	8 €/MgOS	33 €/MgTM
Instandhaltung	1.547.000 €/a	23 €/MgOS	94 €/MgTM
Personal	1.245.000 €/a	19 €/MgOS	75 €/MgTM
Versicherung	744.000 €/a	11 €/MgOS	45 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (netto)	8.859.590 €/a	134 €/MgOS	537 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (brutto)*	10.306.362 €/a	156 €/MgOS	624 €/MgTM

* Personal ohne MwSt.

Szenario 1 - Standort Hafen

Investitionskosten	93.000.000 €
davon Bautechnik	38.900.000 €
davon Maschinentechnik	36.400.000 €
davon EMSRLT	9.300.000 €
davon Geschäftskosten	8.400.000 €

Annuitätenfaktoren			
Annuitätenfaktor Bautechnik	5%		
Annuitätenfaktor Maschinentechnik	5%		
Annuitätenfaktor EMSRLT	5%		
Annuitätenfaktor Geschäftskosten	5%		
Kapitalkosten	4.488.500 €/a	68 €/MgOS	272 €/MgTM
Bautechnik	1.877.400 €/a	28 €/MgOS	114 €/MgTM
Maschinentechnik	1.756.800 €/a	27 €/MgOS	106 €/MgTM
EMSRLT	448.900 €/a	7 €/MgOS	27 €/MgTM
Geschäftskosten	405.400 €/a	6 €/MgOS	25 €/MgTM
Betriebskosten	4.557.290 €/a	69 €/MgOS	276 €/MgTM
Energie	513.819 €/a	8 €/MgOS	31 €/MgTM
Erlöse	-244.746 €/a	-4 €/MgOS	-15 €/MgTM
sonstige Betriebsmittel	125.167 €/a	2 €/MgOS	8 €/MgTM
Entsorgung	547.050 €/a	8 €/MgOS	33 €/MgTM
Instandhaltung	1.607.000 €/a	24 €/MgOS	97 €/MgTM
Personal	1.245.000 €/a	19 €/MgOS	75 €/MgTM
Versicherung	764.000 €/a	12 €/MgOS	46 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (netto)	9.045.790 €/a	137 €/MgOS	548 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (brutto)*	10.527.940 €/a	159 €/MgOS	638 €/MgTM

* Personal ohne MwSt.

Szenario 2 - Standort Klärwerk

Investitionskosten	122.400.000 €
davon Bautechnik	41.900.000 €
davon Maschinentechnik	58.600.000 €
davon EMSRLT	13.200.000 €
davon Geschäftskosten	8.700.000 €

Annuitätenfaktoren			
Annuitätenfaktor Bautechnik	5%		
Annuitätenfaktor Maschinentechnik	5%		
Annuitätenfaktor EMSRLT	5%		
Annuitätenfaktor Geschäftskosten	5%		
Kapitalkosten	5.907.400 €/a	48 €/MgOS	193 €/MgTM
Bautechnik	2.022.200 €/a	17 €/MgOS	66 €/MgTM
Maschinentechnik	2.828.200 €/a	23 €/MgOS	93 €/MgTM
EMSRLT	637.100 €/a	5 €/MgOS	21 €/MgTM
Geschäftskosten	419.900 €/a	3 €/MgOS	14 €/MgTM
Betriebskosten	6.089.794 €/a	50 €/MgOS	199 €/MgTM
Energie	943.177 €/a	8 €/MgOS	31 €/MgTM
Erlöse	-678.773 €/a	-6 €/MgOS	-22 €/MgTM
sonstige Betriebsmittel	231.772 €/a	2 €/MgOS	8 €/MgTM
Entsorgung	958.118 €/a	8 €/MgOS	31 €/MgTM
Instandhaltung	2.313.500 €/a	19 €/MgOS	76 €/MgTM
Personal	1.300.000 €/a	11 €/MgOS	43 €/MgTM
Versicherung	1.022.000 €/a	8 €/MgOS	33 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (netto)	11.997.194 €/a	98 €/MgOS	393 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (brutto)*	14.029.661 €/a	115 €/MgOS	459 €/MgTM

* Personal ohne MwSt.

Szenario 2 - Standort Hafen

Investitionskosten	124.200.000 €
davon Bautechnik	41.900.000 €
davon Maschinentechnik	60.100.000 €
davon EMSRLT	13.500.000 €
davon Geschäftskosten	8.700.000 €

Annuitätenfaktoren			
Annuitätenfaktor Bautechnik	5%		
Annuitätenfaktor Maschinentechnik	5%		
Annuitätenfaktor EMSRLT	5%		
Annuitätenfaktor Geschäftskosten	5%		
Kapitalkosten	5.994.300 €/a	49 €/MgOS	196 €/MgTM
Bautechnik	2.022.200 €/a	17 €/MgOS	66 €/MgTM
Maschinentechnik	2.900.600 €/a	24 €/MgOS	95 €/MgTM
EMSRLT	651.600 €/a	5 €/MgOS	21 €/MgTM
Geschäftskosten	419.900 €/a	3 €/MgOS	14 €/MgTM
Betriebskosten	6.157.794 €/a	50 €/MgOS	201 €/MgTM
Energie	943.177 €/a	8 €/MgOS	31 €/MgTM
Erlöse	-678.773 €/a	-6 €/MgOS	-22 €/MgTM
sonstige Betriebsmittel	231.772 €/a	2 €/MgOS	8 €/MgTM
Entsorgung	958.118 €/a	8 €/MgOS	31 €/MgTM
Instandhaltung	2.364.500 €/a	19 €/MgOS	77 €/MgTM
Personal	1.300.000 €/a	11 €/MgOS	43 €/MgTM
Versicherung	1.039.000 €/a	8 €/MgOS	34 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (netto)	12.152.094 €/a	99 €/MgOS	398 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (brutto)*	14.213.992 €/a	116 €/MgOS	465 €/MgTM

* Personal ohne MwSt.

Szenario 3 - Standort Klärwerk

Investitionskosten	146.200.000 €
davon Bautechnik	48.800.000 €
davon Maschinentechnik	72.600.000 €
davon EMSRLT	15.600.000 €
davon Geschäftskosten	9.200.000 €

Annuitätenfaktoren			
Annuitätenfaktor Bautechnik	5%		
Annuitätenfaktor Maschinentechnik	5%		
Annuitätenfaktor EMSRLT	5%		
Annuitätenfaktor Geschäftskosten	5%		
Kapitalkosten	7.056.100 €/a	41 €/MgOS	164 €/MgTM
Bautechnik	2.355.300 €/a	14 €/MgOS	55 €/MgTM
Maschinentechnik	3.503.900 €/a	20 €/MgOS	81 €/MgTM
EMSRLT	752.900 €/a	4 €/MgOS	17 €/MgTM
Geschäftskosten	444.000 €/a	3 €/MgOS	10 €/MgTM
Betriebskosten	7.030.232 €/a	41 €/MgOS	163 €/MgTM
Energie	1.232.572 €/a	7 €/MgOS	29 €/MgTM
Erlöse	-1.153.298 €/a	-7 €/MgOS	-27 €/MgTM
sonstige Betriebsmittel	326.562 €/a	2 €/MgOS	8 €/MgTM
Entsorgung	1.311.895 €/a	8 €/MgOS	30 €/MgTM
Instandhaltung	2.782.500 €/a	16 €/MgOS	65 €/MgTM
Personal	1.300.000 €/a	8 €/MgOS	30 €/MgTM
Versicherung	1.230.000 €/a	7 €/MgOS	29 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (netto)	14.086.332 €/a	82 €/MgOS	327 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (brutto)*	16.515.735 €/a	96 €/MgOS	384 €/MgTM

* Personal ohne MwSt.

Szenario 3 - Standort Hafen

Investitionskosten	148.000.000 €
davon Bautechnik	48.800.000 €
davon Maschinentechnik	74.100.000 €
davon EMSRLT	15.900.000 €
davon Geschäftskosten	9.200.000 €

Annuitätenfaktoren			
Annuitätenfaktor Bautechnik	5%		
Annuitätenfaktor Maschinentechnik	5%		
Annuitätenfaktor EMSRLT	5%		
Annuitätenfaktor Geschäftskosten	5%		
Kapitalkosten	7.143.000 €/a	41 €/MgOS	166 €/MgTM
Bautechnik	2.355.300 €/a	14 €/MgOS	55 €/MgTM
Maschinentechnik	3.576.300 €/a	21 €/MgOS	83 €/MgTM
EMSRLT	767.400 €/a	4 €/MgOS	18 €/MgTM
Geschäftskosten	444.000 €/a	3 €/MgOS	10 €/MgTM
Betriebskosten	7.098.232 €/a	41 €/MgOS	165 €/MgTM
Energie	1.232.572 €/a	7 €/MgOS	29 €/MgTM
Erlöse	-1.153.298 €/a	-7 €/MgOS	-27 €/MgTM
sonstige Betriebsmittel	326.562 €/a	2 €/MgOS	8 €/MgTM
Entsorgung	1.311.895 €/a	8 €/MgOS	30 €/MgTM
Instandhaltung	2.833.500 €/a	16 €/MgOS	66 €/MgTM
Personal	1.300.000 €/a	8 €/MgOS	30 €/MgTM
Versicherung	1.247.000 €/a	7 €/MgOS	29 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (netto)	14.241.232 €/a	83 €/MgOS	331 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (brutto)*	16.700.066 €/a	97 €/MgOS	388 €/MgTM

* Personal ohne MwSt.

Investitionskosten (2021)

Kostengruppe	Szenario 2 (1 Linie) TT		Szenario 3 (1 Linie) TT	
	Klärwerk	Hafen	Klärwerk	Hafen
Grundstückskosten				
Gesamtkosten	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €
Summe Grundstückskosten	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €	0,0 Mio. €
Bauteil				
Klärschlammannahme	5,8 Mio. €	5,8 Mio. €	5,8 Mio. €	5,8 Mio. €
Hauptgebäude	15,1 Mio. €	15,1 Mio. €	19,4 Mio. €	19,4 Mio. €
Trocknung & Pelletierung & E-Gebäude	2,8 Mio. €	2,8 Mio. €	2,8 Mio. €	2,8 Mio. €
Betriebsgebäude	0,9 Mio. €	0,9 Mio. €	0,9 Mio. €	0,9 Mio. €
Fernwärmeleitung	10,0 Mio. €	10,0 Mio. €	12,0 Mio. €	12,0 Mio. €
Außenanlagen	2,4 Mio. €	2,4 Mio. €	2,9 Mio. €	2,9 Mio. €
Genehmigung / Planung / Engineering / Bauleitung / Dokumentation / Nebenkosten	3,7 Mio. €	3,7 Mio. €	4,4 Mio. €	4,4 Mio. €
Summe Baukosten	40,6 Mio. €	40,6 Mio. €	48,1 Mio. €	48,1 Mio. €
Maschinen und EMSRL-Technik				
Maschinentchnik				
Fahrzeugwaage	0,0 Mio. €	0,3 Mio. €	0,0 Mio. €	0,3 Mio. €
Schlammförderung von Schnittstelle KW	0,3 Mio. €	0,0 Mio. €	0,3 Mio. €	0,0 Mio. €
Schlammannahme	3,5 Mio. €	4,3 Mio. €	4,4 Mio. €	5,0 Mio. €
Schlamm Lagerung	12,6 Mio. €	12,6 Mio. €	15,8 Mio. €	15,8 Mio. €
Trocknung	3,5 Mio. €	3,5 Mio. €	3,5 Mio. €	3,5 Mio. €
Pelletierung	0,5 Mio. €	0,5 Mio. €	0,6 Mio. €	0,6 Mio. €
Verbrennung	4,1 Mio. €	4,1 Mio. €	5,5 Mio. €	5,5 Mio. €
Abhitze Kessel	4,1 Mio. €	4,1 Mio. €	5,5 Mio. €	5,5 Mio. €
Rauchgasreinigung mit Saugzug, Kamin und Siloanlagen	9,0 Mio. €	9,0 Mio. €	10,3 Mio. €	10,3 Mio. €
Wasserdampf-Kreislauf, übrige Nebenanlagen	3,9 Mio. €	3,9 Mio. €	5,1 Mio. €	5,1 Mio. €
Genehmigung / Planung / Engineering / Bauleitung / Dokumentation / Nebenkosten	6,2 Mio. €	6,3 Mio. €	7,6 Mio. €	7,7 Mio. €
Summe Maschinentchnik	47,8 Mio. €	48,6 Mio. €	58,6 Mio. €	59,3 Mio. €
EMSRL-Technik				
Gesamtkosten	8,3 Mio. €	8,5 Mio. €	10,2 Mio. €	10,3 Mio. €
Abnahme, Messungen, ERV	3,0 Mio. €	3,0 Mio. €	3,0 Mio. €	3,0 Mio. €
Summe EMSRL-Technik	11,3 Mio. €	11,5 Mio. €	13,2 Mio. €	13,3 Mio. €
Summe Maschinen und EMSRL-Technik	59,1 Mio. €	60,1 Mio. €	71,8 Mio. €	72,6 Mio. €
Summe Klärschlammverwertungsanlage (netto)	99,7 Mio. €	100,7 Mio. €	119,9 Mio. €	120,7 Mio. €

Betriebskosten (2021)

Nr.	Komponente	Menge	Preis (netto) /ME	Szenario 2 (1 Linie) - TT		Szenario 3 (1 Linie) - TT			
				Klärwerk	Hafen	Klärwerk	Hafen		
1	Herstellkosten	Maschinenteknik (MT) + EMSRLT	€	52.900.000	53.800.000	64.200.000	74.900.000		
		Bau	€	36.900.000	36.900.000	43.700.000	43.700.000		
	Herstellkosten gesamt		€	89.800.000	90.700.000	107.900.000	118.600.000		
2	Energieverbrauch	Heizöl	m³/a	69	69	98	98		
			€/a	541 €/m³	37.410	37.410	52.710	52.710	
		Strom KVA, Arbeit, Sommer	MWh/a	3.314	3.314	5.027	5.027		
			€/a	180 €/MWh	596.519	596.519	904.820	904.820	
		Strom KVA, Arbeit, Winter	MWh/a	5.518	5.518	7.722	7.722		
		€/a	180 €/MWh	993.313	993.313	1.389.888	1.389.888		
3	Energieerzeugung	Stromproduktion Sommer	MWh/a	2.172	2.172	3.942	3.942		
		Eigenbedarf, Sommer	MWh/a	2.172	2.172	3.942	3.942		
			inkl. EEG-Umlage (60,00 €/MWh)	€/a	-120 €/MWh	-260.640	-260.640	-473.040	-473.040
		Einspeisung öffentliches Netz, Sommer	MWh/a	0	0	0	0		
			€/a	-35 €/MWh	0	0	0	0	
		Stromproduktion Winter	MWh/a	4.380	4.380	7.008	7.008		
		Eigenbedarf, Winter	MWh/a	4.380	4.380	7.008	7.008		
			inkl. EEG-Umlage (60,00 €/MWh)	€/a	-120 €/MWh	-525.600	-525.600	-840.960	-840.960
		Einspeisung öffentliches Netz, Winter	MWh/a	0	0	0	0		
			€/a	-35 €/MWh	0	0	0	0	
		Abgabe Strom ans Klärwerk, Winter	MWh/a	0	0	0	0		
	inkl. EEG-Umlage (60,00 €/MWh)	€/a	-120 €/MWh	0	0	0			
Fernwärmebereitstellung, gesamt	MWh/a	31.272	31.272	48.354	48.354				
	€/a	-20,1 €/MWh	-628.567	-628.567	-971.915	-971.915			
4	Verbrauchsmaterialkosten	Aktivkohle	Mg/a	13	13	19	19		
			€/a	2.162,40 €/Mg	29.158	29.158	41.083	41.083	
		Brantkalk	Mg/a	784	784	1.105	1.105		
			€/a	100,34 €/Mg	78.695	78.695	110.880	110.880	
		Quarzsand	Mg/a	185	185	260	260		
			€/a	27,03 €/Mg	4.988	4.988	7.028	7.028	
		Harnstoff	Mg/a	21	21	29	29		
			€/a	90,00 €/Mg	1.868	1.868	2.633	2.633	
		Trinkwasser	m³/a	6.194	6.194	8.727	8.727		
			€/a	3,78 €/m³	23.412	23.412	32.986	32.986	
Natronlauge	m³/a	265	265	374	374				
	€/m³	248,68 €/m³	65.968	65.968	92.947	92.947			
Schwefelsäure	m³/a	69	69	98	98				
	€/m³	400,04 €/m³	27.683	27.683	39.005	39.005			
5	Entsorgungskosten	Asche	Mg/a	12.410	12.410	17.486	17.486		
			€/a	59,47 €/Mg	738.031	738.031	1.039.869	1.039.869	
		Reststoffe RGR	Mg/a	1.730	1.730	2.438	2.438		
			€/a	95,47 €/Mg	165.167	165.167	232.716	232.716	
Abwasserentsorgung	Mg/a	16.250	16.250	17.257	17.257				
	€/a	3,24 €/Mg	52.649	52.649	55.913	55.913			
6	Instandhaltungskosten	Instandhaltungskosten MT + EMSRLT	€/a	1.587.000	1.614.000	1.926.000	2.247.000		
		3% /a Investitionskosten							
		Grundstückspacht /a	€/a	200.000 €/a					
Instandhaltungskosten Bau	€/a	384.500	384.500	418.500	418.500				
	0,5% /a Investitionskosten								
7	Personalkosten	Anzahl Mitarbeiter	Pers.jahre	20	20	20	20		
	(siehe Tabelle Personal)	€/a		1.300.000	1.300.000	1.300.000	1.300.000		
8	Versicherungskosten	1,0% /a Investitionskosten	€/a	898.000	907.000	1.079.000	1.186.000		
Σ	fixe Betriebskosten		€/a	4.169.500	4.205.500	4.723.500	5.151.500		
	variable Betriebskosten		€/a	1.400.054	1.400.054	1.716.564	1.716.564		
	Betriebskosten gesamt (netto)		€/a	5.569.554	5.605.554	6.440.064	6.868.064		

Behandlungskosten

bezogen auf EKS mit 25 % TM

Zinssatz	1,5%
Abschreibung Bautechnik	25 a
Abschreibung Maschinentechnik	25 a
Abschreibung EMSRLT	25 a
Abschreibung Geschäftskosten	25 a

Szenario 2 - Standort Klärwerk

1 Linie - Teiltrocknung

Investitionskosten	108.400.000 €
davon Bautechnik	40.600.000 €
davon Maschinentechnik	47.800.000 €
davon EMSRLT	11.300.000 €
davon Geschäftskosten	8.700.000 €

Annuitätenfaktoren			
Annuitätenfaktor Bautechnik	5%		
Annuitätenfaktor Maschinentechnik	5%		
Annuitätenfaktor EMSRLT	5%		
Annuitätenfaktor Geschäftskosten	5%		
Kapitalkosten	5.231.800 €/a	43 €/MgOS	171 €/MgTM
Bautechnik	1.959.500 €/a	16 €/MgOS	64 €/MgTM
Maschinentechnik	2.307.000 €/a	19 €/MgOS	75 €/MgTM
EMSRLT	545.400 €/a	4 €/MgOS	18 €/MgTM
Geschäftskosten	419.900 €/a	3 €/MgOS	14 €/MgTM
Betriebskosten	5.569.554 €/a	46 €/MgOS	182 €/MgTM
Energie	841.002 €/a	7 €/MgOS	28 €/MgTM
Erlöse	-628.567 €/a	-5 €/MgOS	-21 €/MgTM
sonstige Betriebsmittel	231.772 €/a	2 €/MgOS	8 €/MgTM
Entsorgung	955.847 €/a	8 €/MgOS	31 €/MgTM
Instandhaltung	1.971.500 €/a	16 €/MgOS	65 €/MgTM
Personal	1.300.000 €/a	11 €/MgOS	43 €/MgTM
Versicherung	898.000 €/a	7 €/MgOS	29 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (netto)	10.801.354 €/a	88 €/MgOS	353 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (brutto)*	12.606.612 €/a	103 €/MgOS	412 €/MgTM

* Personal ohne MwSt.

Szenario 2 - Standort Hafen

Investitionskosten	109.400.000 €
davon Bautechnik	40.600.000 €
davon Maschinentechnik	48.600.000 €
davon EMSRLT	11.500.000 €
davon Geschäftskosten	8.700.000 €

Kapitalkosten	5.280.000 €/a	43 €/MgOS	173 €/MgTM
Bautechnik	1.959.500 €/a	16 €/MgOS	64 €/MgTM
Maschinentechnik	2.345.600 €/a	19 €/MgOS	77 €/MgTM
EMSRLT	555.000 €/a	5 €/MgOS	18 €/MgTM
Geschäftskosten	419.900 €/a	3 €/MgOS	14 €/MgTM
Betriebskosten	5.605.554 €/a	46 €/MgOS	183 €/MgTM
Energie	841.002 €/a	7 €/MgOS	28 €/MgTM
Erlöse	-628.567 €/a	-5 €/MgOS	-21 €/MgTM
sonstige Betriebsmittel	231.772 €/a	2 €/MgOS	8 €/MgTM
Entsorgung	955.847 €/a	8 €/MgOS	31 €/MgTM
Instandhaltung	1.998.500 €/a	16 €/MgOS	65 €/MgTM
Personal	1.300.000 €/a	11 €/MgOS	43 €/MgTM
Versicherung	907.000 €/a	7 €/MgOS	30 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (netto)	10.885.554 €/a	89 €/MgOS	356 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (brutto)*	12.706.810 €/a	104 €/MgOS	416 €/MgTM

* Personal ohne MwSt.

Szenario 3 - Standort Klärwerk

1 Linie - Teiltrocknung

Investitionskosten	129.100.000 €
davon Bautechnik	48.100.000 €
davon Maschinentechnik	58.600.000 €
davon EMSRLT	13.200.000 €
davon Geschäftskosten	9.200.000 €

Annuitätenfaktoren			
Annuitätenfaktor Bautechnik	5%		
Annuitätenfaktor Maschinentechnik	5%		
Annuitätenfaktor EMSRLT	5%		
Annuitätenfaktor Geschäftskosten	5%		
Kapitalkosten	6.230.800 €/a	36 €/MgOS	145 €/MgTM
Bautechnik	2.321.500 €/a	13 €/MgOS	54 €/MgTM
Maschinentechnik	2.828.200 €/a	16 €/MgOS	66 €/MgTM
EMSRLT	637.100 €/a	4 €/MgOS	15 €/MgTM
Geschäftskosten	444.000 €/a	3 €/MgOS	10 €/MgTM
Betriebskosten	6.440.064 €/a	37 €/MgOS	150 €/MgTM
Energie	1.033.419 €/a	6 €/MgOS	24 €/MgTM
Erlöse	-971.915 €/a	-6 €/MgOS	-23 €/MgTM
sonstige Betriebsmittel	326.562 €/a	2 €/MgOS	8 €/MgTM
Entsorgung	1.328.499 €/a	8 €/MgOS	31 €/MgTM
Instandhaltung	2.344.500 €/a	14 €/MgOS	54 €/MgTM
Personal	1.300.000 €/a	8 €/MgOS	30 €/MgTM
Versicherung	1.079.000 €/a	6 €/MgOS	25 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (netto)	12.670.864 €/a	74 €/MgOS	294 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (brutto)*	14.831.328 €/a	86 €/MgOS	344 €/MgTM

* Personal ohne MwSt.

Szenario 3 - Standort Hafen

Investitionskosten	129.900.000 €
davon Bautechnik	48.100.000 €
davon Maschinentechnik	59.300.000 €
davon EMSRLT	13.300.000 €
davon Geschäftskosten	9.200.000 €

Kapitalkosten	6.269.400 €/a	36 €/MgOS	146 €/MgTM
Bautechnik	2.321.500 €/a	13 €/MgOS	54 €/MgTM
Maschinentechnik	2.862.000 €/a	17 €/MgOS	66 €/MgTM
EMSRLT	641.900 €/a	4 €/MgOS	15 €/MgTM
Geschäftskosten	444.000 €/a	3 €/MgOS	10 €/MgTM
Betriebskosten	6.868.064 €/a	40 €/MgOS	159 €/MgTM
Energie	1.033.419 €/a	6 €/MgOS	24 €/MgTM
Erlöse	-971.915 €/a	-6 €/MgOS	-23 €/MgTM
sonstige Betriebsmittel	326.562 €/a	2 €/MgOS	8 €/MgTM
Entsorgung	1.328.499 €/a	8 €/MgOS	31 €/MgTM
Instandhaltung	2.665.500 €/a	15 €/MgOS	62 €/MgTM
Personal	1.300.000 €/a	8 €/MgOS	30 €/MgTM
Versicherung	1.186.000 €/a	7 €/MgOS	28 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (netto)	13.137.464 €/a	76 €/MgOS	305 €/MgTM
Jährliche Behandlungskosten (brutto)*	15.386.582 €/a	89 €/MgOS	357 €/MgTM

* Personal ohne MwSt.

Kostenübersicht

	Szenario 1		Szenario 2		Szenario 3	
	EKS	TKS	EKS	TKS	EKS	TKS
Jahresmenge (Anlieferzustand)	13.426 MgTM/a 16.506 MgTM/a 53.704 MgOS/a 57.126 MgOS/a	3.080 MgTM/a 3.422 MgOS/a	19.435 MgTM/a 30.563 MgTM/a 77.738 MgOS/a 90.103 MgOS/a	11.129 MgTM/a 12.365 MgOS/a	19.435 MgTM/a 43.063 MgTM/a 77.738 MgOS/a 103.992 MgOS/a	23.629 MgTM/a 26.254 MgOS/a
TM- Gehalt	25% TM	90% TM	25% TM	90% TM	25% TM	90% TM
Jahresmenge (normiert auf 25 % TM)	53.704 MgOS/a 66.023 MgOS/a	12.319 MgOS/a	77.738 MgOS/a 122.252 MgOS/a	44.514 MgOS/a	77.738 MgOS/a 172.252 MgOS/a	94.514 MgOS/a

Kostengruppe	Szenario 1		Szenario 2		Szenario 2 - 1 Linie (TT)		Szenario 3		Szenario 3 - 1 Linie (TT)	
	Klärwerk	Hafen	Klärwerk	Hafen	Klärwerk	Hafen	Klärwerk	Hafen	Klärwerk	Hafen
Baukosten	38,9 Mio. €	38,9 Mio. €	41,9 Mio. €	41,9 Mio. €	40,6 Mio. €	40,6 Mio. €	48,8 Mio. €	48,8 Mio. €	48,1 Mio. €	48,1 Mio. €
Maschinentechnik & EMSRL	43,5 Mio. €	45,7 Mio. €	71,8 Mio. €	73,6 Mio. €	59,1 Mio. €	60,1 Mio. €	88,2 Mio. €	90,0 Mio. €	71,8 Mio. €	72,6 Mio. €
Schlammannahme bis Verbrennung	13,2 Mio. €	14,8 Mio. €	26,9 Mio. €	28,3 Mio. €	20,4 Mio. €	21,2 Mio. €	32,7 Mio. €	34,1 Mio. €	24,5 Mio. €	25,1 Mio. €
Verbrennung, Kessel, RGR	13,6 Mio. €	13,6 Mio. €	19,5 Mio. €	19,5 Mio. €	17,2 Mio. €	17,2 Mio. €	24,7 Mio. €	24,7 Mio. €	21,4 Mio. €	21,4 Mio. €
WDK & Sonstiges	7,7 Mio. €	7,9 Mio. €	12,1 Mio. €	12,3 Mio. €	10,2 Mio. €	10,2 Mio. €	15,2 Mio. €	15,4 Mio. €	12,7 Mio. €	12,8 Mio. €
EMSRL-Technik	9,0 Mio. €	9,3 Mio. €	13,2 Mio. €	13,5 Mio. €	11,3 Mio. €	11,5 Mio. €	15,6 Mio. €	15,9 Mio. €	13,2 Mio. €	13,3 Mio. €
<i>KSVN-Geschäftskosten & Bauzeitinsen*</i>	8,4 Mio. €	8,4 Mio. €	8,7 Mio. €	8,7 Mio. €	8,7 Mio. €	8,7 Mio. €	9,2 Mio. €	9,2 Mio. €	9,2 Mio. €	9,2 Mio. €
Investkosten (2021)	90,8 Mio. €	93,0 Mio. €	122,3 Mio. €	124,2 Mio. €	108,4 Mio. €	109,4 Mio. €	146,1 Mio. €	148,0 Mio. €	129,1 Mio. €	129,9 Mio. €
Investkosten (2025)	96,4 Mio. €	98,7 Mio. €	129,9 Mio. €	131,8 Mio. €	115,1 Mio. €	116,1 Mio. €	155,1 Mio. €	157,0 Mio. €	137,0 Mio. €	137,9 Mio. €
Kapitalkosten (2021)	4,4 Mio. €/a	4,5 Mio. €/a	5,9 Mio. €/a	6, Mio. €/a	5,2 Mio. €/a	5,3 Mio. €/a	7,1 Mio. €/a	7,1 Mio. €/a	6,2 Mio. €/a	6,3 Mio. €/a
Betriebskosten (2021)	4,5 Mio. €/a	4,6 Mio. €/a	6,1 Mio. €/a	6,2 Mio. €/a	5,6 Mio. €/a	5,6 Mio. €/a	7,0 Mio. €/a	7,1 Mio. €/a	6,4 Mio. €/a	6,9 Mio. €/a
spezifische Behandlungskosten normiert auf 25 % TM	537 €/MgTM 134 €/MgOS	548 €/MgTM 137 €/MgOS	393 €/MgTM 98 €/MgOS	398 €/MgTM 99 €/MgOS	353 €/MgTM 88 €/MgOS	356 €/MgTM 89 €/MgOS	327 €/MgTM 82 €/MgOS	331 €/MgTM 83 €/MgOS	294 €/MgTM 74 €/MgOS	305 €/MgTM 76 €/MgOS

Kostengenauigkeit: + / - 30 %

* Kosten gemäß KSV

Anhang 4: Bewertungsmatrix

Variantenbewertung: Alle Szenarien

Nr.	Kriterium	Hauptkriterium	Unterkriterium	Bewertungsmaßstab	Standort Klärwerk Szenario 1		Standort Klärwerk Szenario 2		Standort Klärwerk Szenario 3		Standort Hafen Szenario 1		Standort Hafen Szenario 2		Standort Hafen Szenario 3		
		Wichtung	Wichtung		Punkte	Bemerkung	Punkte	Bemerkung	Punkte	Bemerkung	Punkte	Bemerkung	Punkte	Bemerkung	Punkte	Bemerkung	
1	Betrieb und Technik		25%														
	1.1	Synergien/Einschränkungen mit Bestand (Grundstückszuschnitt, Platzreserve Bauzeit, Erweiterungen)		50%	3 Punkte = Hohe Synergien und/oder keine Einschränkungen 2 Punkte = mittlere Synergien und/oder geringe Einschränkungen 1 Punkt = geringe Synergien und/oder mittlere Einschränkungen 0 Punkte = keine Synergien und/oder hohe Einschränkungen	2,50	Synergien mit Klärwerk möglich, womöglich Einschränkungen mit Bestand, Erweiterung bis mind. 40.000 t TS/a	2,50	Synergien mit Klärwerk möglich, womöglich Einschränkungen mit Bestand, Erweiterung bis mind. 40.000 t TS/a	2,00	Synergien mit Klärwerk möglich, womöglich Einschränkungen mit Bestand, Erweiterung kaum möglich	2,00	Synergien mit Klärwerk nicht möglich, keine signifikanten Einschränkungen mit Bestand, Erweiterung bis mind. 40.000 t TS/a möglich	2,00	Synergien mit Klärwerk nicht möglich, keine signifikanten Einschränkungen mit Bestand, Erweiterung bis mind. 40.000 t TS/a möglich	1,50	Synergien mit Klärwerk nicht möglich, keine signifikanten Einschränkungen mit Bestand, Erweiterung kaum möglich
	1.2	Verkehr/Logistik innerhalb des Geländes		50%	3 Punkte = keine Einschränkungen 2 Punkte = geringe Einschränkungen 1 Punkt = mittlerer Einschränkungen 0 Punkte = hoher Einschränkungen	3	Keine Einschränkungen	3,00	Keine Einschränkungen	3,00	Keine Einschränkungen	3,00	Keine Einschränkungen	3,00	Keine Einschränkungen	2,00	Umfahrbarkeit der Anlage nicht optimal gegeben
	Summe		100%		2,75		2,75		2,50		2,50		2,50		1,75		
2	Ökologie und gesetzliche Rahmenbedingungen		25%														
	2.1	Umweltbelastung (Lärm, Geruch und Schadstoffe) einschließlich Transporte		50%	3 Punkte = geringe Belastung 2 Punkte = mittlere Belastung 1 Punkt = hohe Belastung 0 Punkte = sehr hohe Belastung	3,00	Fremdanlieferung von EKS und TKS, Anlage als Schallquelle, kein Transport des Nürnberger Schlammes mehr	2,00	Fremdanlieferung von hohen Mengen an EKS und TKS, Anlage als Schallquelle, kein Transport des Nürnberger Schlammes mehr	1,50	Fremdanlieferung von sehr hohen Mengen an EKS und TKS, Anlage als Schallquelle, kein Transport des Nürnberger Schlammes mehr	2,00	Fremdanlieferung von EKS und TKS, Anlage als Schallquelle,	1,50	Fremdanlieferung von hohen Mengen an EKS und TKS, Anlage als Schallquelle	1,00	Fremdanlieferung von sehr hohen Mengen an EKS und TKS, Anlage als Schallquelle, Anlieferung per Zug möglich
	2.2	CO2-Einsparungspotential (Fernwärme, Strom, Transport)		50%	3 Punkte = hohes Einsparpotenzial 2 Punkte = mittleres Einsparpotenzial 1 Punkt = geringes Einsparpotenzial 0 Punkte = kein Einsparpotenzial	1,00	Geringe Fernwärmeauskopplung und Stromproduktion, aber deutlich weniger Transporte als momentan	2,00	Mittlere Fernwärmeauskopplung und Stromproduktion, aber weniger Transporte als momentan	3,00	Hohe Fernwärmeauskopplung und Stromproduktion, aber genauso viele oder mehr Transporte wie momentan	1,00	Geringe Fernwärmeauskopplung und Stromproduktion, aber auch mehr Transporte als momentan	2,00	Mittlere Fernwärmeauskopplung und Stromproduktion, aber auch deutlich mehr Transporte als momentan	3,00	Hohe Fernwärmeauskopplung und Stromproduktion, aber auch sehr viel mehr Transporte als momentan
	Summe		100%		2,00		2,00		2,25		1,50		1,75		2,00		
3	Verkehrsanbindung		20%														
	3.1	Bahnanschluss		70%	3 Punkte = Bahnanschluss vorhanden 0 Punkte = Bahnanschluss nicht vorhanden	0,00	Kein Güterbahnhof in Anlagennähe vorhanden	0,00	Kein Güterbahnhof in Anlagennähe vorhanden	0,00	Kein Güterbahnhof in Anlagennähe vorhanden	3,00	Schienenanbindung auf dem Gelände vorhanden. Güterumschlagbahnhof in der Nähe vorhanden.	3,00	Schienenanbindung auf dem Gelände vorhanden. Güterumschlagbahnhof in der Nähe vorhanden.	3,00	Schienenanbindung auf dem Gelände vorhanden. Güterumschlagbahnhof in der Nähe vorhanden.
	3.2	Straßverkehrsanbindung		30%	3 Punkte = sehr gute Straßenanbindung 2 Punkte = gute Straßenanbindung 1 Punkt = schlechte Straßenanbindung 0 Punkte = keine Straßenanbindung	2,00	Gute Straßenanbindung vorhanden	2,00	Gute Straßenanbindung vorhanden	2,00	Gute Straßenanbindung vorhanden	3,00	Sehr gute Straßenanbindung zum Grundstück vorhanden	3,00	Sehr gute Straßenanbindung zum Grundstück vorhanden	3,00	Sehr gute Straßenanbindung zum Grundstück vorhanden
	Summe		100%		0,60		0,60		0,60		3,00		3,00		3,00		
4	Ökonomie		30%														
	4.1	Transportkosten Klärwerk-Hafen		10%	3 Punkte = kein Transport nötig 0 Punkte = Transport nötig	3,00		3,00	3,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	4.2	Spezifische Behandlungskosten pro t(TM)		90%	gemäß Berechnung 3 Punkte $\hat{=}$ min. Kosten 0 Punkt $\hat{=}$ 2 x min. Kosten	1,07	537 €/tTM	2,39	393 €/tTM	3,00	327 €/tTM	0,97	548 €/tTM	2,35	398 €/tTM	2,96	331 €/tTM
	Summe		100%		1,27		2,46		3,00		0,88		2,11		2,67		
	Gesamtbewertung																
	Anteil Betrieb und Technik		25%			0,69		0,69		0,63		0,63		0,63		0,44	
	Anteil Ökologische und gesetzliche Rahmenbedingungen		25%			0,50		0,50		0,56		0,38		0,38		0,50	
	Anteil Verkehrsanbindung		20%			0,12		0,12		0,12		0,60		0,60		0,60	
	Anteil Ökonomie		30%			0,38		0,74		0,90		0,26		0,63		0,80	
	Summe		100%			1,69		2,04		2,21		1,86		2,30		2,34	

Anhang 5: Google Earth – 3D-Anlagenmodelle



